

# **DISEÑO DE UNA PLANTA EMPACADOR PARA MANGO**

Milton Velasco Ch.<sup>1</sup>, Manuel Helguero<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica ESPOL

<sup>2</sup>Ingeniero Mecánico ESPOL, Director de Tesis.

## **RESUMEN**

En el país existe una gran cantidad de cultivos de mangos que no son utilizados para generar una industrialización de dicha fruta por lo que se desperdicia en una gran cantidad. Con este trabajo se tiene por objetivo entregar una visión general de la infraestructura y conocimiento de una planta en el procesamiento de alimentos específicamente en el empaque de esta fruta y además de servir de guía para aprovechar este recurso natural que en comunidades no son exportadas todavía, por lo que se desarrollan aspectos como características de la fruta, exportación en el país, características de una planta que maneja productos alimenticios, el proceso del empaque de mango, diseño y selección de los equipos y accesorios necesarios en la planta optimizado los recursos y por último los costos que tendríamos por los equipos.

## **ABSTRACT**

At Ecuador there exists a considerable amount of mango plantations that are not used for the fruit's industrialization. As a result, lots of mango fruits are thrown away. This project's objective is to establish the characteristics of a plant required to process the fruit, specifically in its packaging, serving as a guide for lots of communities that are not involved in the process of exporting mangos. Therefore, several aspects are developed like the fruits' characteristics, processing plant characteristics, packaging process for mango fruits, design and selection of required equipment and accessories, and exportation statistics. The expected result is to optimize the resources available and the calculation of the involved costs.

## **INTRODUCCIÓN**

El mango es una de las frutas tropicales mejor pagadas en los mercados internacionales, por tal razón las exigencias de calidad son especialmente estrictas por lo cual los productores y exportadores tienen que darle mucha importancia a este hecho, ya que la competencia de otros países incrementa cada año. Este producto natural ha tenido un creciente aumento de cosecha y exportación en nuestro país desde su primera salida al exterior hace más de una década, aunque todavía no se ha podido exportar la mayoría que se logra cosechar entre los meses de octubre y febrero, por ejemplo en el 2000 se cosechó 143.164 TM y se exportó el 20%, es decir, 28.247 TM.

El problema surge porque existen comunidades donde este recurso natural no son utilizadas completamente y debidamente, ya que mucho de esta fruta cae

al piso y no se le da una buena utilización, otra parte se descompone o también no se le da un buen cuidado, simplemente el hacendado no tiene la visión de que puede vender este producto, ya que estas comunidades no tienen la idea para el aprovechamiento del mismo y poder darle a este producto un valor y sacarle beneficio.

Se entrega con este estudio una visión general de las regulaciones en la planta como las secciones de las instalaciones, necesidades y condiciones de planta, y equipos necesarios, además está destinada a servir de apoyo y guía para aquellos grupos de personas que tienen la idea de estructurar microempresas para el aprovechamiento de aquellos recursos naturales. Así como lograr un buen acondicionamiento (limpieza, desinfección, selección), presentación y empaque de los productos y se desarrolle de modo de mantener su calidad y sanidad, evitando las contaminaciones durante el proceso.

Con todos estos temas a tratar se espera tener una planta empacadora para mango con una capacidad de 2.000.000 de cajas en la temporada y exportarlas principalmente a Estados Unidos y Japón; con lo cuál se dará una visión estructural y económica en equipos y elementos utilizados.

## **CONTENIDO**

Equipos necesarios para la operación de este proceso, sin un orden específico, son las siguientes:

1. Equipo de lavadora de fruta por un sistema húmedo de inmersión.
2. Sistema de selección electrónico de fruta por peso y tamaño para clasificación en los siguientes procesos.
3. Equipo de pulido y encerado de fruta.
4. Sistema de armado de cajas de cartón para el empaçado.
5. Estructura metálica de jaula de inmersión para transportación y tratamiento térmico y fungicida de mangos.
6. Estructura metálica de pórtico grúa con selección de polipasto para el transporte y elevación de jaulas de inmersión para introducción en tanques.
7. Tanque metálico rectangular con aislamiento para tratamiento térmico y fungicida de la fruta.
8. Sistema de Intercambiador de calor de tubos y coraza con agua y vapor para calentar el agua a cierta temperatura para el tratamiento durante algunos minutos incluyendo sistema de tuberías y bombas.
9. Puerta automática metálica para acceso al área de cuarentena.

10. Tanque metálico rectangular con aislamiento para enfriamiento y tratamiento de fungida del producto antes de empaque, con sistema de tubería y bomba de sistema existente de agua fría.

11. Selección de ventiladores de secado tipo axiales en área de reposo antes de empacado en bandas.

12. Bandas de Selección y Transporte de mangos.

13. Cámara de Refrigeración del producto para su conservación y almacenamiento para su posterior embarque.

La planta empacadora de mango para exportación tiene varios procesos los cuales debe cumplir para la salida del país y la aceptación a los países a los cuales se envían, que están desde la recepción hasta la salida para el embarque.

Primero se realiza la recepción y limpieza de la fruta, esta operación está diseñada de manera tal que no se produzca demoras, al llegar el producto vendrá identificados, la inspección visual es la selección para rechazar los frutos que no se encuentren aptos, con lo cual se verifica la madurez y ausencia de ataques de insectos y la ausencia de daños físicos, este lugar deberá estar limpio, ventilado y libre de insectos, además se tomará el 2% al azar el lote y se inspeccionará en laboratorio, luego se realiza la limpieza en el cual se vuelca las gavetas dentro de un tanque de limpieza permitiendo eliminar gran parte de la suciedad que viene del campo, también para evitar los materiales extraños a la fruta, es sumergida dentro de agua a temperatura ambiente con niveles bajos en cloro ( 100-150 ppm ).

La selección y clasificación es el siguiente proceso donde se selecciona la fruta de acuerdo al peso y tamaño ya que es muy importante para el tratamiento y para su embalaje, es un proceso en el cual el mango va por una canastilla o copa la cual gira cual se encuentra en el peso correcto y se coloca por debajo que va una banda que la transporta a su respectiva gaveta y las frutas que se encuentren por arriba o por debajo de peso deseado son rechazadas, aquí se realiza otro muestreo en cual de manera aleatoria de recoge 1 mango por cada 6 gavetas los cuales pasan a ser examinadas, esto este trabajo es realizado por un equipo llamado calibrador el cual funciona de manera electrónica accionado por aire comprimido y bandas de transportación.

El proceso del tratamiento hidrotérmico es el que nos permite la exportación de la fruta a países como Estados Unidos, Nueva Zelanda. En el cual se coloca las gavetas con mangos dentro de jaulas metálicas las cuales se diseñarán en el proyecto las cuales son elevadas con un polipasto que se encuentra en un pórtico y son depositados dentro de tanque con agua caliente los cuales albergan hasta 5 jaulas; el tiempo de estancia de los mangos depende del peso, para frutos desde 350 a 475 gramos son tratados por 75 minutos y frutos desde 475 hasta 650 gramos tienen un tiempo de permanencia de 90 minutos esto se realiza a una temperatura de 46.1 °C , se lo realiza de esta manera para su rápida recolección además porque sufren menos daños mecánicos y por tanto se mantienen sus características externas.

Una vez que la fruta ha descansado unos 20 minutos, entra en otro proceso el cual se parece al anterior con un sistema de pórtico grúa para su manejo y manipulación, este proceso sirve para disminuir la temperatura de la fruta a una temperatura ambiente con lo cual disminuye la temperatura de la fruta a una temperatura ambiente y se evita una deshidratación que sufre por el proceso del agua caliente, se lo realiza en un tanque durante 10 minutos en donde circula agua fría, para luego ser sacados del tanque y se los coloca en un área de reposo durante 6 a 8 horas para ser secado por medio de ventilación que eliminan el exceso de humedad de la superficie de los frutos y bajar la temperatura a fin de preservar los frutos.

El mango luego de esto es encerado para disminuir la deshidratación y mejorar la vida post cosecha, su propósito es reemplazar las ceras naturales, así como sellar las pequeñas heridas que se pudieran haberse producido durante su manipuleo, para una correcta aplicación es necesario la distribución uniforme de la cera mediante cepillos blandos, un exceso de cera puede bloquear el intercambio gaseoso del fruto provocando la asfixia con lo cual se ennegrece los tejidos internos.

Para la selección y empaqueo de la fruta, la buena calidad, apariencia en el color, ausencia de daños, colocación estarán en función de las necesidades del cliente, se usarán cajas de cartón con capacidad de 7 a 12 frutos con peso aproximado de 4.1 a 4.5 Kg. por cada cartón, esto se realiza con bandas de transporte que se selecciona manualmente y que se encuentran diseñadas en el estudio, para esto el personal de empaque llena las cajas donde son revisadas a fin de cumplir con la demanda de calidad en cuanto a tamaño, grado de madurez, apariencia, colocación y empaque.

Por último tenemos el proceso de refrigeración sirve al mantenimiento de la temperatura óptima en toda la cámara, estos mangos destinados al transporte marítimo los cuales han sido recolectados con un grado de madurez menor que el de transporte aéreo deben permanecer a una temperatura de 12 a 13°C, con una humedad relativa cercana al 90%.

En la selección de los equipos se realizó debido a la complejidad tecnológica que utiliza para su funcionamiento, los cuales son la lavadora de inmersión para la limpieza de la fruta junto con un vaciador de bins o gavetas; el calibrador electrónico de selección de fruta por peso, este sistema se debe a una gran precisión que debe tener para la separación de la fruta por dos motivos primero por el sistema de tratamiento térmico y el segundo es debido al empaque que se realiza por tamaño y peso del producto; se seleccionó un equipo para la aplicación de cera este debe tener una buena aplicación para evitar problemas de respiración en la piel de la fruta y también sirve para curar cualquier herida que tenga por su manipuleo y por último un equipo para armar las cajas de cartón para el empaqueo debido a que se necesita una gran cantidad de cajas de forma continua; todos los dispositivos se eligieron a una velocidad o capacidad de 8 toneladas por horas.

Para el diseño de los equipos se usaron varios criterios debido a la diversidad que se encuentra como estructuras metálicas, tanque reservorio de agua, intercambiador de calor, bandas de transporte, cámara de refrigeración; así como la selección de tuberías, bombas, motores y otros accesorios.

La jaula de inmersión se usa para colocar las gavetas con los mangos para poder realizar el tratamiento de agua caliente esta estructura se diseña para colocar 36 gavetas dentro en forma de torre por esto se requirió usar perfiles UPN y ángulos de 100; el cual tiene una estructura fuerte hecha con los perfiles UPN, la cual tiene un ancho de 2 metros, 1,3 metros de largo y 1,4 metros de altura.

En el diseño del pórtico se uso perfiles IPN y HEA para su construcción debido al peso que se tiene a transportar y la gran rigidez que presentan los perfiles, el cual deberá soportar un peso de 2,5 toneladas que es el peso de la jaula cargada de mangos, se realiza el pórtico para ayudar a la elevación y transportar con la ayuda de la selección de un polipasto de monorriel, este tiene una altura de 5 metros con 10 metros de recorrido, su construcción y la instalación se realiza emperrada para en sitio se pueda soldar y darle mejor rigidez; se lo diseña para soportar la carga del peso con un adicional de una carga lateral que es por sismos el cual se calcula los factores de seguridad de diseño estático y dinámico de la estructura y soldadura.

Para el tanque de inmersión es rectangular por ser mas sencilla su fabricación y ahorro de espacio para introducción de jaulas en el cual se diseño planchas de acero ASTM A36 soldadas entre sí y reforzadas con ángulos con bridas para la entrada y salida del agua, este tipo de tanque no soportan altas presiones pero nuestro sistema estará al ambiente no habrá problemas; las dimensiones del tanque es de 8 metros de largo, 3 metros de ancho y 1,5 metros de alto debido a que se necesita colocar 5 jaulas dentro de este por tiempo y necesidad, el cual será aislado con poliuretano para evitar la salida del calor; en el tanque para el enfriamiento de la fruta es muy parecido en lo que cambia es la longitud debido a que se necesita menos jaulas en un tiempo estimado por lo cual este tanque solo tendrá 5 metros de largo, los cuales se diseña. Las fórmulas utilizadas están basadas en una máxima deflexión permisible  $\Delta = L/500$ , donde L denota el lado más largo del tanque. Los esfuerzos permisibles para las paredes del tanque deben ser los indicados en el código ASME para tanques a presión sección VIII División 1.

De acuerdo al arreglo de flujo y construcción para el diseño del intercambiador de calor se eligió el sistema de tubos y coraza por ser el más eficiente y factibilidad para el mantenimiento, donde el vapor pasa a 270°C por la coraza y el agua por el banco de tubos a temperatura ambiente, este equipo se diseña para poder realizar el tratamiento térmico donde necesitamos que el agua este a 46.1°C dentro del tanque de inmersión, este equipo contiene 36 tubos de  $\frac{3}{4}$ " con una longitud de 2.3 m cada uno con un diámetro de la coraza de 280 mm, el cual tiene un banco de tubos en forma de malla, el cual será aislado para evitar la salida de calor con un poncho de 3" de espesor a lo largo del intercambiador, se utilizó las fórmulas para el calculo de los coeficientes de

convección de transferencia de calor, conociendo los datos de temperatura y estado del vapor y agua con la temperatura media logarítmica.

El sistema de transportación se lo realiza con bandas de transporte continuos por ser mas eficiente, por tener una gran adaptabilidad y otras ventajas, los cuales son de forma horizontal sin ningún tramo inclinado u vertical, el cual es templado por un husillo, además los rodillos son planos y lisos con una cinta transportadora de caucho. Para el diseño de las bandas se utilizó la ayuda de una tesis de la facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción realizada por Ingeniero Hinojosa Ruiz en el cual desarrolla un Software para el diseño de las mismas, en el que tenemos 5 bandas, cuatro son para el transporte y selección de mangos mientras la última es para el transporte de gavetas vacías, en la primera tenemos una banda de 10 metros de largo con un ancho de 1 metro con un motor de  $\frac{1}{4}$  Hp para una capacidad de 8 toneladas por hora, mientras para el segundo sistema se diseño para 15 metros de largo con un ancho de 0.5 metros y un motor de  $\frac{1}{4}$  hp, además de selección elementos como tambores, rodillos, cinta transportadora, rodamientos.

Para el diseño y construcción de la cámara de refrigeración se lo calcula con una carga de 50 pallets diarios que equivalen a 10200 cajas de mangos para su conservación con las dimensiones de 10 metros de largo, 15 metros de ancho y 4 metros de ancho cuyo cuarto de permanecer a 13°C, luego de realizar las estimaciones de cargas internas y externas se deberá instalar dos sistema multi slip, donde cada uno constará de un sistema de 2 evaporadores conectados a un condensador por medio de tubería de cobre con todos los accesorios necesarios como termostatos, visores, válvulas, presiostatos, filtros y otros. La cámara se construirá con paneles pre fabricado de poliuretano expandido con dos puertas de baja temperatura una de entrada y otra de salida, además de lámparas.

## **CONCLUSIONES**

1. Luego del análisis la producción y exportación en tablas y realizando los análisis en los capítulos anteriores se pudo mostrar la capacidad de producción en el campo nacional por lo que en el país existe un recurso que no esta siendo aprovechado, que es el mango, ya que esta no es tratada para su exportación. Entonces existe la necesidad de buscar un método para empaacar parte de toda la fruta que no se le una buena utilidad, para una vez se obtenga una planta rentable, se garantice la viabilidad de la planta.
2. Se entrega con este estudio una visión general de las regulaciones en la planta como las secciones de las instalaciones, necesidades y condiciones de planta, y equipos necesario, además está destinada
3. a servir de apoyo y guía para aquellos grupos de personas que tienen la idea de estructurar microempresas para el aprovechamiento de aquellos recursos naturales. Así como lograr un buen acondicionamiento (limpieza, desinfección, selección), presentación y empaque de los productos y se desarrolle de modo de mantener su calidad y sanidad, evitando las contaminaciones durante el proceso.

4. Con el trabajo expuesto se puede fortalecer el sector agrícola e industrial que ha tenido una baja en este año, ya que con una mayor exportación y aprovechamiento de la fruta se enriquece un sector que no es un punto fuerte en nuestro país, generando fuente de trabajo en zonas urbana y rural.
5. Este tipo de plantas no solo tiene este desempeño, sino que cuando la temporada de mango se acaba que en verano se podrá empacar otro tipo de fruta como la papaya que tiene un proceso parecido al del limón que también se exporta en el país, así como tomates, cebollas y otros.
6. Se decidió realizar el diseño de la planta para introducir el producto a los Estados Unidos de Norte América (existencia de tratamiento hidrotérmico) ya que los meses de producción en nuestro país nos favorecen además de un cliente donde existe un gran consumo de la fruta, así mismo para su proceso.
7. La planta tendrá una capacidad de realizar un promedio de 8 toneladas por hora, con una proyección de 2 millones de cajas por temporada que es la cantidad que realiza una planta con buenos recursos, además la planta física del proyecto será muy simple dadas las características de ser un sistema sencillo de producción con volúmenes considerables y con productos de simplicidad tecnológica.
8. Se realizó un diseño de planta eficiente, evitando la formación de cuellos de botellas o paradas de tiempo, siendo el método más preciso para obtener un buen producto, usando los equipos necesarios y además llevando estrictos controles de calidad en cada fase del proceso. Además de la ubicación de forma adecuada de las líneas de transporte del producto, dando suficiente espacio para que se pueda laborar sin mayores inconvenientes. Además de la debida adecuación de la planta en sí, dándose los debidos criterios con respecto a la limpieza e higiene que se debe tener en la misma.
9. Los equipos seleccionados se han realizado así por el tipo de complejidad que tienen estos por lo cual se los importa, por otro lado los equipos que se diseñan en la planta ya existen en el mercado, pero tienen un alto costo por lo que se ha decidido realizar el diseño de algunas de ellas, analizando los costos involucrados en su construcción e instalación para llegar a la conclusión de diseñar las mismas, a costos parecidos pero con materiales locales en su gran mayoría, asegurándolos de que sean eficientes. Los equipos y sistemas diseñados como la jaula de inmersión, tanques de tratamiento, pórtico grúa, bandas transportadoras, puerta automática, cámara de refrigeración; así como los sistemas seleccionados como tubería y bombas, ventiladores y otros cumplen con todas las normas que tiene otros equipos y sistemas que son vendidos en el extranjero.
10. Se diseñó un pórtico grúa por su simplicidad de diseño e instalación con un polipasto con monorraíl por el tipo de carga que se tenía, debido que se necesitaba un movimiento a lo largo del tanque de tratamiento, además el

pórtico tiene tres puntos de apoyo para disminuir la flexión que puede existir en el punto medio de la luz y disminuir el alto de la viga afectada.

11. Se decidió realizar el intercambiador de calor tipo tubo y coraza por la mayor transferencia de calor que se tiene, por su buena eficiencia, además por su facilidad de mantenimiento, además se lo diseño para que se pueda regular para ser utilizado para otros productos si es requerido con un variador para el caudal de agua y vapor, además existe dentro de la planta instalaciones de vapor y para su aprovechamiento se eligió este tipo de sistema.
12. Para el diseño del tanque de tratamientos se lo ha realizado en forma rectangular (cúbica), si bien es cierto, tanques de este tipo no soportan altas presiones este factor no es importante en nuestro caso puesto que este proceso es únicamente la atmosférica. Escogimos este diseño puesto que su fabricación es mucho más sencilla pero con mayor razón debido a la optimización del espacio disponible. Las fórmulas utilizadas están basadas en una máxima deflexión permisible  $\Delta = L/500$ , donde L denota el lado más largo del tanque. Los esfuerzos permisibles para las paredes del tanque deben ser los indicados en el código ASME para tanques a presión sección VIII División 1. Los valores de  $\alpha$  usados en las fórmulas dependen de la proporción de los lados del tanque y están graficados.
13. Para el transporte de material al granel el dispositivo más adecuado es la banda transportadora. La selección y diseño de los diferentes componentes de las bandas utilizadas se facilitó gracias a la ayuda de un programa computacional para diseño de bandas desarrollado como tesis de grado en la FIMCP, este programa diseña y selecciona los elementos de acuerdo a las normas.
14. El tiempo de estancia de los mangos depende del peso, frutos desde 350 a 475 gramos son tratados por 75 minutos y frutos desde 475 hasta 650 gramos son tratados por 90 minutos esto se realiza a una temperatura de 46.1°C, la variedad Tommy Atkins constituye un riesgo, ya que su cáscara es muy delicada, y por lo tanto la temperatura del agua no puede superar los 46.1 °C. La eficiencia del tratamiento térmico se acrecienta agregándole fungicidas al agua caliente. En a práctica se utiliza comúnmente Sportak (Prochloraz) al 0.2% o Tecto líquido (TBZ) al 0.2%. Este tratamiento podría acarrear inconvenientes, si las frutas se enfrían demasiado rápido después del tratamiento térmico (pre-enfriamiento) pueden constituirse sobre la cáscara manchas verdes al madurar la fruta. Esto puede ser realizado con ayuda de ventiladores que generen una fuerte corriente de aire de tal manera que la fruta se seque al mismo tiempo.

## **REFERENCIAS**

1. SHIGLEY JOSEPH E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial Mc Graw Hill, México Septiembre de 1990

2. ROBERT NORTON, Diseño de Máquinas, Editorial Prentice Hall, Primera Edición Español, México 1990
3. AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, Manual of Steel Construction, Load and Resistance Factor Design, 1995
4. HINOJOSA RUIZ HEBER, "Software para el Diseño de Transportadores de Banda" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2002).
5. FOX ROBERT W., Introducción a la Mecánica de Fluidos, McGraw Hill, México 1995.
6. MUNSON BRUCE, Fundamentos de Mecánica de Fluidos, Editorial WILEY, México 1999
7. GOULDS PUMP, Goulds Pump Manual, Cuarta Edición, Estados Unidos 1985
8. VOJTASZAK, I. A., "Stress and Deflection of Rectangular Plates", ASME PAPER A – 71, Journal Appl. Mech., Vol. 3 No. 2, 1936
9. DIPAC, Catálogo de productos 2003
10. HEATCRAFT, Engineering Manual, Estados Unidos 1990
11. CATALOGO BOHN, Catálogos Técnicos, Brasil 1995
12. FUNDACION MANGO DEL ECUADOR, Producción de Mango en el Ecuador, 2004

Atentamente,

---

Milton Vladimir Velasco Chiriboga  
C.I. 0920542958

---

Ing. Manuel Helguero F.  
DIRECTOR DE TESIS