

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



TÍTULO DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TEMA:

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA REBANADORA DE
BANANO VERDE PARA PRODUCTORES ARTESANALES DE
FRITURAS.**

INFORME CIENTÍFICO

AUTOR:

QUINCHE FARINANGO DARWIN PATRICIO

DIRECTOR:

ING. CARLOS VILLAREAL

IBARRA – ECUADOR

2014

Diseño Y Construcción De Una Máquina Rebanadora De Banano Verde Para Productores Artesanales De Frituras.

Darwin Patricio QUINCHE FARINANGO Universidad Técnica del Norte (UTN) Ibarra - Ecuador
darwin-q@hotmail.com

Abstract. - The preparation of this paper is the design and construction of a green banana slicing machine for Fry artisan producers. The Company "CONFRYVAL" situated in the Parish of Juan Montalvo Canton Cayambe is funding the construction of green banana slicer.

The machine consists of four main parts which are: sliced system, transmission system, reducing system speed and system development. The purpose of the design and construction of this machine is to optimize the time, food safety and production chifles green bananas for the aforementioned company.

For parts of this machine was designed in the first instance using the Inventor 3D CAD Professional to have a geometric approach of the parts to use and endorse a proper use of the elements used. Following this mechanical design was performed, the results were compared with data from the simulations were performed in the virtual program verifying the accuracy of design for subsequent construction of the pieces , followed proceeded to assemble and join parts with the slicing machine consisting of green bananas.

Comparing a sliced between using the slicing machine and a hand; with the use of the slicing machine faster , cleaner products , sliced insurance process because it avoids having cut fingers or hands of those engaged in this work is obtained.

The machine performs slices with a thickness of 1 to about 2.7 mm, increasing the quantity and quality without leaving aside the safety of the final product, meeting the needs for which it was designed.

1. Introducción

El Ecuador posee gran riqueza y variedad de productos agrícolas, especialmente de frutas, gracias a que posee privilegios climáticos y geográficos, es por esto que es uno de los principales exportadores de banano en el mundo con un sin número de empresas dedicadas a este fin.

En el proceso del rebanado de chifles en la actualidad se tiene problemas como: un excesivo tiempo de rebanado, un corte defectuoso de las rodajas, riesgos de corte debido a la exposición directa con partes filas de los instrumentos dedicados a este fin, a todo esto se le suma la manipulación directa del producto.

El proyecto que se presenta a continuación optimiza el proceso del rebanado de banano verde estableciendo un mecanismo seguro que proporcione el aumento en la producción en un menor tiempo, con un espesor de corte uniforme, una mayor higiene y mejorando los ingresos económicos a la empresa.

2. Generalidades

2.1 Antecedentes Del Rebanado De Banano Verde

En la actualidad el proceso de rebanado del banano verde se realiza en su mayoría de forma manual con inconvenientes tales como: pérdida de tiempo en el proceso, un corte defectuoso, molestias tanto físicas como ergonómicas que al realizar con frecuencia se ven reflejadas con molestias en la salud, riesgos de corte debido a la exposición directa con partes filas de los

instrumentos dedicados al rebanado, a todo esto se le suma la manipulación constante del producto.

Es por eso que se ha visto la necesidad de realizar la implementación de una máquina prototipo rebanadora de banano verde la cual beneficiará la ejecución del rebanado.

En la siguiente figura se puede apreciar el rebanado de los bananos verdes en la actualidad.



Figura. 1. Rebanado de chifles de forma manual

2.2 Parámetros De Diseño

Las principales funciones de la máquina van a estar encaminadas para realizar trabajos bajo los requerimientos requeridos por la empresa que son los siguientes:

- Conseguir una mayor cantidad de rebanadas de chifles en un menor tiempo.
- Obtener un rebanado de manera ágil y sencilla evitando tener molestias físicas que habitualmente se las tenía al realizar esta actividad de forma manual.
- Lograr un excelente rebanado minimizando los riesgos de sufrir cortes al realizar el rebanado.
- Contar con un sistema que permita el avance autónomo del producto hacia las cuchillas para su posterior rebanado.

2.3 Criterios De Diseño

Los criterios a tomar en cuenta para el diseño de la máquina son los siguientes:

- Componentes que cumplan con las normas de Higiene y Salubridad.
- Alta resistencia de los elementos mecánicos a utilizar.
- Elementos a utilizar de fácil reposición y recambio.

- Costos de construcción bajos.
- Facilidad de operación.
- Facilidad de mantenimiento y limpieza.
- Sistema de control del motor amigable.
- Rebanadas de banano delgadas y uniformes.
- Diseño de avance del producto confiable.
- Buena ergonomía para la manipulación del operador.
- Protecciones para el motor en caso de tener tensiones altas.

2.4 Selección De Materiales

La selección del material de una máquina o elemento estructural es una de las decisiones más importantes que debe tomar el diseñador. Para el presente proyecto se construirá con materiales con normas AISI 304 por sus prestaciones que este material ofrece como son las siguientes:

Propiedades higiénicas.- El material asegura calidad en la asepsia permitiendo total higiene, requisito indispensable en determinadas aplicaciones como en hospitales, cocinas, e instalaciones alimenticias y farmacéuticas.

Resistencia a la corrosión.- Los aceros de baja aleación, resistente a la corrosión en condiciones atmosféricas; los aceros inoxidables altamente aleados pueden resistir a la corrosión en la mayoría de los medios ácidos, incluso elevadas temperaturas.

Resistencia mecánica.- La característica por endurecimiento por trabajo en frío de algunos aceros inoxidables se usa en el diseño para reducir espesores y así, los costos. Otros pueden ser tratados térmicamente para hacer componentes de alta resistencia.

Facilidad para la fabricación.- La mayoría pueden ser cortados, soldados, forjados y mecanizados con resultados satisfactorios.

Estética.- Está disponible en muchas terminaciones superficiales. Se mantiene fácilmente dando por resultado una alta calidad.

2.5 Tipos De Rebanadoras

2.5.1 Rebanador de Eje Vertical

Este tipo de rebanador de bananos consta de un motor que se encuentra sujeto a la estructura de forma vertical; es por esta característica que se

llama rebanador de eje vertical.

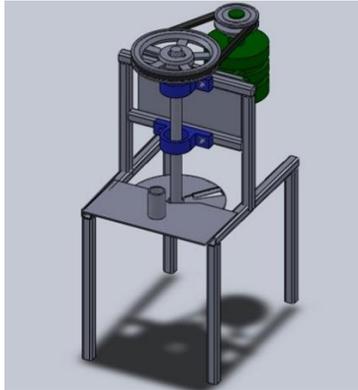


Figura. 2. Rebanador de eje vertical

Ventajas

- Facilidad de diseño.
- Bajo costo de construcción.
- No requiere reductor de velocidad.
- Estructura sencilla de realizar.
- Materiales utilizados de fácil adquisición en el mercado.
- Fácil operación de la máquina.

Desventajas

- Al colocar en motor eléctrico en posición vertical se incrementa la altura de la máquina.
- Dificultad para armar y desmontar el motor.
- Diseño no adecuado.
- Dificultad para realizar mantenimiento la máquina.
- No cumple con normas de seguridad en casos de mantenimiento.
- Requiere mínimo de dos personas para montar o desmontar el motor.

2.5.2 Rebanador de Eje Horizontal

Este tipo de rebanador de bananos consta de un motor que se encuentra sujeto a la estructura de forma horizontal, el medio por el cual transmite la potencia por medio de poleas las cuales constan de una correa o banda que ejerce movimiento a un eje que se encuentra sujeto por chumaceras las cuales brindan estabilidad y sujeción del eje, consta de un disco rotatorio el cual en este contiene una cuchilla que permite el rebanado del banano.

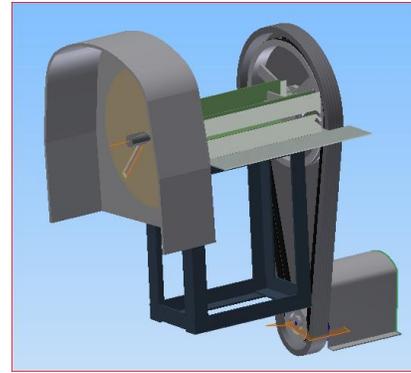


Figura. 3. Rebanador de eje horizontal

Ventajas

- Facilidad de diseño, construcción y montaje.
- Alta fiabilidad.
- Bajo costo de elaboración.
- No se requiere de reductor de velocidad.
- Se disminuye la altura de la máquina por lo que tiene mayor estabilidad.
- Mantenimiento de la máquina.
- Las cuchillas no están directamente expuestas al operador.

Desventajas

- Ocupa mayor espacio físico que la rebanadora de eje vertical.
- Tiene mayor peso con referencia a la rebanadora de eje vertical.

Para establecer la mejor decisión se valoró las ventajas y desventajas de los tipos de rebanadoras optando por la rebanadora con mayores ventajas que es la rebanadora de eje horizontal ya que se acopla mejor a los parámetros de diseño así como los criterios del diseño.

3. Diseño Y Cálculos De Los Sistemas

3.1 Sistema De Corte

Para diseñar el sistema de corte se debe determinar la fuerza necesaria que se debe ejercer para vencer la resistencia al corte que tiene el producto a rebanar.

Para conocer dicha fuerza se realizó ensayos con diferentes espesores de banano verde expuestos a diferentes fuerzas; para la obtención

de la fuerza necesaria de corte, se tomó la fuerza que se necesitó para rebanar el banano con mayor grosor para realizar los cálculos correspondientes.

A continuación se puede observar la figura 4 que se obtuvo de las pruebas realizadas a diferentes espesores con su respectiva fuerza necesaria para obtener un rebanado perfecto.

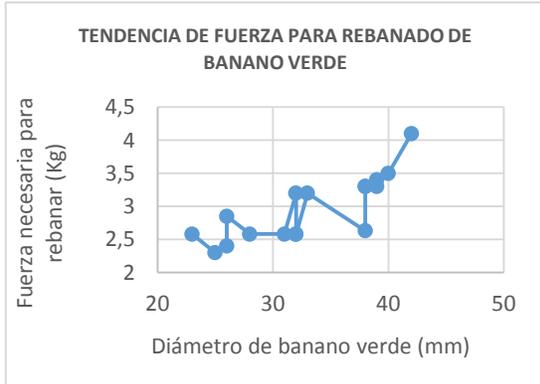


Figura.4. Diámetros de bananos verdes y fuerza necesaria para el corte

Como se puede apreciar en la Figura 4 se parte de un diámetro de banano verde de 23 milímetros con una fuerza necesaria de corte de 2,3 Kgf (22,54N) y un diámetro máximo de 42 milímetros con una fuerza necesaria de corte de 4,1 Kgf (40,18N); por efectos de cálculos se tomará la mayor fuerza de rebanado.

Por lo tanto una vez conocida la fuerza de corte (F_c) y el área de corte (A_c) se proceden a calcular el esfuerzo cortante del banano verde (σ_c), teniendo lo siguiente:

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A_c} \quad (1)$$

El área de corte del banano es:

$$A_c = \frac{\pi (D)^2}{4} \quad (2)$$

En donde:

D= Diámetro del banano verde con mayor grosor

Reemplazando los datos obtenidos de la Figura 4 en la ecuación 2 se tiene lo siguiente:

$$A_c = \frac{\pi (0,042)^2}{4} = 0,00138 \text{ m}^2$$

Reemplazando los valores en la ecuación 1 se tiene lo siguiente:

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A_c} = \frac{40,18[N]}{0,00138 \text{ m}^2}$$

$$\sigma_c = 29115,94 \text{ [Pa]}$$

El dato anterior corresponde al esfuerzo cortante del banano verde.

3.5.1 Cálculo del disco porta cuchillas

En la Figura 5 representa un esquema del disco porta cuchillas realizado en Inventor Professional CAD que se propone utilizar en el diseño de la máquina.

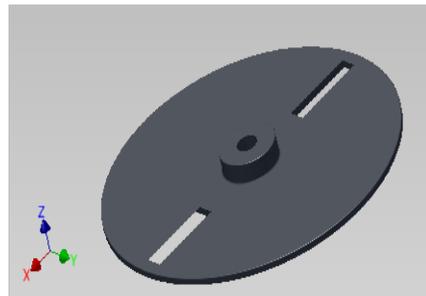


Figura. 5. Disco porta cuchillas en Inventor Professional

Consideramos la fuerza de corte es 40,18 N, el área de corte es $0,00138 \text{ m}^2$ y el esfuerzo cortante (σ_c) es 29115,94 Pa se procede a dimensionar el disco porta cuchillas.

Para obtener la fuerza total de corte (F_{TC}) se debe multiplicar la fuerza de corte (F_c) por el número de bananos que se rebanen a la vez; en nuestro caso se tiene un promedio de 5 a 6 bananos que se rebanarán a la vez, por motivos de cálculos utilizaremos un número de 6 bananos a rebanar teniendo lo siguiente:

$$F_{TC} = 40,18 \text{ N} * 6$$

$$F_{TC} = 241,08 \text{ N}$$

Para determinar el momento flector que se genera en los extremos del disco porta cuchillas se emplea la ecuación 6 en donde se tiene lo siguiente:

$$M_f = (F_e) \left(\frac{D}{2} \right) \quad (3)$$

En donde:

F_e = Fuerza de empuje [Kgf]

$d/2$ = distancia desde el centro del disco hasta el extremo de la cuchilla [m]

$$M_f = 980N(0,17/2)$$

$$M_f = 83,3 N_m$$

El momento flector que se genera en el disco porta cuchillas servirá para calcular el espesor que debe tener el disco.

$$\frac{M_f}{w} = \frac{S_y}{F.S} \quad (4)$$

Donde:

M_f =Momento Flector

$$w = \frac{D * e^3}{12}$$

Reemplazando en la ecuación 4 se tiene lo siguiente

$$e = 0,00813 m \approx 8mm$$

Una vez realizado los cálculos correspondientes del disco porta cuchillas se obtiene un espesor de 8mm el mismo que se acoplará a las cuchillas con las dimensiones que se muestran a continuación.

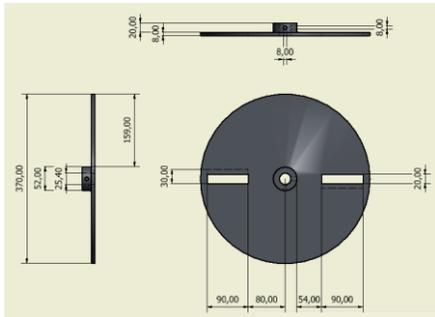


Figura. 6. Dimensiones del disco de corte

3.1.2 Dimensiones consideradas en las cuchillas

Las dimensiones que tendrán las cuchillas están seleccionadas de acuerdo al requerimiento en el proceso de corte, es por esta razón que se ha seleccionado las dimensiones que se muestran a continuación en la Figura 7.

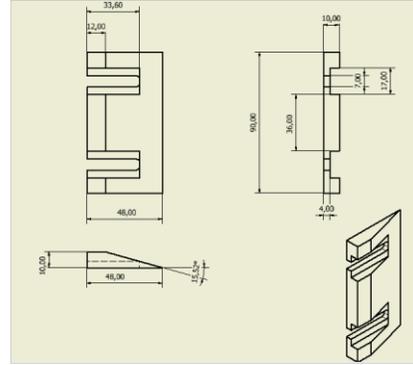


Figura. 7. Dimensiones de las cuchillas

3.1.3 Análisis de las cuchillas mediante CAD Inventor Professional

Una herramienta que facilita predecir posibles fallas en, piezas, componentes o sistemas es el programa virtual Inventor Professional CAD el mismo que emplearemos para predecir posibles fallas en las cuchillas.

En la Figura 8 se muestra el coeficiente de seguridad de la cuchilla en donde se tiene un coeficiente de seguridad máximo de 15 y un coeficiente de seguridad mínimo de 0; esto quiere decir que las cuchillas no tendrán ninguna falla cuando trabaje realizando las actividades a la que fue diseñada y construida.

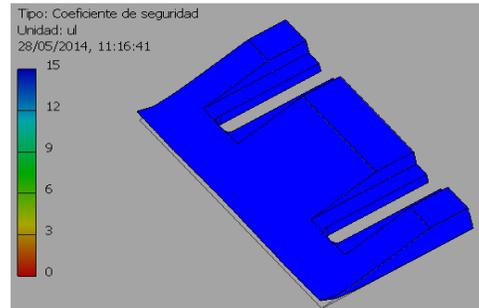


Figura. 81. Coeficiente de Seguridad de la cuchilla

3.2 Diseño Del Eje

Para el diseño del eje se debe tener en cuenta las cargas que son el resultado de los distintos elementos que interactúan en el diseño de la máquina rebanadora; el eje se acopla a la máquina por medio de chumaceras que le brindan estabilidad y fijación como se indica en la siguiente figura correspondiente al diagrama de cuerpo libre.

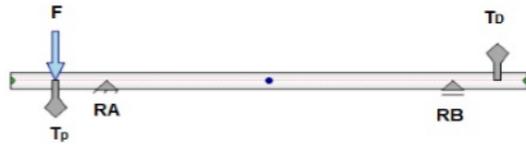
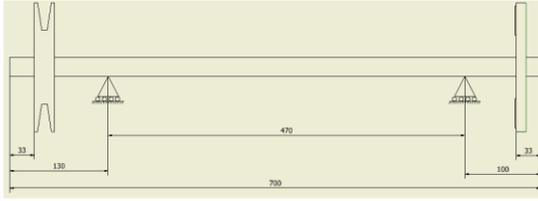


Figura. 9. Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión.

En la Figura 10 se indica el diagrama de la fuerza de corte en el plano y-z; aquí se puede observar que el momento máximo es 30,21N que sirve para calcular el esfuerzo torsor y-z que está siendo aplicado en el eje.

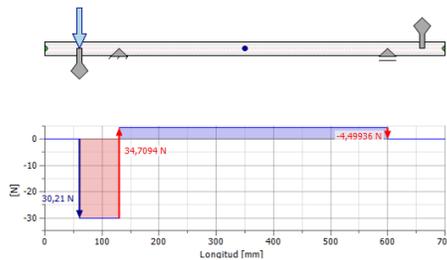


Figura. 102. Diagrama de la fuerza de corte en el plano Y-Z

De la Figura 11 se determina el valor máximo del momento flector sobre el eje que es de 3,021 N.m; que se ejerce en eje sobre el plano y-z.

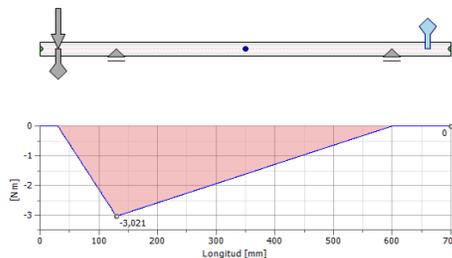


Figura. 113. Diagrama del Momento Flector en el plano Y-Z

Realizando el círculo de Mohr se tiene los esfuerzos principales:

$$\begin{aligned}\sigma_z &= 13,13 \text{ MPa} \\ \sigma_y &= 0 \\ \tau_{yz} &= 9,38 \text{ MPa}\end{aligned}$$

A continuación se presenta la Figura 12 donde se puede apreciar las componentes del círculo de Mohr así como también el factor de seguridad para diferentes espesores de ejes de un acero inoxidable AISI 304 aplicado con las cargas que se tiene en el presente sistema mediante un análisis estático.

d	σ_z	τ_{yz}	σ_y	C	R	τ_{MAX}	σ_1	σ_2	S_y	n
in	m	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
1/4"	0,0064	821	586,3	0	410,5	715,2	1126,2	-305,2	310	0,22
1/2"	0,013	97,9	69,9	0	48,95	85,33	134,28	-36,39	310	1,82
3/4"	0,019	31,3	22,4	0	15,65	27,32	42,97	-11,65	310	5,67
1"	0,025	13,13	9,38	0	6,56	11,45	18,01	-4,88	310	13,54
2"	0,051	1,6	1,1	0	0,8	1,36	2,16	-0,56	310	113,9

Figura. 12. Factor de Seguridad del eje para diferentes tipos de diámetros

También se realiza un análisis dinámico para el cálculo del factor de seguridad en base a la ecuación de Goodman con lo cual se obtiene un valor de 8,43. Que es aceptable con respecto a los resultados obtenidos con la teoría de distorsión y ECM. Considerando que para este caso es menor ya que se considera cargas a fatiga.

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma'_a}{Se} + \frac{\sigma'_m}{Sut} \quad (5)$$

$$n = 8,43$$

3.3 Cálculo De La Potencia Del Motor

Para seleccionar la potencia del motor se determina en función de la potencia requerida por parte del disco porta cuchillas y vencer el torque que este elemento genera; además de considerar el factor de seguridad que le protegerá de fallos debido a golpes, vibraciones o impulsos.

El disco porta cuchillas genera un torque de 45 N.m, cada cuchilla tarda un tiempo de 0,1 segundo en recorrer los 180° del disco.

$$Pot = \frac{T}{t} \quad (6)$$

Dónde:

T= Torque

t= Tiempo en que tarda la cuchilla en girar y volver a realizar el segundo rebanado.

Reemplazando los valores de la ecuación 6 se tiene la siguiente potencia:

$$\text{Pot} = \frac{44,59 \text{ N.m}}{0,1 \text{ seg}}$$

$$\text{Pot} = 445,9 \text{ W} = 0,59 \text{ HP}$$

Una vez calculado la potencia del motor se obtuvo una potencia de 0,59 Hp; considerando pérdidas por fricción e imprevistos debido a la banda, apoyos del eje en las chumaceras, peso del disco, y cargas imprevistas como por ejemplo atascamiento del disco por accidente. Entonces se tiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Pot} &= 0,59 \text{ HP} * 1,7 \\ \text{Pot} &= 1 \text{ HP} \end{aligned} \quad (7)$$

El motor que se utiliza tiene las siguientes características.

Tabla 1. Características del motor a utilizar

MARCA:	WEG
TIPO:	DM
MODELO:	D56109
HZ:	60
POTENCIA:	1 HP
RPM	1750
VOLTAJE:	110/220 V
AMPERAJE:	12/6.0 A
SF:	1,25

3.4 Selección De La Banda

El sistema de transmisión se determinará para obtener revoluciones de 250 a 280 revoluciones por minuto (RPM) que es el rango en donde se obtiene una muy buena producción como calidad.

Para determinar el diámetro de la polea motriz se emplea la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} D_{pm} &= \frac{\text{RPM eje cond} * D_{pc}}{\text{RPM eje motriz}} \quad (8) \\ &= \frac{273,44 \text{ RPM} * (406,4) \text{ mm}}{1750 \text{ RPM}} = 63,5 \text{ mm} \pm 20 \end{aligned}$$

A continuación se determina el diámetro de la polea conducida mediante la ecuación 9.

$$\begin{aligned} D_{pc \text{ eje cond}} &= \frac{\text{RPM eje motriz} * D_{pm}}{\text{RPM eje cond}} \quad (9) \\ &= \frac{1750 \text{ RPM} * (63,5 \text{ mm})}{273,44 \text{ RPM}} = 406,4 \text{ mm} \pm 20 \end{aligned}$$

De las ecuaciones anteriores se puede concluir que para obtener 273 RPM que se encuentra dentro del rango apropiado para obtener una producción y calidad muy buena de rebanado se debe emplear una polea de 16 y 2 ½ pulgadas.

Para fines de diseño se determina que F1/F2= 3 con un ángulo de 180° se tiene que:

Fb= fuerza generada por la banda

$$Pd = (F1 - F2)Vb \text{ (Carlosama, 2013)}$$

Dónde:

$$Pd = \text{Potencial de diseño} = 3/4HP = 559,27 \text{ W}$$

$$\begin{aligned} (F1 - F2) &= \frac{Pd}{Vb} \quad (10) \\ &= \frac{559,27}{37,24} = 15,02 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3F2 &= F2 + 15,02 \\ 3F2 - F2 &= 15,02 \end{aligned}$$

$$F2 = \frac{15,02}{2}$$

$$\begin{aligned} F2 &= 7,51 \text{ N} \\ F1 &= 15,19 \text{ N} + 7,51 \text{ N} \\ F1 &= 22,7 \text{ N} \end{aligned}$$

Por tanto la fuerza que ejerce la banda sobre el eje es:

$$Fb = (F1 + F2) = 22,7 \text{ N} + 7,51 \text{ N}$$

$$Fb = 30,21 \text{ N}$$

De los cálculos anteriores se obtuvo un valor de 30,21 N, esta es la fuerza que ejerce la banda sobre el eje, este valor es importante ya que se debe tomar para el cálculo del diámetro del eje.

3.5 Selección De Las Chumaceras A Utilizar

Como se estableció anteriormente se utilizarán rodamientos de bolas los mismos que tendrán un diámetro interior que va acorde al diámetro del eje que se utilizará, es por esto que necesitaremos un rodamiento de 1 pulgada de diámetro o 25,4 mm por lo que se selecciona una chumacera con nomenclatura UC 205-16, lo que significa que es una chumacera con rodamientos de bolas para ejes con diámetro del eje de 25,4 mm además de esto por soportar cargas radiales que se tendrán en el sistema.

3.6 Estructura Metálica

A continuación se muestra el diseño que podría tener la estructura que deberá ser capaz de soportar los componentes que contiene la máquina rebanadora de banano verde, las dimensiones de la estructura se establecieron de acuerdo a factores como: ergonomía, facilidad de diseño, menor costo, adecuación a los componentes con los que se cuenta y estabilidad.

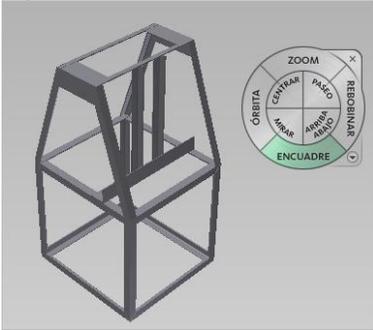


Figura 13: Estructura de la máquina diseñada en CAD Inventor Professional

A continuación se puede representar gráficamente los valores del esfuerzo cortante máximo y de la fuerza cortante para realizar los diferentes cálculos, se considera una viga de 500 mm y una fuerza de 490 N como se puede apreciar en la siguiente figura:

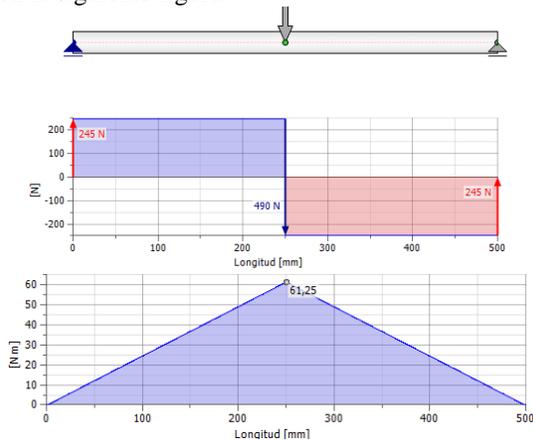


Figura14: Diagrama de Cortes y Momentos de la viga

Para determinar el perfil L de lados iguales se tomara el factor de seguridad de 3.

$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{n} \quad (11)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{250 \text{ MPa}}{3}$$

$$\sigma_{\max} = 83,33 \text{ MPa}$$

Para calcular las características del perfil a utilizar se aplica la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{w} \quad (12)$$

$$w = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\max}}$$

Donde:

w = Módulo de la selección del perfil

$$w = \frac{61250}{83,33}$$

$$w = 735 \text{ mm}^3$$

Una vez que conocemos el módulo de sección del perfil procedemos a ver en las tablas de perfiles conformados un valor que coincida o sea muy cercano al obtenido, de acuerdo a los cálculos realizados se puede utilizar perfiles conformados en L se establece que se puede utilizar perfiles en L de 30 mm X 30 mm en la base ya que soportará todo el peso de la máquina y de 20 mm X 20 mm en la parte superior.

Para el cálculo del factor de seguridad se emplea el criterio de falla de Goodman por ser fácil de utilizar y lo que es muy importante es conservadora; aplicando la formula se tiene lo siguiente:

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} \quad (13)$$

$$n = 8,1$$

Una vez aplicado el criterio de Goodman se concluye que con la utilización del perfil L con las especificaciones antes mencionadas se tiene un factor de seguridad de 8,1 que es un valor muy bueno para la utilización de este elemento con que se realizará la estructura de la máquina rebanadora de banano verde.

En la Figura 15 se muestra como se encuentran las restricciones así como las fuerzas aplicadas en la estructura que se utilizara para la máquina rebanadora de banano verde.

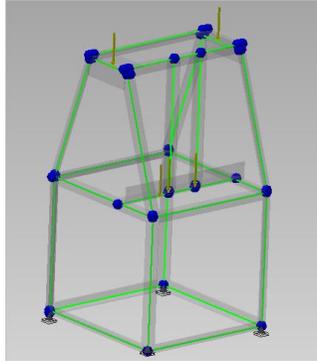


Figura. 15. Fuerzas actuantes sobre la estructura

En la Figura 15 se muestra el desplazamiento que se tendrá en la estructura de la máquina teniendo un desplazamiento máximo de 0,02043mm y un mínimo de 0 mm; tomando en cuenta el desplazamiento máximo es casi nulo concluyendo que la estructura cuenta con alta fiabilidad.

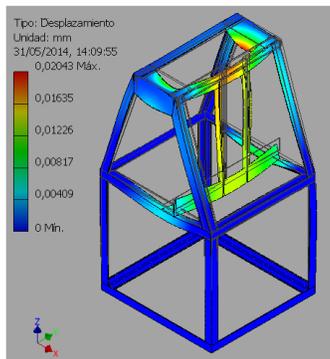


Figura. 16. Desplazamiento de la estructura

Después de haber realizado la simulación con las respectivas cargas en la estructura se puede concluir que la estructura es capaz de soportar las cargas que intervienen en la máquina esto se puede confirmar mediante la simulación realizada por el esfuerzo de Von Misses en CAD Inventor Profesional para determinar la fluencia de la estructura obteniendo un máximo de 10,03 MPa que corresponde a la parte en donde se encuentra reposando el sistema de corte que es el sistema con mayor peso.

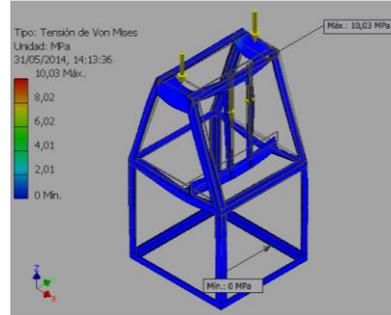


Figura. 17. Tensión de Von Mises de la estructura

Los datos anteriores que se obtuvieron de la simulación mediante el esfuerzo de Von Misses demuestran que el diseño de la estructura satisfacen los parámetros establecidos anteriormente garantizando la estabilidad de la misma.

3.7 Sistema De Avance Autónomo

Los bananos verdes antes de ser rebanados estarán colocados ordenadamente para ser empujados hacia las cuchillas mediante resortes como se puede observar en la siguiente figura.



Figura. 18. Cámara para la alimentación de los bananos verdes

Para la construcción de esta cámara se utiliza acero inoxidable AISI 304 con un espesor de 3 mm garantizando la inocuidad en los alimentos así como una larga vida útil de la máquina; se estableció el espesor antes mencionado para evitar posibles deformaciones causados por golpes u otro tipo de impactos ya que tendrá un trabajo semiautomático empujando los bananos que se encuentren el interior hacia las cuchillas, esto se lo realizará mediante la implementación de resortes que posteriormente se detallan y para esto es fundamental que la cámara no tenga hundimientos o deformaciones que obstaculicen o impidan un avance normal.

El esfuerzo de torsión en el resorte es de 2879,51 MPa dicho valor se empleará para

determinar el factor de seguridad del resorte que se utilizará.

A continuación se determina el esfuerzo cortante del resorte (τ_m) bajo la carga de servicio mediante la utilización de la ecuación 14.

$$\tau_m = \frac{8 \cdot P \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot K_b \quad (\text{Budinas R., 2008}) \quad (14)$$

$$\tau_m = \frac{8(49\text{N})(0,0098)}{\pi(0,001)^3} \cdot (1,1)$$

$$\tau_m = 1345,1 \text{ MPa}$$

El esfuerzo cortante es de 1345,1 MPa el mismo que servirá para el cálculo del factor de seguridad como se muestra en la ecuación 15.

$$n = \frac{S_{Sy}}{\tau_{\max}} \quad (15)$$

$$n = \frac{2879,51}{1345,10}$$

$$n = 2,14$$

De la ecuación 15 se concluye que se tiene un factor de seguridad de 2,14 que es un factor aceptable para la utilización del resorte con las características y especificaciones antes mencionadas.

4. Resultados

4.1 Resultados Obtenidos Fuerza Necesaria Para El Corte

La Figura 17 muestra la fuerza necesaria del corte de bananos verde en función del diámetro de los bananos; la fuerza mínima de corte es de 2,58 Kgf (25 N) con un diámetro de 23 mm y la máxima fuerza es 4,1 Kgf (40,18 N) en un diámetro de banano de 42 mm.

Por efectos de cálculos se debe utilizar la fuerza necesaria de mayor magnitud que para realizar los diferentes cálculos se utilizó la fuerza de 40,18 N.

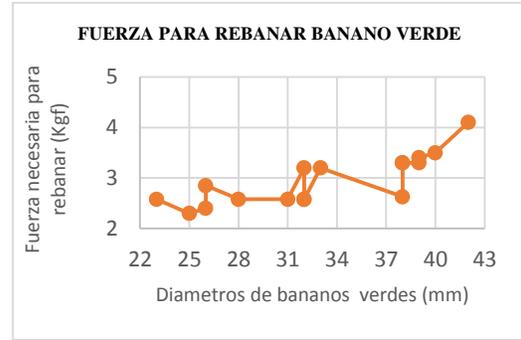


Figura. 17. Fuerza necesaria para el rebanado del banano verde

Como se puede apreciar en la Figura 18 la calidad en un rango de 50 a 200 RPM tiene una aceptación del 60% perteneciente a buena, para revoluciones que van de 205 a 280 RPM se obtuvo una aceptación del 100% perteneciente a muy buena, a partir de revoluciones mayores de 285 RPM se tiene una tendencia descendente en la aceptación debido a que la calidad de las rebanadas comienzan a salir con defectos especialmente de ruptura de las rebanadas.

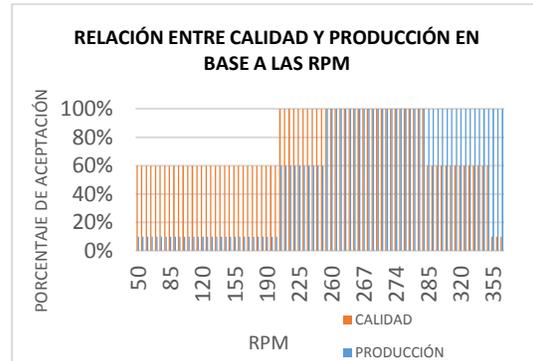


Figura. 18. Relación entre calidad y producción en base a las RPM

4.2 Comparación Del Tiempo Mediante Un Rebanado Manual Y Mediante La Utilización De La Máquina

Con el fin de determinar si se ha cumplido con uno de los objetivos específicos se procede a realizar una comparación del tiempo y la producción entre un rebanado de forma tradicional o manualmente y mediante la utilización de la máquina rebanadora de banano de verde; para establecer los tiempos se parte desde el momento que los bananos se encuentran pelados y listos

para realizar el rebanado.

En la Figura 19 se puede apreciar el tiempo destinado para el rebanado en minutos y la cantidad de producto a rebanar teniendo los datos que se puede apreciar en la siguiente figura.

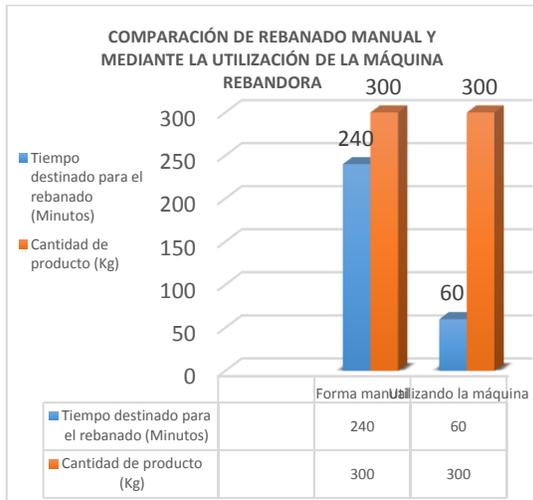


Figura. 19. Comparación de rebanado manual y mediante la utilización de la máquina rebanadora

De la Figura 19 se puede apreciar que para rebanar 300 Kg de producto de banano verde de forma manual se demora 240 minutos o 4 horas mientras que para rebanar la misma cantidad de bananos con la utilización de la máquina rebanadora de banano verde se tarda un tiempo de 60 minutos o 1 hora aproximadamente; la optimización del tiempo es muy grande debido a que si se realiza de forma manual el rebanado se realiza de un banano en un banano mientras que con la utilización de la máquina se realiza en cada carga un promedio de 5 o 6 bananos a la vez minimizando el tiempo considerablemente.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Mediante la culminación de la máquina rebanadora de banano verde para la elaboración de chifles artesanales, se obtuvo un incremento en la producción de 11130 fundas al mes a 19500 fundas al mes gracias a la implementación de la misma, además se brinda, mayor seguridad en el rebanado, rebanadas uniformes además se logró realizar el

corte transversal y longitudinal en la misma máquina sin dejar a un lado la salubridad e inocuidad del producto.

- Mediante la construcción de la máquina rebanadora de banano verde se redujo considerablemente el tiempo entre un rebanado manual y mediante la implementación de la máquina rebanadora de banano verde, en la actualidad se rebanan un promedio de 300 Kg de bananos verdes en un lapso de 1 hora mientras que anteriormente se rebanaba la misma cantidad de producto en un tiempo de 4 horas, cumpliendo así con los parámetros de diseño que se estableció en la construcción de la máquina.
- Para la construcción de la máquina se realizó bajo normas ISO 22000 las cuales manifiestan sobre los materiales utilizados para la construcción de las diferentes tipos de maquinarias, es por esto que la máquina se encuentra realizada en la mayoría con acero inoxidable AISI 304, mismo que brinda seguridad e inocuidad de los alimentos que se elaboren.
- Se requiere una fuerza mínima de 22,54 N para rebanar bananos con un espesor de 23 mm de diámetro y una fuerza máxima de 40,18 N para rebanar bananos verdes con un diámetro de 42 mm, para realizar los cálculos se consideró utilizar la mayor fuerza garantizando un efectivo corte para bananos con diámetros menores a los 42 mm.
- Para obtener rebanadas perfectas la cuchilla debe estar girando a revoluciones entre 260 y 280 RPM; a estas revoluciones se obtienen una muy buena producción y excelente calidad de las rebanadas.
- La mayoría de los elementos que conforman la máquina rebanadora de banano verde fueron seleccionados de acuerdo a las necesidades que se tuvieron para la construcción como: operación, mantenimiento, limpieza ergonomía tomando en cuenta que sean de fácil

adquisición en el mercado local, a un menor costo y que cuenten con buena calidad.

- La máquina se encuentra diseñada y construida para tener una maniobrabilidad amigable y de fácil operación permitiendo que toda persona pueda operarla sin dificultad alguna o poner en peligro su integridad o la de los demás.
- Para predecir fallas en el diseño y construcción de la máquina los programas computacionales con aplicaciones CAD; en este caso se utilizó el software Inventor Profesional el mismo que proporcionó valiosa información para los respectivos cálculos de los sistemas.

5.2 Recomendaciones

- Cuando se realice rebanado de forma transversal o para elaborar chifles redondos colocar en la cámara de alimentación los bananos cortados por la mitad para que ingresen con facilidad en la cámara de alimentación y sea empujados hacia las cuchillas.
- Se recomienda limpiar la máquina después de cada jornada de rebanado utilizando los diferentes métodos que se menciona en la Tabla 4 y 5 correspondiente a mantenimiento y limpieza del acero inoxidable.
- Se recomienda el uso del manual de mantenimiento que se encuentra en la parte de los anexos para prolongar la vida útil de los elementos de la máquina así como tener un adecuado uso de la misma.
- Se debe utilizar siempre el empuje que tiene la máquina de esta manera se evitará empujar los bananos verdes hacia las cuchillas con las manos ya que puede causar daños y/o laceraciones en las mismas.
- Se recomienda seguir el manual de operación de la máquina rebanadora de banano verde antes de poner en marcha o

realizar cualesquier actividad.

- Para el ajuste de las cuchillas y el espesor que se desee se recomienda realizar con el disco fuera del eje e ir confirmando el espesor que se desee ya que de esta manera será mucho más fácil y rápido obtener la calibración de las mismas.
- Se recomienda calibrar correctamente las cuchillas evitando tener rozamiento entre las cuchillas con la contra cuchilla ya que se puede perder el filo las cuchillas obteniendo un corte defectuoso y en el peor de los casos puede llegar a quemarse el motor.

Agradecimientos

Los Autores agradecen de manera muy sincera a todas las personas que colaboraron en la elaboración de esta investigación.

A todos muchas gracias.

Bibliografía

- [1] CABRERA, M. I. (1991). Estudio Técnico sobre la elaboración y conservación de los chifles (hojuelas de plátano fritas). Piura: Universidad Técnica de Piura, Facultad de Ingeniería.
- [2] CARLOSAMA, R. (2013). Máquina vibradora para fabricar postes de hormigón armado para alambrado perimetral. Ibarra: Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería en Mecatrónica.
- [3] FAIRES, V. M. (2001). Diseño de Elementos de Máquinas.
- [4] GARCÍA T., C. L. (2007). Efecto del etefón (ethrel) y el tiempo de almacenamiento sobre la duración del plátano bajo refrigeración. Barquisimeto: Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado.

- [5] LRQA, L. R. (22 de Abril de 2014). Lloyd's Register LRQA. Obtenido de <http://www.lrqa.es/certificaciones/iso-22000-norma-seguridad-alimentaria/>
- [6] YANCHAPAXI, A. o. (2008). Diseño de una máquina cortadora de pasto. Quito: Escuela Politécnica Nacional, facultad de Ingeniería Mecánica, Proyecto Previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico.

Autor



Darwin QUINCHE, nació en la ciudad de Cayambe-Pichincha-Ecuador el 5 de agosto de 1988. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Superior Nelson Torres. Egreso en la Universidad Técnica del Norte

en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2014. En la actualidad trabaja en proyectos de automatización, control y mecánicos en la ciudad de Cayambe.

Áreas de interés Automatización, Instrumentación, Control, Mecánica e inteligencia Artificial. (darwin-q@hotmail.com)