

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño de una línea de producción de pulpa de piña deshidratada

Claudia Emilia Vargas Tun

Guatemala

2009

Diseño de una línea de producción de pulpa de piña deshidratada

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería


Diseño de una línea de producción de pulpa de piña deshidratada

Trabajo de investigación presentado por Claudia Emilia Vargas Tun para optar  
al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química


Guatemala

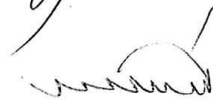
2009


Vo. Bo.:

(f)   
\_\_\_\_\_  
(Ingeniero Gamaliel Zambrano)

Tribunal Examinador:

(f)   
\_\_\_\_\_  
(Ing. Gamaliel Zambrano)

(f)   
\_\_\_\_\_  
(Ing. Oscar Maldonado)

(f)   
\_\_\_\_\_  
(Lic. Roberto De León Fajardo)

Fecha de aprobación: Guatemala 27 de Enero de 2009.

## **PREFACIO**

Este trabajo consiste en un estudio para el diseño de una línea de producción de pulpa de piña deshidratada con el que se pueda determinar si la inversión del proyecto es factible para remplazar la pulpa que actualmente se utiliza en una de las industrias de néctares de piña en Guatemala. La elaboración de esta investigación inició hace cuatro meses con la realización de pruebas experimentales a pequeña escala en las instalaciones del laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, así mismo se respaldó con investigación teórica y con el análisis económico del proyecto. Culminando el estudio con la presentación del proyecto al departamento de Ingeniería Química.

Agradezco a todas las personas que me apoyaron y ayudaron a la elaboración de este trabajo por medio de sus conocimientos y directrices, a mi asesor de tesis y en especial a mis seres queridos: padres, hermanas y novio que en todo momento han confiado en mí.

Muchas gracias.

## CONTENIDO

	Página
PREFACIO .....	iv
LISTA DE CUADROS .....	vii
LISTA DE GRÁFICOS .....	ix
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
 Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	2
III. JUSTIFICACIÓN .....	13
IV. OBJETIVOS .....	14
V. PROBLEMA A RESOLVER .....	15
VI. METODOLOGÍA .....	16
VII. RESULTADOS .....	18
A. Diseño del proceso .....	18
B. Distribución del equipo en planta .....	20
C. Equipo seleccionado .....	21
D. Caracterización del producto .....	22
E. Empaque y condiciones de almacenamiento .....	23
F. Costos de producción .....	23
VIII. DISCUSIÓN .....	24
IX. CONCLUSIONES .....	28
X. RECOMENDACIONES .....	29
XI. BIBLIOGRAFÍA .....	30
XII. ANEXO .....	31
 Apéndice A: Cálculos de los procesos que conforman la planta de deshidratación de pulpa de piña .....	  31
 Apéndice B: Análisis de costos para la puesta en marcha de una planta deshidratadora de pulpa de piña .....	  46

Apéndice C: Información base para el diseño de la planta

deshidratadora .....	52
----------------------	----

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Descripción taxonómica de la piña.....	2
2. Equipo seleccionado según diseño y propuesta de mercado para la producción de pulpa de piña deshidratada.....	21
3. Características fisicoquímicas y organolépticas de la pulpa de piña deshidratada .....	22
4. Características seleccionadas para el empaque del producto.....	23
5. Características del lugar para el almacenamiento del producto.....	23
6. Costos de producción por saco de pulpa de piña deshidratada durante 10 años de .....	23
7. Datos de operación bibliográficos para deshidratar piña en un deshidratador continuo marca Sandvick .....	40
8. Costos por compra de equipo .....	46
9. Costos incluidos por flete, IVA, arancel, instalación, instrumentación, tubería y equipo eléctrico .....	47
10. Costos de utensilios de oficina .....	47
11. Costos de equipo para seguridad .....	48
12. Inversión para capital de trabajo y costos por contingencia .....	48
13. Costos por servicios .....	48
14. Costos detallados por salarios de empleados considerando prestaciones .....	49
15. Continuación de los costos por salario de empleados considerando prestaciones.....	49
16. Continuación de los costos por salario de empleados considerando prestaciones .....	49
17. Porcentajes de prestaciones de ley aplicados a los salarios .....	49
18. Costos por materia prima .....	50
19. Costos fijos, variables, y sacos producidos anualmente .....	50
20. Costos de producción .....	50
21. Cantidad de piña obtenida en el ciclo 2006-2007 en los departamentos del territorio guatemalteco .....	52
22. Caracterización de la pulpa de piña deshidratada utilizada actualmente por la industria .....	52
23. Cantidad de pulpa deshidratada utilizada, costo unitario y costo total durante el año 2006.....	52
24. Cantidad de pulpa deshidratada utilizada, costo unitario y costo total durante el año 2007.....	54
25. Cantidad de pulpa deshidratada utilizada, costo unitario y costo total durante el año 2008.....	56
26. Porcentaje de crecimiento anual en la producción de pulpa de piña deshidratada en el 2007 y 2008.....	57

27. Pronostico de producción anual de la pulpa de piña deshidratada para los años 2009 al 2019 .....	58
28. Producción anual de piña deshidratada incluyendo una sobreproducción del 25% .....	58
29. Producción de pulpa deshidratada, cantidad de piña y unidades de piña necesarias para la producción	
30. anual del 2010 al 2019 .....	59
31. Producción de pulpa deshidratada, cantidad de piña y unidades de piña mensual necesarias para el año	
32. 2010 .....	59
33. Producción de pulpa deshidratada, cantidad de piña y unidades de piña diría necesarias para el año	
34. 2010 .....	60
35. Costo de producción y costo de compra de pulpa de piña deshidratada anualmente .....	60
36. Características fisicoquímicas de la pulpa de piña deshidratada obtenidas en la prueba experimental	
37. No.1 .....	62
38. Características fisicoquímicas de la pulpa de piña deshidratada obtenidas en la prueba experimental	
39. No.2 .....	62
40. Balance de masa obtenido a partir de pruebas experimentales para la producción de pulpa de piña deshidratada .....	63
41. Balance de masa porcentual a partir de pruebas experimentales para la producción de pulpa de piña deshidratada .....	63

## LISTA DE ILUSTRACIONES Y GRÁFICOS

Ilustraciones

Página

1. Piña tipo Hawaiana .....	1
2. Esquema de las operaciones generales en la obtención de pulpa .....	6
3. Diagrama de proceso y balance de masa porcentual de la piña para la producción diaria de 11.9% de pulpa de piña deshidratada .....	18
4. Balance de masa y energía para la producción diaria de 1,697kg de pulpa de piña deshidratada .....	19
5. Distribución de la línea de producción de pulpa de piña deshidratada dentro de las dimensiones de la planta .....	20
6. Banda transportadora de rodillos de acero inoxidable para el transporte de frutas .....	31
7. Dimensionamiento de la banda transportadora .....	33
8. Balance de masa diario para la etapa de revisión y selección de piña .....	33
9. Energía consumida diariamente por el motor de la banda transportadora .....	33
10. Dimensiones del tanque de almacenamiento para solución de hipoclorito al 0.01% .....	34
11. Balance de masa diario en el proceso de lavado de piña .....	36
12. Energía consumida por la bomba durante una hora de funcionamiento .....	36
13. Energía consumida por la lavadora durante una hora de funcionamiento .....	37
14. Balance de masa diario para la peladora .....	38
15. Energía consumida por la peladora durante una hora de funcionamiento .....	38
16. Molino de cuchillas cotizado .....	39
17. Balance de masa diario para la etapa de despulpado .....	40
18. Energía consumida diariamente por el molino de cuchillas .....	40
19. Balance de masa diario para el deshidratador .....	42
20. Consumo de energía diario por el deshidratador .....	42
21. Molino de discos marca Retsch .....	43
22. Balance de masa diario para el proceso de molienda .....	43
23. Energía consumida diariamente por el molino de discos .....	44
24. Dosificadora de sólidos marca Angles .....	44
25. Selladora para sacos de polietileno marca Angles .....	44
26. Balance de masa diario para el proceso de empaque .....	45

27. Consumo de energía diario en el sistema de empaçado.....	45
Gráfico	
1. Comparación de costo de producción y costo de compra para pulpa de piña deshidratada en Quetzales.....	.6

## **RESUMEN**

El objetivo del siguiente trabajo es diseñar una línea de producción de pulpa de piña deshidratada con capacidad de procesar como máximo 5,665 piñas diarias, para sustituir el producto que actualmente se utiliza de un proveedor externo en la elaboración de néctares de piña. Se determinó que el proceso está conformado por ocho etapas las cuales son: pesado de materia prima, revisión de materia prima, lavado, pelado y descorazonado, despulpado, deshidratación, molienda y empaçado. De acuerdo a la selección y dimensionamiento de equipo se determinó que el espacio de la planta es de 275m<sup>2</sup>. El producto obtenido si se asemeja en cuanto a características organolépticas y fisicoquímicas al producto del proveedor externo. El costo por producir un kilogramo de pulpa de piña deshidratada es de Q. 30.57, dándose un ahorro de Q. 8.76 por kilogramo. Esto permite que la inversión del proyecto se recupere aproximadamente en los tres primeros años de producción.

Se recomienda que se utilice los desechos del proceso, cáscara y centros de piña, para la elaboración de vinagre, elaboración de saborizantes y cómo abono orgánico para tierras cultivables.

## **ABSTRACTRACT**

The purpose of the following work is to design a production line of pineapple dried for process the maximum capacity, 5665 pineapples per day, to substitute the actual product of an external provider. Is determined that the process is conformed by eight stages: Weighed of prime subject, review of prime subject, washed, peeled, cough up of the pineapple, dried, milled, and packed. Is determined that the equipment occupied a space in the plant of 275m<sup>2</sup>.

If we talk about the sensorial, physical and chemical characterizes the product is similar to the product of the external provider. The production cost of one kilogram of dry pineapple is Q.30.57. The saving is Q.8.76 per kilogram. This allows that the investment of the project recover roughly in the three first years.

It is recommendable to use the remainders of the process, pine apple centers and pell, to elaborated vinegar, pineapple flavors or organic fertilizer for cultivated lands.

# I. INTRODUCCIÓN

Los tipos de piña más utilizados para la producción de néctar son Hawaiana y Champaicana debido al color y dulzura de su pulpa. En Guatemala se siembran estos tipos de piña en la aldea El Jocotillo, Villa Canales. Esta piña puede ser procesada para obtener pulpa deshidratada, la cual es útil en la producción de néctar en la industria guatemalteca. Evitando que ésta tenga la necesidad de recurrir a proveedores extranjeros de pulpa, lo cual podría reducir los costos de producción y disminuir el riesgo de no ser abastecida de materia prima.

Este proyecto tiene como objetivo diseñar una línea de producción que utilice piña nacional para obtener pulpa deshidratada que cumpla con los parámetros de los proveedores externos que proveen actualmente la pulpa a esta industria. La línea de producción estará conformada desde procesos de transformación de la piña hasta el empaque y almacenaje de la misma.

Por medio de un estudio económico se determinarán los gastos de la puesta en marcha del proyecto así como el costo que representa el producto al final de su elaboración para establecer si éste es factible.

## II. ANTECEDENTES

### A. Fruta procesada y fruta fresca

Las frutas son los ovarios maduros de una flor; la porción comestible es casi siempre la cubierta carnosa que se encuentra sobre la semilla (Desrosier, 1999, Pp.267).

En las últimas tres décadas ha habido una transición en la forma en la que se comen las frutas. La parte de la cosecha que se consume de forma procesada ha aumentado considerablemente, mientras que el consumo de fruta fresca ha disminuido. La mayor conveniencia de las formas procesadas, su disponibilidad durante todo el año y su calidad mejor y más uniforme, son los principales factores que han influido en este cambio (Desrosier, 1999, Pp.268).

El consumo de jugo enlatado ha aumentado con el paso de los años. Los productos nuevos y mejores en jugos enlatados han ayudado a estimular este aumento en la demanda (Desrosier, 1999, Pp.269).

### B. Procesamiento para el mercado local, nacional e internacional

La demanda determina cómo se procesan las frutas. Algunas frutas se transforman para reprocesamiento, en cuyo caso, los usuarios finales describen las especificaciones del producto. Para seleccionar y clasificar la fruta se utilizan las normas de grados USA y para el procesamiento y etiquetado se emplean los Estándares de Identidad de la FDA (Desrosier, 1999, Pp.271).

### C. Piña

1. Descripción del fruto. Su nombre científico es Ananas comusus (Corporación para la promoción de exportaciones agrícolas no tropicales, 2002).

Cuadro 1. Descripción taxonómica de la piña.

Categoría	Grupo
Reino	Vegetal
Phyllum	Pteridófita
Clase	Angiosperma
Subclase	Monocotiledónea
Orden	Farinosae

Continuación cuadro 1.

Categoría	Grupo
Familia	Bromeliáceas
Género	Ananas
Especie	Comusus

(Corporación para la promoción de exportaciones agrícolas no tropicales, 2002).

Se cree que la piña es originaria de zonas tropicales de América del Sur, como Brasil y Paraguay. También se cree que en Sudáfrica tropical pudo haberse originado. Entre los países productores de piña, según volumen producido en el año 2001, se encuentran: Tailandia, Filipinas, Brasil, China, India, Nigeria y México. Países como Brasil y México se especializan más en fruta en fresco, mientras que Tailandia y Filipinas lo hacen en piña procesada (Corporación para la promoción de exportaciones agrícolas no tropicales, 2002).

Entre los exportadores líderes, es notorio el excelente rendimiento de Costa Rica y, en una escala más modesta, están Ghana, México y Ecuador (CIAT, 2002, Pp. 16).

Para el periodo del 2003 se puede destacar entre los productores de piña la participación de países como Guatemala, Honduras, República Dominicana y Ecuador que lograron obtener el tipo de piña de exportación (CIAT, 2002, Pp. 16).

La piña es una monocotiledónea herbácea, que madura su fruta a los 18 ó 22 meses después de plantada. Cada planta produce una sola fruta compuesta sobre un vástago central. Aproximadamente un año después la planta producirá un retoño en uno o más de los vástagos auxiliares (Desrosier, 1999, Pp.306).

La piña se cultiva en forma vegetativa de tiras, coronas o vástagos. En las áreas en las que se ha sembrado piña durante un período de tiempo prolongado debe tratarse el suelo para reducir las plagas, nematodos, y que la cosecha sea satisfactoria. La piña crece mejor en suelos con buen drenaje. Se requiere abundante luz solar para producir fruta de mejor calidad. La calidad de la piña está influenciada por otras condiciones climáticas. Si la temperatura es excesivamente alta, las frutas tendrán bajo nivel de sabor o por el contrario, temperaturas demasiado bajas producirán frutas demasiado ácidas para la calidad óptima (Desrosier, 1999, Pp.306).

Aunque la piña se cultiva y se vende como fruta fresca, la mayor parte de la cosecha mundial se procesa en productos enlatados. El procesamiento de la piña es el único en el que se utilizan máquinas especiales para cortar la fruta. La piña se procesa primero cortando un cilindro que se parte en rebanadas,

trozos, cubos o productos exprimidos, que luego es envasado en jarabe o en jugo (Desrosier, 1999, Pp.307).

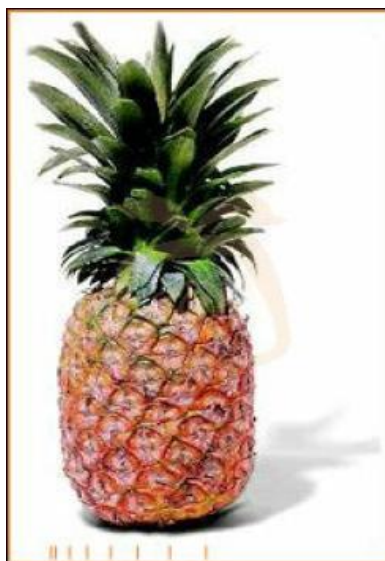
La piña puede utilizarse para productos comerciales como, enlatados, congelados, jugos, esencias, jaleas, dulces y deshidratados o secos (Desrosier, 1999, Pp.270).

## 2. Principales variedades comerciales

a. Cambrey (Milagreña). Es la variedad perolera, originaria de Brasil y hasta hace poco la más cultivada. La fruta es de tamaño grande, forma cónica, ojos profundos, corazón grueso y pulpa blanca. Este tipo es poco adecuado para la industrialización.

b. Cayena Lisa (Hawaiana). Corresponde al grupo de las Cayenne, es la principal variedad destinada a la industrialización, variedad más importante del mundo, ya que tiene buenas cualidades para la industria enlatadora y de néctares. La fruta posee forma cilíndrica, ojos poco profundos y pesa entre un rango de 2 a 4 kilogramos.

Ilustración 1. Piña tipo Hawaiana.



c. Champaka F-153. Es un clon puro de la variedad Cayena Lisa. Es más resistente a las enfermedades que otras variedades con gran aceptación y alta demanda en los mercados de exportación.

d. MD2. Es una de las variedades más recientes del grupo Cayena, por su presentación y cualidades organolépticas está catalogada como una fruta de lujo en el mercado mundial. Utilizada principalmente para la elaboración de frescos y jugos, debido a su precio y mayor demanda.

e. Española Roja. Se consume principalmente como fruta fresca. Fruta de forma cónica y ovalada, tamaño mediano, posee un borde rojizo y es poco sensible a las enfermedades. La pulpa es de color amarillo pálido. El peso varía en un rango entre 1 a 2.5 kilogramos.

f. Montelirio. Poco sensible a enfermedades, peso entre 2.3 a 3 kilogramos y pulpa blanca. Se consume principalmente como fruta fresca y para jugos. No se recomienda para enlatados por tener ojos profundos y el corazón grande (CIAT, 2002, Pp. 5).

**3. Requisitos de calidad.** La piña debe tener ciertas características mínimas de calidad para ser comercializada como fruta fresca o para ser procesada. La piña está calificada según grados de calidad como piña extra, categoría 1 y categoría 2; dependiendo de los grados de calidad se acepta la piña para que sea procesada. En general, la piña debe ser una fruta entera, con la forma característica según su variedad, aspecto fresco, consistencia firme, libre de ataque de insectos, estados de descomposición o enfermedades que no permitan su consumo (CIAT, 2002, Pp. 18).

La piña de calidad extra aparte de las características anteriores, deben estar libres de defectos que afecten la calidad y conservación de la fruta. La corona debe ser simple y recta con una longitud entre el 75% a 150% de la longitud de la fruta si no se le ha hecho ningún corte. Para esta piña es tolerado el 5% por número o peso de frutos que no cumplan con las características de esta categoría (CIAT, 2002, Pp. 18).

Para la piña de categoría 1 la corona debe ser simple y recta, con el 75% a 100% de la superficie de la fruta al realizar un corte y 150% para las piñas en que no se realice algún corte. Se toleran defectos que no deterioren el aspecto, calidad y conservación del fruto, tales como leves defectos de la cáscara causados por raspaduras, cicatrices, magulladuras y manchas del sol, mientras que no excedan el 4 % de la superficie de la fruta. Además se admite el 10% por número o peso de frutos que no cumplan con las características de esta categoría (CIAT, 2002, Pp. 18).

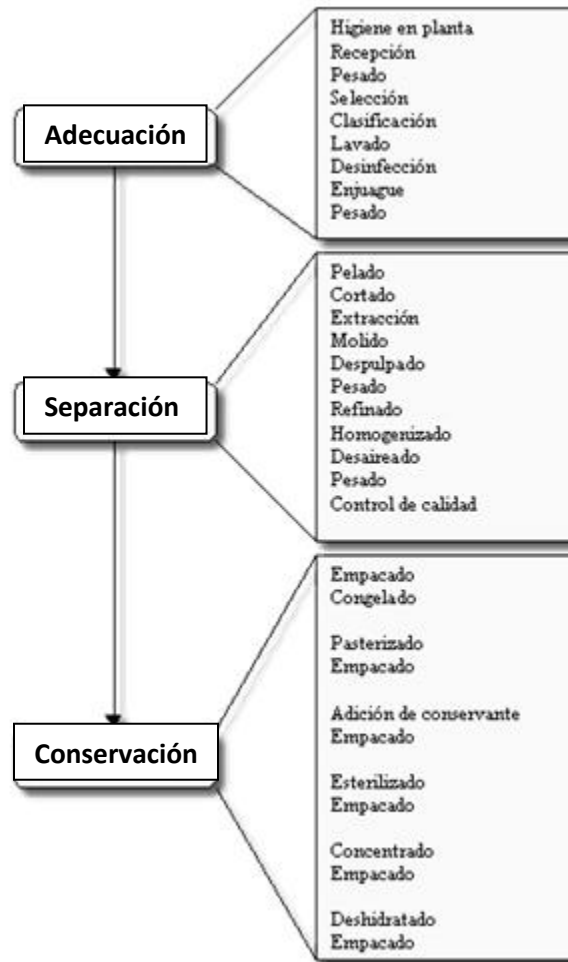
En la categoría 2 están las piñas que no cumplen las características de las categorías anteriores, pero satisfacen los requisitos mínimos. La corona podrá ser simple o doble, recta o ligeramente curva, sin brotes. Se admiten leves defectos de la cáscara debido a raspaduras, cicatrices, golpes, magulladuras y manchas del sol y se tolera el 10% por número o peso de frutos que no cumplan con las características, ni con los requisitos mínimos (CIAT, 2002, Pp. 18-19).

El fruto en óptimo estado de madures debe poseer un contenido final de sólidos solubles de 13 a 15 °Brix, una firmeza total de 1.7 a 2.4 kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>, una acidez total de 0.5 a 0.6% y una relación de madurez de 30. Las condiciones de almacenamiento de la piña fresca es una temperatura de 7 a 13 °C y una humedad relativa de 85 a 90%; y su vida útil máxima es de 3 a 4 semanas (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica, 2004, Pp.19).

## D. Etapas de procesamiento para obtener pulpa de piña

La pulpa es el producto pastoso, no diluido, ni concentrado, ni fermentado obtenido por la desintegración y tamizado de la fracción comestible de frutas frescas, sanas, maduras y limpias (Camacho, 1992, Pp.49).

Ilustración 2. Esquema de las operaciones generales en la obtención de pulpa.



1. Operaciones de adecuación. El éxito en la obtención de pulpas de alta calidad comienza en la disponibilidad de fruta de excelentes características gustativas. Junto a ésta se encuentra el cuidado que se tenga en mantener la buena calidad en los pasos previos a la llegada a la fábrica de procesamiento. Al encontrarse la fruta en la planta de procesamiento debe rodearse de condiciones que favorezcan sus características sensoriales. Si la fruta no se encuentra totalmente madura se deberá propiciar su maduración y si ésta se encuentra madura deberá estar en un ambiente aseado e higiénico al máximo para evitar el deterioro microbiológico durante todo el tiempo que la fruta esté expuesta a las diferentes operaciones del proceso (Camacho, 1992, Pp.51).

Dentro de las operaciones de adecuación se encuentran las siguientes:

a. Higiene y sanidad en planta. El sitio donde se realizará la desinfección debe encontrarse ordenado e higienizado. La limpieza debe realizarse desde las áreas altas e ir bajando hasta terminar en el piso. Es crítico la higienización de los equipos que están en contacto con la fruta.

b. Recepción. La fruta deberá ser recibida con las condiciones y características acordadas.

c. Pesado. Permite conocer con exactitud la cantidad de materia prima que entrega el proveedor para conocer los porcentajes de la calidad de fruta que éste suministra. Se espera que el mínimo sea fruta deteriorada o verde. También se podrá determinar el rendimiento en pulpa que la fruta posee. Se efectúa con cualquier tipo de balanza de capacidad y precisión apropiada.

d. Selección. Se realiza para separar la fruta sana de la descompuesta. Se puede efectuar sobre mesas o bandas transportadoras y disponiendo de recipientes para colocar la fruta descartada. Se utiliza la vista y el olfato del operario como principio para rechazar la fruta descompuesta. Si la fruta es de tamaño grande puede ser arreglada retirando las fracciones dañadas.

e. Clasificación. Permite separar entre las frutas que pasaron la selección, las que están listas para procesarlas, en razón de su grado de madurez, y las verdes o pintonas que deben ser almacenadas. A partir del color, aroma y dureza de la fruta se elige la adecuada. No importan el tamaño y la forma.

f. Almacenamiento. Puede aplicarse para acelerar o retardar la maduración. Se puede someter a la primera, frutas pintonas para que maduren. Algunas veces es conveniente retardar la maduración un determinado tiempo a fin de procesar paulatinamente la fruta que por razones de cosecha se adquirió en grandes cantidades. La aceleración de la maduración se logra ajustando la temperatura y humedad de una cámara donde se almacena la fruta. Las condiciones son por lo general, 25°C de temperatura y humedad relativa de 90%. En el caso de frutas climatéricas, se puede ajustar la composición de la atmósfera de gases que rodean la fruta. Para el retardo de la madurez se disminuye la temperatura y humedad relativa de la cámara. Si se controla modificando la composición de la atmósfera, se disminuye el contenido de oxígeno y se aumenta el anhídrido carbónico y nitrógeno.

g. Desinfección. Al tener la fruta la madurez adecuada se inicia un proceso de limpieza para disminuir la contaminación de microorganismos que trae la fruta en la cáscara, para evitar altos recuentos en la pulpa final que puedan llevar a su fermentación. La desinfección se realiza con sustancias compatibles a la fruta. Se inicia con un lavado con agua potable, el cual se puede realizar por inmersión de las frutas o por aspersión (agua a cierta presión). El objetivo es retirar mugre o tierra de la superficie y así disminuir la necesidad de desinfectante en el paso siguiente. Se pueden utilizar sustancias

desinfectantes a base de cloro, sales de amonio cuaternario y yodo. El hipoclorito de sodio en solución al 13% es el más empleado por su efectividad y bajo costo. Se puede intercalar el uso de desinfectantes para evitar que la flora contaminante cree resistencia a una sustancia. Para la desinfección se puede sumergir la fruta de 5 a 10 minutos, dependiendo de las características y estado de suciedad de la fruta. Para un solución de 50ppm se aconseja una rotación de tres lotes de fruta antes de que la solución pierda su efectividad. El olor a cloro y la suciedad de la solución a simple vista son indicadores que la solución ya no sirve.

h. Enjuague. Se deben retirar los residuos de desinfectante y microorganismos mediante aspersión con agua potable que se renueve.

2. Operaciones de separación o transformación. Involucra todas aquellas operaciones que contribuyen a extraer la mayor cantidad de pulpa con el mínimo cambio de deterioro en sus características deseables. Estas operaciones son (Camacho, 1992, Pp. 71). :

a. Escaldado. Consiste en someter la fruta a un calentamiento corto y posterior enfriamiento. Aplica sólo para algunas frutas. Se realiza para ablandar un poco la fruta y aumentar el rendimiento de pulpa; también se reduce un poco la carga microbiana y se inactivan enzimas que producen cambios indeseables de apariencia, color, aroma y sabor en la pulpa. El color se hace más vivo, el olor y sabor pueden variar un ligero cocido y la viscosidad de la pulpa puede aumentar. Un escaldado se realiza en una marmita agregando mínima cantidad de agua, para generar vapor y luego se coloca la fruta. Se suspende el calentamiento al alcanzar 75°C.

b. Molido. Permite la desintegración de las estructuras de las frutas que facilitan operaciones como el escaldado y despulpado. Se puede efectuar en un molino de martillos. El molido tiene la desventaja de incorporar aire a la masa, con lo que se puede acelerar procesos de oxidación como cambio de color y formación de espuma, causando inconvenientes en la calidad final de la pulpa.

c. Corte. Algunas frutas deben ser cortadas para extraer su masa interior antes de separar la pulpa. Existen máquinas que lo hacen, pero las pequeñas industrias lo hacen de forma manual.

d. Pelado. En algunos casos es necesario retirar la cáscara debido a su incompatibilidad con el color, textura y sabor al mezclarla con la fruta. Se puede realizar de manera manual con cuchillos, por métodos físicos que utilizan calor y frío, por métodos mecánicos que usan máquinas diseñadas para determinadas geometrías y texturas y los métodos químicos que utilizan sustancias como la soda a diferentes temperaturas y concentraciones.

e. Separación. Esta operación permite separar la pulpa-semilla de la fruta. La pulpa obtenida se debe cubrir para prevenir contaminaciones u oxidaciones.

f. Macerado. Esta operación busca aumentar el rendimiento en pulpa. Se logra por la acción de enzimas naturales de la fruta o por enzimas comerciales adicionadas. También se emplea para disminuir la viscosidad de algunos jugos o pulpas para lograr su concentración a niveles superiores a 60°Brix. Las enzimas utilizadas son: pectinolasas, amilasas y celulosas. Las condiciones de temperatura, pH y tiempo de acción óptimos varían de acuerdo al tipo de fruta. El costo por el empleo de las enzimas es alto, pero se recupera al trabajar entre mayores sean los volúmenes.

g. Despulpado. Es la operación que separa la pulpa de los demás residuos, como semillas, cáscaras y otros. El principio se basa en hacer pasar la pulpa-semilla a través de una malla por medio de un conjunto de paletas unidas a un eje giratorio, de velocidad fija o variable. La fuerza centrífuga de giro de las paletas lleva la masa contra la malla logrando que el fluido pase a través de los orificios de la malla. Durante el despulpado se causa demasiada aireación de la pulpa ocasionando efectos negativos de oxidaciones, formación de espuma y cambios de color y sabor en la pulpa. La máquina se encarga de arrojar por un orificio los residuos como semillas o cáscaras que no pudieron pasar por la malla. Se debe evitar el contacto de la pulpa con el medio ambiente, por lo que ésta debe viajar a través de tuberías hacia un tanque de almacenamiento.

h. Refinado. Consiste en reducir el tamaño de partícula de la pulpa. Este paso tiene como ventajas dar una mejor apariencia, evita una rápida separación de los sólidos solubles en suspensión y permite una textura más fina para productos como mermeladas, como desventajas, baja los rendimientos en pulpa por la separación de material grueso y duro que está presente de forma natural en la pulpa inicial. El refinado puede realizarse en la misma despulpadora, sólo que se cambia la malla por una más fina. Por lo general la primera malla es de 0.060" y el refinado se realiza con una malla 0.045" o menor.

i. Homogenizado. Es otra manera de refinar la pulpa. En ésta operación se emplean equipos que igualen el tamaño de partícula de la pulpa, como el molino coloidal. La máquina muele el fluido al pasarlo entre dos conos metálicos, uno de los cuales gira. Durante éste proceso la pulpa sufre una alta aireación.

j. Desaireado. Permite eliminar parte del aire involucrado en operaciones anteriores. Existen diferentes técnicas que varían según eficiencia y costo, algunas se mencionan a continuación:

- Evitar operaciones que favorezcan el aireado.
- Calentamiento suave para disminuir la solubilidad de los gases para extraerlos.

- Aplicar vacío a una cortina de pulpa. Esto se logra haciendo caer una lluvia de pulpa dentro de un recipiente que se halla a vacío.

Entre más pronto se efectúe el desaireado menores serán los efectos negativos del oxígeno involucrado en la pulpa.

k. Empacado. La pulpa ya obtenida debe ser aislada del medio ambiente a fin de mantener sus características hasta el momento de su empleo. Esto se logra por medio de un empacado con el mínimo de aire. Se han empleado diferentes tipos de plásticos en forma de vasos, bolsas, botellas y canecas.

## **E. Deshidratación**

Método de conservación físico utilizado en frutas para inactivar o destruir la acción de enzimas, bacterias, levaduras y hongos, los cuales descomponen las características de la fruta. La deshidratación o secado de frutas consiste en eliminar la mayoría del agua contenida en ellas. Eliminando una parte del agua, el desarrollo de los microorganismos se bloquea. La cantidad de agua que se debe eliminar depende del producto (Meyer, 1987, Pp. 43).

La humedad residual promedio, que asegura una buena conservación, es de 16% para la mayoría de frutas en azúcar (Meyer, 1987, Pp.44).

Para impedir la acción de las enzimas en el producto deshidratado, este debe ser tratado con bióxido de azufre antes de la deshidratación. Durante el secado ocurren pérdidas de vitaminas. El grado de destrucción de las vitaminas depende del proceso de deshidratación y del procesamiento anterior (Meyer, 1987, Pp. 44).

Existen tres métodos de deshidratación para frutas:

- Secado natural
- Deshidratación con calor artificial
- Deshidratación congelada

1. **Deshidratación por aire caliente.** Al aplicar aire caliente a la fruta, el agua de los tejidos se evapora. El vapor es absorbido por el aire y alejado del producto. La deshidratación por aire forzado se efectúa en armarios y túneles de deshidratación en donde es necesario eliminar una parte del aire saturado. La humedad relativa del aire debe ser mantenida alrededor del 60% (Meyer, 1987, Pp. 46).

La temperatura máxima que se puede utilizar es 70°C. Iniciando el secado con una temperatura elevada, el agua de los tejidos superficiales se evapora demasiado rápido dificultando la salida de agua de los tejidos internos, dando productos de baja calidad. Temperaturas elevadas y una humedad baja, causan la caramelización de los azúcares presentes en las frutas (Meyer, 1987, Pp.46).

Antes del empaquetado definitivo, las frutas necesitan de un tratamiento adicional con dióxido de azufre u otros preservativos (Meyer, 1987, Pp.79).

## **F. Control de calidad**

Al obtener el producto final se debe evaluar la calidad. La calidad resultante será la que se haya logrado mantener después de haber procesado la fruta que llegó a la fábrica en determinadas condiciones (Tressler, 1990).

Si la fruta reúne las condiciones de madurez y sanidad necesarios, fisicoquímica y sensorialmente la pulpa poseerá las características de calidad muy similares a las recién obtenidas de la fruta fresca a nivel casero, que es el patrón empleado por el consumidor para comparar la pulpa obtenida en una fábrica (Tressler, 1990).

1. **Grados Brix.** Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles se componen por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de las frutas. Se determinan empleando un refractómetro calibrado a 20°C. Si el jugo se haya a diferente temperatura se podrá realizar un ajuste de grados Brix, según la temperatura en que se realice la lectura (Tressler, 1990).

2. **Acidez.** La acidez se determina realizando una titulación ácido-base. Para ello se necesita fenolftaleína, NaOH 0.1N y un potenciómetro. El resultado obtenido se expresa en porcentaje peso de ácido cítrico anhídrido, el equivalente de este ácido es de 70g/mol (Tressler, 1990).

3. **Evaluación sensorial.** Ésta se realiza preparando néctares a partir de la pulpa en proceso de evaluación. Los catadores determinan las características de los factores de calidad (apariencia, color, aroma, sabor y consistencia) y lo califican según una escala de puntaje. Es importante obtener el producto de frutas en óptimas condiciones. Según la gravedad de los defectos en estos parámetros se disminuirá la calificación (Tressler, 1990).

La evaluación sensorial puede considerarse la más representativa para la calidad de una pulpa. Cualquier error en el proceso de selección de fruta o en el proceso de transformación influye en las

características sensoriales del producto y éstos se pueden detectar por medio de los sentidos del consumidor (Tressler, 1990).

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente, existe en Guatemala una planta productora de néctar de piña. La materia prima principal que utiliza es la pulpa de piña deshidratada la cual es importada de Costa Rica, debido a que es el mayor exportador de piña MD-2 a nivel centroamericano. Esto conlleva, a que la cadena de producción del néctar y el producto terminado dependan de un sólo proveedor externo, por lo que se vuelve en un punto crítico para la obtención del néctar. En la actualidad, se siembra este tipo de piña, Hawaiiana, en tierras guatemaltecas. Al utilizar pulpa de piña nacional para el proceso se estaría desligando de factores externos permitiendo que la producción no se vea afectada por problemas de abastecimiento por parte de un sólo proveedor. Asimismo, se verían reducidos los costos de producción a largo plazo y se beneficiaría al aumento del mercado de piña guatemalteca.

Debido a estas razones, se propone la instalación de una línea de producción para procesar piña guatemalteca y obtener pulpa de alta calidad que sea utilizada para la preparación del néctar de piña cumpliendo con las mismas características del producto que se encuentra en estos momentos en el mercado.

## **IV. OBJETIVOS**

### **A. GENERALES**

1. Diseñar la línea de producción para obtener pulpa de piña deshidratada que pueda ser utilizada para la elaboración de néctares.

### **B. ESPECÍFICOS**

1. Establecer el proceso de producción de pulpa de piña deshidratada.
2. Distribuir la línea de producción dentro de las dimensiones de la planta.
3. Dimensionar y seleccionar los equipos adecuados para el proceso según la capacidad de producción que se desea.
4. Caracterizar la pulpa de piña que se obtenga en cuanto a acidez, °Brix, pH, humedad y características organolépticas para determinar si se asemeja a las características del proveedor externo.
5. Determinar el tipo de empaque y almacenamiento que tendrá la pulpa deshidratada para preservarla.
6. Determinar el costo del producto según gastos de operación a través de un análisis económico.

## **V. PROBLEMA A RESOLVER**

En la producción de néctar de piña de una industria guatemalteca se utiliza como materia prima pulpa deshidratada importada de Costa Rica. Esto conlleva, que el proceso de producción y el producto dependan de un proveedor externo, volviéndose éste en un punto crítico para el proceso, el cual hay que reducir.

## **VI. METODOLOGÍA**

### **A. Primera etapa**

Esta etapa consiste en la recopilación de bases bibliográficas y de diseño que servirán para desarrollar el proyecto. La información a investigar será la siguiente:

- Procesos que conforman una planta despulpadora.
- Cantidad de piña sembrada al año en Guatemala.
- Parámetros de la pulpa del proveedor externo.
- Época de siembra.
- Precio de venta de la piña.
- Cantidad de pulpa deshidratada requerida al año por la planta de néctares.
- Tipos de empaques y almacenaje del producto.

### **B. Segunda etapa**

Ésta se encuentra conformada por el estudio fisicoquímico de la materia prima, caracterización de la piña utilizada y de la pulpa producida. Este estudio consistirá en:

- Determinar el porcentaje de pulpa que se puede obtener de la piña.
- Establecer el peso promedio y características físico-químicas de piña a utilizar.
- Determinar el porcentaje de desechos y agua que se eliminará de la piña.
- Caracterizar la pulpa de piña según característica organolépticas y porcentaje de humedad.

### **C. Tercera etapa**

Esta etapa consiste en la evaluación de datos y planteamiento de soluciones. Para ello se esquematizará la línea de producción a través de un diagrama de flujo inicial para lo cual se necesita:

- Establecer las etapas que conforman la línea de producción.
- Realizar el balance de materia y energía correspondiente para cada proceso.

- Dimensionar, cotizar y seleccionar el equipo que mejor se sitúe técnica y económicamente.
- Establecer tipo de empaque y almacenamiento.

## **D. Cuarta etapa**

Ésta consiste en la presentación final del proyecto. En ella se analizarán los resultados obtenidos, se presentará la solución por medio de un diagrama de flujo final de los procesos y su distribución en planta y por último se presentará un análisis económico del proyecto.

## VII. RESULTADOS

### A. Diseño del proceso

Ilustración 3. Diagrama de proceso y balance de masa porcentual para la producción diaria de 11.9% de pulpa de piña deshidratada.

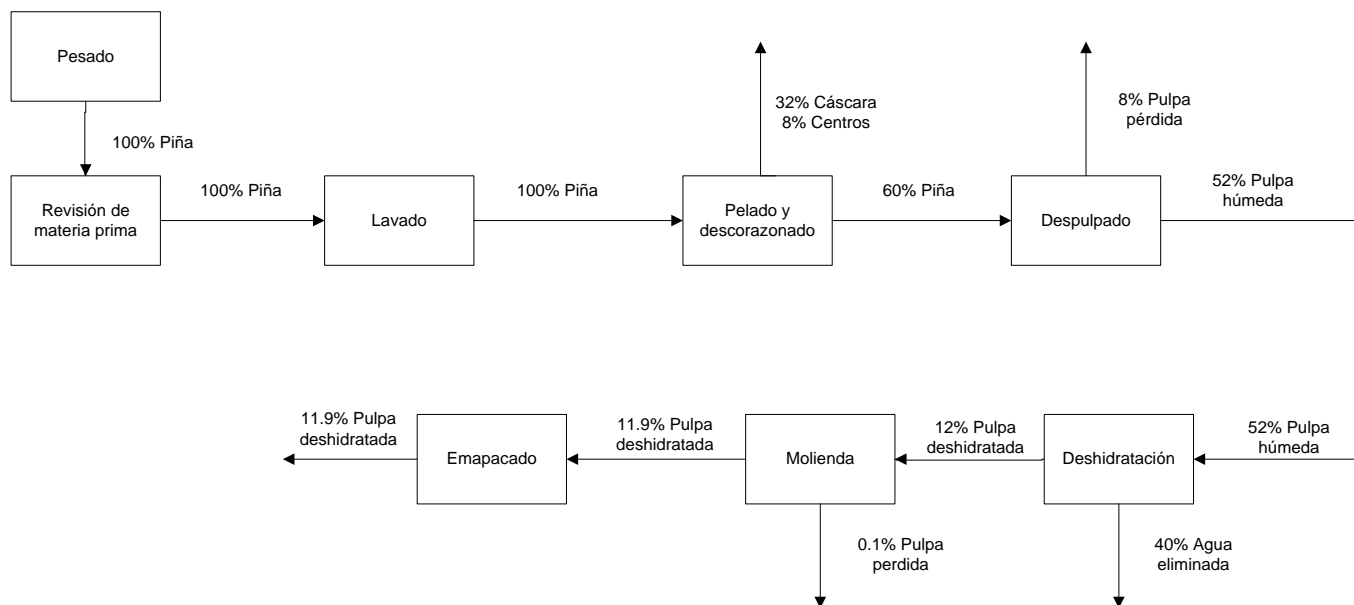
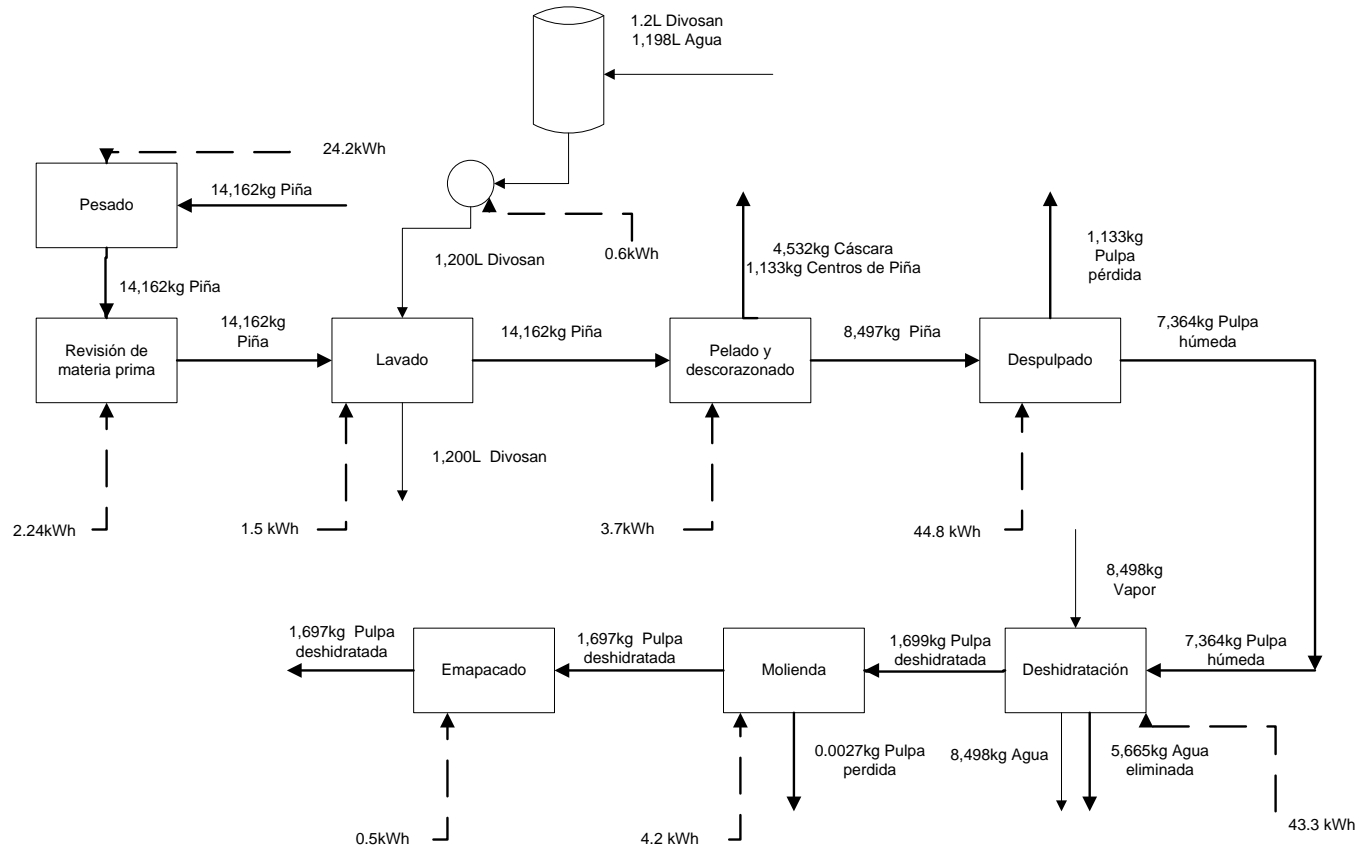
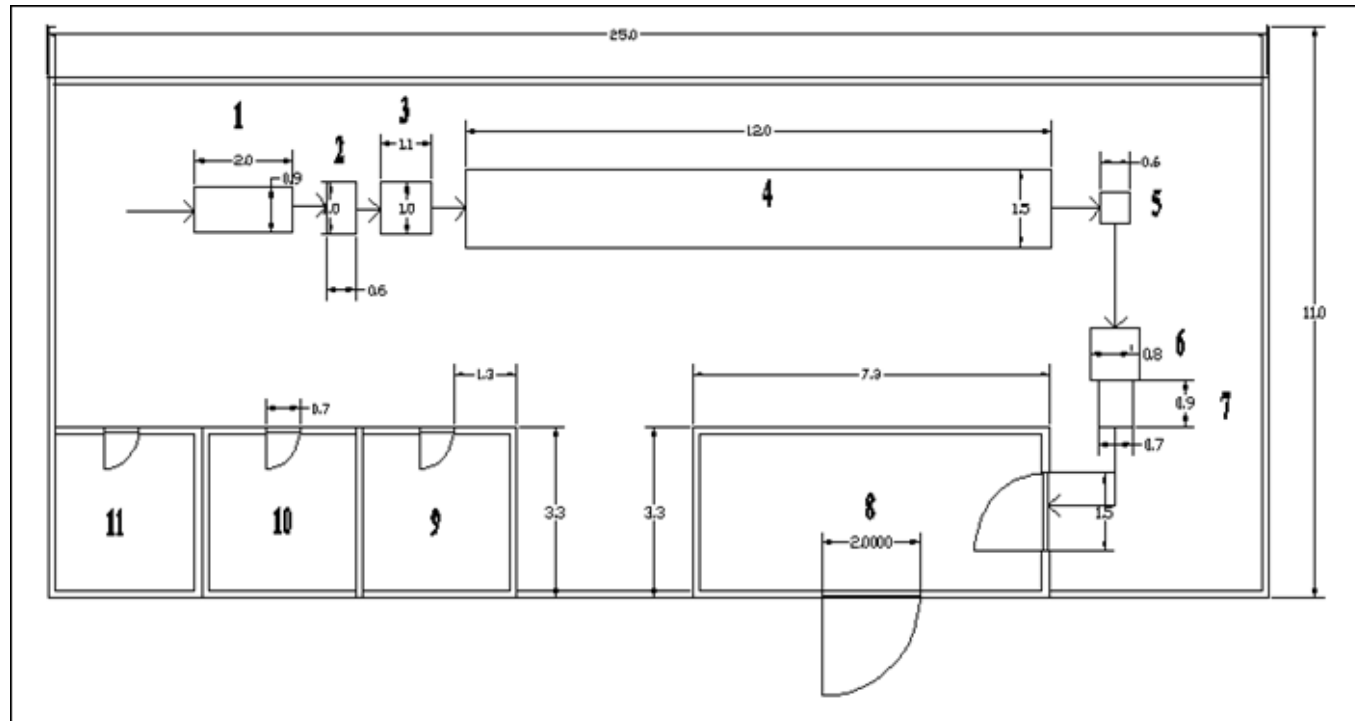


Ilustración 4. Balance de masa y energía para la producción diaria de 1,697 kilogramos de pulpa de piña deshidratada.



## B. Distribución del equipo en planta

Ilustración 5. Distribución de la línea de producción de pulpa de piña deshidratada dentro de las dimensiones de la planta.



Distribución de línea de producción	
Número	Especificación
1	Lavadora
2	Peladora y descorazonadora
3	Despulpadora
4	Deshidratador continuo
5	Molino
6	Dosificadora
7	Selladora
8	Bodega de producto terminado
9	Oficinas administrativas
10	Bodega de químicos
11	Almacenaje de desechos

## C. Equipo seleccionado

Cuadro 2. Equipo seleccionado según diseño y propuesta del mercado para línea de producción de pulpa de piña deshidratada.

Equipo	Características
Báscula	<p>Marca: Revuelta            Modelo: ERCC            Material: Acero Inoxidable            Indicador de Lectura: Digital-Electrónico            Alcance Máximo: 30,000kg            Dimensiones: 3m x 7m            Para camión de 2 ejes            Voltaje: 440</p>
Banda transportadora	<p>Marca: Habaguard            Material: Acero Inoxidable            Velocidad: 0.26m/s            Potencia: 2.24kW            Tipo: Banda de malla metálica            Ancho: 0.8m Largo: 3m            Voltaje: 440</p>
Lavadora	<p>Marca: Convec            Material: Acero Inoxidable            Tipo: Aspersión            Ancho: 0.86m Largo: 2m Alto: 2.1 a 2.5m            Tiempo de lavado: 1h            Potencia de la Bomba: 0.6kW            Potencia de la Lavadora: 1.5kW            Alimentación y Descarga: 8,000 piñas/h            Voltaje: 440</p>
Peladora y descorazonadora	<p>Marca: Brunner            Material: Acero Inoxidable            Capacidad: 100piñas/min            Ancho: 1m Largo: 0.6m Alto: 1.5m            Potencia: 3.7kW            Cortadoras: 4            Descorazonadoras: 4            Voltaje: 44</p>
Molino de cuchillas	<p>Marca: Zerma            Material: Acero Inoxidable            Alimentación: 7,500kg/h            Cuchillas: 8            Diámetro: 1m Largo: 1.05m Alto: 2.1m            Potencia: 22.4kW            Peso: 1,200lb            Voltaje: 440</p>
Deshidratador	<p>Marca: Sandvik            Material: Acero Inoxidable            Tipo: Continuo            Ancho: 1.5m Largo: 12m Alto: 2.8m            Potencia: 19.7kW            Ventiladores: 5            Presión de Vapor: 0.2 a 0.5MPa            Temperatura de Operación: 50 a 120°C</p>

Continuación cuadro 2.

<b>Equipo</b>	<b>Características</b>
Deshidratador	Alimentación: 3,119kg/h de piña Voltaje:440
Molino de Discos	Marca: Retsch Material: Acero Capacidad: 3,000kg/h Potencia: 7kW Pèrdidas: 0.1% Largo: 0.6m Ancho: 0.6m Alto: 1.2m Voltaje: 440
Dosificadora	Marca: Angles Material: Acero Inoxidable Capacidad: 4 a 6 dosis/min Dosis: 1 a 50kg Potencia: 100W Voltaje: 440
Empacadora	Marca: Angles Material: Acero Inoxidable Sellado: Bolsas de polietileno Potencia: 850W Velocidad: 4 a 10m/min Largo: 0.9m Ancho: 0.7m Alto: 1.2m Voltaje: 440

## D. Caracterización del producto

Cuadro 3. Características fisicoquímicas y organolépticas de la pulpa de piña deshidratada.

<b>Parámetro medido</b>	<b>Resultado</b>
Color	Amarillo dorado
Olor	Piña dulce
Sabor	Piña dulce
Humedad	6%
pH	3.6
Acidez	0.50%
°Brix	13.6

\*Estos resultados se obtuvieron en la prueba experimental no.2.

## E. Empaque y condiciones de almacenamiento

Cuadro 4. Características del empaque seleccionado para el producto.

Características	Descripción
Tipo	Sacos
Material	Polietileno con foil de aluminio
Espesor Polietileno	75µm
Espesor Aluminio	9µm
Tamaño	650 x 1,215mm
Peso	105g

Cuadro 5. Características del lugar para el almacenamiento del producto.

Características	Descripción
Temperatura	20°C a 35°C
Bodega	Sin entradas de luz ultravioleta
Humedad	< 75%

## F. Costos de producción

Cuadro 6. Costos de producción por saco de pulpa de piña deshidratada durante diez años de estudio.

	AÑO									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Costo de producción/ saco	Q764.33	Q823.27	Q886.77	Q955.20	Q1,028.92	Q1,108.35	Q1,193.94	Q1,286.16	Q1,385.53	Q1,492.60

## VIII. DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio es determinar las etapas de proceso y diseñar la línea de producción de una planta deshidratadora de pulpa de piña para producir néctares. El diseño se realizó por medio de las capacidades y variedades de equipos que se encuentran en el mercado actualmente. Además se buscó la mejor ubicación de los mismos dentro de la planta para delimitar el espacio que se tiene. El estudio se llevó a cabo suponiendo diez años de producción con lo que se hizo un análisis económico para determinar si el costo del producto es menor al que se maneja actualmente con el proveedor externo y ver en cuanto consiste la cantidad de ahorro.

La planta deshidratadora se encontrará ubicada en el departamento de Escuintla a los alrededores de la planta productora de néctares. El espacio con el que se cuenta es de 11m x 25m, lo cual permite distribuir los equipos necesarios dentro del área, observar layout de distribución en planta (ver Ilustración 5).

El proceso de producción de pulpa de piña deshidratada que se analizó cuenta con ocho etapas: pesado de la materia prima, revisión de la materia prima, desinfección, pelado y descorazonado, despulpado, deshidratación, molienda y empaçado. Este proceso continuo permite que el tiempo de trabajo no sea mayor a ocho horas diarias.

El dimensionamiento de equipo se realizó por medio del pronóstico de producción para los próximos diez años, basado en las cantidades de pulpa deshidratada comprada en los años 2006, 2007 y 2008. Para ello se tomó en cuenta un crecimiento anual del 2.17% y una sobreproducción del 25% para poder sobredimensionar el equipo. Se tomó como base para el diseño el último año del estudio, 2019, para contar con equipos que logren abastecer durante los primeros diez años. Para cada una de las etapas del proceso se dimensionó y seleccionó el equipo de acuerdo a las capacidades que se requieren y a lo que se encuentra en el mercado actualmente. Además, el material de cada uno de los equipos a utilizar es acero inoxidable lo que permite tratar con mayor facilidad el alimento evitando daños por corrosión en los equipos.

La primera etapa es la de pesado. Consiste en conocer la cantidad diaria de piña que se procesará para determinar el rendimiento de la misma (30%). El rendimiento suele ser bajo debido a que la piña es una fruta compuesta en su mayor parte de agua. Para este proceso se cuenta con una báscula electrónica de camión la cual facilita el pesaje debido a las cantidades de piña diaria que se debe manejar, de 4670 piñas a 5665 piñas. La capacidad máxima de pesaje es de 30,000kg y tiene un consumo de energía de 22.4kW. La recepción de piña se hará diariamente por lo que hay una persona responsable del control del mismo.

A continuación prosigue la etapa de revisión de materia prima. Ésta permite seleccionar y clasificar la clase de piña que cumple con los parámetros que se desean. La piña a utilizar es la clase Hawaiana, la cual se caracteriza por tener un sabor dulce y un color amarillo intenso, ideal para las características que se desean en el néctar. Aquí se verifica que la piña sea semi-madura, ya que si está muy madura tiende a caramelizarse de afuera al deshidratarse, debido a los azúcares del jugo. La piña que se recibirá no tendrá

las cabezas lo que reduce la cantidad de desechos en el proceso y deberá estar prelavada para ahorrar tiempo en la limpieza de la fruta. Para la revisión de la fruta se contará con la ayuda de dos operarios quienes son los encargados de revisar que la fruta que éste pasando por la banda transportadora cumpla con las características establecidas. La banda a utilizar es de rodillos la cual tendrá una velocidad de 0.26m/s lo que le permite a los operarios revisar de forma detenida la materia prima. La potencia que requiere el motor de la banda para desplazar como máximo 14,162kg de piña es de 2.24kW.

El proceso de desinfección se llevará a cabo en una lavadora de aspersión. La lavadora permite disparar a presión una solución de hipoclorito eliminando restos de tierra o suciedad en la piña y eliminando microorganismos como el E. Coli. El proceso de lavado durará 1 hora para asegurar la degradación de los microorganismos presentes. La solución de hipoclorito será manipulada a 100ppm (0.01%) debido a que es una concentración que garantiza la desinfección de la fruta y no deja residuos en el alimento que afecten el sabor del mismo. Además permite ser reutilizada tres veces. La solución será transportada por un sistema de bombeo, el cual consta de un tanque de acero inoxidable de 1.3m<sup>3</sup> capaz de almacenar los 1.2m<sup>3</sup> diarios de sanitizante que se requieren, una bomba centrífuga de 0.6kW y tubería cédula 40 con un diámetro exterior de 1.9 pulgadas ya que puede soportar el flujo volumétrico de 1.2m<sup>3</sup>/h.

La siguiente etapa consiste en el pelado y descorazonado de la piña. En esta etapa se produce la mayor cantidad de desechos del proceso, la cáscara y los centros de la piña. Es importante la eliminación de los centros ya que estos provocan que el sabor de la pulpa sea un poco amarga. Según pruebas experimentales se obtuvo que un 40% de la masa inicial de piña corresponde al desecho en esta etapa. Se cuenta con una peladora capaz de pelar 100piñas/minuto lo cual es suficiente para manipular las 5665 piñas en 1 hora. El motor consume una potencia de 3.7kW.

Como siguiente etapa está el despulpado de la piña. Para este proceso se utilizará un molino de cuchillas debido a que este no se ve afectado al trabajar con producto húmedo ya que las cuchillas tienen la función de desgarrar la fruta hasta obtener el tamaño de pulpa adecuado para deshidrarla. Otra ventaja del molino es que permite tener una descarga continua de la pulpa y el jugo para continuar con el proceso, mientras que el uso de un pulpero vuelve el proceso semi-continuo. Este proceso es el que consume la mayor parte de energía, necesita una potencia de 22.4kW para mover 8 cuchillas. Además, implica un 8% de pérdida de pulpa que se queda adherida en las paredes del equipo.

La operación básica de la planta, la deshidratación de la pulpa, es donde se consume la mayor parte del tiempo del proceso total, ésta implica aproximadamente 2.5 horas diarias de secado. Para llevar a cabo el secado de la piña se seleccionó un deshidratador de transportador continuo, el cual por medio de vapor calienta el aire que entra al deshidratador para aumentar la capacidad de transferencia de humedad de la piña al aire. Este tipo de secador no consume tanta energía eléctrica como un secador que funciona a base de resistencias, sólo consume 19.7kW. El vapor que requiere es de 0.55MPa (80psi). La caldera con la que se cuenta en la planta es capaz de producir 15,900kg/h (Potencia 10,000kW) suficiente para abastecer al

deshidratador diariamente con 8,498kg de vapor y su consumo diario de búnker es de 605L. Durante este proceso es posible eliminar un 92% del agua presente. El producto que se obtiene a la salida del deshidratador es una plancha de piña deshidratada debido a que ésta se seco junto con el jugo para poder concentrar todos los azúcares de éste en la piña y así no perder sus características organolépticas.

Debido a que el tamaño de partícula que se desea en el producto final debe estar entre 20 a 25 mesh, se utilizará un molino de discos el cual permite obtener el producto de este tamaño y se facilita su majo ya que el producto a manipular no posee humedad que afecte el funcionamiento de los discos. Las pérdidas al utilizar un molino de este tipo son mínimas (máximo 0.1%). El consumo de energía en esta etapa es de 7kW y la capacidad es de 3,000kg/h lo que le permite tener un tiempo de operación de 0.6 horas diarias.

Como última etapa se tiene el empaclado del producto. Para ello es importante controlar que el producto no adquiere humedad en el paso del molino a la dosificadora. Para ello hay que evitar la construcción de tuberías y canales de agua cerca. El transporte se hará por medio de una banda cubierta que alimentará al dosificador. Éste por medio del peso llenará sacos de polietileno (25 kg por saco) los cuales pasaran a ser sellados inmediatamente por medio de aire caliente. Los sacos de producto serán almacenados en una bodega en la que no entren los rayos del sol y no se tengan humedades mayores al 75% para mantener el producto y evitar su degradación temprana.

El diseño del proceso de producción se determinó por medio del análisis del tipo de pulpa de piña deshidratada obtenida en dos pruebas experimentales distintas. La prueba experimental No.1 consistió en deshidratar la piña en pedazos de 9 cm<sup>2</sup> antes de ser procesada por el molino de cuchillas. Con este método se obtuvo una pulpa de piña que si cumplía con las características organolépticas deseadas, pero sus características fisicoquímicos se encontraron fuera de los parámetros aceptables ya que su porcentaje de humedad aún era de un 9% (ver Cuadro 31). Este proceso es más costoso debido a que se requiere más energía para disminuir el porcentaje de humedad en la pulpa. La prueba experimental No.2 consistió en el despulpado de la piña antes de ser deshidratada. Con ello se obtuvo resultados fisicoquímicos y organolépticos más estables. Esto implica un menor porcentaje de humedad y menor acidez en el producto dándole un mayor tiempo de vida debido a que su actividad microbiológica disminuye considerablemente. De acuerdo a los análisis realizados a la pulpa deshidratada obtenida en la prueba experimental No.2, se determinó que ésta se encuentra dentro de los parámetros del proveedor externo a excepción de la acidez. Se obtuvo una humedad final en el producto del 6%, un pH de 3.6, acidez de 0.50% y 13.6 °Brix. Se llevaron a cabo pruebas sensoriales para determinar si la diferencia de acidez varió significativamente el sabor del producto, lo cual no fue así. Se determinó que el tiempo de vida de anaquel del producto en cuanto a crecimiento de mohos y levaduras es de un máximo de dos años ya que por las características que posee el producto, acidez baja y poca humedad, es muy difícil que se dé el crecimiento de microorganismos. Esto contribuye a eliminar la posibilidad de añadir preservantes al producto y será utilizado durante el mismo mes de producción.

El análisis económico realizado es una estimación de un  $\pm 25\%$  de certeza. El costo de inversión del proyecto es de Q. 9,716,123.16, siendo la mayor parte del gasto (un 79.76%) para la compra, instalación, flete y pago de impuestos de equipo. Un 20% es utilizado para las contingencias y el capital de trabajo y un 0.24% para gastos de seguridad industrial. Para obtener el costo de producción del producto se calcularon los costos fijos y los costos variables del proyecto. Los costos fijos implican un gasto de Q. 631,653.47 donde el mayor porcentaje se encuentra concentrado en el salario del personal, 72.96%, y en el mantenimiento de equipo, 15.48%. El costo variable es de Q. 10,675,468.50, utilizándose el mayor porcentaje para la compra de piña, 51.97%, y un 47.24% es utilizado para producir el vapor necesario para hacer funcionar el deshidratador. Se obtuvo que el costo de producción por cada saco de 25 kilogramos de pulpa de piña deshidratada es de Q. 764.33 y por cada kilogramo de producto se requieren Q.30.57. Mientras que la compra actual al proveedor externo es de Q.39.33 habiendo un ahorro de Q. 8.76 por cada kilogramo de producto. Al comparar el costo de producción con el costo de compra de la pulpa de piña deshidratada hasta el año 2019 se puede observar que la industria de néctares de piña ahorraría hasta un 34% en materia prima (ver grafico 27). Ya que en el primer año la producción requerida es de 369,838kg de pulpa deshidratada, el ahorro es de Q. 3.3millones. Asumiendo que hay un comportamiento similar en los siguientes años, la inversión inicial se recupera en los primeros tres años por lo que el proyecto es factible.

## IX. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a las dimensiones del equipo seleccionado y su distribución en planta se determinó que el espacio ocupado es de 275m<sup>2</sup>.
2. El proceso de producción de pulpa de piña deshidratada está conformada por 8 etapas continuas: pesado de materia prima, revisión de materia prima, lavado, pelado y descorazonado, despulpado, deshidratación, molienda y empaçado.
3. De acuerdo a la selección y dimensionamiento de equipo la planta tiene la capacidad máxima de procesar 5,665 piñas diarias para obtener 1699kg de pulpa deshidratada, alcanzándose a los 10 años de operación.
4. Las características de la pulpa de piña deshidratada obtenidas se asemejan a las características de la pulpa externa. Estas son: color amarillo, sabor dulce, 3.6 de pH, 6% de humedad, 0.50% de acidez y 13.6% de °Brix.
5. El tiempo de vida de anaquel del producto es de 2 años en cuanto al crecimiento de mohos y levaduras, esto se debe a que el medio que existe es muy ácido y con poca actividad de agua lo que reduce el crecimiento de microorganismos.
6. La pulpa deshidratada será empaçada en sacos de polietileno con una barrera de foil ya que presenta una buena protección contra la humedad y será almacenado en una bodega a temperatura ambiente para no alterar las características organolépticas del producto.
7. El costo de producción de 1 kilogramo de pulpa de piña deshidratada es de Q.30.57, ahorrándose Q.8.76. Permitiendo la recuperación de la inversión en 3 años.

## **X. RECOMENDACIONES**

1. Un 40% de la materia prima forma parte del desecho. Ésta está conformada por materia orgánica, cáscara y centros de piña, por lo que se recomienda que pueda ser utilizada para la producción de vinagre, para la fabricación de saborizante de piña o como abono orgánico para tierras cultivables.
2. Se recomienda hacer un estudio de impacto ambiental para el proyecto. Esto para conocer los efectos que tiene el proyecto ante los factores del medio ambiente, la salud y bienestar humano; y buscar la manera de reducirlos.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

- A. Camacho G. y col. 1992. Obtención y conservación de pulpas de frutas. Memorias del curso de extensión. ICTA. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Pp. 4-97.
- B. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, 2002 Estudio de Prefactibilidad para la Producción de Piña. [www.ciat.cgiar.org](http://www.ciat.cgiar.org).2 . Costa Rica.
- C. Corporación para la promoción de exportaciones agrícolas no tropicales. 2002 Hoja Técnica de Piña. [www.proexant.gov.ec](http://www.proexant.gov.ec). Ecuador.
- D. Desrosier, N.W. 1999. Elementos de Tecnología de Alimentos. CECSA. 3ra. Edición. México. Pp. 319-358.
- E. Meyer, M. y Paltrinieri, G. 1987. Elaboración de Frutas y Hortalizas. 1era. Edición. México. Pp. 43-47 y 79-82.
- F. Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica. 2004. Guía Export Piña. [www.iica.int.ni/Estudios\\_PDF/Guia\\_Export\\_Pina.pdf](http://www.iica.int.ni/Estudios_PDF/Guia_Export_Pina.pdf). San José, Costa Rica. Pp. 17-43.
- G. Tressler, N. 1990. Fruit and Vegetables Juice Processing Technology. 3era. Edición. Estados Unidos. Pp. 167-171.

## XI. ANEXO

### A. Apéndice A: Cálculos de los procesos que conforman la planta de deshidratación de pulpa de piña

**1. Inspección de materia prima.** La inspección de la piña se realiza de forma visual con la ayuda de cuatro personas y una banda transportadora de acero inoxidable de rodillos. El proceso de revisión dura 1 hora.

Ilustración 6. Banda transportadora de acero inoxidable.



#### a. Diseño de la banda transportadora

- 1) Capacidad real de transporte

\_\_\_\_\_

Donde  $0.002\text{m}^3/\text{h}$  corresponde a la relación de volumen de piña por kilogramo

2) Velocidad de la banda transportadora

$$\frac{Q}{3.6 \times 10^6 \times v}$$

Donde  $Q$  — corresponde a la capacidad teórica de transporte para una banda plana de 800mm de ancho.

3) Potencia requerida por la banda

- Potencia para mover la banda descargada.

$$\frac{9 \times 0.020 \times 3 \times 28 \times v}{1000}$$

Donde 9 es un coeficiente que compensa la suciedad de los cojinetes y resistencias, 0.020 es el coeficiente de fricción de los rodillos, 3m la distancia del transporte y 28kg/s corresponde al peso de las partes móviles estando los rodillos a una distancia de 1m.

- Potencia para vencer las fuerzas de rozamiento al movimiento de la carga.

$$\frac{17^\circ \times 28 \times v}{1000}$$

Donde  $17^\circ$  corresponde al ángulo de inclinación que toma el transporte al entrar a la lavadora.

- Potencia para elevar la carga.

$$\frac{0.3 \times 28 \times v}{1000}$$

Donde 0.3m es la altura de elevación que toma el transporte al entrar a la lavadora.

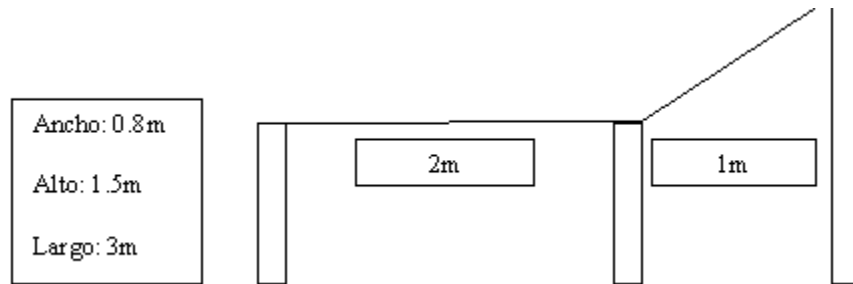
Donde 1.70hp corresponde a la potencia absorbida por descargas intermedias para una banda de 800mm de ancho.

- Potencia Total.

Asumiendo una eficiencia del 75%:

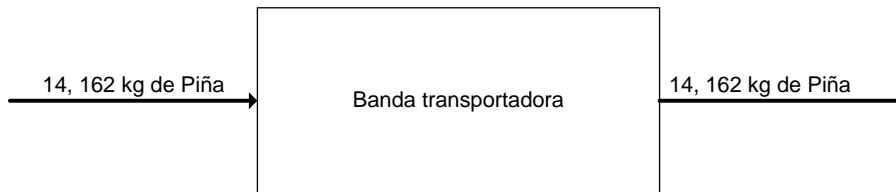
### b. Dimensionamiento

Ilustración 7. Dimensionamiento de la banda transportadora.



### c. Balance de masa

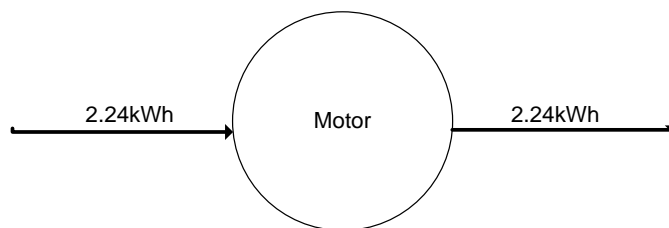
Ilustración 8. Balance de masa diario en la etapa de revisión y selección.



### d. Balance de energía

La energía consumida por la banda transportadora durante 1 hora es:

Ilustración 9. Energía consumida diariamente por el motor de la banda transportadora.



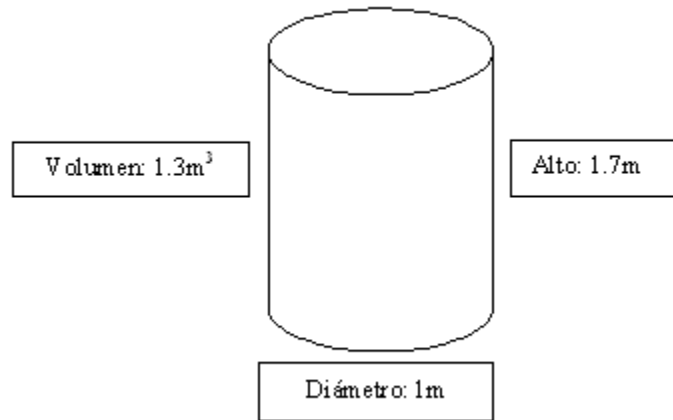
**2. Desinfección de la piña.** El proceso de desinfección se lleva a cabo en una lavadora de aspersión la cual disparará una solución de Hipoclorito de Sodio al 0.01% (100ppm) la cual estará almacenada en un tanque de acero inoxidable.

**a. Diseño y dimensionamiento del tanque de almacenamiento del desinfectante**

1) Volumen de Hipoclorito requerido

Debido a que se necesitan almacenar  $1.2\text{m}^3$  diarios de solución se requiere un tanque de 1m de diámetro y 1.7m de alto.

Ilustración 10. Dimensiones del tanque de almacenamiento para solución de hipoclorito al 0.01%



Donde  $D_t$  es el diámetro del tanque,  $D_a$  es el diámetro del agitador,  $j$  es el espesor de las paredes del tanque,  $E$  es la altura de las hélices del agitador,  $W$  y  $L$  son las medidas de la hélice del agitador.

Para tener una solución de hipoclorito de sodio al 0.01% peso/volumen, se diluirán 1.20L de hipoclorito de sodio al 10% en 1,200L de agua.

**b. Potencia del impulsor para el agitador.** Para diluir la solución de hipoclorito se agita con un impulsor de 90rpm. Debido a que en la solución se encuentra en mayor proporción el agua se asume que la densidad es de  $1000\text{kg/m}^3$  y la viscosidad de  $1 \times 10^{-3}\text{Pa.s}$ . Entonces:

$$\text{-----}$$

Debido a que se tiene un flujo turbulento la potencia requerida por el impulsor es de:

$$\text{-----}$$

Donde  $K_T$  corresponde a la constante para una turbina de cuatro palas inclinadas en un tanque con cuatro deflectores. Asumiendo una eficiencia del 75%:

$$\text{-----}$$

Se utilizará un motor de 1/2hp.

**c. Sistema de bombeo.** Se utilizará una tubería de acero cédula 40 con un diámetro exterior de 1.9 pulgadas y un flujo volumétrico de la solución de  $1.2\text{m}^3/\text{h}$ .

1) Carga desarrollada por la bomba

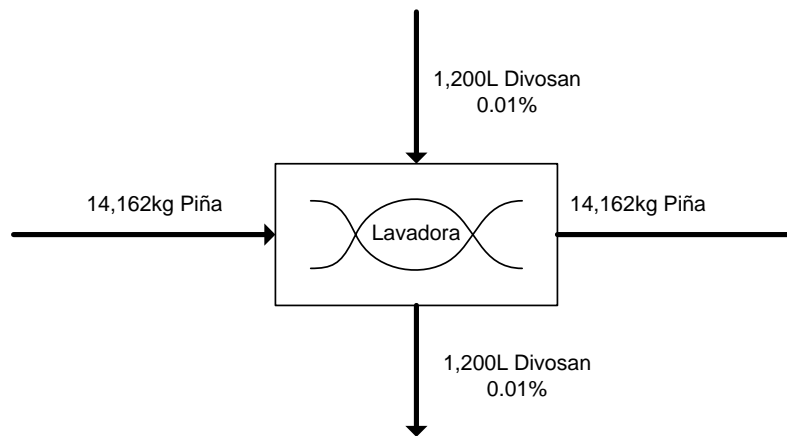
$$\text{-----}$$

Donde la ecuación anterior es la ecuación de Bernoulli para obtener la carga desarrollada por la bomba. Por medio de la carga desarrollada, el flujo volumétrico y una curva característica para una bomba centrífuga de 1,750rpm se obtiene que la potencia necesaria de la bomba es de 0.5hp. Con una eficiencia del 60%:

**d. Dimensionamiento de la lavadora.** Se utilizará una lavadora de aspersión continua de acero inoxidable la cual tendrá una altura de 2.1m a 2.5m, un ancho de 0.86m y un largo de 2m. Ésta tiene un tiempo de lavado de 1 hora y permite recircular la solución de lavado.

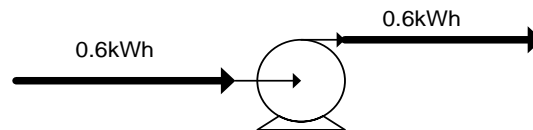
**e. Balance de masa**

Ilustración 11. Balance de masa diario en el proceso de lavado de piñas.



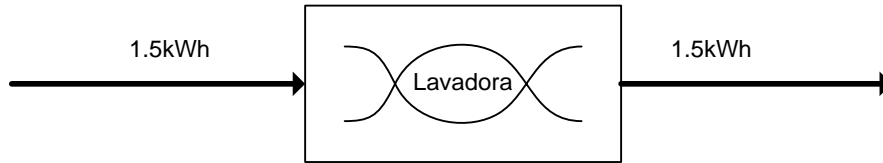
**f. Balance de energía.** La energía consumida por la bomba durante 1 hora es:

Ilustración 12. Energía consumida por la bomba durante una hora de funcionamiento.



La energía consumida por la lavadora durante 1 hora:

Ilustración 13. Energía consumida por la lavadora durante una hora de funcionamiento.



### 3. Pelado y descorazonado

**a. Diseño y dimensionamiento de equipo.** Se utilizará una peladora y eliminadora de centros automática de acero inoxidable con capacidad de pelar 100piñas/minuto. Ésta cuenta con cuatro máquinas peladoras y cuatro descorazonadoras. Sus dimensiones son: 1m de ancho, 0.6m de largo y 1.5m de alto.

1)Capacidad de pelado

\_\_\_\_\_

2)Potencia consumida real

Posee un motor de 5hp, asumiendo una eficiencia de 75%:

**b. Balance de masa.** Asumiendo que la peladora funcionará 1 hora al día:

\_\_\_\_\_

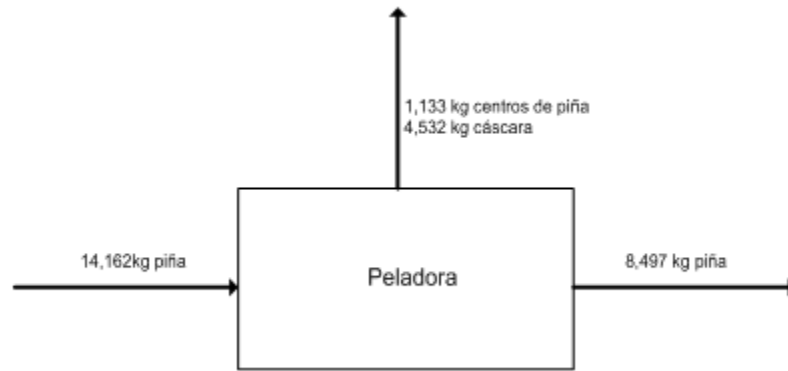
Asumiendo un 32% de pérdidas por cáscara y 8% por centros:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

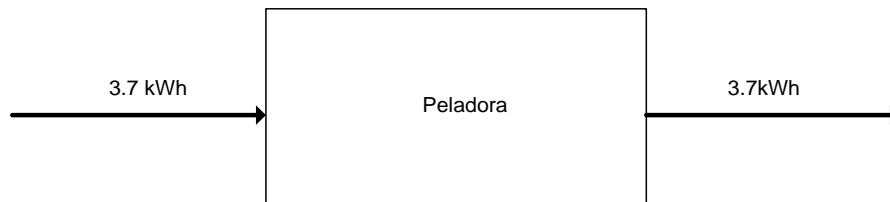
Ilustración 14. Balance de masa diario para la peladora.



**c. Balance de energía.** El consumo de energía para 1 hora es:

Energía perdida en forma de calor:

Ilustración 15. Energía consumida diariamente por la peladora



#### 4. Despulpado

**a. Diseño y dimensionamiento de equipo.** Se utilizará un molino de 8 cuchillas de acero inoxidable. El tamaño de partícula promedio obtenido es de 20 mesh. Diseñado para una alimentación de 7,500 kg/h y requiere una potencia de 30hp. Sus dimensiones son: 1.05m de largo, 1m de diámetro y 2.1 m de alto. La máquina tiene un peso de 1,200 libras.

Ilustración 16. Esquema de molino de cuchillas cotizado.



1)Tiempo de molienda requerida

\_\_\_\_\_

Se necesitan 2 horas de funcionamiento para moler los 14,162kg diarios.

2)Potencia real

Asumiendo una eficiencia de 75%:

**b. Balance de masa**

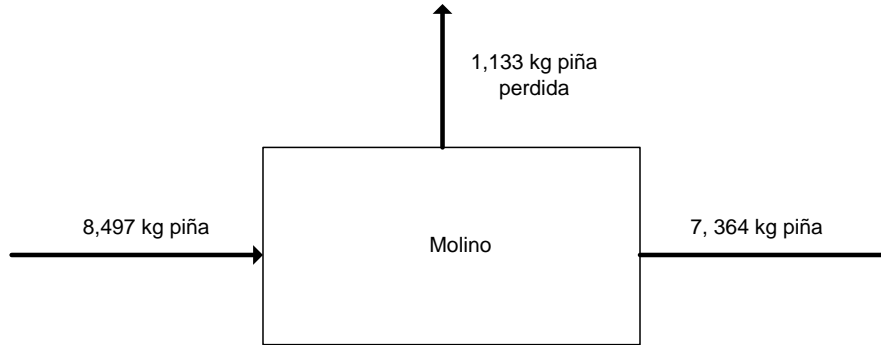
\_\_\_\_\_

Asumiendo una pérdida del 8% en el molino:

\_\_\_\_\_

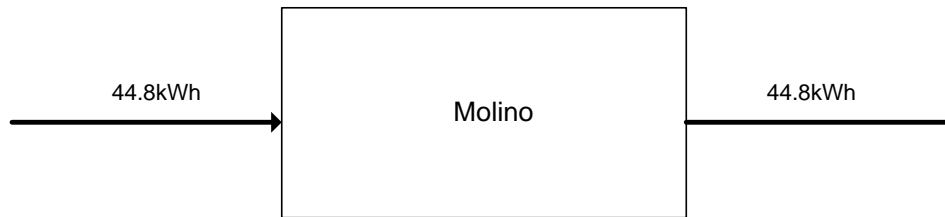
\_\_\_\_\_

Ilustración 17. Balance de masa diario para la etapa de despulpado.



**c. Balance de energía.** La energía consumida durante 2 horas de trabajo:

Ilustración 18. Energía consumida diariamente por el molino de cuchillas.



## 5. Deshidratación

**a. Diseño y dimensionamiento del deshidratador.** Se encontró un deshidratador en el mercado que puede trabajar las capacidades de piña que se necesitan. Este es un deshidratador continuo de acero inoxidable marca Sandvik. Elimina el agua de la piña por medio del calentamiento del aire con vapor por utilizando un intercambiador de calor interno. El aire ingresa al sistema con ayuda de cinco ventiladores. La piña viaja por el interior del deshidratador en una cinta transportadora de 12 metros. Requiere una potencia total de 19.7kW. Necesita una presión de vapor de 0.2 a 0.55MPa y su temperatura de operación es de 50 a 120°C. Por 1 kg de agua eliminada requiere 1.5 kg de vapor. Dimensiones: 12m de largo, 2.5m ancho y 2.8m de alto.

Cuadro 7. Datos de operación bibliográficos para deshidratar piña en un deshidratador continuo marca Sandvik.

Humedad inicial, %	Humedad final, %	Masa inicial de pulpa, kg/h	Masa final de pulpa deshidratada, kg/h	Masa eliminada de agua, kg/h
88	6	3119	780	2339

1)Tiempo de operación

El tiempo para poder obtener la cantidad de pulpa deshidratada diaria es:

$$\frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

Donde 1,699kg es la cantidad de pulpa deshidratada que se debe producir al día y 780kg/h la capacidad del deshidratador.

2)Potencia requerida

**b. Capacidad de la caldera**

1)Agua eliminada por el deshidratador

2)Vapor requerido

Asumiendo que se necesitan 1.5kg de vapor para eliminar 1kg de agua:

$$\text{-----}$$

Se necesitan 8,498 kg de vapor durante las dos horas de funcionamiento del equipo.

La caldera que ya se tiene posee una potencia de 10,000kW la cual tiene la capacidad para producir 15,900kg/h de vapor. Puede producir el vapor diario que se necesita.

3)Consumo de combustible

$$\frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

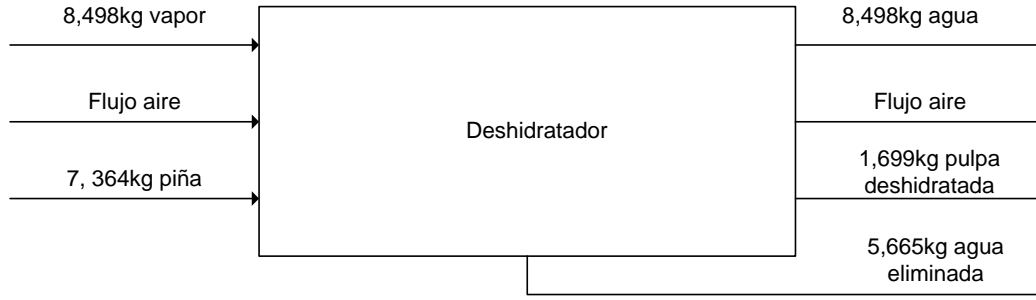
Asumiendo que la densidad del búnker es de 0.97kg/L:

$$\text{-----}$$

Donde 8,498kg es el vapor producido, 1,182.8BTU/lbm es la entalpía del vapor saturado 80 psi, 44.03BTU/lbm es la entalpía del agua a 25°C, 0.89 la entalpía de la caldera y 18,600BTU/lbm es la capacidad calorífica del búnker.

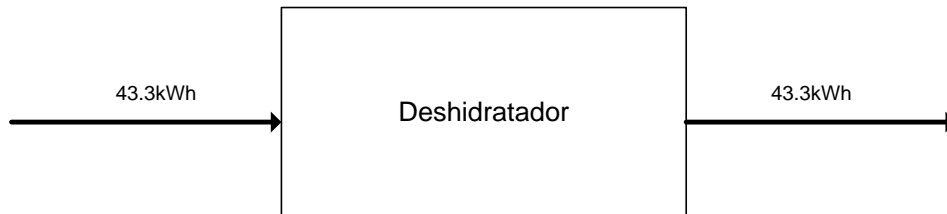
**c. Balance de masa**

Ilustración 19. Balance de masa diario para el deshidratador



**d. Balance de energía.** El consumo de energía durante sus horas de funcionamiento es:

Ilustración 20. Consumo de energía diario por el deshidratador.



**6. Molienda**

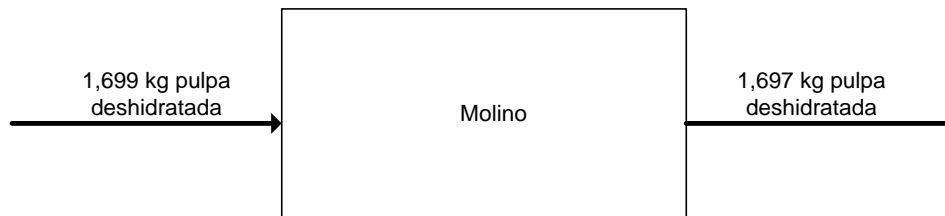
**a. Diseño y dimensiones del molino.** Se utilizará un molino de discos para obtener un tipo de molienda gruesa (20 a 25mesh). Su capacidad de trabajo es de 3,000kg/h y requiere una potencia de 7kW. Sus dimensiones son: 0.6m de largo, 0.6m de ancho y 1.2m de alto. Pérdidas de 0.1%.

Ilustración 21. Molino de discos marca Retsch.



**b. Balance de masa.** Asumiendo pérdidas de 0.1%:

Ilustración 22. Balance de masa diario para el proceso de molienda.



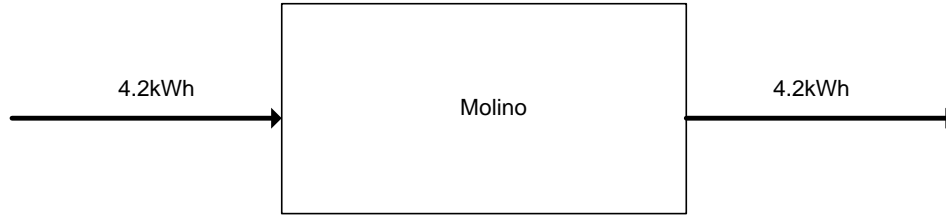
**c. Balance de energía**

1)Tiempo de operación

\_\_\_\_\_

2)Energía consumida

Ilustración 23. Energía diaria consumida por el molino de discos.



## 7. Empacado

**a. Dosificadora.** Dosificadora programable por peso de acero inoxidable. Es alimentada por gravedad, tiene una capacidad de 4 a 6 dosis/min. Cada dosis puede ser de 1 a 50kg de producto. Posee una potencia de 100W.

Ilustración 24. Dosificadora de sólidos marca Angles.



**b. Selladora.** Selladora de acero para bolsas y sacos de polietileno y polipropileno. La soldadura es hecha por aire caliente generado por un ventilador centrífugo y control de temperatura electrónico. Puede ser ajustado a diferentes espesores de material, espesor máximo 200 micrómetros. Permite el trabajo continuo junto a pesadoras y dosificadoras. Posee un consumo máximo de 850W y una velocidad de trabajo de 4 -10m/min. Sus dimensiones son: 0.9m de largo, 0.7m de ancho y 1.2m de alto.

Ilustración 25. Selladora para sacos de polietileno marca Angles.



**c. Balance de masa**

1) Número de sacos por día. Tomando en cuenta que cada saco contendrá 25 kilogramos:

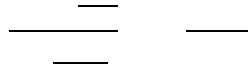
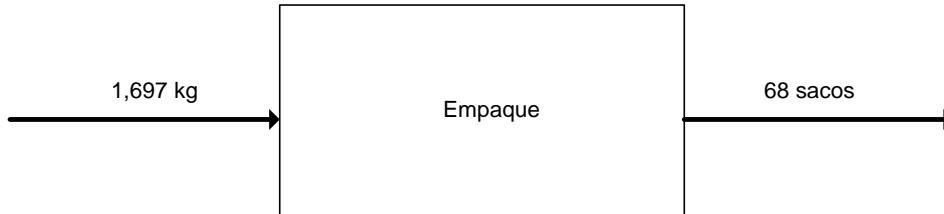
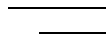


Ilustración 26. Balance de masa diario para el proceso de empaque.

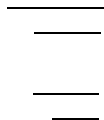


2) Balance de energía

a) Tiempo de operación. Asumiendo que la dosificadora tiene una capacidad de 4 sacos por minuto:

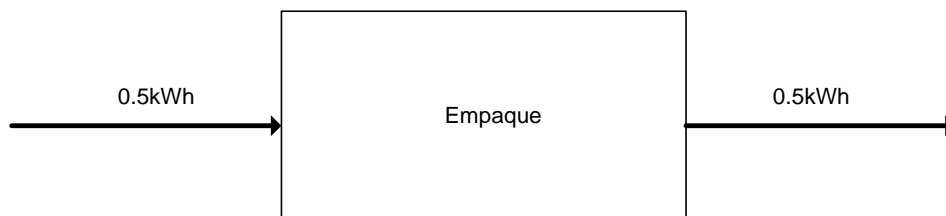


Asumiendo que la selladora empaca 2 sacos por metro y su velocidad es de 4 metros por minuto:



b) Energía consumida. La energía consumida durante el tiempo de operación:

Ilustración 27. Consumo de energía diario en el sistema de empaque.



## B. Apéndice B: Análisis de costos para la puesta en marcha de una planta deshidratadora de pulpa de piña.

### 1. Costos directos: inversión inicial

Cuadro 8. Costo por compra de equipo.

Descripción	Costo unitario
Báscula	Q140040.00
Banda transportadora de acero inoxidable	Q46,680.00
Lavadora de aspersion	Q6,088.24
Tanque almacenamiento solución de cloro	Q51,355.78
Bomba centrífuga	Q. 5,000.00
Peladora y descentradora	Q155,600.00
Molino de cuchillas	Q1,100,667.72
Deshidratador	Q 1,167,000.00
Molino de Discos	Q 272300.00
Dosificadora	Q 116700.00
Empacadora	Q 202280.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q3,258,711.74</b>

\*Los costos de equipo se obtuvieron por medio de cotizaciones y precios promedios encontrados en Internet. Excepto el costo del tanque de almacenamiento de la solución de hipoclorito que fue estimado.

a. Estimación costo del tanque de almacenamiento de solución de hipoclorito

Donde la ecuación anterior es la ecuación de Pikulik para la estimación de costos de equipo. \$2,400 es el costo fijo para un tanque de acero inoxidable entre las capacidades de 1 a 50m<sup>3</sup>, 0.6 es el índice del equipo y 2,350 es el factor de corrección para el 2007 de Marshal and Smith.

Cuadro 9. Costos incluidos por flete, IVA, arancel, instalación, instrumentación, tubería y equipo eléctrico.

Descripción	Porcentaje	Costo
Flete a Guatemala y seguro	7.80%	Q254,179.52
IVA	12.00%	Q391,045.41
Arancel	1.00%	Q32,587.12
Flete interno a Guatemala más seguro	2.00%	Q65,174.23
Instalación del equipo	45.00%	Q1,466,420.29
Instrumentación y control	15.00%	Q488,806.76
Tuberías (Desde sedimentador secundario hasta el río)	45.00%	Q1,466,420.29
Equipo electrico y materials	10.00%	Q325,871.17
<b>TOTAL</b>	-	<b>Q4,490,504.78</b>

\*Porcentaje basado en información teórica sobre costo de equipos.

b. Estimación del costo por instalación del equipo. Suponiendo un 45% del costo de los equipos

Donde Q.3,258.711.74 es el costo total de los equipos y 45% el porcentaje para su instalación.

Cuadro 10. Costos por utensilios de oficina.

Descripción	Vida Util	Costo
Escritorio rectangulares de 36" x 30" x 24" to 32"	7	Q2,348.00
Sillas	7	Q235.00
Computadora	5	Q5,000.00
Impresora	5	Q874.00
Telefono de pared/ escritorio de una línea	5	Q180.00
2 Archiveros	7	Q1,690.00
<b>TOTAL</b>	-	<b>Q10,327.00</b>

\*Costos obtenidos por medio de cotizaciones.

Cuadro 11. Costos de equipo para seguridad industrial.

Descripción	Costo
Botiquin 7 1/4" x 10 1/2" x 2 1/2"	Q245.00
4 Extintores de quimico seco 20-A:120-B:C	Q3,000.00
2 Regaderas con lava ojos	Q9,600.00
6 Cascos	Q510.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q13,355.00</b>

\*Costos obtenidos por medio de cotizaciones.

Cuadro 12. Inversión para capital de trabajo y costos por contingencias.

Descripción	Porcentaje	Costo
Capital de Trabajo	20%	Q1,554,579.71
Contingencias	5%	Q388,644.93
<b>TOTAL</b>	-	<b>Q1,943,224.63</b>

\*El porcentaje está basado en información teórica para estudios con un  $\pm 25\%$  de certeza.

b. Estimación capital de trabajo. Asumiendo un 20% del costo total por equipos, equipo de oficina y seguridad industrial, instalación, flete, IVA, etc.:

El costo total para la inversión del proyecto es de:

## 2. Costos fijos

Cuadro 13. Costos por servicios.

Descripción	Unidad de medida	Consumo (diario)	Costo unitario	Costo mensual	Costo anual
Energía eléctrica	kWh	123.2	Q1.24	Q 4,583.04	Q 54,996.48
Energía eléctrica (Cargo fijo y tasa municipal)		1	Q55.48	Q 55.48	Q 665.76
Agua	m <sup>3</sup>	6.7	Q1.80	Q 360.00	Q 4,320.00
Teléfono	Min	66.7	Q0.20	Q 400.00	Q 4,800.00
Internet	Velocidad(Mbps)	1	Q480.00	Q 480.00	Q 5,760.00
Lubricantes	Kg	6	Q35.00	Q 210.00	Q 2,520.00

Continuación Cuadro 13.

Descripción	Unidad de medida	Consumo (diario)	Costo unitario	Costo mensual	Costo anual
Mantenimiento de equipos					Q97,761.35
Salarios					Q 460,829.88
<b>TOTAL</b>					<b>Q 631,653.47</b>

Cuadro 14. Costos detallados por salarios de empleados considerando prestaciones de ley.

Colaboradores	Cantidad	Horas extras diarias	Sueldo unitario (Q)	Sueldo total (Q)	Horas extras (Q)	Séptimo día (Q)	Sueldo real (Q)	IGSS (Q)
Operario	6	0	1,700.00	10,200.00	-	340.00	10,200.00	1,088.34
Supervisor del area	1	0	4,500.00	4,500.00	-	150.00	4,500.00	480.15
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>6,200.00</b>	<b>14,700.00</b>	<b>-</b>	<b>490.00</b>	<b>14,700.00</b>	<b>1,568.49</b>

Cuadro 15. Continuación de los costos por salario de empleados considerando prestaciones de ley.

Colaboradores	IRTRA (Q)	INTECAP (Q)	Bono14 (Q)	Aguinaldo (Q)
Operario	102.00	102.00	850.00	850.00
Supervisor del área	45.00	45.00	375.00	375.00
<b>TOTAL</b>	<b>147.00</b>	<b>147.00</b>	<b>1,225.00</b>	<b>1,225.00</b>

Cuadro 16. Continuación de los costos por salario de empleados considerando prestaciones de ley.

Colaboradores	Pasivo laboral (Q)	Otros (Q)	Bono por decreto (Q)	Salario mensual (Q)	Salario anual (Q)
Operario	850.00	850.00	1,500.00	26,932.34	323,188.08
Supervisor del area	375.00	375.00	250.00	11,470.15	137,641.80
<b>TOTAL</b>	<b>1,225.00</b>	<b>1,225.00</b>	<b>1,750.00</b>	<b>38,402.49</b>	<b>460,829.88</b>

Cuadro 17. Porcentajes de las prestaciones de ley aplicados a los salarios.

Prestación	IGGS	IRTRA	INTECAP	Bono 14	Aguinaldo	Pasivo	Otros	Total
<b>Porcentaje</b>	10.67%	1.00%	1.00%	8.33%	8.33%	8.33%	8.33%	46.0%

### 3. Costos variables

Cuadro 18. Costos por materia prima.

Descripción	Cantidad (mensual)	Costo unitario	Costo mensual	Costo anual
Solución hipoclorito 10%, L	2	Q 879.00	Q 1,758.00	Q 21,096.00
Solucion ácido peracético 15%, L	3	Q 973.00	Q 2,919.00	Q 35,028.00
Piña, kg	102733	Q 4.50	Q 462,297.38	Q 5,547,568.50
Sacos laminados, unidad	1710	Q 1.40	Q 2,394.00	Q 28,728.00
Vapor a 80psi, kg	210,127	Q 2.00	Q 420,254.00	Q 5,043,048.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q 889,622.38</b>	<b>Q 10,675,468.50</b>

### 4. Costos de producción

Cuadro 19. Costos fijos, variable y sacos producidos anualmente.

Año	Costo fijo(Q)	Costo variable (Q)	Sacos producidos
2010	631653.4723	10675468.5	14794
2011	682185.7501	11761163.65	15115
2012	736760.6101	12957273.99	15443
2013	795701.4589	14275028.75	15778
2014	859357.5757	15726799.18	16120
2015	928106.1817	17326214.65	16470
2016	1002354.676	19088290.69	16827
2017	1082543.05	21029569.85	17192
2018	1169146.494	23168277.1	17565
2019	1262678.214	25524490.88	17947

Cuadro 20. Costos de producción por unidad producida.

	AÑO									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Costo fijo unitario (Q)	42.70	45.13	47.71	50.43	53.31	56.35	59.57	62.97	66.56	70.36
Costo variable unitario (Q)	721.63	778.13	839.06	904.76	975.61	1,052.00	1,134.37	1,223.19	1,318.97	1,422.25
Costo de producción por saco (Q)	764.33	823.27	886.77	955.20	1,028.92	1,108.35	1,193.94	1,286.16	1,385.53	1,492.60

Continuación Cuadro 20.

	AÑO									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Costo de producción por kg (Q)</b>	30.57	32.93	35.47	38.21	41.16	44.33	47.76	51.45	55.42	59.70

a. Cálculo costo fijo unitario. Suponiendo una tasa de inflación del 8%:

---

Donde Q631,653.47 es el costo fijo del año anterior y 15,115 el número de sacos producidos en ese año.

b. Costo variable unitario. Suponiendo una tasa de inflación del 8% y una tasa de crecimiento anual en la producción de 2.17%:

---

Donde Q10675468.5 es el costo variable del año anterior y 15,115 el número de sacos producidos.

c. Costo de producción por saco de pulpa deshidratada

Donde Q45.13 es el costo fijo unitario y Q778.13 es el costo variable unitario para el año 2011.

d. Costo de producción por kilogramo de pulpa deshidratada. Asumiendo que un saco es de 25kg:

---

## C. Apéndice C: Información base para el diseño de la planta deshidratadora.

### 1. Estadísticas de producción y costos de venta

Cuadro 21. Cantidad de piña obtenida en el ciclo 2006-2007 en los departamentos del territorio guatemalteco.

Departamento	Producción obtenida (quintales)	Producción obtenida (kg)
Guatemala	2025034	92047000
Escuintla	704441	32020045
Quetzaltenango	7379514	335432455
Quiché	4548	206727
Alta Verapaz	24784	1126545
Petén	96661	4393682
Izabal	822788	37399455
<b>Total</b>	<b>11057770</b>	<b>502625909</b>

\*Información recolectada del Instituto Nacional de Estadística de Guatemala.

Cuadro 22. Caracterización de la pulpa de piña deshidratada utilizada actualmente por la industria guatemalteca.

Parámetros	
Olor	Piña dulce y fresca
Color	Amarillo-Dorado
Sabor	Piña fresca
Brix	12° a 15°
Acidez	0.65% a 0.75%
pH	3.5 a 4.5
Humedad	Máximo 6%

Cuadro 23. Cantidad de pulpa deshidratada utilizada, costo unitario y costo total durante el año 2006.

Mes	Año	Cantidad de pulpa deshidratada (kg)	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Enero	2006	5000	28.17	140850
Febrero	2006	5000	28.17	140850
Febrero	2006	5000	28.17	140850
Febrero	2006	5000	28.17	140850
Febrero	2006	10000	28.17	281700
Febrero	2006	5000	28.17	140850
Marzo	2006	2000	28.17	56340

Continuación Cuadro 23.

Mes	Año	Cantidad de pulpa deshidratada (kg)	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Marzo	2006	10000	28.17	281700
Marzo	2006	2000	28.17	56340
Marzo	2006	5000	28.17	140850
Marzo	2006	4500	28.17	126765
Abril	2006	4500	28.17	126765
Abril	2006	5000	28.17	140850
Abril	2006	10000	28.17	281700
Mayo	2006	2000	28.17	56340
Mayo	2006	2000	28.17	56340
Mayo	2006	10000	28.17	281700
Mayo	2006	2000	28.17	56340
Junio	2006	2000	28.17	56340
Junio	2006	5000	28.17	140850
Junio	2006	10000	28.17	281700
Junio	2006	2000	28.17	56340
Junio	2006	2000	28.17	56340
Julio	2006	10000	28.17	281700
Julio	2006	2000	28.17	56340
Julio	2006	2000	28.17	56340
Julio	2006	2000	28.17	56340
Julio	2006	10000	28.17	281700
Julio	2006	2000	28.17	56340
Julio	2006	2000	28.17	56340
Julio	2006	2000	28.17	56340
Julio	2006	10000	28.17	281700
Julio	2006	2000	28.17	56340
Julio	2006	2000	28.17	56340
Agosto	2006	1737.5	28.17	48945
Agosto	2006	1112.5	28.17	31339
Agosto	2006	10000	28.17	281700
Agosto	2006	1625	28.17	45776
Agosto	2006	2000	28.17	56340
Septiembre	2006	900	28.17	25353
Septiembre	2006	900	28.17	25353
Septiembre	2006	10000	28.17	281700
Septiembre	2006	1175	28.17	33100
Septiembre	2006	2000	28.17	56340
Septiembre	2006	1050	28.17	29579
Septiembre	2006	1050	28.17	29579
Septiembre	2006	1550	28.17	43664
Octubre	2006	10000	28.17	281700

Continuación Cuadro 23.

Mes	Año	Cantidad de pulpa deshidratada (kg)	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Octubre	2006	1175	28.17	33100
Octubre	2006	1175	28.17	33100
Octubre	2006	3750	28.17	105638
Octubre	2006	3750	28.17	105638
Octubre	2006	2500	28.17	70425
Octubre	2006	3750	34.34	128775
Octubre	2006	10300	34.34	353702
Octubre	2006	10300	34.34	353702
Noviembre	2006	3000	34.34	103020
Noviembre	2006	2875	34.34	98728
Noviembre	2006	2687.5	34.34	92289
Noviembre	2006	2750	34.34	94435
Noviembre	2006	3125	34.34	107313
Noviembre	2006	4375	34.34	150238
Noviembre	2006	3000	34.34	103020
Diciembre	2006	2812.5	34.34	96581
Diciembre	2006	2000	34.34	68680
Diciembre	2006	5000	34.34	171700
Diciembre	2006	2875	34.34	98728
Diciembre	2006	5500	34.34	188870
Diciembre	2006	4700	34.34	161398
<b>Total</b>		<b>271500</b>		<b>8074194</b>

Cuadro 24. Cantidad de pulpa deshidratada utilizada, costo unitario y costo total durante el año 2007.

Mes	Año	Cantidad de pulpa deshidratada (kg)	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Abril	2007	3750	34.34	128775
Abril	2007	3000	34.34	103020
Abril	2007	750	34.34	25755
Abril	2007	1875	34.34	64388
Abril	2007	4000	34.34	137360
Abril	2007	2500	34.34	85850
Abril	2007	2500	34.34	85850
Abril	2007	10000	34.34	343400
Mayo	2007	5000	34.34	171700
Mayo	2007	2000	34.34	68680

Continuación Cuadro 24.

Mes	Año	Cantidad de pulpa deshidratada (kg)	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Mayo	2007	2312.5	34.34	79411
Mayo	2007	3062.5	34.34	105166
Mayo	2007	4687.5	34.34	160969
Mayo	2007	4812.5	34.34	165261
Mayo	2007	4850	34.34	166549
Mayo	2007	8200	34.34	281588
Junio	2007	5000	34.34	171700
Junio	2007	4875	34.34	167408
Junio	2007	5000	34.34	171700
Junio	2007	5125	34.34	175993
Junio	2007	2812.5	34.34	96581
Junio	2007	5000	34.34	171700
Junio	2007	5000	34.34	171700
Julio	2007	8350	34.34	286739
Julio	2007	5000	34.34	171700
Julio	2007	10000	34.34	343400
Julio	2007	5000	34.34	171700
Julio	2007	3750	34.34	128775
Agosto	2007	987.5	34.34	33911
Agosto	2007	10000	34.34	343400
Agosto	2007	1500	34.34	51510
Agosto	2007	4375	34.34	150238
Agosto	2007	2900	34.34	99586
Agosto	2007	4687.5	34.34	160969
Agosto	2007	4687.5	34.34	160969
Septiembre	2007	1000	34.34	34340
Septiembre	2007	6875	34.34	236088
Septiembre	2007	2937.5	34.34	100874
Septiembre	2007	3125	34.34	107313
Septiembre	2007	10000	34.34	343400
Septiembre	2007	3750	34.34	128775
Septiembre	2007	3750	34.34	128775
Octubre	2007	3250	34.34	111605
Octubre	2007	10000	34.34	343400
Octubre	2007	3125	34.34	107313
Octubre	2007	3062.5	34.34	105166
Octubre	2007	10000	34.34	343400
Noviembre	2007	3750	34.34	128775

Continuación Cuadro 24.

Mes	Año	Cantidad de pulpa deshidratada (kg)	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Noviembre	2007	3325	34.34	114181
Noviembre	2007	10000	34.34	343400
Noviembre	2007	2000	34.34	68680
Diciembre	2007	3350	34.34	115039
Diciembre	2007	5000	34.34	171700
Diciembre	2007	3750	34.34	128775
Diciembre	2007	3000	34.34	103020
Diciembre	2007	5000	34.34	171700
Diciembre	2007	5000	34.34	171700
Diciembre	2007	5000	34.34	171700
Diciembre	2007	5000	34.34	171700
Diciembre	2007	5000	34.34	171700
Diciembre	2007	5000	34.34	171700
<b>Total</b>		<b>277400</b>		<b>9525916</b>

Cuadro 25. Cantidad de pulpa deshidratada utilizada, costo unitario y costo total durante el año 2008.

Mes	Año	Cantidad de pulpa deshidratada (kg)	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Enero	2008	1500	34.34	51510
Enero	2008	1812.5	34.34	62241
Enero	2008	3650	34.34	125341
Enero	2008	2187.5	34.34	75119
Enero	2008	1500	34.34	51510
Enero	2008	3750	34.34	128775
Enero	2008	4000	34.34	137360
Febrero	2008	2625	34.34	90143
Febrero	2008	3262.5	34.34	112034
Febrero	2008	1500	34.34	51510
Febrero	2008	1562.5	34.34	53656
Febrero	2008	1350	34.34	46359
Febrero	2008	1875	34.34	64388
Febrero	2008	4250	34.34	145945
Febrero	2008	1812.5	34.34	62241
Febrero	2008	1950	34.34	66963
Marzo	2008	6737.5	34.34	231366
Marzo	2008	1787.5	34.34	61383

Continuación Cuadro 25.

Mes	Año	Cantidad de pulpa deshidratada (kg)	Costo unitario (Q)	Costo total (Q)
Marzo	2008	2125	34.34	72973
Marzo	2008	2500	34.34	85850
Marzo	2008	3500	34.34	120190
Marzo	2008	7500	34.34	257550
Marzo	2008	3500	34.34	120190
Marzo	2008	2500	34.34	85850
Marzo	2008	1187.5	34.34	40779
Marzo	2008	3500	39.33	137655
Marzo	2008	1562.5	39.33	61453
Abril	2008	1562.5	39.33	61453
Abril	2008	7500	39.33	294975
Abril	2008	3125	39.33	122906
Abril	2008	2900	39.33	114057
Abril	2008	2850	39.33	112091
Abril	2008	3500	39.33	137655
Abril	2008	10000	39.33	393300
Mayo	2008	10000	39.33	393300
Mayo	2008	2587.5	39.33	101766
Mayo	2008	3062.5	39.33	120448
Mayo	2008	10000	39.33	393300
Mayo	2008	3337.5	39.33	131264
Mayo	2008	1300	39.33	51129
Junio	2008	5000	39.33	196650
<b>Total</b>		<b>141712.5</b>		<b>5224626.875</b>

Suponiendo que la producción se duplica para terminar el año 2008 se obtiene que la producción necesaria es de 283,423kg de pulpa de piña deshidratada.

Cuadro 26. Porcentaje de crecimiento anual en la producción de pulpa de piña deshidratada en los años 2007 y 2008.

Año	Producción de piña deshidratada (kg)	Diferencia anual (kg)	Crecimiento de producción (%)
2006	271500	-	-
2007	277400	5900	2.17
2008	283425*	6025	2.17

\*Se supuso que la producción de piña se duplicó para terminar el año 2008.

Cuadro 27. Pronóstico de producción anual de pulpa de piña deshidratada para los años 2009 al 2019.

<b>Año</b>	<b>Producción de piña deshidratada (kg)</b>	<b>Diferencia anual (kg)</b>	<b>Crecimiento de producción (%)</b>
2009	289581	6156	2.17
2010	295870	6290	2.17
2011	302291	6420	2.17
2012	308851	6560	2.17
2013	315553	6702	2.17
2014	322400	6847	2.17
2015	329396	6996	2.17
2016	336544	7148	2.17
2017	343847	7303	2.17
2018	351309	7461	2.17
2019	358932	7623	2.17

Cuadro 28. Producción anual de pulpa de piña deshidratada incluyendo una sobre producción de un 25% para los años del 2009 al 2019.

<b>Año</b>	<b>Sobre producción (kg)</b>
2009	361976
2010	369838
2011	377864
2012	386063
2013	394441
2014	403000
2015	411745
2016	420680
2017	429809
2018	439136
2019	448665

Cuadro 29. Producción de pulpa deshidratada, cantidad de piña y unidades de piña necesaria para la producción anual.

<b>Año</b>	<b>Producción de pulpa deshidratada, kg/año</b>	<b>Cantidad de piña, kg/año</b>	<b>Unidades de piña/año</b>
2010	369838	3081984	1232793
2011	377864	3148863	1259545
2012	386063	3217193	1286877
2013	394441	3287006	1314802
2014	403000	3358334	1343334
2015	411745	3431210	1372484
2016	420680	3505667	1402267
2017	429809	3581740	1432696
2018	439136	3659464	1463786
2019	448665	3738874	1495550

Cuadro 30. Producción de pulpa deshidratada, cantidad de piña y unidades de piña mensual necesarias para el año 2010.

<b>Año</b>	<b>Producción de pulpa deshidratada, kg/mes</b>	<b>Cantidad de piña, kg/mes</b>	<b>Unidades de piña/mes</b>
2010	30820	256832	102733
2011	31489	262405	104962
2012	32172	268099	107240
2013	32870	273917	109567
2014	33583	279861	111944
2015	34312	285934	114374
2016	35057	292139	116856
2017	35817	298478	119391
2018	36595	304955	121982
2019	37389	311573	124629

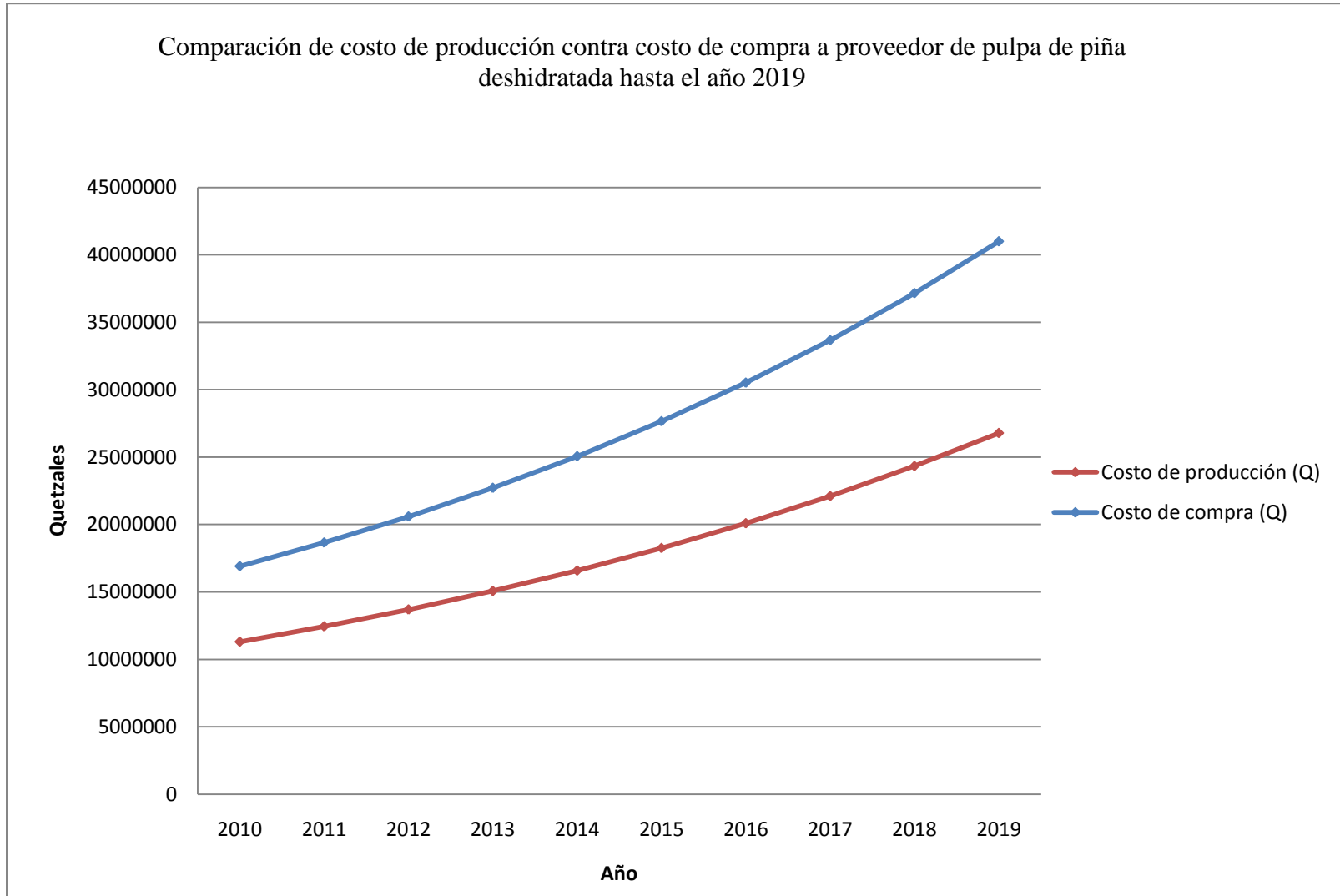
Cuadro 31. Producción de pulpa deshidratada, cantidad de piña y unidades de piña diaria necesaria para el año 2010.

<b>Año</b>	<b>Producción de pulpa deshidratada, kg/día</b>	<b>Cantidad de piña, kg/día</b>	<b>Unidades de piña/día</b>
2010	1401	11674	4670
2011	1431	11928	4771
2012	1462	12186	4875
2013	1494	12451	4980
2014	1527	12721	5088
2015	1560	12997	5199
2016	1593	13279	5312
2017	1628	13567	5427
2018	1663	13862	5545
2019	1699	14162	5665

Cuadro 32. Costo de producción y costo de compra de pulpa de piña deshidratada anualmente.

<b>Año</b>	<b>Costo de producción (Q)</b>	<b>Costo de compra (Q)</b>
2010	11307122	16905745
2011	12443349	18654433
2012	13694035	20583938
2013	15070730	22713083
2014	16586157	25062411
2015	18254321	27654759
2016	20090645	30515267
2017	22112113	33671663
2018	24337424	37154538
2019	26787169	40997631

Gráfico 1. Comparación de costo de producción y costo de compra para la pulpa de piña deshidratada en Quetzales.



## 2. Pruebas experimentales

Cuadro 33. Características fisicoquímicas de la pulpa de piña deshidratada obtenidas en la prueba experimental No.1.

<b>Parámetro medido</b>	<b>Resultado</b>
Color	Amarillo oscuro
Olor	Piña dulce
Sabor	Piña dulce
Humedad	9%
pH	4.7
Acidez	0.65%
°Brix	15.2

Cuadro 34. Características fisicoquímicas y organolépticas de la pulpa de piña deshidratada obtenidas en la prueba experimental No.2.

<b>Parámetro medido</b>	<b>Resultado</b>
Color	Amarillo dorado
Olor	Piña dulce
Sabor	Piña dulce
Humedad	6%
pH	3.6

Continuación Cuadro 34.

<b>Parámetro medido</b>	<b>Resultado</b>
Acidez	0.50%
°Brix	13.6

Cuadro 35. Balance de masa obtenido a partir de pruebas experimentales para la producción de pulpa de piña deshidratada.

<b>Entrada</b>		<b>Salida</b>	
Masa de piña entera (kg)	2.5	Cáscara, kg	0.8
Humedad, %	84	Centros, kg	0.2
		Pulpa deshidratada, kg	0.3
		Humedad, %	6
		Agua eliminada, kg	1
		Pulpa perdida, kg	0.2
<b>Total</b>	<b>2.5</b>	<b>2.5</b>	

Cuadro 36. Balance de masa porcentual obtenido a partir de pruebas experimentales para la producción de pulpa de piña deshidratada.

<b>Entrada</b>		<b>Salida</b>	
Masa de piña entera (%)	100	Cáscara, %	32
Humedad en la piña, %	84	Centros, %	8
		Pulpa deshidratada, %	12
		Humedad en la pulpa, %	6
		Agua eliminada, %	40
		Pulpa perdida, %	8
<b>Total (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	

