



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR DE MATERIA PRIMA  
VEGETAL ALIMENTARIO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS”.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previa a la obtención del título de**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR DE MATERIA PRIMA  
VEGETAL ALIMENTARIO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS”.**

**AUTOR**

**JORGE LUIS CRIOLLO VILLASHAÑAY**

**Definición de estilo:** TDC 1: Espacio Antes: 0 pto,  
Después: 0 pto

**Con formato:** Español (España)

**Riobamba – Ecuador**  
**2016**

El presente trabajo de titulación fue aprobado por el siguiente tribunal

---

Ing. M.C. Edwin Darío Zurita Montenegro.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Con formato: Normal

---

Ing. M.C. Fredy Rodrigo Barahona AVECILLA.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. M.C. Paulina Maribel Abraján Velasco.  
**ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Con formato: Normal, Justificado

Con formato: Fuente: Negrita

Con formato: Normal

Con formato: Fuente: Negrita

Con formato: Fuente: 12 pto

Riobamba, 5 de agosto del 2016.

Con formato: Centrado, Punto de tabulación: 6,59 cm, Izquierda

---

### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jorge Luis Criollo Villashañay, con cedula de identidad No. 060425903-6, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos contantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como Autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 5 de agosto del 2016.

Jorge Luis Criollo Villashañay.  
CI: 0604259036

Con formato: Centrado, Punto de tabulación: 6,59 cm, Izquierda

## AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la vida y la oportunidad de culminar una etapa más de mi vida al acompañarme todos los días de este arduo camino regalándome la salud, guiándome por un buen camino y dándome las fuerzas necesarias para no desfallecer en el intento.

A mi padre y familia que se han esforzado día a día ayudándome a obtener este logro, con su apoyo, confianza y cariño me han dado la fuerza necesaria para poder vencer todos los obstáculos que se han presentado a lo largo de mi vida.

A mis amigos los cuales hicieron que esta travesía sea mucho más fácil y divertida apoyándonos mutuamente en nuestra formación profesional.

Con formato: Centrado, Punto de tabulación: 6,59 cm, Izquierda

---

## DEDICATORIA

A la Virgen de Agua Santa que gracias a su intercesión ante Dios logro que cumpliera un objetivo más en mi vida.

A mi papa Juan Francisco y abuelita Josefina quienes supieron inculcarme valores que hicieron de mí una persona de bien.

Con formato: Centrado, Punto de tabulación: 6,59 cm, Izquierda

---

## AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la vida y la oportunidad de culminar una etapa más de mi vida al acompañarme todos los días de este arduo camino regalándome la salud, guiándome por un buen camino y dándome las fuerzas necesarias para no desfallecer en el intento.

A mi padre y familia que se han esforzado día a día ayudándome a obtener este logro, con su apoyo, confianza y cariño me han dado la fuerza necesaria para poder vencer todos los obstáculos que se han presentado a lo largo de mi vida.

A mis amigos los cuales hicieron que esta travesía sea mucho más fácil y divertida apoyándonos mutuamente en nuestra formación profesional.

Con formato: Distancia del encabezado desde el borde: 1,25 cm, Distancia del pie de página desde el borde: 1,25 cm

## CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
<u>Resumen</u>	<u>v</u>
<u>Abstract</u>	<u>vi</u>
<u>Lista de cuadros</u>	<u>vii</u>
<u>Lista de figuras</u>	<u>viii</u>
<u>Lista de anexos</u>	<u>ix</u>
<b><u>I. INTRODUCCIÓN</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b><u>II. REVISIÓN DE LITERATURA</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>A. DISPOSICIÓN DEL AGUA EN LOS ALIMENTOS</u></b>	<b><u>3</u></b>
<u>1. Agua libre y enlazada</u>	<u>3</u>
<u>2. Actividad del agua</u>	<u>3</u>
<u>3. Alimentos de humedad intermedia</u>	<u>5</u>
<b><u>B. DESHIDRATACIÓN</u></b>	<b><u>6</u></b>
<u>1. Generalidades</u>	<u>6</u>
<u>2. Factores que afectan al proceso de deshidratación</u>	<u>7</u>
<u>a. Tamaño y geometría de la partícula</u>	<u>7</u>
<u>b. Temperatura del aire</u>	<u>8</u>
<u>c. Velocidad del aire</u>	<u>8</u>
<u>3. Métodos de deshidratación</u>	<u>9</u>
<u>a. Deshidratación solar</u>	<u>9</u>
<u>b. Deshidratación por aire caliente</u>	<u>10</u>
<u>c. Deshidratación osmótica</u>	<u>10</u>
<u>d. Deshidratación por liofilización</u>	<u>11</u>
<u>4. Cinética de secado</u>	<u>12</u>
<b><u>C. VELOCIDAD DE SECADO</u></b>	<b><u>12</u></b>

1. Proceso de secado	12
2. Periodo de inducción o de velocidad de secado creciente	16
3. Periodo de velocidad de secado constante	16
4. Periodo de velocidad de secado decreciente	17
D. PIÑA	18
1. Generalidades	18
2. Característica morfofenológicas de la piña <i>Cayena lisa</i>	19
3. Características del fruto antes de la cosecha	20
4. Características físico-químicas de la piña <i>Cayena Lisa</i>	21
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>23</b>
A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	23
B. UNIDADES EXPERIMENTALES	24
C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES	24
1. Materiales	24
2. Equipos	25
3. Reactivos	25
4. De oficina	25
5. Instalaciones	26
D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	26
E. MEDICIONES EXPERIMENTALES	26
F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	27
G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	27
1. Selección y adquisición del equipo deshidratador.	27
2. Instalación del equipo.	28
3. Prueba de cinética de secado	28
H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	29
1. Para la deshidratación de la piña <i>Cayena Lisa</i>	29
a. Adquisición de la Materia Prima para el deshidratado	29
b. Preparación de la materia prima	29
c. Cinética de secado	29

d. Almacenamiento de las rodajas de piña deshidratada	3029
2. Para las pruebas físico-químicas	3029
a. Determinación del pH	3029
b. Determinación de firmeza	3029
c. Determinación de sólidos solubles	30
d. Determinación de diámetro	3130
3. Para determinar la humedad de la piña fresca	3130
a. Principio	3130
b. Procedimiento	3130
4. Para determinar la humedad de la piña deshidratada	3234
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>3332</b>
A. CUMPLIMIENTO DE CRITERIOS TÉCNICOS DEL DESHIDRATADOR DE MATERIA PRIMA VEGETAL	3332
1. Carcasa o cuerpo del deshidratador	3332
2. Panel de control	3332
3. Bandejas	3332
4. Flujo de aire	3433
B. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA PIÑA	3433
1. Contenido de sólidos solubles	3433
2. Diámetro	3433
3. Determinación de pH	3534
4. Firmeza	3534
5. Humedad	3534
C. CARACTERÍSTICAS DE SECADO DE LA PIÑA	3635
D. EVALUACIÓN ECONÓMICA	4140
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>4241</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>4442</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b>	<b>4543</b>
ANEXOS	5249

R

**Con formato:** Distancia del encabezado desde el borde: 1,25 cm, Distancia del pie de página desde el borde: 1,25 cm

## RESUMEN

En el Laboratorio de Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias, de la ESPOCH, se realizó la implementación de un deshidratador de materia prima vegetal. Para evaluar el equipo de deshidratado se escogió la piña (Cayena lisa); para el experimento se emplearon 20 piñas; las mediciones experimentales realizadas fueron humedad, firmeza, pH, sólidos solubles y diámetro. En el caso de la humedad se reportó valores de 87,29% para la piña fresca y una vez deshidratada la humedad se registró en 16,66%; para el caso de la firmeza se fijó un valor de 1,27 Kg/cm<sup>2</sup>; el pH determinado de las frutas se estableció en un valor de 4,08; la piña de esta variedad reportó un contenido de sólidos solubles en promedio de 11,74 °Brix y un diámetro de 105,8 mm. El análisis estadístico fue descriptivo; además mediante un análisis de regresión se obtuvo una ecuación de predicción con los datos de la cinética de secado y por el medio del cálculo diferencial se simuló a través del software matemático GeoGebra. Para determinar el tiempo óptimo de secado de la piña Cayena lisa en este equipo, el cual es de 6.6 horas. El deshidratado de la piña Cayena lisa por flujo de aire caliente es recomendable para su conservación.

Con formato: Título 5

Con formato: Distancia del encabezado desde el borde: 2 cm

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Título 5, Justificado

Con formato: Fuente: Sin Negrita

## **ABSTRACT**

The equipment dehydrated was evaluated and the pineapple smooth (Cayenne lisa) was chosen. For, the experiment was used 20 pineapples; the experimental measurements were moisture, firmness, pH, soluble solids and diameter. The moisture reported values was in 87,29% for fresh pineapple. Once dehydrated the humidity was recorded in 16,66%, in the case of a value of firmness was set a value of 1,27kgf/cm<sup>2</sup>; the determined pH of the fruit established a value of 4,08; the variety of this pineapple reported a soluble solid content of 11,45 ° Brix and a diameter of 105,8mm. The statistical analysis was descriptive; furthermore by regression analysis was obtained a prediction equation data with drying kinetics, and by means the differential calculation was simulated through GeoGebra mathematical software. The optimum drying equipment of the smooth Cayenne pineapple was determined on this team, which is 6,6 hours. The dehydrated of the cayenne pineapple smooth by hot air flow is recommended for its conservation.

Con formato: Título 5

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Izquierda, Punto de tabulación: 13,07 cm, Izquierda

**Con formato:** Fuente: Sin Negrita, Inglés (Estados Unidos)

**Con formato**

**Con formato:** Fuente: Sin Negrita

## CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de cuadros	vii
Lista de figuras	viii
Lista de anexos	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
<b>A. DISPOSICIÓN DEL AGUA EN LOS ALIMENTOS</b>	<b>3</b>
1. Agua libre y enlazada	3
2. Actividad del agua	3
3. Alimentos de humedad intermedia	5
<b>B. DESHIDRATACIÓN</b>	<b>6</b>
1. Generalidades	6
2. Factores que afectan al proceso de deshidratación	7
a. Tamaño y geometría de la partícula	7
b. Temperatura del aire	8
c. Velocidad del aire	8
3. Métodos de deshidratación	9
a. Deshidratación solar	9
b. Deshidratación por aire caliente	10
c. Deshidratación osmótica	10
d. Deshidratación por liofilización	11
4. Cinética de secado	12
<b>C. VELOCIDAD DE SECADO</b>	<b>12</b>
1. Proceso de secado	12
2. Periodo de inducción o de velocidad de secado creciente	16
3. Periodo de velocidad de secado constante	16
4. Periodo de velocidad de secado decreciente	17
<b>D. PIÑA</b>	<b>18</b>

Con formato: Derecha

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Fuente: Arial, 12 pto

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm

Con formato: Normal, Punto de tabulación: No en 15,48 cm

1. Generalidades	18
2. Característica morfofenológicas de la piña <i>Cayena lisa</i>	19
3. Características del fruto antes de la cosecha	20
4. Características físico-químicas de la piña <i>Cayena Lisa</i>	21
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>23</b>
<b>A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO</b>	<b>23</b>
<b>B. UNIDADES EXPERIMENTALES</b>	<b>23</b>
<b>C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES</b>	<b>24</b>
1. Materiales	24
2. Equipos	24
3. Reactivos	25
4. De oficina	25
5. Instalaciones	25
<b>D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	<b>25</b>
<b>E. MEDICIONES EXPERIMENTALES</b>	<b>26</b>
<b>F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA</b>	<b>26</b>
<b>G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</b>	<b>26</b>
1. Selección y adquisición del equipo deshidratador.	27
2. Instalación del equipo.	28
3. Prueba de cinética de secado	28
<b>H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN</b>	<b>28</b>
1. Para la deshidratación de la piña <i>Cayena Lisa</i>	28
a. Adquisición de la Materia Prima para el deshidratado	28
b. Preparación de la materia prima	28
c. Cinética de secado	29
d. Almacenamiento de las rodajas de piña deshidratada	29
2. Para las pruebas físico-químicas	29
a. Determinación del pH	29
b. Determinación de firmeza	29
c. Determinación de sólidos solubles	30

d. Determinación de diámetro	30
3. Para determinar la humedad de la piña fresca	30
a. Principio	30
b. Procedimiento	30
4. Para determinar la humedad de la piña deshidratar	31
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>32</b>
<b>A. CUMPLIMIENTO DE CRITERIOS TÉCNICOS DEL DESHIDRATADOR DE MATERIA PRIMA VEGETAL</b>	<b>32</b>
1. Carcasa o cuerpo del deshidratador	32
2. Panel de control	32
3. Bandejas	32
4. Flujo de aire	33
<b>B. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LA PIÑA</b>	<b>33</b>
1. Contenido de sólidos solubles	33
2. Diámetro	33
3. Determinación de pH	34
4. Firmeza	34
5. Humedad	34
<b>C. CARACTERÍSTICAS DE SECADO DE LA PIÑA</b>	<b>35</b>
<b>D. EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>40</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>41</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>42</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>49</b>
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE GRÁFICOS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ANEXOS	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
A. DISPOSICIÓN DEL AGUA EN LOS ALIMENTOS	3

1. Agua libre y enlazada	3
2. Actividad del agua	3
3. Alimentos de humedad intermedia	5
<b>B. DESHIDRATACION</b>	<b>6</b>
1. Generalidades	6
2. Factores que afectan al proceso de deshidratación	7
a. Tamaño y geometría de la partícula	7
b. Temperatura del aire	8
c. Velocidad del aire	8
3. Métodos de deshidratación	9
a. Deshidratación solar	9
b. Deshidratación por aire caliente	10
c. Deshidratación osmótica	10
d. Deshidratación por liofilización	11
4. Cinética de secado	12
<b>C. VELOCIDAD DE SECADO</b>	<b>12</b>
1. Proceso de secado	12
2. Periodo de inducción o de velocidad de secado creciente	16
3. Periodo de velocidad de secado constante	16
4. Periodo de velocidad de secado decreciente	17
<b>D. PIÑA</b>	<b>18</b>
1. Generalidades	18
2. Característica morfofenológicas de la piña Cayena lisa	19
3. Características del fruto antes de la cosecha	20
4. Características físico-químicas de la piña Cayena Lisa	21
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>23</b>
<b>A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO</b>	<b>23</b>
<b>B. UNIDADES EXPERIMENTALES</b>	<b>23</b>
<b>C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES</b>	<b>24</b>
1. Materiales	24
2. Equipos	24

3. Reactivos	25
4. De oficina	25
5. Instalaciones	25
<b>E. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	<b>25</b>
<b>F. MEDICIONES EXPERIMENTALES</b>	<b>26</b>
<b>G. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA</b>	<b>26</b>
<b>H. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</b>	<b>27</b>
1. Selección y adquisición del equipo deshidratador.	27
2. Instalación del equipo.	28
3. Prueba de cinética de secado	28
<b>I. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN</b>	<b>28</b>
1. Para la deshidratación de la piña Cayena-Lisa	28
a. Adquisición de la Materia Prima para el deshidratado	28
b. Preparación de la materia prima	28
c. Cinética de secado	29
d. Almacenamiento de las rodajas de piña deshidratada	29
2. Para las pruebas físico-químicas	29
a. Determinación del pH	29
b. Determinación de firmeza	30
c. Determinación de sólidos solubles	30
d. Determinación de diámetro	30
3. Para determinar la humedad de la piña fresca	30
a. Principio	30
b. Procedimiento	31
4. Para determinar la humedad de la piña deshidratada	32
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>32</b>
<b>A. CUMPLIMIENTO DE CRITERIOS TÉCNICOS DEL DESHIDRATADOR DE MATERIA PRIMA VEGETAL</b>	<b>32</b>
1. Carcasa o cuerpo del deshidratador	32
2. Panel de control	32
3. Bandejas	33

4. Flujo de aire	33
<b>B. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA PIÑA</b>	<b>33</b>
1. Contenido de sólidos solubles	33
2. Diámetro	33
3. Determinación de pH	34
4. Firmeza	34
5. Humedad	34
<b>C. CARACTERÍSTICAS DE SECADO DE LA PIÑA</b>	<b>35</b>
<b>D. EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>36</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>37</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>38</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b>	<b>39</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>44</b>

vii

**Con formato:** Punto de tabulación: 15,5 cm, Derecha + No en 15,59 cm

## LISTA DE CUADROS

N°		Pág.
1.	Valores mínimos de la actividad del agua para el crecimiento de microorganismos de importancia en alimentos.	5
2.	Clasificación taxonómica de la piña.	<u>19</u>
3.	Composición química del fruto de piña según diferentes autores.	<u>22</u>
4.	Condiciones ambientales de la zona donde se realizara la investigación.	<u>1723</u>
5.	Evaluación económica	<u>3628</u>

**Con formato:** Distancia del encabezado desde el borde: 2 cm

## LISTA DE **FIGURASGRÁFICOS**

N°

- 1 Variación del peso con respecto al tiempo durante un proceso de secado.
- 2 Curva de secado típica.
- 3 Curva de velocidad de secado.
- 4 Curvas de velocidad de secado en piña (*Ceayena lisa*) a nivel de temperatura de (63 °C) con tendencia polinómica.
- 5 Tiempo de secado a las 0 horas con respecto a la pérdida de humedad.
- 6 Tiempo de secado a las 0 horas con respecto a la pérdida de humedad.
- 7 Tiempo de secado a las 1 horas con respecto a la pérdida de humedad.
- 8 Tiempo de secado a las 2 horas con respecto a la pérdida de humedad.
- 9 Tiempo total de secado.

viii

Con formato: Punto de tabulación: 15,5 cm, Derecha + No en 15,59 cm

Pág.

Tabla con formato

Con formato: Derecha

134

Con formato: Derecha

142

Con formato: Derecha

164

Con formato: Derecha

352

Con formato: Derecha

37

Con formato: Derecha

38

Con formato: Derecha

38

Con formato: Derecha

39

Con formato: Derecha

39

Con formato: Derecha

ix

Con formato: Punto de tabulación: 15,5 cm, Derecha + No en 15,59 cm

## LISTA DE ANEXOS

N°

- 1 Manual de deshidratador Stainless Steel Food.
- 2 Resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de la piña *cayena lisa*.
- 3 Cuadro resumen de descenso de humedad de 20 piñas *Cayena lisa* con respecto al tiempo.
- 4 Tabla resumen de estadística descriptiva de los análisis fisicoquímicos de la piña *Cayena lisa*.
- 5 Cinética de secado de la piña *Cayena lisa*.
- 6 Deshidratador instalado en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Tabla con formato

Con formato: Justificado

## I. INTRODUCCIÓN

La deshidratación es una de las técnicas ampliamente utilizada para la conservación de alimentos. Por medio de energía solar el secado de los alimentos tales como frutas, granos, vegetales, carnes y pescados ha sido utilizado desde el principio mismo de la humanidad, brindando al hombre la posibilidad de sobrevivir en épocas de escasez: ~~(Fito P, Barat, & Albers, 2005)~~(Fito, P., Barat, J., & Albers, A. 2005).

La principal ventaja funcional que proporciona la operación de secado sobre la calidad de los productos alimenticios, radica en el hecho que al eliminar parte de la humedad presente en los alimentos se reduce la cantidad de agua disponible para el desarrollo de microorganismos que degradan al producto. Al minimizar la actividad microbiana se incrementa el tiempo que resistirá el alimento sin perder sus características funcionales, de calidad y de inocuidad.

En la industria alimentaria se han desarrollado equipos que ayudan y facilitan el proceso de deshidratación; sin embargo, en el Laboratorio de Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias se dispone de un deshidratador solar, pero no de un secador eléctrico el cual garantice que el proceso culmine en menor tiempo y con los resultados óptimos para su posterior análisis.

Por tal motivo este trabajo busca la instalación de un deshidratador eléctrico de materia prima vegetal en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias con la finalidad que los estudiantes integren conocimientos prácticos y teóricos referentes al procesamiento alimentario de frutas y vegetales. Además de tener la oportunidad de innovar nuevas tecnologías y procesos que garanticen la obtención de productos con calidad y excelencia.

Por lo anotado, en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Establecer los criterios técnicos para el deshidratador de materia prima vegetal.

Con formato: Sangría: Primera línea: 1,25 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,75 cm, Con viñetas + Nivel: 1 + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

-• Adquirir el deshidratador de materia prima vegetal con materiales de alta resistencia a la corrosión y oxidación.

**Con formato:** Distancia del encabezado desde el borde: 2 cm

-• Montar el deshidratador de materia prima vegetal en el Laboratorio de Procesamiento de Alimentos.

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,75 cm, Con viñetas + Nivel: 1 + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

-• Evaluar el funcionamiento del deshidratador de materia prima vegetal mediante la elaboración de cinética de secado de la piña.

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,75 cm, Con viñetas + Nivel: 1 + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

-• Elaborar una guía de observación del equipo.

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,75 cm, Con viñetas + Nivel: 1 + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

-• Determinar los costos de construcción.

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,75 cm, Con viñetas + Nivel: 1 + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. DISPOSICIÓN DEL AGUA EN LOS ALIMENTOS

#### 1. Agua libre y enlazada

Uno de los principales componentes en la mayoría de alimentos es el agua, el cual representa desde un 70 al 90% en frutas, verduras y carnes. El mayor porcentaje del agua se separa con facilidad de otros constituyentes presentes, como sucede cuando las frutas y verduras frescas son trituradas o rebanadas; sin embargo, otra parte del agua se separa con dificultad. En el primer caso a este tipo de agua se denomina "agua libre" y para el segundo caso "agua enlazada". El agua enlazada a diferencia de la libre, se congela solo a temperaturas inferiores a los -20 °C, en ella no se disuelven constituyentes como las sales, azúcares y ácidos, prácticamente no muestra presión de vapor y su densidad es mucho mayor que la del agua libre- (Tobergte, D., & Curtis, S. 2013).

El agua puede estar presente en los alimentos como agua de cristalización. Las macromoléculas tales como almidones, pectinas, hemicelulosas, gelatina y a otras proteínas pueden unirse a la molécula de agua a través de grupos polares. La primera capa de moléculas de agua enlazada es la que se mantiene muy firme, la segunda capa enlazada a la primera se mantiene un poco menos firme y así sucesivamente hasta que predomina la asociación típica del agua en volumen. En alimentos con gran humedad como las frutas, verduras y carnes, se encuentra el agua libre pero incapaz de fluir debido a estar atrapada en los espacios formados por los elementos estructurales que se desarrollan en los tejidos.-(Charley, 2011) (Charley, H. 2011).

#### 2. Actividad del agua

Los alimentos como frutas, verduras frescas y las fibras musculares de la carne mantienen su calidad crujiente y de turgencia, gracias a la presencia de sustancias disueltas en el líquido dentro de las células, que permiten a los tejidos

Con formato: Izquierda

Con formato: Distancia del encabezado desde el borde: 2 cm, Distancia del pie de página desde el borde: 1,25 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

captar y retener agua. Estas sustancias o solutos además de influenciar la capacidad de retención del agua de los tejidos, también disminuyen la actividad del agua. La actividad del agua ( $a_w$ ) se define como la relación de la presión de vapor del agua en una solución ( $P_s$ ) a la presión de vapor de agua pura ( $P_w$ )

(Charley, H. 2011).

-(Charley, 2011).

$$a_w = \frac{P_s}{P_w}$$

Un alimento con actividad de agua  $a_w$  alta es aquel que posee un gran contenido de humedad y bajas concentraciones de solutos. Microorganismos como bacterias, levaduras y hongos se proliferan con mayor facilidad en  $a_w$  alta, es por ello que los alimentos se descomponen con mayor rapidez. (Frazier, W., & Westhoff, D. 1988). Otro investigador, Díaz, G. (2007) menciona que varios métodos de conservación de los alimentos se enfocan en disminuir la  $a_w$  lo suficiente, para evitar que los microorganismos sean incapaces de crecer. Entre los métodos más adecuados para disminuir la humedad en los tejidos se encuentran, la deshidratación o el congelamiento, el uso de azúcar en altas concentraciones como en las mermeladas y jaleas y el uso de una solución concentrada de sal como la salmuera.

A diferencia del azúcar la sal disminuye la actividad del agua más efectivamente. Por ejemplo, una solución al 10% de cloruro de sodio tiene un  $a_w$  de 0.93 (en comparación con 1,00 del agua pura) y una solución al 10% de sacarosa tiene un  $a_w$  de 0.994. Una  $a_w$  muy elevada es benéfica para el crecimiento de bacterias mientras que los mohos pueden tolerar un  $a_w$  menor que las levaduras. El *Staphylococcus aureus*, que es el organismo con mayor índice toxico de los alimentos, es incapaz de producir toxinas en un  $a_w$  por debajo de 0,93 a 0,91. El que un alimento expuesto al aire se deshidrate o tome humedad, dependerá de la relación entre la actividad de agua en el alimento y la humedad relativa del aire. La humedad relativa es la relación entre la presión de vapor de la humedad del

aire, con la del agua pura a la misma temperatura. La humedad relativa, por costumbre, se expresa como un porcentaje:  $RH = a_w \cdot 100$ . (Charley, 2014)

En base a la actividad de agua se puede determinar el comportamiento de un producto. Es decir, a medida que la actividad de agua se acerque a 1.0 que en si es el agua pura, el producto tendrá una mayor inestabilidad, es debido a ello que los vegetales, cárnicos y frutas tienen la necesidad de ser refrigerados. A diferencia, de los alimentos que se mantienen estables a temperatura ambiente (excepto los tratados térmicamente y comercialmente estériles, como los enlatados), que son bajos en actividad del agua, tienen una humedad intermedia por lo que el crecimiento microbiano es retardado, como se muestra en el cuadro 1. (Badui, S. 2006).

Cuadro 1. VALORES MÍNIMOS DE LA ACTIVIDAD DEL AGUA PARA EL CRECIMIENTO DE MICROORGANISMOS DE IMPORTANCIA EN ALIMENTOS.

ORGANISMO	ACTIVIDAD DEL AGUA MÍNIMA
Mayoría de bacterias dañinas	0.91
Mayoría de levaduras dañinas	0.88
Mayoría de hongos dañinos	0.80
Bacteria halófila	0.75
Levadura <i>osmófila</i>	0.60
<i>Salmonella</i>	0.95
<i>Clostridium botulinum</i>	0.95
<i>Escherichia coli</i>	0.96
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.86
<i>Bacillus subtilis</i>	0.95

Fuente: (Badui, S. (2006).

### 3. Alimentos de humedad intermedia

Con formato: Interlineado: sencillo

Con formato: Izquierda, Interlineado: sencillo

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Aquellos alimentos con un contenido de humedad intermedia tienen una vida útil mayor y no necesitan de rehidratación o refrigeración para conservarlos, debido a esto son los más adecuados para reducir costos en zonas o países donde los métodos de conservación sean caros. No existe definición exacta de ellos pero se les considera productos con actividad de agua libre de 0.65 a 0.86 y de 25 a 50% de agua. Teniendo como un límite máximo de  $a_w$  0,86 al ser suficiente para inhibir bacterias patógenas, entre ellas el *Staphylococcus aureus*, aunque es insuficiente para evitar hongos y levaduras, por lo que al momento de procesarlos se añaden sorbatos y benzoatos [\(Badui, S. 2006\)](#).  
~~-(Badui, 2013)~~

Frazier, [W.](#), y Westhoff, [D.](#) (1988), mencionan que para obtener estos alimentos primero se quitan un porcentaje de agua o se suministran solutos altamente hidratables los cuales capturan el agua y por ello aminoran consecuentemente la  $A_w$ . Como referencia tenemos a la leche, su concentración por evaporación es muy común, y pasa de un valor de actividad de agua libre igual a 0,97 a 0,80-0,82, de esta manera se obtiene leche evaporada mejorando así su vida de anaquel, por otra parte Badui, S. (2006) menciona que alimentos como jaleas, mermeladas, néctares, dulces y otros utilizan el mismo principio, infiere que , la disminución del contenido de agua provoca la concentración de otras sustancias, como los ácidos que abaten el pH y que también contribuyen a la estabilidad microbiana del alimento.

## B. DESHIDRATACIÓN

### 1. Generalidades

La deshidratación tiene como objetivo primordial disminuir la actividad de agua de los alimentos. Se conoce desde inicios de la humanidad que los alimentos perecederos son aquellos que contienen un alto grado de humedad, de tal manera que el control del contenido en agua es una herramienta para su conservación (Fito, [P.](#) *et al.*, 2005).

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Palacios, J. (2010) sugiere que diferentes alimentos que contienen el mismo porcentaje de humedad a la vez pueden ser diferentes en su estabilidad por lo que se deben tener muy en cuenta las interacciones del agua con otros componentes del alimento. El método de deshidratación ayuda a reducir costos de transporte y almacenamiento por la disminución del peso y volumen de los productos. Y en último término, puede ser una herramienta para el desarrollo de nuevos productos.-(Monzón, C. 2006).

Por otra parte, esta técnica a la vez que ayuda a conservar el alimento, su proceso provoca ciertos cambios que deben tomarse en cuenta. Para el caso del tejido vegetal este sufre un estrés térmico e hídrico lo cual supone una serie de cambios físicos, químicos y sensoriales, los cuales ocurren durante todo el proceso (Della Rocca, P. 2010).

Monzón, C. (2006). investigo que las células vegetales durante la deshidratación pueden sufrir cambios como la ruptura de las paredes celulares, degradación de la lámina media, ruptura del citoplasma, falla funcional de la membrana y el colapso estructural de las células lo cual producen ciertos cambios físicoquímicos como la despolimerización y solubilización de pectinas, cristalización de la celulosa, cambios en los sólidos solubles y en la capacidad de rehidratación, desnaturalización de proteínas, encogimiento y también cambios en las propiedades mecánicas relacionadas con la textura. Castillo, W. (2015). Enuncia que la alteración de variables tales como color, sabor, textura, valor nutritivo, velocidad de reconstitución, estabilidad en el almacenamiento y viscosidad son atribuidos a los cambios químicos que sufre el alimento al utilizar esta técnica.

## **2. Factores que afectan al proceso de deshidratación**

### **a. Tamaño y geometría de la partícula**

Antes de someter un alimento a la técnica de deshidratación es prescindible tener en cuenta factores importantes como el tamaño y geometría de la partícula. Existe una relación entre la velocidad de secado de una partícula húmeda delgada y el

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

grosso de la misma la cual se expresa de la siguiente forma; la velocidad de secado de un pedazo de la partícula es inversamente proporcional al cuadrado del grueso de la pieza.-(Udlap, U. 2010).

El tamaño influye en la velocidad de deshidratación y en la absorción de solutos puesto que la superficie por unidad de volumen se modifica para los diferentes tamaños. La disminución en la pérdida de agua se atribuye a la formación de una capa superficial de solutos sobre el producto que impide la difusión de agua hacia la solución, en el caso de soluciones muy concentradas de soluto.-(Della Rocca, P.-2010).

#### **b. Temperatura del aire**

Durante el proceso de secado la temperatura juega un papel primordial, a medida que el su valor aumenta la disminución de humedad se acelera. Para la técnica de deshidratación la temperatura se selecciona tomando en cuenta el producto que va a ser secado.-(~~Gómez, Best, & Fernandez, 2001~~) (Gómez, G., Best, R., & Fernandez, F. 2001). Durante el proceso de secado, se origina un gradiente de temperatura con respecto al espesor del material, mismo que tiende a disminuir conforme se reduce el contenido de humedad.-(Perry, J.1984).

#### **c. Velocidad del aire**

Las funciones principales que ejerce la velocidad del aire dentro del secador en primer lugar es transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el material facilitando su evaporación, y en segundo lugar, transportar la humedad saliente del material.-(Rocha, R. et al., 2012).

Investigadores como Ochoa, E. et al., (2013), manifiestan que entre el material a secar y el aire hay una capa límite la cual es de gran importancia en el secado; mientras la capa límite sea de un espesor menor la remoción de humedad será más rápida y viceversa. De igual manera Perry, J. (1984), infiere que la forma de la corriente del aire es importante para la velocidad, una corriente turbulenta es

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

mucho más eficaz que una laminar, pues la primera afecta en mayor forma la capa límite y el aire. En las primeras etapas del secado, la velocidad del aire es muy importante, sobre todo cuando el material contiene un alto contenido de humedad.

Si la velocidad de aire es alta, la tasa de evaporación será mayor y el tiempo de secado menor; de la misma manera, si la velocidad del aire disminuye la tasa de evaporación disminuye y el tiempo de secado aumenta. Debido a esto, para obtener un secado rápido y uniforme es necesaria una circulación del aire fuerte y regular. ~~(Knoule, 2001)~~ (Knoule, F. 2001). Se utilizan velocidades mayores a  $3 \text{ ms}^{-1}$  sólo en casos excepcionales (material muy húmedo), pero en general, la velocidad se considera entre de  $2 \text{ ms}^{-1}$  a  $3 \text{ ms}^{-1}$ . En algunos casos, es recomendable utilizar velocidades de secado altas al inicio del proceso de secado, pero a medida que disminuye la humedad se sugiere disminuir la velocidad. Lo anterior es posible si se cuenta con ventiladores de velocidad variable. ~~(Perry, 1984)~~ (Perry, J. 1984).

### 3. Métodos de deshidratación

#### a. Deshidratación solar

La deshidratación por exposición al sol es ampliamente practicada en los trópicos y subtrópicos esta se limita a los climas de sol ardiente y atmosfera seca (Caballero, A. 2008). Sin embargo, la variante más común y económica de este método consiste en colocar el alimento sobre el piso, quedando expuesto directamente al sol. La desventaja de esta variante radica en la vulnerabilidad del alimento a la contaminación por polvo, infestación por insectos y hongos productores de aflatoxinas, pérdidas por animales y baja calidad de los productos ~~(Frazier, W., & Westhoff, W. 1988)~~.

El proceso de deshidratación mediante la exposición directa al sol puede requerir de 106 a 120 h. Otra variante del secado solar consiste en emplear deshidratadores solares tipo túnel, donde el alimento queda protegido del

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

ambiente durante la deshidratación. La temperatura típica que suele alcanzarse en estos túneles oscila entre los 60 y 80 °C, llegando a alcanzar en algunos casos excepcionales hasta 140 °C. Las ventajas de la deshidratación solar radican en los bajos costos de operación y en ser ecológicos, puesto que generalmente no utilizan energía eléctrica o derivada de combustibles fósiles. (Tobergte, D., & Curtis, S. 2013).

#### **e.b. Deshidratación por aire caliente**

Uno de los métodos más comunes para la deshidratación es aquel en que se somete al alimento a un flujo de aire caliente. Consiste en remover el agua en estado libre de la superficie de los productos (Doymaz, A. 2007). Al reducir la tensión y la capa de difusión del alimento por medio de un incremento en la velocidad del aire y la turbulencia generada alrededor de este, se produce una deshidratación eficiente. La deshidratación mediante este método depende de la velocidad y temperatura del aire empleado. (Cárcel, J. et al. 2007).

A medida que la temperatura del aire circundante aumente el tiempo de deshidratación disminuya respectivamente. Es común el uso de altas temperaturas si se emplea este método, lo cual representa su principal desventaja, puesto que causa cambios drásticos en el en sus propiedades tales como: sabor, color, contenido de nutrientes, componentes aromáticos, densidad, capacidad de absorción de agua y concentración de solutos (Ratti, C. 2009). Tiempos y temperaturas elevadas de deshidratación también causan la formación de aromas indeseables y la reacción de Maillard en productos que contengan alto contenido de carbohidratos. (Ochoa, E. et al., 2013).

#### **d.c. Deshidratación osmótica**

Ahouannou, Amoussou, B., Ali, M., & Agbo, G. (2015). Mencionan que a diferencia de la deshidratación térmica la principal ventaja de utilizar este método es mantener de mejor manera las características organolépticas y nutricionales de los alimentos, también permite reducir los costos de producción, empaque y

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

distribución de los alimentos. En consecuencia, la deshidratación osmótica consiste en sumergir el producto en una solución de azúcar y/o sal, a la cual se le denomina solución osmótica. Durante la deshidratación osmótica disminuye continuamente el contenido de agua en el producto mientras el agente osmótico penetra en él (Frazier, W., & Westhoff, D. 1988).

Para la mayoría de vegetales en los cuales el dulzor no es característico se emplean alcoholes de alto peso molecular para reemplazar los azúcares o la conjunción de sal y azúcar u otros edulcorantes para enmascarar a estos últimos. Este método no disminuye la actividad acuosa del alimento de manera tal de estabilizarlo totalmente, sino que sólo extiende su vida útil. Debido a esto es necesario someter a los alimentos a procesos posteriores como secado, congelado o liofilizado, entre otros. Aproximadamente un 50-60% de agua se pierde con este proceso. (Della Rocca, P. 2010).

#### **e.d. Deshidratación por liofilización**

Esta técnica se emplea para asegurar una vida de anaquel a largo plazo y para preservar las propiedades originales principalmente de productos farmacéuticos y biológicos. La liofilización consiste en eliminar el agua más del 99% de una solución diluida inicialmente. La concentración de soluto total aumentara con rapidez debido a la temperatura solamente, por lo tanto es independiente de la concentración de la solución inicial. (Parzanese, M. 2009).

Alzate, C. (2008). Mmenciona que, durante la liofilización el agua se encuentra en estado sólido lo cual protege la estructura primaria y la forma de los productos con una reducción mínima de volumen. Los productos deshidratados a través de este método no poseen compuestos volátiles, tales como, sales o electrolitos, sino forman una clase especial de excipientes, sales, acetato o bicarbonato, que se eliminan fácilmente durante la etapa de sublimación del hielo. Franks, F. (1998). infiere que la principal desventaja que tiene el secado por congelación es que siempre ha sido reconocido como el proceso más costoso para la elaboración de un producto deshidratado.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

De acuerdo con Ochoa, E. et al., (2013), existen tres etapas que ocurren durante el proceso de liofilización:

- Congelación previa, se separa el agua de los componentes hidratados del producto, por la formación de cristales de hielo o mezclas eutécticas.
- Sublimación de estos cristales que elimina el agua del seno del producto trabajando a presión y temperatura por debajo del punto triple y aportando el calor latente de sublimación. Esta etapa tiene lugar en el liofilizador.
- Evaporación o desorción del agua que queda aún adsorbida en el interior del producto. Es decir una vez sublimado todo el hielo, también queda cierta agua retenida en el alimento (agua enlazada) para ello se aumenta la temperatura del liofilizador manteniendo el vacío lo cual favorece su evaporación.

#### 4. Cinética de secado

Para un diseño correcto del proceso de deshidratación es fundamental el estudio de la cinética de secado que permita además obtener un producto de calidad. Del equipo o la disminución del rendimiento, un excesivo consumo de energía, (Vega, A. et al., 2005). La cinética del secado de un material no es más que la dependencia de la humedad del material y de la intensidad de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este, como la propia humedad o las dimensiones del equipo, (Giraldo-Zuñiga, A. et al., 2010). A su vez Pereira, A. et al., (2013), menciona que la cinética de deshidratación estudia la velocidad de reacción de las propiedades en los alimentos durante los procesos tecnológicos de deshidratación.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

### C. VELOCIDAD DE SECADO

#### 1. Proceso de secado

Un proceso de secado se puede decir que es la variación que sufre el peso de un producto sometido a deshidratación con respecto al tiempo que tarda dicho

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

proceso observar el gráfico-figura 1. Aunque a veces, los datos de secado pueden expresarse en términos de velocidad de secado.-(Merino,J, 2006).

**Con formato:** Fuente: Sin Negrita, Sin subrayado, Español (Ecuador), Sin Resaltar



Figura-Gráfico 1.4— Variación del peso con respecto al tiempo durante un proceso de                    secado.

La relación existente entre la cantidad de agua de un producto y el contenido de sólidos secos es en sí el porcentaje total de humedad que contiene un alimento y se expresa como: (Nogués, Daniel, & Rezeau, 2010).

$$X_t = (W_t - F_s) / F_s$$

Dónde:  $W_t$  es el peso total de material en un tiempo determinado,

$F_s$  es el peso de los sólidos secos y

$X_t$  es la humedad expresada como peso de agua/peso de sólido seco.

El investigador Nonhebel, G. (2002), describe que, durante el proceso de secado la variable denominada como agua libre ( $X$ ), es la más importante a evaluar si se considera el contenido de humedad de equilibrio, para ello tenemos:

$$X = X_t - X_{eq}$$

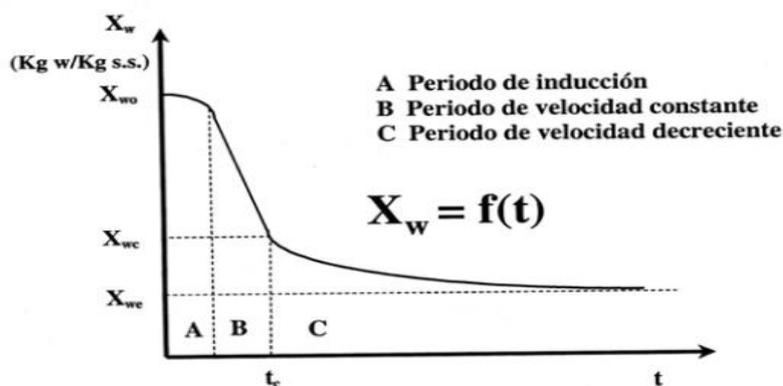
Dónde:  $X_{eq}$  es el contenido de humedad cuando se alcanza el equilibrio,

$X$  representa la humedad libre y

$t$  es el tiempo que tarda el secado.

La curva de secado es la evolución en el contenido de humedad del producto con el transcurso del tiempo (Palacios, J. 2010). De la misma manera, Fito, P. et al., (2001) —representa gráficamente como actúa el contenido de humedad del material ( $X_w$ ) frente al tiempo transcurrido desde que se inicia la operación de secado ( $t$ ) [Figura gráfico 2](#), la cual muestra una curva de secado típica de materiales muy húmedos en la que se observan tres zonas características:

- Una primera zona A, en la cual la pendiente de la curva aumenta ligeramente con el tiempo y se denomina periodo de inducción.
- Otra B, de pendiente constante.
- Y una tercera zona C, en la cual la pendiente disminuye con el tiempo.



[FiguraGráfico 2.](#) Curva de secado típica.

El proceso de secado de un material puede describirse por una serie de etapas en las que la velocidad de secado juega un papel determinante. La curva típica de velocidad de secado que se observa en [la figura el gráfico 3](#) muestra el intervalo entre el punto A y A' el cual representa el comienzo del secado para un material frío o caliente. El punto B representa la condición de temperatura de equilibrio de

la superficie del producto. El tiempo transcurrido para pasar de A o A' a B suele ser bajo y a menudo se desprecia en los cálculos de tiempo de secado (Palacios, [J.](#) 2010).

El tramo de la curva B-C es conocido como periodo de velocidad constante de secado y está asociado a la eliminación del agua no ligada del producto, en el que el agua se comporta como si el sólido no estuviera presente. Al inicio la superficie del producto se encuentra muy húmeda, presentando una actividad de agua cercana a la unidad (Aparicio, [J.](#), & Calle, [R.](#) 2011). En los sólidos porosos el agua eliminada en la superficie es compensada por el flujo de agua desde el interior del sólido; el periodo de velocidad constante continúa mientras que el agua evaporada en la superficie puede ser compensada por la que se encuentra en el interior (Durán, [A.](#) et al., 2014). La temperatura en la superficie corresponde aproximadamente a la del bulbo húmedo. En general, la velocidad de secado se determina por condiciones externas de temperatura, humedad y velocidad de aire (Merino, [J.](#) 2006).

Aparicio, [J.](#), & Calle, [R.](#) (2011), señalan que finalmente aparece el periodo de velocidad decreciente ocurre cuando la velocidad de secado ya no se mantiene constante y empieza a disminuir. Además, la actividad de agua en la superficie se hace menor que la unidad. Palacios, [J.](#) (2001), indica que en este caso la velocidad de secado está gobernada por el flujo interno del agua y vapor, este intervalo está representado en el punto C.

En el punto explicado anteriormente no hay suficiente agua en la superficie para mantener el valor uno de actividad de agua. El periodo de velocidad decreciente se puede dividir en dos etapas. La primera de ellas se da cuando los puntos húmedos en la superficie disminuyen continuamente hasta que la superficie esta seca completamente (punto D), mientras que la segunda etapa del periodo de velocidad de secado decreciente se inicia en el punto D. (Durán, [A.](#) et al., 2014). Cuando la superficie está completamente seca, y el plano de evaporación se traslada al interior del sólido. El calor requerido para eliminar la humedad es



superficie del producto a través de una película de aire que rodea el material y la transferencia de calor a través del sólido. A medida que transcurre este proceso la superficie del producto permanece saturada de agua, ya que la velocidad de movimiento de agua desde el interior del sólido es suficiente para compensar el agua evaporada en la superficie (Merino, J. 2006).

La velocidad con que se elimina agua de la superficie del sólido es menor que la velocidad con que llega a ella desde el interior del mismo. De esta manera, la superficie del material se mantiene constantemente húmeda. (Nogués, F. et al., 2010). Por otro lado, la velocidad de secado es igual a la velocidad de evaporación del agua, que será a su vez proporcional a la velocidad de flujo de calor que llega desde el aire al sólido (Durán, A. et al., 2014).

Por otro lado a medida que transcurre el tiempo, el sólido se va secando y llega un momento en el que la velocidad con que el agua llega a la superficie se hace menor que la velocidad de evaporación, que implicaría el uso de toda la energía que llega del aire en evaporar agua del alimento (Merino, 2006). Desde este momento parte del calor que llega al sólido se invierte en calentarlo. El contenido de humedad del producto en dicho instante se conoce como humedad crítica ( $X_{wc}$ ) (Fito, P. et al., 2001).

#### **4. Periodo de velocidad de secado decreciente**

En esta etapa la velocidad de secado decrece cuando el contenido de humedad sobrepasa el contenido de humedad crítico  $X_c$  (Aparicio, J., & Calle, R. 2011), esto concuerda con estudios realizados por Palacios, J. (2010), a la vez indica que el movimiento del agua dentro del sólido puede ser explicado por diferentes mecanismos: difusión del líquido debido a los gradientes de concentración, difusión del vapor debido a las presiones parciales, movimiento del líquido debido a fuerzas capilares, movimiento del líquido debido a la gravedad y difusión superficial. El movimiento de la humedad a través del alimento depende de la estructura del poro y la interacción de la humedad con la matriz alimenticia.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

En este periodo la humedad del producto sigue disminuyendo hasta alcanzar la humedad de equilibrio ( $X_{we}$ ) manifiesta Merino, [J.](#) (2006). Al igual que las líneas que se obtienen pueden ser curvas, en otros casos serán rectas o bien una combinación de ambas. La interpretación exacta del fenómeno aún no se ha dado pero hay varias teorías que intentan explicarlo. En los casos en los que la disminución de la velocidad de secado es lineal con el contenido en humedad, se supone que la evaporación del agua que contiene el material continúa produciéndose en la misma forma que en el periodo de velocidad constante, con la salvedad de que no ocurre en toda la superficie, ya que comienzan a aparecer zonas secas, de manera que la velocidad de secado disminuye a medida que lo hace la superficie mojada. (Durán, [A.](#) et al., 2014).

Llega así un momento en el que toda la superficie queda seca y entonces se supone que el proceso continúa en una de las dos formas siguientes (Fito, [P.](#) et al., 2001):

- Si existe un frente de evaporación que se desplaza hacia el centro del sólido, de manera que el vapor que se produce es el que se difunde a través de la masa seca hacia el exterior, la velocidad de secado dependerá de la velocidad de difusión de dicho vapor.
- El otro mecanismo posible sería el de difusión de líquido a través de la masa sólida y su posterior evaporación en la superficie, por lo que la velocidad de secado dependerá de la velocidad de difusión del líquido.

## D. PIÑA

### 1. Generalidades

Esta fruta es originaria de América Tropical, siendo países como Brasil y Paraguay los principales cultivadores. Colón la encontró en el año de 1493 en la isla de Guadalupe, el nombre de piña proviene por su semejanza con la fruta del

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

pino, pero su nombre real de origen guaraní es Anana, de donde proviene su nombre científico ~~(Fernández, Montilla, Marcano, & Gallardo, 1997)~~ (Fernández,

García, D., y Serrano, H. (2005), señalan que la Ananá es una de las plantas más conocidas en nuestro medio, esta fruta es agrupada en 56 géneros, perteneciente a la familia Bromeliaceae, sirve como fuente de alimento y su nombre científico es *Ananas comosus* por ser un fruto autoincompatible no presenta semilla, puede llegar a pesar hasta 2 Kg. Existen alrededor de 17 variedades de cultivo de *Ananas comosus* y otras especies como *A. bracteus* e híbridos que han sido utilizadas para el cultivo (Cuadro 2).

Cuadro 2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA PIÑA.

Taxonomía	
Nombre común	Piña
Nombre científico	<i>Ananas comosus</i>
Reino	Vegetal
División	Monocotiledóneas
Clase	Liliopsida
Orden	Bromeliaceae
Género	Ananas
Especie	Comosus
Variedad	Cayena lisa

Fuente: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - (Chiapas) (2010).

## 2. Característica morfofenológicas de la piña Cayena lisa

La variedad *Cayena lisa* es una planta herbácea perenne, la planta adulta puede llegar a medir entre 1 a 1,20 m de altura, su tallo es corto y grueso con una longitud de 30 a 60 cm un poco rígido y carnoso, presenta de 70 a 80 hojas, las más jóvenes se encuentran en el centro y las antiguas en el exterior tienen un ápice puntiagudo y en la base son envolventes en forma de vaina. ~~(Guido et al, 1983)~~ (Guido, M. et al, 1983).

Con formato: Interlineado: sencillo

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Izquierda

Tabla con formato

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 16 pto

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

La inflorescencia o “espiga” está formada por flores perfectas (hermafroditas), auto estéril, las que por polinización cruzada entre dos variedades se pueden cruzar y formar semillas. Los frutos suelen ser voluminosos, jugosos en forma de barril o cilíndrica de sabor agridulce y aromáticos con un peso en promedio de 0,5 y 2 Kg.-(Hevia, J. 2007).

La forma de canalón y la disposición de las hojas en roseta le permiten acumular humedad. Debajo de la epidermis superior se encuentra una capa única de células que confieren rigidez a la hoja. La cara inferior de la hoja se encuentra cubierta de tricomas (excrecencia de células) estas son de gran importancia al momento de ahorrar agua ya que reflejan la luz y evitan el recalentamiento de la planta, presenta tejidos acuíferos que acumulan agua y los ceden a la planta cuando hay sequía.-(~~Baraona & Sancho, 2004~~)(Baraona, M., & Sancho, E. 2004).

### **3. Características del fruto antes de la cosecha**

Duque, C. et al., (2006) señalan que cuando la piña está lista para la cosecha la parte basal madura con mayor rapidez que la apical; una vez recolectada el porcentaje de azúcares varía muy poco, a diferencia que cuando se encuentra en la planta el azúcar aumenta considerablemente en solo un día ya que puede variar entre el 10 y 14%; a su vez el ácido oscila entre 0,5 y 1,5%. Los ácidos de mayor importancia en esta fruta son el ácido cítrico y el málico.

Otro aspecto importante al momento de la recolección es cuando los botones basales de la ananá presentan una coloración amarillenta de forma uniforme; esta característica asegura que el proceso de maduración seguirá en forma normal y no existe el peligro de que el fruto resulte insípido. Una vez que el proceso de coloración de la piña inicie en su parte basal, el mismo continuará progresivamente hasta alcanzar el fruto completo.-(García, D., -& Serrano, H. 2005).

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

El peso es inversamente proporcional a su coloración, es decir, a mayor peso menor coloración de la cascara; esto depende de variables como condiciones ecológicas y variedad cultivada. Una fertilización más rica en potasio que en nitrógeno favorece la coloración. En periodos secos y frescos los frutos se colorean más que en periodos húmedos y calientes.-(Hevia, J. 2007).

#### 5.4. Características físico-químicas de la piña Cayena Lisa

Entre las propiedades de calidad de la piña más relevantes encontramos masa, firmeza, sólidos solubles, pH, firmeza al tacto, aroma y apariencia general, estas propiedades se relacionan directamente con el tiempo de almacenamiento. Para la piña *Cayena lisa* se registra que durante el proceso de maduración poscosecha, existe una pérdida de peso promedio por día de 0,010 (%), esto se debe al comienzo de la deshidratación del fruto.-(Martinez, 2003) (Martinez, C. 2003).

La firmeza de esta fruta está relacionada con el tiempo que tarde en consumirse mientras más tiempo menor firmeza. Tain, Y. et al., (2011),\_-mencionan que en el caso de la piña Cayena Lisa esta propiedad disminuye desde 6,75 hasta 0,22 kgf/cm<sup>2</sup>. Esto lo corroboran Aguilera, J., & Stanley, D. (1999),\_ quienes señalan que la fruta pierde firmeza como consecuencia del proceso de maduración descrito por la fruta y el comienzo de la senescencia donde su epidermis se encuentra envejecida.

En el caso de los sólidos solubles se evidencian que no varían en gran cantidad, ya que en el transcurso de la maduración poscosecha sube de un promedio de 13 a 16 °Brix, de mantenerse estos índices representa un buen contenido de azúcar y sabor debido a la acumulación de los carbohidratos quienes posteriormente se convierten en azúcares durante el proceso de maduración (Jain, N. et al., 2003).

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Interlineado: sencillo

Con formato: Interlineado: sencillo

El pH aumenta gradualmente con respecto al tiempo de maduración, puede llegar hasta un valor 5,22 este valor se da hasta cuando el fruto entra a un estado de putrefacción y luego senescencia. Esta propiedad es el resultado de los cambios bioquímicos que sufre la piña durante el período de maduración fuera de la mata. (Tain, Y. et al., 2011). Investigadores como Alférez, F. et al., (2003), plantean que a medida que la piña se madura, el pH aumenta, por ello en los primeros ~~días~~ días la fruta se mantiene acida ~~debido a que la maduración se ha provocado en primera instancia por el estrés de la recolección~~, y a partir de los días sucesivos tiende a acelerarse el proceso de maduración y futura senescencia del fruto como proceso natural.

En el cuadro 3. Se muestra la composición química que contiene la piña.

Cuadro 3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FRUTO DE PIÑA SEGÚN DIFERENTES AUTORES.

Composición		Biale	Camargo	Dull	Kadan	Morale	Youn
					s	s	g
Agua	%	85,00	85,58	86,20	--	85,40	85,00
Acidez	%	0,70	0,64	0,60	--	0,50	0,45
Azúcar total	%	14,00	9,90	--	13,70	13,70	13,57
Proteína (Nx6,25)	%	0,40	0,44	--	0,40	0,40	0,50
Grasa	%	0,20	0,09	--	0,20	0,20	--
Fibra	%	--	0,51	--	--	0,40	--
Cenizas	%	0,40	0,36	0,30	--	0,30	--
Calcio	mg/100g	16,00	19,49	16,00	16,00	18,00	17,00
Hierro	mg/100g	0,30	0,65	0,30	3,00	0,50	0,50
Fosforo	mg/100g	11,00	10,12	21,00	11,00	8,00	7,80
Potasio	mg/100g	--	187,65	333,00	150,00	--	247,0
Sodio	mg/100g	--	--	14,00	--	--	1,60

Con formato: Interlineado: sencillo

Con formato: Fuente: 12 pto, Sin Negrita

Tabla con formato

Con formato: Izquierda

Magnesio	mg/100g	--	16,96	11,00	--	--	16,90	Con formato: Izquierda
Azufre	mg/100g	--	--	7,00	--	--	2,60	Con formato: Izquierda
Cloro	mg/100g	--	--	46,00	--	--	28,50	Con formato: Izquierda
Vitamina A	mg/100g	--	--	--	130,00	--	71,00	Con formato: Izquierda
Vitamina B1	mg/100g	0,08	--	0,13	0,08	0,08	0,08	Con formato: Izquierda
Vitamina B2	mg/100g	0,03	--	0,09	0,02	0,04	0,03	Con formato: Izquierda
Niacina	mg/100g	0,20	--	0,28	0,20	0,20	0,20	Con formato: Izquierda
Ácido ascórbico	mg/100g	17,00	35,18	25,00	61,00	61,00	17,00	Con formato: Izquierda

Fuente: Abacaxi, Instituto de Tecnología de Alimentos. Serie Frutáis Tropicais N°-2 (2003).

Con formato: Fuente: 12 pto

### **V.III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO**

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos y el Laboratorio de Bromatología y Nutrición de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 1 1/2 en el Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

El trabajo experimental tuvo una duración de 60 días durante los cuales se implementó y se comprobó el funcionamiento de un deshidratador de materia prima vegetal a través del secado de piña (*Cayena ~~h~~isa*). Las condiciones ambientales de la zona donde se realizó la investigación se muestran en el siguiente (cuadro 4).

Cuadro 4. CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA DONDE SE REALIZARA LA INVESTIGACIÓN.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Primera línea: 0 cm, Interlineado: sencillo

PARAMETRO	MEDIDA	VALOR PROMEDIO
Altitud	msnm	2754,06
Longitud Sur		0°39´
Longitud Oeste		78°36´
Temperatura	°C	12,8
Precipitación anual	mm/año	469
Humedad relativa	%	66,30

FUENTE: Departamento Agro meteorológico de la FRN, ESPOCH (2007).

### **E-B.- UNIDADES EXPERIMENTALES**

Por ser un trabajo de tipo descriptivo no se consideran unidades experimentales, ni un diseño para inferencia estadística; únicamente se verificó las condiciones de operación del equipo implementado, a través de cinéticas de secado de la piña (*Cayena lisa*).

### **E-C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES**

Para el desarrollo de la investigación se utilizaran los siguientes equipos y materiales:

#### **1. Materiales**

- Piña fresca (*Cayena lisa*).
- Cápsulas de aluminio.
- Soporte Universal.
- Pinzas.
- Algodón.
- Varillas de vidrio.
- Cajas Petri.

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Izquierda

Con formato: Izquierda

Tabla con formato

Con formato: Fuente: 12 pts

Con formato: Fuente: 12 pts

Con formato: Fuente: 12 pts

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

- Espátula\_
- Cuchara\_
- Desecador de vidrio con silica gel\_
- Tijera\_
- Fundas\_
- Guantes\_
- Mandil\_
- Mascarilla\_
- Esferográfico y/o marcador\_
- Libreta de apuntes\_

## 2. Equipos

- Deshidratador\_
- Balanza analítica\_
- Estufa\_
- Cronometro\_
- Potenciometro\_
- Penetrómetro\_
- Calibrador (Pie de rey)\_
- Refractómetro\_
- Termómetro\_
- Refrigerador\_

## 3. Reactivos

- Agua destilada\_
- Alcohol\_
- Solución buffer 4 y 7\_

## 4. De oficina

- Material de escritorio\_

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Fuente: Negrita, Subrayado

Con formato: Normal, Sin viñetas ni numeración

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

- Cámara fotográfica.
- Computador.

## 5. Instalaciones

- Laboratorio de Microbiología de los Alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

— Laboratorio de Bromatología y Nutrición de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

- 

## E.D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente trabajo no dispuso de tratamientos experimentales, en vista que el carácter de la investigación responde únicamente a la implementación de un deshidratador de materia prima vegetal en la Facultad de Ciencias Pecuarias, y la posterior verificación de las condiciones de operación con las que trabaja el equipo implementado.

Al finalizar la instalación del equipo se realizó la validación experimental de la operación del equipo para verificar el funcionamiento del mismo. Para ello se procedió a la deshidratación de piña, fruta con alto porcentaje de humedad. Lo que ayudó a la comprensión de la cinética de secado en la cual intervendrán los parámetros humedad tiempo. Los resultados registrados responden a una recopilación de muestras sistematizadas, en tal virtud se utilizará estadística descriptiva.

## F.E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Para conocer el comportamiento del proceso de secado con el que opera el equipo se realizó las siguientes mediciones experimentales.

- Humedad.

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

**Con formato:** Párrafo de lista,VIÑETAS, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,75 cm, Con viñetas + Nivel: 1 + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

**Con formato:** Párrafo de lista,VIÑETAS

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín., Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: A, B, C, ... + Iniciar en: 4 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,5 cm + Sangría: 1,14 cm

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín., Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: A, B, C, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

- Sólidos solubles\_
- pH\_
- Firmeza\_
- Diámetro\_

### **G.F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA**

Para la presente investigación no se requirió la aplicación de tratamientos o la medición de la influencia de variables manipulables sobre resultados deseados; se aplicó únicamente estadística descriptiva a los resultados obtenidos de manera experimental. Las herramientas estadísticas aplicadas ayudaron a la tabulación, representación, agrupación e interpretación de los resultados obtenidos.

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín., Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: A, B, C, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

### **H.G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

La implementación del equipo deshidratador de materia prima vegetal se realizó cumpliendo los siguientes parámetros.

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

#### **1. Selección y adquisición del equipo deshidratador.**

Con la finalidad de obtener resultados altamente eficaces al momento de la deshidratación de alimentos, y conociendo que el equipo estará en contacto directo con estos, se consideró un equipo cuyas características garanticen la calidad e inocuidad de cada producto, para ello se establecieron criterios técnicos los cuales ayudaron a cumplir el objetivo deseado.

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

El equipo adquirido debe cumplir con los siguientes parámetros técnicos:

- Debe estar hecho totalmente de acero inoxidable de grado alimentario, con 10 mallas las cuales tienen agujeros de un área de 2 \* 2 cm y con flujo de aire

horizontal, su ventilador se encuentra en la parte posterior, con una potencia de 1200 W.

- Tener un selector análogo de temperatura de 35° C a 68° C, para un cuidadoso ajuste de las temperaturas grado a grado.
- Tener un temporizador análogo, para detención automática, de hasta 12 horas.
- Debe tener una gran capacidad y estar equipado con 10 rejillas de acero inoxidable; estas tienen que desmontarse con facilidad de esta manera se podrá dejar mayor espacio entre bandejas.
- Debe tener una estética innovadora, y acabado industrial estético.
- El material debe ser acero inoxidable AISI 304 libre de BPA (Bisfenol A), tanto en las bandejas como en el cuerpo del deshidratador, para evitar que el vapor de condensación esté en contacto con plásticos.

Con formato: Español (España - alfabetización tradicional)

Con formato: Centrado, Sangría: Izquierda: 1,27 cm, Sin viñetas ni numeración

Con formato: Normal, Sin viñetas ni numeración

## 2. Instalación del equipo.

Se evaluó el Laboratorio de Procesamiento de Alimentos, con la finalidad de determinar el área donde se ubicó el deshidratador de alimentos, teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante para un buen uso del equipo.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

## 3. Prueba de cinética de secado

Para comprobar un correcto funcionamiento del deshidratador se realizó evaluaciones por medio de cinéticas de secado de 20 piñas (*Cayena Lisa*).

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

## I.H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

### 1. Para la deshidratación de la piña *Cayena Lisa*

#### a. Adquisición de la Materia Prima para el deshidratado

Las piñas de variedad *Cayena Lisa*, en estado semimaduro se adquirieron en un local comercial que suministra frutas en la ciudad de Riobamba, las mismas que se sometieron a análisis físicoquímicos. Entre las características esenciales la piña debe tener aspecto fresco, consistencia firme, también debe estar libre de ataque de insectos y enfermedades.

#### b. Preparación de la materia prima

Luego de seleccionar la fruta se procedió a lavar con abundante agua con el fin de eliminar todas las impurezas que posee, posteriormente se quitaron la corteza, corona y el corazón de la piña *Cayena Lisa*; luego se cortó en rodajas con un espesor de 5 mm; con la máquina rebanadora marca Hobart de la Planta de Cárnicos de la Facultad de Ciencias Pecuarias previamente desinfectada, de esta manera se asegura que el grosor sea homogéneo.

#### c. Cinética de secado

Las rodajas de piña (*Cayena lisa*), se trasladaron hacia el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias en donde se ubicó el deshidratador para el desarrollo de la cinética de secado. Para el efecto se utilizó el deshidratador implementado modelo STX, marca Stainless Steel. Primero se alimentó cuatro bandejas con 180 gramos de piña cada una aproximadamente, se registró el peso inicial de cada bandeja es decir al tiempo cero y se procedió a tomar datos de cada bandeja en intervalos de tiempo de 30 minutos por nueve horas hasta mantener un peso constante. Para el proceso de secado se controló una temperatura de (63 °C).

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

#### d. Almacenamiento de las rodajas de piña deshidratada

Una vez deshidratadas las rodajas de piña *Cayena lisa*, se deja enfriar hasta que estas alcancen una temperatura ambiente, luego se almacenaron en fundas de cierre hermético (ziploc), para evitar que la humedad del ambiente penetre nuevamente.

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

## 2. Para las pruebas físico-químicas

### a. Determinación del pH

Se empleó un potenciómetro provisto de un electrodo de penetración, modelo HI-99163, (Hanna meat pH Meter, USA), se insertó el electrodo en una hendidura hecha a la piña *Cayena lisa*, antes se calibra el equipo con solución buffer 7 y 4, y se registró los resultados obtenidos; la lectura se realizó por triplicado en veinte piñas.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

### b. Determinación de firmeza

Fue determinada a través de la resistencia a la penetración ( $\text{Kg/cm}^2$ ;  $\text{lb/cm}^2$ ), necesaria para introducir un vástago cilíndrico de base esférica de 6 mm de diámetro, en la pulpa después de quitar la piel. Esta prueba se definió con un penetrómetro modelo FT327, marca Qa supplies. Esta prueba se realizó a veinte piñas *Cayena lisa* y los datos se tomaron por triplicado.

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

### c. Determinación de sólidos solubles

Para medir los sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) se utilizó un refractómetro manual considerando la norma ecuatoriana (NTE INEN-ISO 2173:2013). Para el efecto se procedió a preparar muestras de jugo de la piña *Cayena lisa* y se colocó 1 o 2 gotas que se repartieron homogéneamente en el prisma evitando que se formen burbujas de aire, finalmente se llevó a cabo la lectura del refractómetro a través del ocular y frente a la luz. Esta prueba se realizó en veinte piñas por triplicado.

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

#### d. Determinación de diámetro

Este parámetro se estableció a través de un calibrador (pie de rey) marca SHARS, para lo cual se tomó aleatoriamente el diámetro de las rodajas procesadas. Esta medición también se realizó a las 20 piñas por triplicado.

Con formato: Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

### 3. Para determinar la humedad de la piña fresca

Para establecer este parámetro se utilizó el método AOAC. Official Methods of Analysis 18th Edition, (2005). Se realizó en la estufa número 1 del Laboratorio de Bromatología y Nutrición de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

#### a. Principio

b.

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor hasta que haya eliminado la mayor cantidad de agua. Esta humedad se elimina a una temperatura de 105 °C.

Con formato: Interlineado: sencillo

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Normal, Sin viñetas ni numeración

#### e.b. Procedimiento

- Las capsulas de aluminio se secan en estufa a 105 °C con unos 10g de arena de mar para laboratorio y una varilla de vidrio, durante dos horas.
- Después de este tiempo se enfrían en desecador hasta temperatura ambiente y se pesan (cápsula, arena y varilla) en balanza analítica.
- La manipulación debe hacerse con pinzas.
- Se coloca en la cápsula con la arena y varilla de vidrio, entre 10g de la piña previamente triturada.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

- Se mezcla la muestra con la arena de forma que quede bien disgregada y no se forme una costra superficial al calentarse.
- Se introduce la cápsula en la estufa a 105 °C durante 24 horas.
- Transcurrido este tiempo, se saca la cápsula de la estufa y se deja en un desecador, para proceder a pesar cuando se alcance la temperatura ambiente.

El contenido en agua de la muestra se calcula por diferencia de peso y se expresa en % de humedad (g de H<sub>2</sub>O/100 g de muestra):

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{Peso de agua en la muestra}}{\text{Peso de la muestra húmeda}} * 100$$

Con formato: Centrado

Con formato: Fuente: Arial

$$\% \text{Humedad} = \frac{(\text{Pcápsula+varilla+arena+muestra}) - (\text{Pcápsula+varilla+arena+muestra seca})}{\text{Peso de la muestra húmeda}} * 100$$

Con formato: Normal

#### **5.4. Para determinar la humedad de la piña deshidratar**

Con formato: Normal, Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Para determinar esta variable se utilizó el método 93450.046 establecido por la AOAC (1998). Para este análisis se pesó 3 gramos de muestra triturada de piña *Cayena lisa* en una capsula de aluminio y se colocó en la estufa a 105 °C por 24 horas. Después de ese tiempo se enfría la capsula en el desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y se registró el peso. Los cálculos se procesan utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{(\text{Peso cápsula+muestra}) - (\text{Peso cápsula+muestra seca})}{(\text{Peso cápsula+muestra}) - (\text{peso capsula vacia})} * 100$$

Con formato: Fuente: 14 pto, Sin subrayado, Español (Ecuador)

Con formato: Fuente: 14 pto, Sin subrayado, Español (Ecuador)

Con formato: Fuente: 14 pto, Sin subrayado, Español (Ecuador)

Con formato: Fuente: 14 pto, Sin subrayado, Español (Ecuador)

Con formato: Título 1

## VII. IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. CUMPLIMIENTO DE CRITERIOS TÉCNICOS DEL DESHIDRATADOR DE MATERIA PRIMA VEGETAL

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

#### 1. Carcasa o cuerpo del deshidratador

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Es de acero inoxidable tipo alimentario AISI 304 libre de BPA (Bisfenol A), tanto en las bandejas como en el cuerpo del deshidratador, para evitar que el vapor de condensación esté en contacto con plásticos y contamine los productos, el material ~~también además~~ actúa como aislante térmico. ~~el acero también conocido como 18/8 es recomendado para la industria alimentaria.~~

#### 2. Panel de control

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

El panel de control es análogo, en el cual se establece la temperatura que tiene un rango de 35 a 68 °C y el tiempo de deshidratación con detención automática de hasta 12 horas. ~~dentro~~ Dentro de él se encuentra el motor, la resistencia y un ventilador que genera una velocidad de aire que oscila entre 2 a 3 ms<sup>-1</sup>. ~~el motor y la resistencia generadora de calor.~~

#### 4.3. Bandejas

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

El deshidratador modelo PT-67-120 cuenta con diez bandejas tipo rejillas las cuales constan con agujeros conde un área de 2-x-2 cm ideales para que el aire circule por todo el contenido a deshidratar. ~~están~~ Están diseñadas de tal forma

que el flujo de aire caliente proveniente de la parte trasera del equipo se conserve más en la cámara de secado.

#### 5.4. Flujo de aire

El sistema de ventilación se ubica en la parte posterior ~~el~~ cual ~~absorbe el aire que luego es calentado por las resistencias, la ubicación del ventilador permite generar~~ genera una mayor velocidad del flujo de aire ~~que luego es calentado por las resistencias;~~ ~~el~~ la aireación es horizontal hacia el interior de la cámara y vertical a través de los productos dispuestos en las bandejas, este flujo choca con las paredes y circula a través de toda la cámara, el diseño del equipo permite que la distribución del aire sea homogénea.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

## **B. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA PIÑA**

### **1. Contenido de sólidos solubles**

El contenido promedio de sólidos solubles que reportó la piña (*Cayena ~~L~~isa*) en este estudio fue de 11,74 °Brix, dato que se aproxima a lo establecido en la norma NTE INEN 1 836:2009, la cual señala un valor de 12 °Brix. Otros autores establecen que la piña una vez cosechada no presenta cambios en el contenido de sólidos solubles por ser un fruto no climatérico y a la vez no posee reservas de almidón que permitan la transformación de estos en azúcares, debido a esto el valor mínimo oscila entre 12 a 13 °Brix.-(Montero, M., & Cerdas, M. 2005).

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

### **2. Diámetro**

4.

El diámetro de la piña (*Cayena ~~L~~isa*), se registró en 105,8 mm, con esta medida se pudo clasificar al fruto en el rango de mediana de acuerdo a la norma NTE INEN 1836:2009. Así mismo el espesor de la piña de este estudio fue de 5 mm en

Con formato: Interlineado: Múltiple 1,25 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Normal, Interlineado: Múltiple 1,25 lín.

concordancia con otras investigaciones que este valor es el más apropiado para que la deshidratación de la piña sea efectiva.

### **5.3. Determinación de pH**

El pH de la piña analizada dió en promedio 4,08 valor que se encuentra dentro de los límites que reporta Pereira, [A. et al. \(2013\)](#), cuya investigación se llevó a cabo en el mismo fruto. Es importante mencionar que esta propiedad indica el periodo de acidez o alcalinidad que resulta de los cambios bioquímicos que atraviesa la fruta durante el período de maduración luego de la cosecha; a medida que la piña madura el pH aumenta. (Tain, [Y. et al., 2011](#)).

### **6.4. Firmeza**

El resultado obtenido correspondiente a la firmeza de la piña (*Cayena ~~L~~isa*) cortada en rodajas de 5 mm de espesor fue en promedio 1,19 Kg/cm<sup>2</sup>, este parámetro es un factor importante dentro de la determinación de calidad de la fruta y coincide con Pereira, [A. et al., \(2013\)](#), quienes reportan valores de firmeza de 1,27 Kg/cm<sup>2</sup> de la piña procesada en cubos de 2x5x1 cm, por lo que se puede corroborar que esta variable se encuentra dentro de los rangos establecidos.

### **7.5. Humedad**

Al respecto Arias, [T.](#) & Toledo, [S.](#) (2007), manifiestan que la piña está constituida entre un 80 a 90% de agua en concordancia con el grado de madurez de la fruta, por lo cual el resultado obtenido del 87,29 % se encuentra incluido en este rango. Las frutas poseen un alto contenido de agua en donde se encuentran sustancias solubles como azúcares, sales, ácidos orgánicos, pigmentos solubles en agua y vitaminas. Las sustancias incapaces de disolverse en el agua, se dispersan coloidalmente en ella. ([Charley, 2011](#)) ([Charley, H. 2011](#)).

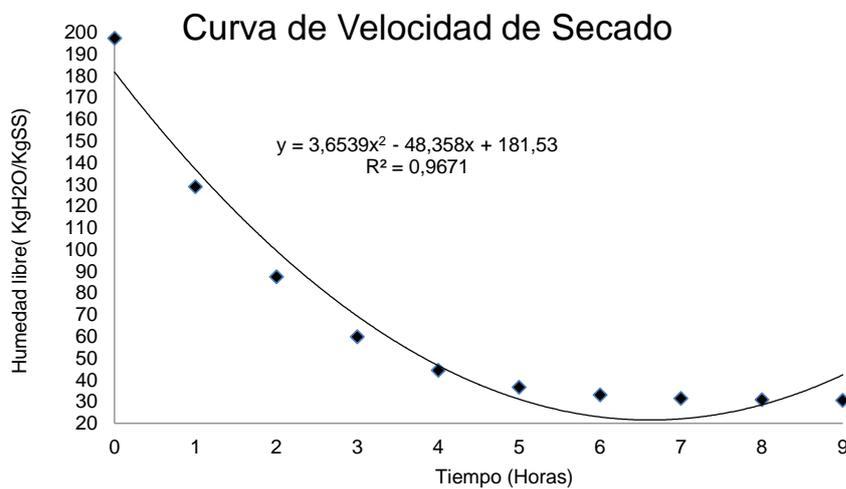
Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

### C. CARACTERISTICAS DE SECADO DE LA PIÑA

En el gráfico 4, se muestra detalladamente el descenso de humedad de la piña con respecto al tiempo.



**D.**

Gráfico Figura 4. Curvas de velocidad de secado en piña (*Ceayena lisa*) a nivel de

\_\_\_\_\_ temperatura de (63 °C) con tendencia polinómica.

El gráfico 4La figura 4, ilustra los datos experimentales de la curva de secado los cuales se ajustan muestra a una tendencia polinómica. Además, en la misma grafica donde se puede observar la pérdida de humedad de la piña en función al tiempo de secado, para la piña (*Cayena lisa*) evidencia la ausencia del periodo de calentamiento dado que la evaporación es inmediata. Posteriormente se observa el segundo periodo donde ocurre la mayor eliminación de agua libre

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Normal, Justificado

Con formato: Normal

Con formato: Izquierda

cuya velocidad de secado es constante durante las cuatro primeras horas; Pereira, A. et al, (2013), argumentan que este intervalo de tiempo tiene mayor incidencia sobre la fruta debido a que es donde ocurre la mayor pérdida de masa en la fruta deshidratada por este método. En la tercera etapa se observa una velocidad de secado decreciente y es donde la humedad ligada del fruto empieza a evaporarse, según Merino, J. (2006), en este punto no hay suficiente agua en la superficie para mantener el valor de actividad de agua ( $A_{w,w}$ ) en un valor cercano a uno. La cantidad de agua eliminada en este periodo es baja y el tiempo requerido para este proceso es elevado.

Con formato: Subíndice

Por otra parte con respecto a la función obtenida en el gráfico 4 tomando en consideración el campo de análisis pertinente para la experimentación es la siguiente:

$$f: ]0,6.6173[ \rightarrow ]21.53,181,53[ \\ x \rightarrow 3.6539x^2 + 48,358x + 181.53$$

Con formato: Centrado

Es una función polinomial del tipo  $P(x) = a_2x^2 + a_1x + a_0$

Es decir es una ecuación de segundo grado donde  $a_2 > 0$  lo que indica que tiene un valor mínimo.

Para obtener el valor mínimo se halló la función derivada:

$$f'(x) = 7.3078x - 48.358$$

Con formato: Centrado

Al igualar la función derivada  $f'$  a cero obtenemos un valor de  $x = 6.6173$  aproximadamente y luego reemplazando en  $f$  se obtiene un valor de  $y = 21.53$

Entonces se ha encontrado la coordenada analíticamente el valor mínimo:

$Min(6.6173; 21,53)$

Se calcula la segunda derivada:

$f'' = 7.3078$  (+) . Si la segunda derivada es positiva en (6.6173) confirma que tiene un punto mínimo (x,y).

También  $f'' = 7.3078$  Humedad libre /h<sup>2</sup> es la aceleración de secado que en este caso es constante.

Con formato: Sin Superíndice / Subíndice

**Análisis:** Realizando una lectura del comportamiento de la función, la cinética (velocidad) de secado de la piña es decir la humedad libre/tiempo está determinada por la primera derivada  $f'(x) = 7.3078x - 48.358$  que es la pendiente de  $f$  en cualquier punto, sirve interpretar que estos valores de la velocidad de secado de la piña son negativos porque van decreciendo con el tiempo hasta llegar a velocidad cero (punto mínimo), luego de lo cual el equipo ya no produce disminución de humedad. Sin embargo; para entender mejor hay que referirse al valor absoluto de la velocidad, es decir en valores positivos que van decreciendo.

Con formato: Interlineado: sencillo

Tomando en consideración este análisis el tiempo óptimo de secado es aproximadamente 6.6173 horas.

Fortaleciendo este análisis con la ayuda del software libre GeoGebra se obtienen los siguientes gráficos:

En el gráfico 5, se puede observar que cuando el tiempo es de cero horas la humedad libre es 181,53 y la velocidad de secado 48.358 Humedad libre /hora.

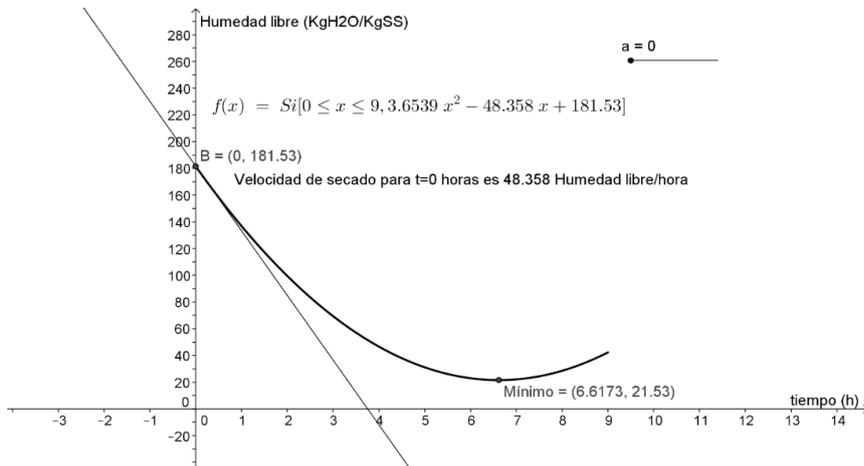


Gráfico 5. Descenso de humedad de la pinya en el tiempo 0.

En el gráfico 6, el tiempo es de una hora y la humedad libre ha disminuido 136.8259, también la velocidad de secado 41.052 Humedad libre /hora.

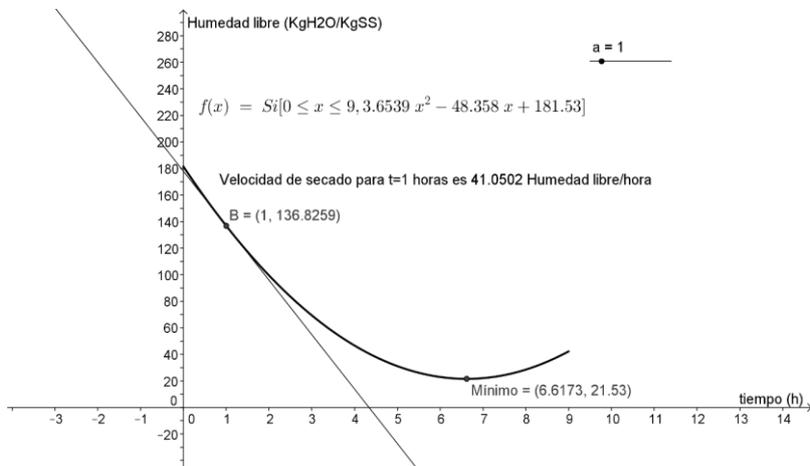
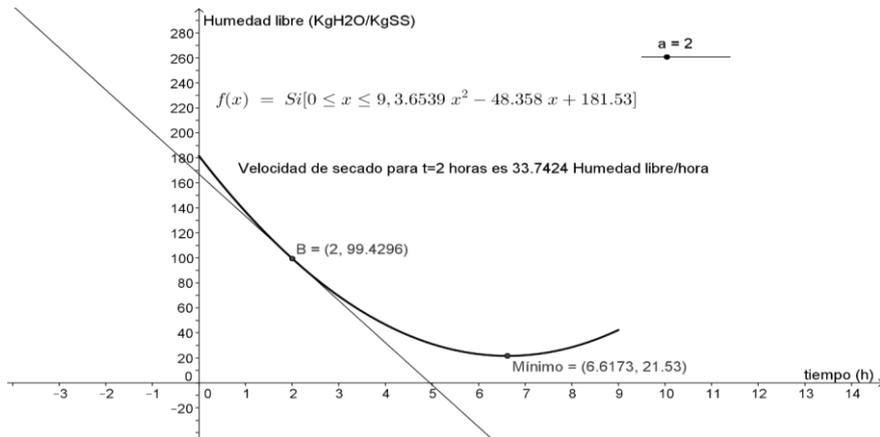


Gráfico 6. Descenso de humedad de la pinya en 1 hora.

En el gráfico 7, el tiempo es de dos horas la humedad libre ha disminuido a 99.4296, también la velocidad de secado 33.7424 Humedad libre /hora.

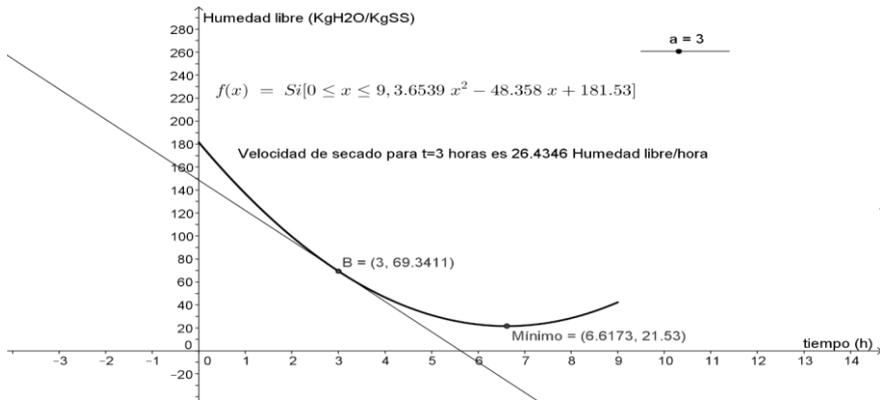
Con formato: Centrado



Con formato: Interlineado: sencillo

Gráfico 7. Descenso de humedad de la piña en 2 horas.

En el gráfico 8, el tiempo es de tres horas la humedad libre ha disminuido 69.3411 y la velocidad de secado 26,4346 Humedad libre /hora.



Con formato: Centrado

Gráfico 8. Descenso de humedad de la piña en 3 horas.

En el gráfico 9, se muestra el mismo proceso sucesivo hasta llegar al mínimo valor en el que de forma precisa podemos decir que:  $\lim_{x \rightarrow 6.6173} f = 21.53$  de humedad libre; en tanto que velocidad de secado tiende a cero. Este análisis permite verificar que el tiempo óptimo de secado es de 6.6173 horas y no se puede reducir más de 21.5311 de humedad libre.

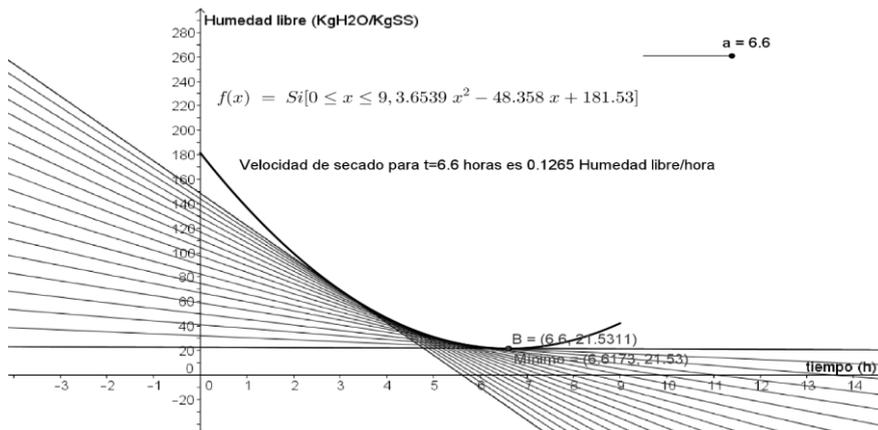


Gráfico 9. Velocidad de secado de la piña cuando tiende a 0.

**F.D. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

Para la evaluación económica del deshidratador de materia prima vegetal implementado en el Laboratorio de Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias; se consideró las partes que compone el equipo y se detalla a continuación (cuadro 5).

~~se realizó con las partes que este contiene en un valor aproximado; se incluye el valor de las piezas como la carcasa del equipo, el panel de control y el sistema de calefacción entre otros conociendo que el equipo está construido con materiales de la mejor calidad.~~

Cuadro 5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

MATERIALES	UNIDADES	COSTO UNITARIO	TOTAL
Caja	1	175,00	175,00
Panel de calefacción	1	60,00	60,00
Puerta	1	15,00	15,00
Estantería	10	4,00	40,00

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Interlineado: Múltiple 1,08 lín.

Con formato: Punto de tabulación: 4,89 cm, Izquierda

Con formato: Interlineado: sencillo

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Tabla con formato

Con formato: Centrado

Pestillo	2	1,50	3,00
Minutero	1	6,50	6,50
Bloque de terminales	1	18,00	18,00
Termostato	1	48,33	48,33
Luz piloto	1	4,62	4,62
Interruptor de palanca	1	5,75	5,75
El fusible térmico ( Thermodisc)	1	19,76	19,76
Cable de alimentación	1	2,50	2,50
Elemento de calefacción	1	5,42	5,42
Motor	1	65,00	65,00
ASPA del ventilador	1	25,00	25,00
Protector de pantalla	1	7,50	7,50
Piernas	4	2,00	8,00
Manija de la puerta con el tornillo	1	5,00	5,00
Hombre / Mujer del aislador	1	15,00	15,00
Ranurado aislador	1	10,00	10,00
Mallas	10	10,00	100,00
Mano de obra		200,00	200,00
Transporte		10,00	10,00
<b>Total</b>			<b>849,38</b>

FUENTE: Jorge Luis Criollo ESPOCH (2016).

—  
—

## X.V. CONCLUSIONES

~~1. La implementación de un deshidratador eléctrico mejora notablemente el proceso de secado de productos alimenticios, aminorando la cantidad de agua en el producto y las horas que tarda normalmente este proceso en un deshidratador solar. Los criterios técnicos establecidos para el deshidratador de materia prima vegetal fueron en primer lugar la temperatura dado que las frutas y vegetales poseen vitaminas que pueden ser sensibles a temperaturas altas, por lo que el rango se fijó en 35 a 68 °C; el flujo de aire se definió entre~~

Con formato: Centrado

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Centrado

Con formato: Título 1, Izquierda

Con formato: Título 1, Izquierda, Punto de tabulación: No en 2,91 cm + 7,51 cm

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

una velocidad de 2 a 3 ms<sup>-1</sup>, esto influye sobre el tiempo de secado y finalmente el material fue de acero inoxidable de grado alimentario.

**Con formato:** Superíndice

•

**Con formato:** Normal, Sangría: Izquierda: 0,63 cm, Sin viñetas ni numeración

- 2. El deshidratador, para el caso de la piña Cayena Lisa determinó un tiempo de nueve horas aproximadamente para deshidratar la fruta con una temperatura de 63 °C. Se adquirió el deshidratador de materia prima vegetal tomando en cuenta los criterios técnicos establecidos.

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

3. La piña fresca con un porcentaje de humedad entre 85 a 90 por ciento luego de someterla a la técnica de deshidratación reportó un porcentaje de humedad que oscila entre el 15 a 20 por ciento. El deshidratador de materia prima vegetal fue instalado en el Laboratorio de Procesamiento de Alimentos de la Facultad de Industrias Pecuarias en el área de procesos, de esta manera se beneficiaran a los usuarios al realizar este método de conservación en un menor tiempo.

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

4. El tiempo de secado de la piña Cayena lisa en el deshidratador modelo (PT-67-120) se registró en nueve horas a una temperatura de 63 °C obteniendo un producto final con 16% de humedad.

**Con formato:** Centrado, Sangría: Izquierda: 1,27 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

**Con formato:** Fuente: Cursiva

5. La guía de observación del deshidratador modelo (PT-67-120) es completa e incluye instrucciones relevantes como cuidado y mantenimiento del equipo, pretratamiento de los alimentos a deshidratar, tiempos de secado para alimentos de mayor consumo, entre otros.

**Con formato:** Centrado, Sangría: Izquierda: 1,27 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

- El deshidratador implementado tiene un costo de 849,38 dólares americanos.

**Con formato:** Centrado, Sangría: Izquierda: 1,27 cm, Sin viñetas ni numeración

**Con formato:** Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm

6.

**Con formato:** Justificado, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

Con formato: Título 1, Izquierda

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

**XXIV.VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar una investigación para determinar si la deshidratación el secado a través de el deshidratador modelo (PT-67-120) este equipo afecta o no las propiedades nutricionales y organolépticas de los alimentos.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

2. No sobreponer los alimentos en las bandejas del equipo para obtener un secado correcto y en el tiempo óptimo.

— Realizar una guía de secado con alimentos no comunes, a través de diferentes pruebas piloto para de esta manera adiestrar a las personas que operen el deshidratador.

3.

4. Instalar una conexión eléctrica específica para el equipo de esta manera se evitará que el equipo sufra daños en el caso de cortes energéticos.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm

Con formato: Fuente:

Con formato: Párrafo de lista, VIÑETAS, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 0,63 cm, Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm

Con formato: Fuente:

Con formato: Fuente:

Con formato: Fuente:

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

Con formato: Título 1, Izquierda

**XXXVI.VII. LITERATURA CITADA**

2-1. AGUILERA, J., & STANLEY, D. (1999). ~~Microestructura~~Microstructural principles of food processing and engineering. ~~Mryland~~Maryland USA: ASPEN publication. pp. 6-15.

Con formato: Color de fuente: Texto 1, Revisar la ortografía y la gramática

Con formato: Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 2,5 cm, Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm, Control de líneas viudas y huérfanas, Ajustar espacio entre texto latino y asiático, Ajustar espacio entre texto asiático y números, Punto de tabulación: -1,5 cm, Izquierda + 1 cm, Izquierda + 5,53 cm, Izquierda

Con formato: Fuente: Sin Negrita, Color de fuente: Texto 1, Español (España)

- ~~3-2.~~ AMOUSSOU, B., ALI, M. S., & AGBO, G. (2015). Valorization of sweet bananas (-Musa sinensis-) by drying after osmotic dehydration, 3(10). pp. 1383–1394.
- ~~4-3.~~ ÁLFEREZ, F., AGUSTI, M., & ZACARÍAS, L. (2003). "Postharvest rind staining in Navel oranges is aggravated by changes in storage relative humidity: effect on respiration, ethylene production and water potential". *Postharvest Biology and Technology*. pp. 143-152.
- ~~5-4.~~ ALZATE, C. (2008). Congelación y liofilización de alimentos. Vol 2. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/7837/1/9789584444363.pdf>.
- ~~6-5.~~ APARICIO, J., & CALLE, R. (2011). Diseño de una planta de deshidratación de hierbas aromáticas. Escuela Superior Politecnica del Litoral. Retrieved \_\_\_\_\_ from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16919/3/TESES FINAL.pdf>.
- ~~7-6.~~ BADUI, S. (2006). *Química de los alimentos*. Ed. Pearson educación. Retrieved from <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=LIBROS NL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=004719>.
- ~~8-7.~~ BADUI, S. (2013). *La ciencia de los alimentos en la práctica*. Journal of Chemical Information and Modeling (Primera ed, Vol. 53). Mexico: Gabriela \_\_\_\_\_ López \_\_\_\_\_ Ballesteros. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- ~~8.~~ BARAONA, M., & SANCHO, E. (2004). *Piña y Papaya Fruticultura especial*. Perú: Editorial Universidad Estatal a Distancia. pp. 15-19.
- ~~9.~~

- ~~9.~~ BERTOLUZZA, A., FAGNANO, C., MORELLI, M. A., TINTI, A., & TOSI, M. R. (1993). The role of water in biological systems. *J. Molec. Struct.*, pp. 297:425-437.
- ~~40.~~
- ~~42-10.~~ CABALLERO, A. (2008). Tema de higiene de los alimentos. (N. Cheping, Ed.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (primera, Vol. 1). La Habana: ~~Ciencias~~ ~~Medicas~~ Médicas. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- ~~43-11.~~ CASTILLO, W. E. (2015). Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de fresas deshidratadas. Nuevo Chimbote, Peru.
- ~~44-12.~~ CHARLEY, H. (2011). Agua. En H. Charley, *Tecnología de Alimentos* (págs. pp. 91-93). Mexico: LIMUSA, S.A.
- ~~45-13.~~ DELLA ROCCA, P. (2010). Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente, 213.
- ~~46-14.~~ ~~Duque~~ DUQUE, C., & MORALES ALICIA. (2006). *El Aroma Frutal de Colombia*. Bogota Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- ~~47-15.~~ DURÁN, A., SÁNCHEZ ALARCÓN, O. A., LIMITED, C., PUIG-PEÑA, Y., DEL-RISCO-RÍOS, C. A., ÁLVAREZ-RIVERA, V. P., ~~.....~~ RUIZ, M. (2014). Comparación de la calidad microbiológica del polen apícola fresco y después de un proceso de secado. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. pp. ~~43(3)~~ 1-26.
- ~~48-16.~~ FERNÁNDEZ, S., MONTILLA, I., MARCANO, D., & GALLARDO, M. (1997). *El Cultivo de la Piña en Venezuela*. Maracay: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias pp. 263-289.

- ~~19-17.~~ FITO P, A., BARAT, J., & ALBORS, A. (2005). "Introducción al secado por aire caliente. España: Editorial Universidad Politécnica de Valencia. pp. 89-125.
- ~~20-18.~~ FRAZIER, W., & WESTHOFF, D. (1988). Microbiología de los alimentos (4th edición). Zaragoza España. pp. 425-459.
- ~~21-19.~~ GARCÍA, D., & SERRANO, H. (2005). La piña, Ananas comosus (L.) Merr. (Bromeliaceae), algo mas que un fruto dulce y jugoso. In Frutas (pp. 55–60). Cuba.
- ~~22-20.~~ GIRALDO-ZUNIGA, A. D., ARÉVALO-PINEDO, A., SILVA, A. F., SILVA, P. F., VALDES-SERRA, J. C., & PAVLAK, M. C. D. M. (2010). Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) en rodajas. *Ciência E Tecnologia de Alimentos*, 30(1), pp.179–182. <http://doi.org/10.1590/S0101-20612010000100027>.
- ~~23-21.~~ GÓMEZ, G., BEST, R., & FERNANDEZ, F. (2001). Secamiento natural de la yuca para alimentación natural. Cali Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- ~~24-22.~~ GUIDO ET AL, M. (1983). Guia técnica para el cultivo de la piña. Nicaragua: Estación Experimental "El Recreo". pp. 125-163.
- ~~25-23.~~ HEVIA, J. T. (2007). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos) Tomado el 26 de junio de 2007 de: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm>.
- ~~26-24.~~ JAIN, N., DHAWAN, K., MALHOTRA, S., & SINGH, R. (309-315). Biochemistry of Fruit Ripening of Guava (*Psidium guajava* L.):

Compositional and Enzymatic Changes. Plants Food for Human Nutrition, 2003. pp. 309-315.

~~27-25.~~ KNOULE, F. (2001). El secado. Bilbao: Ediciones Urno. pp. 26-58.

~~26.~~ LOMBART, G. E., OLIVEIRA, J. C., FITO, P., & ~~Andrés~~, ANDRÉS, A. (2008). Osmotic dehydration of pineapple as a pretreatment for further drying. En J. of Food Engeneering. pp. (págs- 277-284).

~~28.~~

~~29-27.~~ MARTINEZ, C. (2003). Fundamentos del manejo y tratamiento postcosecha de productos agrícolas. Cuba: Universidad Central de las Villas, Santa Clara.

~~30-28.~~ MERINO, J. P. (2006). Implementación De Un Quipo De Secado Para Alimentos. pp. 175.

~~31-29.~~ MONTERO, M., & CERDAS, M. DEL M. (2005). Ministerio de Agricultura y Ganadería. pp.125-131.

~~32-30.~~ MONZÓN, C. C. (2006). Influencia del metodo de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas.

~~33-31.~~ NOGUÉS, F., DANIEL, G., & REZEAU, A. (2010). Energía de la Biomasa. Zaragoza-España.

~~34-32.~~ NONHEBEL, G. (2002). El secado de los solidos en la industria química. España: editorial Reverte, S.A.

~~35-33.~~ OCHOA, E., ORNELAS, J., RUIZ, S., IBARRA, V., PÉREZ, J., GUEVARA, J., & AGUILAR, C. (2013). Tecnologías pde deshidratación para la preservación de tomate (Lycopersicon

**Con formato:** Normal, Sin viñetas ni numeración, Punto de tabulación: -1,5 cm, Izquierda + 1 cm, Izquierda + 5,53 cm, Izquierda

**Con formato:** Párrafo de lista,VIÑETAS, Sangría: Izquierda: 0 cm, Sangría francesa: 2,5 cm, Numerado + Nivel: 1 + Estilo de numeración: 1, 2, 3, ... + Iniciar en: 1 + Alineación: Izquierda + Alineación: 0,63 cm + Sangría: 1,27 cm, Punto de tabulación: -1,5 cm, Izquierda + 1 cm, Izquierda + 5,53 cm, Izquierda

- esculentum Mill). Revista de Ciencias Biológicas Y de La Salud, 25(2), pp. 39–46.
- ~~36-34.~~ PALACIOS, J. (2010). Cinética de secado de polímeros (PET). Sciencedirect, 2, pp. 20–30.
- ~~37-35.~~ PALACIOS, J. (UNAM). (2001). Alimento sólido húmedo agente de separación por calor: principios de ejemplo: separación sólido seco + evaporación de vapor de agua. pp. 1–29.
- ~~38-36.~~ Parzanese, M. (2009). Tecnologías para la Industria Alimentaria: Liofilización de alimentos. Alimentos Argentinos, pp. 1–12.
- ~~39-37.~~ PEREIRA, A. G., BECERÁ, S. M., GÓMEZ, A. H., GONZÁLEZ, L. M., & VALDES, D. F. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (Ananas (Ananas) Comosus, variedad Cayena lisa). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 22(1), pp. 62–69.
- ~~40-38.~~ PERRY, J. (1984). Chemical Engineering Handbook. New York: McGraw Hill. pp. 12–15.
- ~~41-39.~~ RATTI, C. (2009). Advances in Food Dehydration. London: Taylor & Francis Group. pp. 19–25.
- ~~42-40.~~ ROCHA, R. P. DA, MELO, E. D. C., CORBÍN, J. B., BERBERT, P. A., DONZELES, S. M. L., & TABAR, J. A. (2012). Cinética del secado de tomillo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 16(6), pp. 675–683. <http://doi.org/10.1590/S1415-43662012000600013>
- ~~43-41.~~ TAIN, Y. G., PADRÓN, J. P., PEREIRA, A. G., & GÓMEZ, A. H. (2011). Determinación de las propiedades de calidad de la piña

(Ananas Comosus) variedad Cayena Lisa almacenada a temperatura ambiente. (Spanish). Determination of Pineapple (Ananas Comosus) Quality Properties Cayena Lisa Variety Stored under Environmental Conditions.—(English),—20(1).~~Pp.58,—62—65~~. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=57738959&lang=es&site=ehost-live>

~~44-42.~~ Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013a). La nutrición es conciencia. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>  
Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013b). No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, ~~53(9).~~~~pp.~~ 1689–1699. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

~~45-43.~~ UDLAP. (2010). Procesos de Secado. [Universidad de las Américas Puebla.](#)

Con formato: Español (Ecuador)

# ANEXOS

# Stainless Steel Food Dehydrator

## Operating Manual

### Manual de usuario

Con formato: Fuente:

Con formato: Fuente:



## MANUAL OPERATIVO DEL DESHIDRATADOR D-5 Y D-10

Con formato: Ancho: 21 cm, Alto: 29,7 cm

### Tabla de contenido

Introducción_
Deshidratación_
Salvaguardias importantes_
Preparación de Alimentos (pre-tratamiento)_
Instrucciones de operación_
Guías de secado de alimentos_
Almacenamiento de alimentos_
Reconstitución_
Limpieza_
Revisar el Proceso de deshidratación_
Garantía_
Lista de piezas del deshidratador D-5_
Lista de piezas del deshidratador D-10_

### INTRODUCCIÓN

El secado de alimentos es un método de preservación que se remonta a los antiguos egipcios. Los españoles fueron los primeros exploradores conocidos por usar la deshidratación al momento de preparar sus alimentos para sus expediciones. El método se utiliza ampliamente en los días siguientes a la expedición de Lewis y Clark ya que trazaron la extensión de la compra de Luisiana. Búfalos, alces y ciervos eran abundantes, pero su éxito se basó en gran medida en el uso adecuado de este método de preservación.

El D-5 y D-10 estos deshidratadores fueron diseñados y construidos para ayudarle a obtener los mejores resultados posibles. La carcasa está hecha de acero inoxidable de larga duración por lo que se puede limpiar con facilidad para

su mantenimiento. Cuando se utiliza correctamente, no se oxidará o se romperá. Todos los componentes eléctricos utilizados son con certificación UL para la seguridad y la fiabilidad. La información contenida en este manual está destinada a ayudarle a obtener los mejores resultados de este equipo. Por favor, lea atentamente este manual y llamar al fabricante si tiene alguna pregunta.

## **DESHIDRATACIÓN**

No hay reglas exactas que se aplican a la deshidratación de alimentos porque sus resultados pueden ser afectados por la temperatura ambiente, los niveles de humedad relativa y humedad de los alimentos que se van a secar. Para alcanzar la capacidad deseada, será necesario experimentar con sus técnicas de secado. Si se utiliza un exceso de calor, los alimentos pueden endurecer en el exterior sin dejar de ser húmedas dentro. Sin embargo, con muy poco calor, sus tiempos de secado será muy larga. Con un poco de práctica obtendrá la creación de sabrosos alimentos.

## **SALVAGUARDIAS IMPORTANTES**

1. Lea todas estas instrucciones antes de utilizar su deshidratador.
2. Guarde estas instrucciones para referencia futura.
3. Nunca deje desatendido su deshidratador.
4. Se requiere una estrecha supervisión si la unidad se usa alrededor de los niños.
5. Sólo para uso en interiores, en un lugar limpio, seco y libre de objetos inflamables.
6. Esta unidad se calienta. No toque las superficies durante su funcionamiento.
7. La operación continua por encima de 155 ° F no se recomienda tocar las superficies puede llegar a ser **muy** caliente.
8. Esta unidad puede rayar las superficies del hogar.
9. No utilice si el cable o los controles han sido dañado de alguna manera. Contacte el fabricante antes de intentar realizar cualquier reparación.
10. No utilice utensilios cortantes en el interior de la unidad.

11. Apague la unidad antes de conectarla o desconectarla de la toma de corriente eléctrica.
12. Desenchufe la unidad cuando no esté en uso.
13. Deje que la unidad se enfríe antes de limpiarlo.
14. Limpiar con un paño húmedo y detergente suave.
15. Nunca sumerja la unidad ni el cable en agua u otros líquidos.
16. Nunca enchufe en una toma de corriente eléctrica dañada.
17. No permita que el cable de se ponga en contacto con el borde de un mostrador, mesa o superficie caliente.
18. El uso de dispositivos o accesorios que no se recomienda por el fabricante anulará la garantía.
19. No intente mover esta unidad mientras está en funcionamiento.

### **PREPARACIÓN DE ALIMENTOS (PRE-TRATAMIENTO)**

Para obtener los mejores resultados, seleccionar los alimentos más frescos disponibles para deshidratar. Tenga en cuenta que frutas y vegetales inmaduros no tienen tanto color y sabor al igual que los que están madurados completamente. Los alimentos deben ser deshidratados tan pronto después de la compra como sea posible. Los alimentos con alto nivel de azúcar, como las manzanas, las peras, los melocotones y los plátanos son propensos a oscurecer, como resultado de oxidación de los azúcares. A continuación se presentan algunos pre-tratamientos que ayuden a reducir este efecto.

**Limón y jugo de piña** son antioxidantes naturales. Colocar el producto en rodajas en el jugo por unos pocos minutos. Retirar, escurrir y colocar en el estante deshidratador. Para acentuar el sabor, trate espolvorear canela, el polvo de gelatina u otros edulcorantes.

**Ascórbico mezcla de ácido**, una forma de vitamina C, que está disponible en la mayoría de tiendas de alimentos saludables, viene ya sea en tabletas o en polvo. Use alrededor de 2-3 cucharadas de polvo o molidos comprimidos por litro de agua. Agitar para disolver completamente el polvo. Coloque la fruta en la

solución durante 2-3 minutos. Retirar, escurrir y colocar en el estante deshidratador.

**Bisulfito de sodio** se puede comprar en su farmacia local. Si usted o cualquier persona que va a procesar los alimentos tiene alergias químicas conocidas, usted debe consultar con su médico antes de usar este producto químico. Asegúrese de pedir el producto de calidad alimentaria (seguro) solamente.

Mezclar 1 cucharadita de bisulfito de sodio en 1 litro de agua. Sumergir la fruta en rodajas en la solución durante unos minutos. Retirar, escurrir y colocar en el estante deshidratador.

**El blanqueo** se utiliza principalmente para preparar las frutas y verduras que tienen pieles y evitar que se endurezcan durante el secado. Este proceso ayuda a la cerradura en el color y el sabor, así como suavizar la piel de las uvas, cerezas y ciruelas. Hay dos métodos de escaldado:

Agua y vapor.

**Escaldado del agua** - Llenar una cacerola grande alrededor de la mitad lleno de agua. Lleve el agua a ebullición.

Utilizar pinzas para colocar los alimentos directamente en el agua, tape la olla y hierba por unos 3 minutos. Retirar, escurrir y colocar en el estante deshidratador.

**Escaldado de vapor** - El uso de una olla de vapor, como se utiliza en la cocina china, poner 2-3 pulgadas de agua en la cacerola y llevar a ebullición. Coloque los alimentos en el vapor durante unos 5 minutos. Retire y colocar en el estante deshidratador.

## **INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN**

Para los resultados más seguros, lea todas las instrucciones primero.

1. Examine la caja y la unidad de cualquier daño que pueda haber ocurrido durante el envío.

2. Llene y devuelva la tarjeta de garantía del producto. La tarjeta debe estar en el archivo para que la garantía surta efecto.
3. Asegúrese de que el interruptor de encendido está apagado. Coloque la unidad sobre una superficie limpia y seca lejos de niños y mascotas. Enchufe en una toma de corriente en buen estado **Advertencia:** No utilice un cable de extensión con su deshidratador.
4. Encienda la unidad. La unidad comenzará a calentarse. Es posible que escuche el elemento calefactor ciclos de encendido y apagado en función de la temperatura que haya seleccionado.
5. Levante la puerta hacia arriba 2-3 "y el calor de la unidad a 90 ° C durante 45 minutos para eliminar la humedad.
6. Si la unidad se detiene por cualquier razón, apague, desconecte y vuelva a repetir los pasos 3 y 4. Si la unidad no funciona con normalidad, apague, desconecte y llame al fabricante.
7. Siga su receta para preparar la comida que desea deshidratar. Coloque los alimentos preparados de manera uniforme en los estantes provistos. Recomendamos el uso de spray para cocinar en los estantes para evitar que se pegue. No superponga la comida.
8. El uso de guantes para el horno, quitar el panel frontal deslizándolo hacia arriba. Déjelo en una superficie resistente
9. Colocar cuidadosamente los estantes en los rieles dentro de la unidad y deslice lentamente. No forzar los estantes esto puede dañar el conjunto de calentamiento.
10. Cierre la tapa en su lugar.
11. Establecer la temperatura girando el mando en la parte superior de la unidad. Supervisar en el interior la temperatura y ajustar según sea necesario.
12. Supervisar la unidad para asegurar que se mantiene la temperatura adecuada. Si en el interior la temperatura supera los 155 ° C, se puede dañar la unidad. Si la temperatura de la unidad llega a 155 ° F, apague y deje que se enfríe.
13. Si el secado es desigual, use guantes de cocina para hacer girar los estantes 180°.

14. Para los alimentos muy húmedos, como los tomates, puede que sea necesario mantener abierta la parte delantera cubriendo 1 1/2 a 2 " con un pequeño bloque de madera durante las 2 primeras horas de funcionamiento. Esto incrementará el flujo de aire y ayudará a conducir el exceso de humedad fuera de la unidad.

15. **Nota:** La humedad puede recogerse en la parte inferior de la unidad durante el funcionamiento y debe limpiarse con una toalla de papel. Evitar tocar las paredes y estantes con sus manos provocará una quemadura.

### GUÍAS DE SECADO DE ALIMENTOS

Las siguientes tablas son las directrices para la preparación de diversas frutas, verduras y carnes. Los tiempos de secado pueden variar dependiendo de la temperatura ambiente, humedad relativa y niveles de humedad en el alimento que va a secar. Si el nivel de humedad es bajo, el tiempo de secado será en el extremo inferior del rango. Sin embargo, si el nivel de humedad es alto, el tiempo de secado estará en el extremo superior de la gama.

Tenga en cuenta que los tiempos de secado también se ven afectados por la cantidad de comida que se coloca en la estantería. Durante la carga de los estantes se ralentizará el tiempo de secado y pueden producirse resultados más pobres.

Durante la deshidratación de los alimentos, es importante comprobar la sequedad del producto. Si el ducto UCT no se seca completamente, se puede formar moho durante el almacenamiento (véase el almacenamiento de alimentos). Para la prueba de sequedad, extraer una porción de los alimentos desde el deshidratador y dejar enfriar a temperatura ambiente. Doble y rompa la pieza para comprobar si hay humedad interna.

### Verduras a 125 °F

Comida	Preparación	Prueba	Hora
Espárragos	Lavar y cortar en trozos de 1"	Crujiente	4-6 horas
Frijoles, verde o encerado	Lavar y quitar los extremos en piezas de 1" o estilo francés	Crujiente	9-12 horas
Remolacha	Retire 1/2" de la parte superior, matorrales del fondo, escaldar a vapor hasta que estén tiernos. Pelar y cortar en rodajas de 1/4" de espesor.	Flexible	9-12 horas
Brócoli	Lave y corte. Tallos cortados en pedazos de 1/4". Los floretes se secan enteros.	Crujiente	10-14 horas
Repollo	Lave y corte. Cortar en tiras de 1/8".	Crujiente	8-11 horas
Zanahorias	Lavar y cortar las tapas. Pelar o raspar si se desea. Cortar en rodajas de 1/8 "de espesor.	Flexible	7-11 horas
Apio	Lavado, hojas y tallos separados. Cortar los tallos en tiras de 1/4".	Crujiente	3-10 horas
Maíz	Evaporar hasta que la leche se establezca. Corte los granos de la mazorca y extienda sobre la pantalla de plástico. Se agita varias veces durante el secado.	Crujiente	7-10 horas
Pepino	Lave y corte. Cortar en rodajas de 1/8".	Flexible	4-8 horas
Berenjena	Lavar y pelar. Cortar en rodajas de 1/4".	Flexible	4-8 horas
Seta	Lavar y cortar en rodajas de 3/8".	Flexible	4-7 horas
Chirivía	Escaldar a vapor hasta que estén tiernos. Pelar si se desea y se corta en rodajas de 3/8 "de espesor.	Flexible/ difícil	7-11 horas
Pimientos	Lavar y quitar los tallos, semillas y sección blanca. Seque. Cortar en tiras de 1/4 "de espesor o anillos.		4-8 horas

Tabla con formato

Patatas	Usar las papas frescas. Lavar, pelar si se desea. Blanquear a vapor por 4-6 minutos. Cortar el estilo francés, 1/4", 1/8" rodajas gruesas o círculos rejilla.	Crujiente/ Flexible	7-13 horas
Calabaza de verano	Lavar y pelar. Cortar en rodajas de 1/4".	Flexible	10-14 horas
Tomates	Lavar y quitar los tallos. Cortar en círculos de 1/4". Para los tomates cereza, rebanada por la mitad, con la piel seca abajo.	Flexible	5-9 horas
Calabacín	Lavar, pelar si se desea. Cortar en rodajas de 1/4" o chips.	Crujiente	7-11 horas

#### Frutas a 135 °F

Comida	Preparación	Prueba	Hora
Manzanas	Lavar, el núcleo y la cáscara si se desea. Cortar en rodajas de 1/4". Espolvorear con canela si lo desea.	Flexible	7-15 horas
Albaricoque	Lavado, reducir a la mitad y quitar fosa. Cortar si se desea y con la piel seca hacia abajo.	Flexible	21-29 horas
Plátanos	Lavar, pelar y cortar en rodajas de 1/8".	Flexible	7-10 horas
Higos	Lavar, cortar las manchas, trocear. Lado de la piel seca hacia abajo.	Flexible	22-30 horas
Kiwi	Lavar, pelar y cortar en rodajas de 1/4".	crujiente	8-15 horas
Nectarinas	Lavado, reducir a la mitad y quitar fosa. Cortar si se desea y con la piel seca hacia abajo.	Flexible	8-17 horas
Duraznos	Lavado, reducir a la mitad y quitar fosa. Cortar si se desea y con la piel seca hacia abajo.	Flexible	8-16 horas
Peras	Lavar, el núcleo y la cáscara si se desea.	Flexible	8-16 horas

Tabla con formato

	Cortar en rodajas de 1/4 "o en cuartos.		
Piñas	Pelar, quitar ojos fibrosos, retire el núcleo. Cortar en rodajas de 1/4 "o cuñas.	Flexible	11-18 horas
Ruibarbo	Lavar, cortar en longitudes de 1".	Flexible	6-10 horas
Fresas	Lavar, cortar las tapas, rebanada de 1/4 "de espesor.	crujiente	7-15 horas
Sandía	Cortar la corteza, cortado en trozos y quitar las semillas.	Flexible y pegajoso	8-10 horas

#### Jerky a 145-150 °F

Comida	Preparación	Prueba	Hora
Jerky	Usar carne magra y eliminar la mayor cantidad de grasa posible. La grasa se enrancia con el tiempo. Cortar uniformes de 1/4" rodajas gruesas o menos. No superponga rebanadas en los estantes.	Flexible	3-4 horas Temperatura de carne debe llegar a 145-150 ° F

Tabla con formato

#### ALMACENAMIENTO DE ALIMENTOS

Los alimentos secos deben cumplir algunas condiciones antes de ser colocados en un recipiente de almacenamiento.

En general, se deja reposar aproximadamente 1 semana en un lugar seco, bien ventilado y protegido. El tiempo de acondicionamiento permite un secado adicional y elimina la mayor parte de la humedad que queda en el alimento. Los alimentos secos pueden ser colocados en recipientes limpios y secos, resistentes a insectos, preferiblemente jarras de vidrio. Bolsas de plástico que resistan la temperatura de congelación. Eliminar la mayor cantidad de aire posible antes de sellar la bolsa.

Cuando se utiliza correctamente, selladores de vacío proporcionan un almacenamiento ideal. A menor presencia de aire, menor potencial para la formación de moldes. Los alimentos almacenados deben ser controlados mensualmente debido a insectos y el moho. En presencia de moho, puede raspar, colocar la comida en una bandeja de horno con una temperatura de 175 °F durante 15 - 25 minutos. Vuelva a meter en un recipiente hermético al aire limpio.

## **RECONSTITUCIÓN**

Los alimentos secos no necesitan ser reconstituidos para el consumo. Muchas personas prefieren comer en su estado seco. Si desea reconstituir su comida, aquí hay algunas directrices básicas. Remojar los alimentos en agua sin sal durante 3 - 7 minutos y luego preparar como de costumbre. Si usted los va a hervir, utilizar la misma agua en la que los remoja para conservar los nutrientes.

Si va a absorber los alimentos durante más de 1 hora, se deben colocar en el refrigerador para prevenir el crecimiento bacteriano. Una taza de legumbres secas se reconstituirá a alrededor de 2 tazas. Una taza de fruta seca se reconstituirá con aproximadamente 1 ½ tazas. Los tiempos de reconstitución variarán en función del espesor de la comida y la temperatura del agua utilizada. El agua caliente acelerará la reconstitución, pero puede dar lugar a una cierta pérdida de sabor.

## **LIMPIEZA**

Para limpiar la unidad, retire los estantes y lavar por separado. Limpie el exterior y las superficies interiores de la unidad con un paño húmedo y detergente suave. No utilice estropajos o limpiadores abrasivos ya que esto podría dañar el acabado.

Nunca sumerja la unidad O CABLE DE ALIMENTACIÓN EN agua u otros líquidos.

## **REVISAR EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN**

Para obtener los mejores resultados:

1. El uso de alimentos de alta calidad: cuanto mejor sea la comida mejor serán los resultados.
2. Lavar los alimentos, utilizar utensilios limpios y mantener el área de trabajo limpia.
3. Los alimentos deben tener un pre-tratamiento para prevenir la decoloración.
4. No se superponen los alimentos en los estantes.
5. Los tiempos de secado varían dependiendo del grosor de los alimentos, la humedad en el alimento, la humedad relativa y la temperatura de la habitación.
6. Enfríe los alimentos antes de la prueba para la sequedad.
7. Girar bandejas de 180 ° si se observa un secado irregular.
8. Deje los alimentos en un lugar limpio, seco y ventilado durante una semana antes de colocarlos en recipientes herméticos.
9. Reconstituir según sea necesario.
10. Y por último, pero no menos importante, disfrutar!

## **INFORMACIÓN DE GARANTÍA**

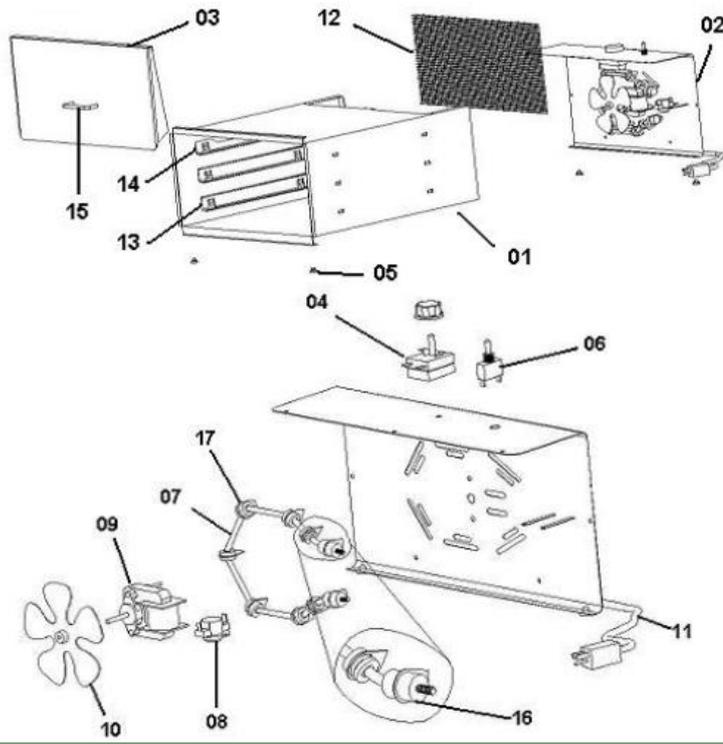
El fabricante a través de sus distribuidores, garantiza cada nuevo producto vendido por ella al usuario inicial para estar libre de defectos en materiales y mano de obra durante un período de un año a partir de la fecha de venta del equipo. Con respecto a la venta de partes, tal garantía tendrá un plazo de tres meses a partir de la fecha de venta.

El fabricante proporcionará una nueva pieza o pieza reparada, a su elección, en lugar de cualquier pieza que se encuentre en la inspección que presenta defectos de materiales y mano de obra durante el período descrito anteriormente. El comprador debe presentar la prueba de compra y la fecha de compra en el momento de ejercer esta garantía.

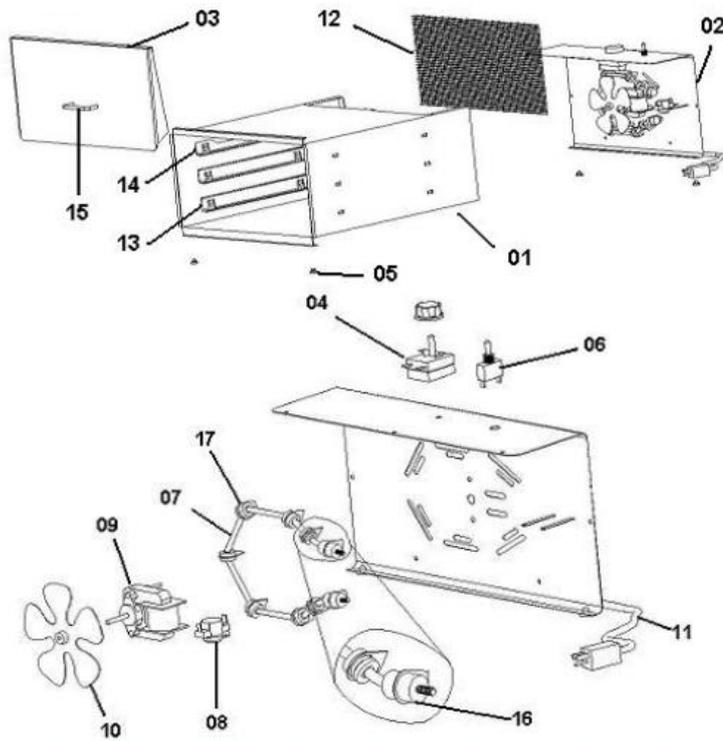
Esta garantía no se aplica a los fallos que se producen como consecuencia de un uso inadecuado, negligentes reparaciones, corrosión, erosión y desgaste normal, alteraciones o modificaciones que realice al producto sin el consentimiento expreso y por escrito de la compañía. O si no se siguen las prácticas de operación y procedimientos recomendados de mantenimiento conforme a lo dispuesto en los productos de operación y mantenimiento publicadas. La garantía aquí contenida no lo hace aplicable a los equipos vendidos a continuación, pero fabricados por otros, ya que están garantizados por sus respectivos fabricantes directamente al usuario.

#### **LISTA DE PARTES DEL DESHIDRATADOR D-5**

Con formato: Fuente: Sin Negrita



Con formato: Fuente: Sin Negrita



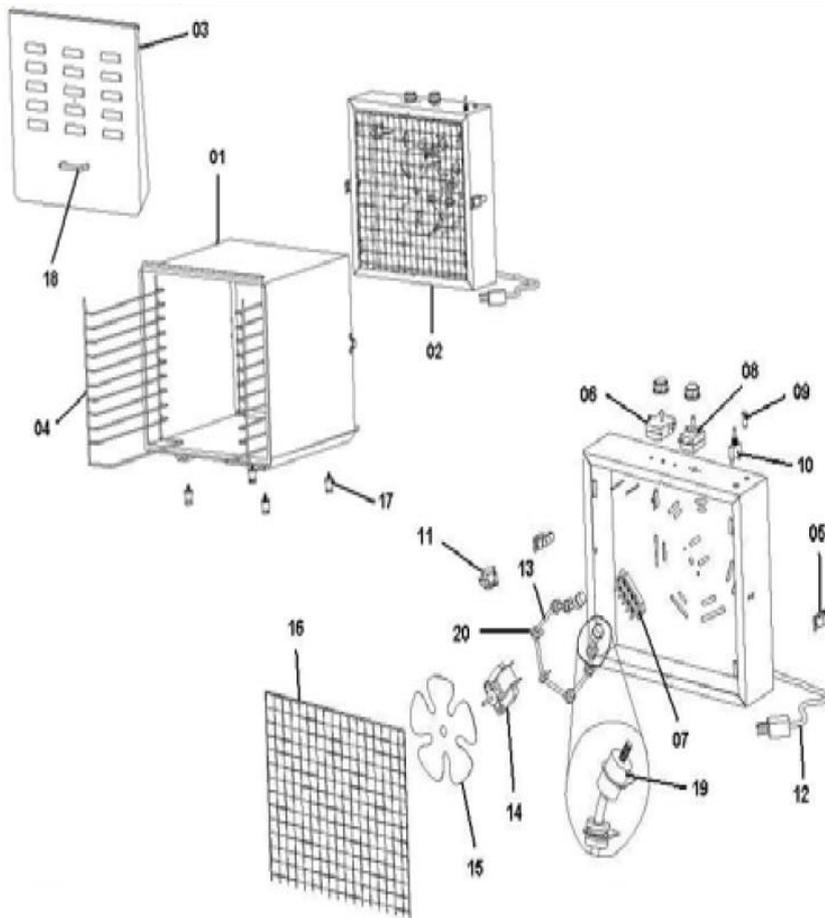
<b>Nombre de la pieza</b>	<b>Part #</b>
Caja	P32700-01
Caja del calentador	P32700-02
Puerta	P32700-03
Termostato / Perilla	P32700-04
Patas de goma	P32700-05
Interruptor de palanca	P32700-06
Elemento de calefacción	P32700-07
El fusible térmico ( Thermodisc )	P32700-08
Motor	P32700-09
ASPA del ventilador	P32700-10
Cable de alimentación	P32700-11
Protector de pantalla	P32700-12
Pedaliar	P32700-13
Soporte superior	P32700-14
Manija de la puerta con el tornillo	P32700-15
Hombre / Mujer del aislador	P32700-16
Ranurado aislador	P32700-17
Vuelve el ensamblaje del panel - D5	32500-BPA
<b>Estantería:</b>	
Cromo Estante ( 3/4 "agujeros )	32731
Acero inoxidable estante ( agujeros de 3/8")	32733
Antiadherente Shelf ( agujeros de 3/8 ")	32732
Tamiz de secado de plástico ( 1/4 "agujeros)	32737
Hojas de secado antiadherente	32735

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado

**LISTA DE PARTES DEL DESHIDRATADOR D-10**



**Nombre de la pieza**

Caja

**Part #**

P32704-01

Panel de calefacción	P32704-02
Puerta	P32704-03
Estantería	P32704-04
Pestillo	P32704-05
Minutero	P32704-06
Bloque de terminales	P32704-07
Termostato	P32704-08
Luz piloto	P32704-09
Interruptor de palanca	P32704-10
El fusible térmico ( Thermodisc)	P32704-11
Cable de alimentación	P32704-12
Elemento de calefacción	P32704-13
Motor	P32704-14
ASPA del ventilador	P32704-15
Protector de pantalla	P32704-16
Piernas	P32704-17
Manija de la puerta con el tornillo	P32704-18
Hombre / Mujer del aislador	P32704-19
Ranurado aislador	P32704-20
Vuelve el ensamblaje del panel	32213
<b>Estantería:</b>	
Cromo Estante (3/4"agujeros)	32731
Acero inoxidable estante (agujeros de 3/8")	32733
Estantes antiadherente (agujeros de 3/8")	32732
Tamiz de secado de plástico (1/4 "agujeros)	32734
Hojas de secado antiadherente	32735

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado, Punto de tabulación: 4,18 cm, Izquierda

Anexo 24. RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS  
DE LA PIÑA CAYENA LISA.

Con formato: Interlineado: sencillo

Repeticiones	pH	Firmeza	SS (°Brix)	Diámetro	Humedad	
					Piña Fresca	Piña deshid
P1	4,298	1,9444	10,50	10,0667	87,3799	20,8798
P2	4,590	1,1222	12,25	10,9667	86,3523	20,7770
P3	4,175	1,7111	10,25	10,6857	87,0949	22,1726

P4	4,243	1,4333	10,75	10,8714	87,3792	19,0968
P5	4,184	1,2556	10,00	10,4167	87,5484	18,7998
P6	4,006	1,1667	12,25	10,4167	88,8318	18,9415
P7	4,010	1,0111	10,75	10,1833	88,6119	20,7934
P8	4,060	1,1889	9,25	10,8833	90,0205	18,3383
P9	3,758	1,0000	11,25	10,6500	88,4204	20,0882
P10	3,747	1,0556	12,75	10,6667	85,9011	18,4887
P11	4,281	1,0778	13,50	10,2333	84,9664	16,3384
P12	4,901	1,1222	10,25	10,1167	88,5573	18,3772
P13	4,923	1,2222	13,25	10,5833	85,0453	15,6768
P14	3,730	1,3556	13,00	10,7333	87,6497	18,1319
P15	3,486	1,0444	11,75	10,2000	88,2103	10,7146
P16	4,105	1,0778	11,25	10,7167	88,3799	11,3290
P17	3,476	1,0667	14,25	11,3000	84,1212	10,2320
P18	4,355	0,9111	12,25	10,8500	87,0265	10,9314
P19	3,577	1,1333	13,50	10,4667	85,8326	11,7583
P20	3,687	1,0667	11,75	10,6500	88,5921	11,3780
Promedio	4,080	1,1983	11,7375	10,5829	87,2961	16,6622

---

FUENTE: Jorge Luis Criollo ESPOCH (2016).

Anexo 23. CUADRO RESUMEN DE DESCENSO DE HUMEDAD DE 20 PIÑAS CAYENA LISA CON RESPECTO AL TIEMPO.

Con formato: Interlineado: sencillo

Repeticiones	0,h	0,30	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00	3,30	4,00	4,30	5,00	5,30	6,00	6,30	7,00	7,30	8,00	8,30	9,00
P1	211,6	170,5	138,9	115,0	94,0	76,2	62,0	50,9	43,1	37,8	34,0	31,6	30,1	29,2	28,8	28,6	28,4	28,3	28,3
P2	215,2	175,4	144,6	120,1	100,5	84,1	70,8	60,4	52,7	47,3	43,4	40,7	38,7	37,5	36,8	36,3	36,0	35,8	35,6
P3	191,6	151,6	122,9	100,2	81,2	66,3	54,4	45,8	39,8	36,1	33,5	31,8	30,9	30,3	30,0	29,8	29,6	29,4	29,4
P4	232,4	192,8	158,9	131,8	108,9	89,9	74,5	61,5	52,2	45,2	40,5	37,0	35,0	33,7	33,0	32,6	32,3	32,1	32,0
P5	190,3	155,1	129,2	107,4	88,0	72,0	58,4	49,4	41,6	36,0	32,6	30,1	28,6	27,7	27,1	26,7	26,5	26,4	26,4
P6	228,4	183,4	152,0	127,1	105,8	88,6	74,7	63,7	56,4	51,1	46,1	42,4	40,5	39,1	38,1	37,5	37,1	36,8	36,7
P7	174,7	137,0	107,3	83,5	65,2	50,9	40,7	33,9	29,4	26,7	25,3	24,8	24,4	24,3	24,1	24,0	24,0	24,0	24,0
P8	204,9	167,1	136,7	112,4	91,1	73,7	59,1	48,6	41,1	35,8	32,0	29,4	27,6	26,4	25,7	25,3	25,2	25,0	25,0
P9	176,7	134,3	103,9	79,9	62,0	48,9	39,4	33,0	29,1	26,6	25,3	24,5	24,0	23,7	23,5	23,4	23,3	23,2	23,2
P10	182,6	144,8	119,0	100,8	84,6	71,5	60,9	52,2	46,5	41,5	38,6	36,4	34,9	33,8	33,1	32,5	32,1	31,7	31,5
P11	200,3	166,0	141,5	122,8	107,3	93,6	81,9	72,5	64,5	57,4	52,6	48,3	44,9	41,8	39,6	38,1	37,8	37,6	37,6
P12	195,4	158,0	130,4	109,3	92,5	77,2	65,9	56,9	49,9	44,2	40,3	37,3	35,3	33,8	32,8	32,2	31,8	31,5	31,4
P13	182,8	143,5	115,2	94,8	77,5	62,8	50,2	44,4	39,6	36,8	35,0	34,1	33,5	33,1	32,9	32,7	32,5	32,4	32,4
P14	209,4	170,5	142,0	118,6	98,2	81,3	67,7	55,8	48,3	42,7	39,0	36,6	35,1	34,1	33,6	33,3	33,0	32,9	32,9
P15	170,8	134,6	105,4	84,4	67,4	54,2	44,7	38,3	34,6	32,3	31,1	30,3	29,9	29,6	29,4	29,2	29,1	29,0	28,9
P16	192,8	153,0	121,4	97,6	77,5	61,8	50,3	42,3	37,2	33,7	31,6	30,1	29,2	28,7	28,4	28,1	28,0	27,8	27,8
P17	228,0	185,4	154,9	130,3	108,7	91,6	76,7	64,8	57,4	50,7	47,5	44,5	42,4	41,0	40,0	39,5	39,0	38,6	38,6
P18	194,5	152,5	123,9	101,8	84,9	70,4	58,2	49,0	42,5	37,7	34,5	32,5	31,2	30,4	29,9	29,6	29,4	29,2	29,1
P19	188,4	149,3	119,4	97,8	79,8	65,1	54,2	46,9	41,8	38,2	36,0	34,6	33,8	33,2	32,9	32,6	32,4	32,3	32,3
P20	187,7	149,9	121,0	99,8	81,0	66,5	53,8	45,5	39,0	35,0	32,1	30,4	29,2	28,6	28,1	27,9	27,7	27,5	27,5

FUENTE: Jorge Luis Criollo ESPOCH (2016).

Anexo 43. TABLA RESUMEN DE ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DE LA PIÑA CAYENA LISA.

Con formato: Interlineado: sencillo

<b>Característica</b>	<b>Media</b>	<b>Error típico</b>	<b>Mediana</b>	<b>Varianza</b>	<b>Rango</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Curtosis</b>
<b>Firmeza</b>	1,19833	0,0558	1,12220	0,0623	1,0333	0,9111	1,9444	3,78475
<b>Solidos solubles °Brix</b>	11,7375	0,3069	11,7500	1,8847	5,0000	9,2500	14,250	-0,90081
<b>Diámetro</b>	10,5828	0,0717	10,6500	0,1028	1,2333	10,066	11,300	-0,19962
<b>pH</b>	4,08002	0,0935	4,08277	0,1750	1,4466	3,4766	4,9233	-0,1907
<b>Humedad piña fresca</b>	87,2960	0,3399	87,4641	2,3118	5,8993	84,121	90,020	-0,3141
<b>Humedad piña deshidratada</b>	16,6621	0,9059	18,3577	16,4140	11,940	10,231	22,172	-1,32012

FUENTE: Jorge Luis Criollo ESPOCH (2016).

Anexo 54. Cinética de secado de la piña Cayena lisa.



Anexo 65. \_\_\_Deshidratador instalado en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad  
\_\_\_de Ciencias Pecuarias.



Con formato: Justificado