

Diseño de una Planta Deshidratadora de Banano Usando Secador de Gabinetes para la Producción de Harina

Alex Paul Sucunuta Lozada⁽¹⁾Nelson Jacinto Plúas Cedeño⁽²⁾
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción ^{(1) (2)}
Escuela Superior Politécnica del Litoral ^{(1) (2)}

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral, Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador ^{(1) (2)}
asucunuta@gmail.com ⁽¹⁾ plus_nelson@iiasacat.com ⁽²⁾

Resumen

La tesis se basó en el diseño de una planta deshidratadora de banano con secador de gabinetes para la producción continua de 20 toneladas de harina, sin descuidar las propiedades organolépticas del banano. Para lograr estos objetivos se diseña el galpón, tinas de lavado, bandas transportadoras, máquina cortadora, cámaras de secado y tolva; además se selecciona el molino de martillos, equipos de separación y el transportador de cangilones. La producción de harina de banano comienza con el acopio de banano de rechazo proveniente de fincas cercanas, después de una selección y lavado en tinas, se procede descortezarlo en forma manual. El troceado del banano se lo realiza en forma de dados, para disponer de una mayor superficie de deshidratación, logrando de esta manera una mayor eficiencia en el proceso del secado. El tratamiento químico que se realiza después del proceso de troceado es para evitar que el banano se oxide y de esta manera obtener una harina de color blanca en el proceso de molido. Se selecciona el secado por gabinetes, el cual nos permite secar grandes cantidades de banano en cada tanda. Con el diseño de esta planta se alcanzan bajos costos de mantenimientos y operación, optimización de la materia prima y la obtención de un producto final de alta calidad, todo esto con un cumplimiento estricto de las normas de sanidad y las buenas prácticas de manufactura.

Palabras Claves: *Harina de Banano, Planta Deshidratadora de Banano, Secador de Gabinetes, cubos de banano.*

Abstract

This work is based on the design of a banana-dehydration plant fitted with a dryer cabinet for the continuous production of 20 tons of flour, without affecting the organoleptic properties of the bananas. In order to meet these requirements, various plants components were designed: wash tubs, conveyors belts, slicing machine, drying chambers, a hopper, as well as the enclosing structure. Additionally, the hammer mill, separating equipment and bucket conveyor were designed. Production of banana flour begins with the collection of rejected bananas from nearby farms, followed by a selection and washing in tubs. Bananas are then manually peeled off. In order to increase drying surface, bananas are sliced in dice form, thus, achieving a greater drying efficiency. A chemical treatment is performed right after the slicing process to prevent the bananas from oxidizing, producing white flour after milling. Drying cabinets were selected to allow drying large quantities of bananas in each batch. This type of plant design leads to low maintenance and operating costs, as well as optimization of raw material and production of a high quality final product. All this is achieved with a strict adherence to health standards and good manufacturing practices.

Keywords: *Banana Flour, Banana Dehydration Plant, Cabinet Dryers, Banana dices.*

Introducción

El banano es la fruta tropical que más se cultiva en el país y tiene múltiples usos en la industria alimenticia, siendo su principal aplicación la exportación para su consumo fresco al natural.

La producción de harinas es un proceso sencillo y de bajo costo que permite obtener productos con mejores características de almacenamiento ya que al disminuir la actividad acuosa, permite la conservación a temperatura ambiente en un empaque adecuado. La producción de harinas de banano requiere equipo sencillo y puede aplicarse con el excedente de producción o la fruta de rechazo.

La gran mayoría de las empresas dedicadas a la producción de harina de plátano o banano utilizan procesos poco eficientes y que implican un alto costo de producción, estas utilizan secadores y molineras artesanales las cuales dependen de muchos factores para su funcionamiento entre estos están la dependencia de muchas personas y los bajos grados de salubridad. El principal objetivo de diseñar una planta deshidratadora de banano para la producción harinera es disminuir significativamente los costos de producción mediante una optimización de los recursos, aumentando la cantidad y calidad del producto y satisfaciendo la creciente demanda de alimentos en el mercado mundial.

1. Cultivos de banano en el país.

Las excelentes condiciones de orden climático han permitido muchos productores desarrollen la explotación de bananos en diez provincias del país, que aseguran la posibilidad de abastecer gran parte de la demanda mundial los 365 días del año. En el Ecuador se cultivan alrededor de 240.000 hectáreas de banano y gran parte de esta producción es exportado a otros países. Las exportaciones bananeras representan cerca del 25% de las exportaciones de productos primarios y cerca del 20% de las exportaciones totales, siendo éste gran parte exportado como una fruta fresca. Debido al estricto control de calidad por parte de los principales países que adquieren el producto, se originan desperdicios en las plantas empacadoras hasta de 20.000 toneladas semanales. Este rechazo es arrojado en los bordes de las carreteras y en los lechos de ríos causando contaminación por la carga orgánica que representan, afectando de esta manera a las especies piscícolas que ahí se encuentran. En el aire estos desechos provocan una substancial contaminación por la generación de gas metano y sulfato de hidrógeno. En ocasiones estos desperdicios son recolectados como alimento para el ganado porcino, vacuno entre otros (ver figura 1.1).



Figura 1.1 Banano de rechazo

En la actualidad se está generando un sentimiento de conciencia sobre los daños en el medio ambiente por medio de la agricultura no responsable. A continuación se muestra la tabla 1.1 con el destino nacional del banano entre los años 1987 -2007.

Tabla 1.1 Destino Nacional Banano 1987 – 2007.

Destino	Promedio anual	Promedio toneladas
exportaciones	79,11%	4'966.732
consumo humano interno	3,51%	220.366,95
consumo animal	3,05%	191.486,95
industria	3,88%	243.596,51
desperdicios	10,45%	656.078,24
Producción total	100%	6'278.260,65

2. Definición del Problema.

Las empresas artesanales dedicadas a la elaboración harina de banano; para dicho propósito utilizan equipos deficientes los cuales afectan las propiedades organolépticas (sabor, aroma, color) y las cantidades de harina de banano se ven limitadas y cabe recalcar que para dicha producción se utiliza mucha mano de obra. En este proyecto se plantea como objetivo principal el aprovechar los bananos de rechazo considerados como desperdicios para la producción de harina de banano. La producción de harinas se considera un proceso sencillo y de bajo costo que permite obtener productos con mejores características de almacenamiento, ya que al eliminar la mayor parte del agua de la fruta, se disminuye también la actividad acuosa, lo que permiten su conservación a temperatura ambiente en empaque adecuado.

Ante la creciente demanda de harina de banano en el mercado ecuatoriano, las empresas se han visto en la necesidad de adquirir nuevos equipos para la producción de harina de banano de una manera segura sin emplear varios trabajadores en el proceso, cumpliendo las normas sanitarias establecidas,

minimizando los costos de producción y sobre todo que responda a las necesidades requeridas por la empresa.

3. Proceso de Producción de Harina de Banano.

Para la producción de harina de banano con calidad de exportación, se deben cumplir los siguientes puntos:

3.1. Clasificación.

Después de adquirir la fruta se seleccionará, pues para la producción de harina se emplearán frutas verdes (bananos de rechazo). Después de seleccionada la fruta se la separa en formas de manos para en lo posterior proceder a separarla en forma de dedos.

3.2. Lavado.

Dado que la fruta de rechazo es contaminada con desperdicios de otras frutas, se la debe sumergir en una tina de lavado con 10 ppm. de cloro para sacar todo agente contaminante.

3.3. Pelar y Cortar.

Primero se retirarán las partes no comestibles como es la cáscara. El pelado se efectuará a mano o con cuchillo; también se suele aplicar vapor de agua a todo el tejido de la cáscara para que se suavice y luego pueda ser raspado mecánicamente. A continuación la fruta es sometida a un proceso de corte, ya sea en forma de dados o rodajas.

3.4. Inmersión en Solución.

En este proceso la fruta en trozos es sumergida en una solución de relación 1:4 (ácido ascórbico 1%: ácido cítrico 4% o en un baño de sulfito). Con esto se evita que la fruta se oxide rápidamente y tenga mayor tiempo de durabilidad.

3.5. Colocar cubos de banano en bandejas.

A continuación la fruta se la colocará en bandejas de acero inoxidable con una altura máxima de 4 cm.

3.6. Secar.

En este proceso las bandejas son ingresadas al secador donde la temperatura alcanzada será de 60-75°C, para de esta manera disminuir la humedad de la fruta al 10% o menos.

3.7. Moler.

Una vez alcanzada la humedad requerida, se procederá a moler los trozos de fruta hasta alcanzar la granulometría requerida, obteniendo de esta forma la harina.

3.8. Envasar.

Después de la obtención de la harina, se la envasa en las diferentes presentaciones que demande el mercado.

Una vez terminado el proceso, el producto final tiene la siguiente apariencia.



Figura 3.1 Harina de Banano

4. Equipos del Proceso.

Los equipos utilizados para la elaboración de harina de banano son los siguientes:

4.1. Bandas Transportadoras.

Las bandas transportadoras son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto. En este proyecto las bandas transportan 5 ton/hora, tienen 24 pulg de ancho, tienen 30m de longitud y son de grado alimenticio. (Ver figura 4.1).

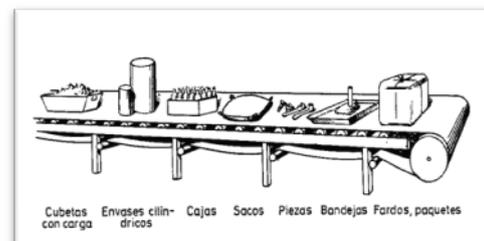


Figura 4.1 Banda Transportadora

4.2. Máquina Cortadora.

La gran mayoría de los cortes industriales en frutas y verduras son producidos por máquinas de cuchillas giratorias, máquinas con cuchillas tipo troquel o guillotina o una combinación de las anteriores. Para este proyecto se necesitan dos máquinas las cuales transforman un banano en cubitos con una capacidad de entrega de 10 ton/hora.



Figura 4.2 Cubos de Vegetal

4.3. Secador de Gabinetes.

El secador de bandejas, o secador de anaqueles, consiste en un gabinete, de tamaño suficientemente grande para alojar los materiales a secar, en el cual se hace correr suficiente cantidad de aire caliente y seco. En general, el aire es calentado por vapor, pero no saturado, de modo que pueda arrastrar suficiente agua para un secado eficiente.

En este tipo de secadores, el aire caliente circula sobre el material húmedo hasta que este alcance el contenido final de la humedad requerido para poder ser almacenado, por lo general el sólido es soportado en bandejas metálicas, estos recintos son bien aislados con serpentines de caldeo y con ventiladores que darán el movimiento al aire caliente, generalmente las velocidades del aire varían entre 120 y 300 m/min. Este secador reduce la humedad del producto desde 76% hasta el 8%, para esto recurre a cuatro pasadas de cinco horas cada una.

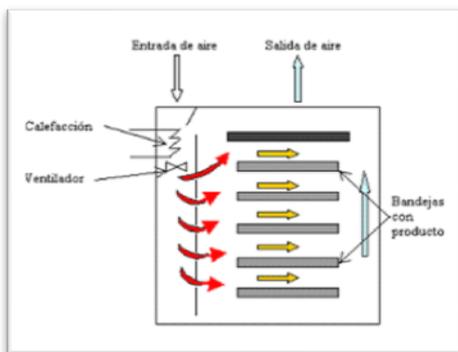


Figura 4.3 Esquema Secador de Bandejas

4.4. Molino de Martillos.

Por investigaciones realizadas se determina que el molino adecuado para este proceso es el molino de martillo, ya que este molino es excelente para la molturación fina de productos secos. No se estropea cuando funciona en vacío y puede accionarse fácilmente con motores de combustión interna o motores eléctricos de alta velocidad. Los molinos de martillos se componen de un juego de martillos fijos u oscilantes montados sobre un eje rotatorio y rodeado de un tambor metálico perforado. El eje gira a una velocidad de hasta 6000 rpm, según el diseño y diámetro de los martillos, que generalmente se mueven a una velocidad de 75-100 m/s en su extremo. El cubito de banano se introduce en el recorrido de los martillos rotatorios a través de una ranura del tambor, y el material molido sale luego a través de los orificios del tambor. Tiene una capacidad de 4 ton/hora.

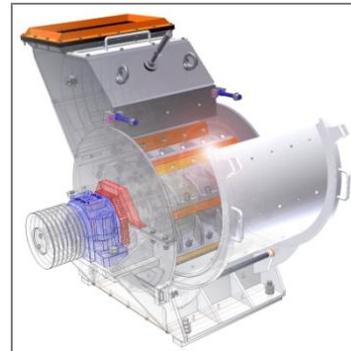


Figura 4.4 Vista isométrica Molino martillos

4.5. Tolva de Recepción.

La tolva de recepción se tiene presente un volumen de almacenamiento de 7,48m³ del cual 5,28m³ (1395 Kg) es producto neto debido a que el material presenta un ángulo de inclinación de 36 grados, la tolva se presenta en dos secciones una rectangular de 6m³ y la segunda en sección piramidal de 1,48m³ cuyo ángulo de inclinación con respecto a la horizontal es de 48,7 grados. La estructura está provista de pasarela de mantenimiento para las mirillas de inspección de la tolva y mantenimiento del sistema motriz del transportador de cangilones y del molino el cual está ubicado encima de la alimentación de la tolva.

5. Conclusiones.

- Es ta planta de harina de banano necesita de 45 toneladas de banano de rechazo cada 24 horas, para esto se necesita un mutuo acuerdo entre la fábrica, propietarios de hacienda y transportistas. Además se necesitaría captar el interés de las fincas cercanas con un buen precio por el rechazo. Es necesario al menos 35 fincas de 50 hectáreas para cumplir la capacidad establecida.
- La cantidad de mano de obra de la planta es de aproximadamente 63 personas, este número incluye el personal designado para la recepción, limpieza, descortezado, llenado de bandejas y acomodadores de módulos en la cámara de secado. Cabe recalcar que 56 personas tendrán como objetivo descortezar 45 toneladas de banano en 4 horas o menos, luego se los empleará en la llenada de bandejas y la posterior acomodada de módulos.
- La planta constará con dos máquinas productoras de cubos de banano, las cuales están diseñadas para abastecer de 30 toneladas de cubitos de banano cada una a las tinas de baño de sulfitos. Cabe recalcar que dichas máquinas cubicadoras funcionarán por un lapso de 4 horas cada día lo cual es muy conveniente para su inspección y mantenimiento semanal.
- La s cámaras de secado tendrán capacidad para 5 toneladas de cubitos de banano distribuidos en 60 módulos de 22 bandejas cada uno. El objetivo de cada cámara es reducir la humedad inicial del 76% a una humedad final del 8%, para esto se realizarán 4 pasadas de aire caliente a un promedio de 90°C con el fin de retirar 17 grados de humedad con cada pasada. Cabe indicar que al final de cada pasada se inyectará media hora de aire fresco con la finalidad de que se homogenicen las temperaturas en los cubitos y no se produzca la gelatinización del látex propio del banano.
- El intercambiador diseñado para proveer de

aire caliente a la cámara es de contraflujo sin flujos mezclados de un solo paso y con disposición de tubos en forma escalonada. Este consta de 48 tubos de 76.2 mm de diámetro (3 pulgadas) y 1500 milímetros de longitud.

- Pa ra un funcionamiento óptimo de la cámara de secado, se incluyó un sistema de extracción del aire caliente, este sistema tiene la propiedad de estar sobredimensionado con el objetivo de causar un efecto de “levitación” de los cubitos y de esta manera lograr una mayor remoción de la humedad a través de un mejor flujo de aire entre los cubos.
- Es ta planta productora de harina de banano funcionará las 24 horas del día durante los 365 días del año, las máquinas están diseñadas para su uso ininterrumpido. Se recomienda la inspección semanal y el mantenimiento mensual de cada una de las máquinas que componen la línea de producción.
- Pa ra el diseño integro del galpón, el bastidor principal de las bandas transportadoras, el bastidor principal de la cubicadora y el diseño total de la tolva se utilizó el software SAP 2000 versión 9.
- Pa ra la molienda de granos el molino de martillos es el más adecuado por su facilidad de operación, construcción, instalación y mantenimiento sencillo.
- Ca mbiar las cuchillas del molino de martillos por mantenimiento 1 vez al año, debido a que este es el tiempo de vida promedio para las cuchillas de acero inoxidable.

10. Referencias Bibliográficas.

- [1]. INCROPERA FRANK, Fundamentos de Transferencia de Calor, Cuarta Edición, Editorial Pearson - Prentice Hall, 1996

- [2]. ROBERT NORTON, Diseño de Maquinaria, Segunda Edición, Editorial McGraw-Hill, 2000.
- [3]. VARGAS ANGEL, Montaje de Maquinaria Industrial, Tomo I, Editorial Series VZ.
- [4]. JAMES SHACKELFORD, Ciencia de Materiales para Ingenieros, Tercera Edición, Editorial Pretince Hall, 1994
- [5]. WALAS STANLEY, Chemical Process Equipment- Selection and Design, Butterman-Heinemam Series, 1990
- [6]. SHIGLEY JOSEPH EDWARD and MISCHKE CHARLES, Diseño en Ingeniería Mecánica. Quinta edición 1999. McGraw Hill Interamericana de México, S.A. de C.V
- [7]. ABARCA LUIS, “Diseño de una Trituradora de Martillos para Reciclar Botellas” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2009)
- [8]. JOSÉ SPER BERNAL, “Diseño de una Planta Deshidratadora de Banano usando Secador Rotatorio” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2009).
- [9]. Apuntes de clase del Ing. Marcelo Espinosa Luna, materia “Secado y Almacenamiento de Granos”