



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL CORTE DE  
BARRAS ENERGÉTICAS DE GRANOLA PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL  
PRODUCTOS EL CHINITO S.C.C”.**

**INFORME TÉCNICO**

**AUTOR:**

William Stalin Verdugo Reinoso

**DIRECTOR:**

Ing. Fernando Valencia

**Ibarra – Ecuador**

**2015**

# “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL CORTE DE BARRAS ENERGÉTICAS DE GRANOLA PARA LA EMPRESA INDUSTRIAL PRODUCTOS EL CHINITO S.C.C”.

William Stalin Verdugo Reinoso  
Carrera de Ingeniería en Mecatrónica, Universidad Técnica del Norte  
Ibarra, Ecuador  
[william.v1991@hotmail.com](mailto:william.v1991@hotmail.com)

## **Resumen.**

El desarrollo de este proyecto, se crea en base a la necesidad de mejorar de manera significativa la eficiencia en el corte de barras energéticas de granola en una forma rápida y precisa; para el proceso de corte la máquina previamente ya realiza el amasado y laminado de la masa; el sistema a desarrollarse estará constituido de la siguiente manera: el corte longitudinal de granola será realizado mediante un rodillo el cual posee anillos que serán los encargados de dar el ancho de las barras energéticas de granola, la distancia entre anillos será de 3 cm se tendrá 16 separaciones para obtener 15 barras por corte, el movimiento del rodillo se lo realizara mediando un motorreductor y estará controlado mediante un variador de frecuencia.

El corte vertical se lo realizara mediante una guillotina esta constara de un pistón neumático, una electroválvula, un sensor, un encoder y un PLC, el encoder se encuentra acoplado al eje de la banda, este proporciona la medida de las barras, las cuales serán de 10 cm por cada corte.

La máquina realiza 70 cortes por minuto logrando así satisfacer la demanda del mercado.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La empresa “INDUSTRIAL PRODUCTOS EL CHINITO S.C.C.” actualmente se dedica a la

elaboración de barras energéticas de granola, todo este proceso se lo realiza manualmente impidiendo que el producto final pueda entrar en competencia en el mercado, ya que su precio es elevado. La etapa de cortado es una de las más importantes del proceso ya que la elaboración de granola en forma manual produce 30 barras en 4 minutos, es decir, produciría 450 barras en una hora no satisfaciendo así la cantidad de productos terminados puesto que la empresa para poder cubrir su demanda de producto diario necesita producir 70 barras por minuto.

Al implementar, una máquina la cual se encargue del proceso de corte de la granola se lograra incrementar la producción, ya que al automatizar el proceso de corte se reduce el tiempo del proceso y por ende se tendrá una producción constante disminuyendo el costo del producto final.

## **2. PROCESOS DE PRODUCCION DE LAS BARRAS DE GRANOLA**

Para la obtención de las diferentes barras de granola, las cuales deben poseer las dimensiones requeridas y de esa manera cumplir con los requisitos de la empresa se debe seguir un procedimiento véase en la figura. 1.

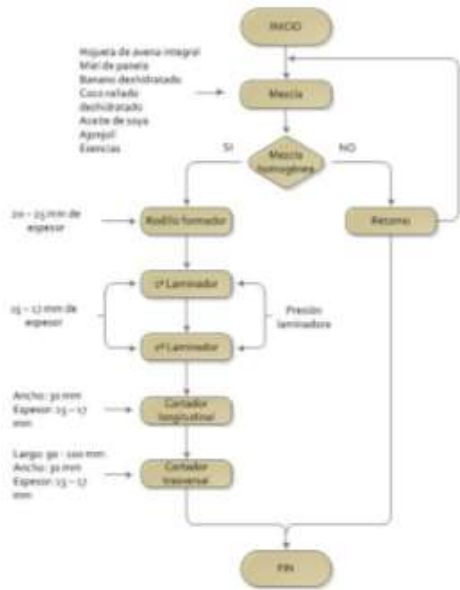


Figura 1. Flujograma del proceso de producción

## 2.1 ESTUDIO DE CAMPO

La empresa industrial productos el chinito S.C.C. actualmente realiza la granola de forma artesanal, es por eso que no se cuenta con información detallada respecto a parámetros y medios de cortado de la masa de granola por lo cual se procede a realizar pruebas para así obtener datos tanto de la velocidad lineal como la fuerza de corte específica de la masa.

### 2.1.1 VELOCIDAD LINEAL

La velocidad lineal es definida como el cociente entre el espacio recorrido y el tiempo empleado en ello se mide en (m/s), el valor resultante se obtiene del promedio de varias mediciones las cuales se las realizo en 3 periodos diferentes en un lapso de una semana cada uno, para así considerar parámetros de la masa en condiciones diferentes, como se detalla (véase Tabla 1.).

#### Ecuación 0. Velocidad lineal

$$v = \frac{d}{t}$$

Donde:

$v$  = velocidad lineal

$d$  = distancia

$t$  = tiempo

Tabla 0. Medición de la velocidad lineal

Velocidad lineal (m/s)	
Nº de mediciones	Valor
1	0,03145
2	0,03131
3	0,03144
4	0,03159
5	0,03135
6	0,03144
7	0,03155
8	0,03149
9	0,03144
10	0,03143
11	0,03146
12	0,03144
13	0,03149
14	0,03151
15	0,03144
16	0,03143
17	0,03124
18	0,03133
19	0,03138
20	0,03159

Se obtiene que, la velocidad lineal es de 0.03144 m/s

### 2.1.2 CONSTANTE DE FUERZA DE CORTE ESPECÍFICA DE LA MASA DE GRANOLA [Ks]

La constante de fuerza de corte específica de la masa de granola se obtiene al realizar ensayos de corte como se observa (véase Figura 2.), se cuantifica mediante un dinamómetro midiendo la

fuerza que se genera respecto a la sección de masa de granola atravesada.



**Figura 2. Ensayo efectuado para la obtención de la fuerza de corte específica**

La constante fuerza de corte específica para la masa de granola se la obtiene con la siguiente relación:

**Ecuación 2. Constante de fuerza específica**

$$K_s = \frac{F}{A}; \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

**Donde:**

**F=** Fuerza [N]

**A=** Área de corte [ $mm^2$ ]

**Ks=** Constante de fuerza de corte específica [ $N/mm^2$ ]

Se cuantifica la magnitud de la fuerza para diferentes espesores, por lo que se obtiene el siguiente promedio la fuerza de corte específica de la masa de granola es de  $0,38 N/mm^2$ .

## 2.2. PARAMETROS DE DISEÑO

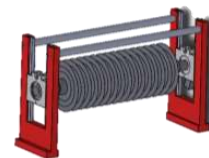
“Industrial productos el chinito S.C.C.” requiere que la máquina cortadora de barras energéticas de granola funcione bajo las siguientes condiciones y cumpla con las dimensiones especificadas.

- La altura del plano de trabajo debe estar entre los 80 y 90 cm del nivel del piso terminado

- La longitud total debe estar entre los 5000 a 5300 mm, se tiene en cuenta que estos dimensionamiento satisfacen el espacio físico disponible en la empresa.
- El ancho de la máquina puede llegar hasta 700 mm.
- El espesor de la masa de granola a cortar estará entre los 15 a 20 mm.

### 2.2.1. DISEÑO DEL CORTE LONGITUDINAL

Este sistema es el encargado de cortar la masa de granola longitudinalmente utilizando un rodillo, este cuenta con discos de corte, los cuales cumplen la función de cortar la masa longitudinalmente, el rodillo es accionado mediante un motorreductor, este es el encargado de proporcionar la fuerza para que gire el rodillo; cabe recalcar que se cuenta con 16 discos de corte y 17 separadores por lo cual se realiza 15 cortes longitudinales (véase Figura 3.).



**Figura 3. Sistema corte longitudinal, recuperado SolidWorks 2013**

#### 2.2.1.1 DETERMINACION DE LA VELOCIDAD LINEAL

La masa de granola se transporta por medio de una banda transportadora, se tiene por requerimiento de la empresa que se produzca 70 barras/min dichas masa tiene un espesor de 15mm a 20mm correctamente laminada, del estudio de campo realizado en la (sección 2.1) se obtiene que la velocidad lineal promedio con la que pasa la masa al momento del corte es de  $0,03144$  m/s.

### 2.2.1.2 DETERMINACION DE LA VELOCIDAD ANGULAR

La obtención de la velocidad angular se la calcula en base a la velocidad lineal y el radio del disco de corte, dicha velocidad angular determina la velocidad que se necesita para cortar la masa mediante el rodillo de corte longitudinal.

#### Ecuación 3. Velocidad angular

$$\omega = \frac{v}{r}$$

Donde:

$\omega$  = velocidad angular

$v$  = velocidad lineal

$r$  = radio del disco de corte

Remplazando valores tenemos:

$$\omega = \frac{31.44 \text{ mm/s}}{80 \text{ mm}}$$

$$\omega = 0,393 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

También se representa

$$0,393 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ m}}$$

$$\omega = 3.75 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

### 2.2.1.3 CÁLCULO DE LA FUERZA

Para realizar el corte de la masa de granola, se requiere de una fuerza de corte, la misma que se obtiene del estudio de campo realizado. De esta manera la fuerza de corte se define como:

#### Ecuación 4. Fuerza de corte

$$F = A * K_s$$

Donde:

$F$  = fuerza de corte [N]

$A$  = (área) sección de masa [ $\text{mm}^2$ ]

$K_s$  = fuerza de corte específica [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]

Para obtener la sección de masa, se calcula geoméricamente mediante el siguiente análisis (véase Figura 4.).

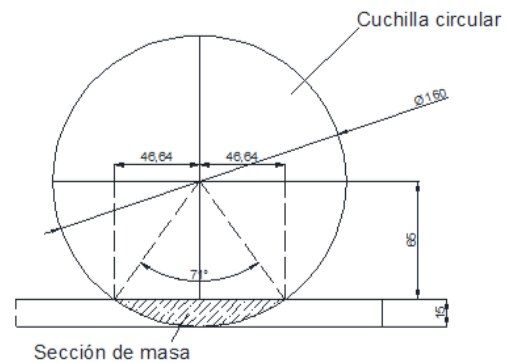


Figura 4. Determinación de la sección de masa

El área del sector circular se define por la siguiente relación obtenida del libro de máquinas de trabajo de Bartsch.

#### Ecuación 5. Área sección

$$A_{\alpha} = \frac{\pi * r^2 * \alpha}{360}$$

Donde:

$A_{\alpha}$  = área de sección

$r$  = radio

$\alpha$  = ángulo de corte

$A$  = área de sección

Remplazando valores tenemos:

$$A_{\alpha} = \frac{\pi * (80 \text{ mm})^2 * 71}{360}$$

$$A\alpha = 3965,39 \text{ mm}^2$$

El área del triángulo que se forma en la intersección de la cuchilla con la masa se obtiene de la siguiente relación:

**Ecuación 6. Calculo área del triangulo**

$$A\blacktriangle = \frac{b \cdot h}{2}$$

**Donde:**

**A $\blacktriangle$**  = área del triangulo

**b** = base del triangulo

**h** = altura del triangulo

Remplazando valores tenemos:

$$A\blacktriangle = \frac{93,28 \cdot 65}{2}$$

$$A\blacktriangle = 3031,6 \text{ mm}^2$$

Por lo que, la sección de la masa se obtiene de la diferencia entre las áreas antes calculadas.

$$A = A\alpha - A\blacktriangle$$

$$A = (3965,39 - 3031,6) \text{ mm}^2$$

$$A = 933,79 \text{ mm}^2$$

Remplazando valores en la ecuación 4. Tenemos:

$$F = 933,79 \text{ mm}^2 \cdot 0,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F = 354,84 [\text{N}]$$

La fuerza que se encuentra es la fuerza de corte que se genera en una cuchilla por tanto, al tener 16 cuchillas se relaciona de manera directamente proporcional.

$$F = 354,84 [\text{N}] \cdot 16$$

$$F = 5677,4 [\text{N}]$$

## 2.2.1.4 CÁLCULO DE LA POTENCIA

**Ecuación 6. Potencia**

$$P = F \cdot v$$

**Donde:**

**P** = potencia [watts]; [hp]

**F** = fuerza total [N]

**v** = velocidad lineal [m/s]

Remplazando valores tenemos:

$$P = 5677,4 [\text{N}] \cdot 0,03144 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P = 178,49 \text{ watts}$$

$$P = 178,49 \text{ watts} \cdot \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ watts}}$$

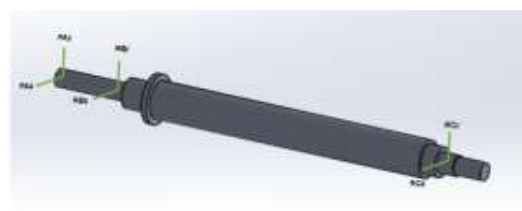
$$P = 0,249 \text{ hp}$$

## 2.2.1.5 DISEÑO DEL EJE DEL RODILLO DE CORTE

En la figura se puede observar todas las fuerzas que actúan sobre el rodillo de corte.

### 2.2.1.5.1 FUERZAS EN EL EJE

En la figura 5, se puede observar todas las fuerzas que actúan sobre el rodillo de corte.



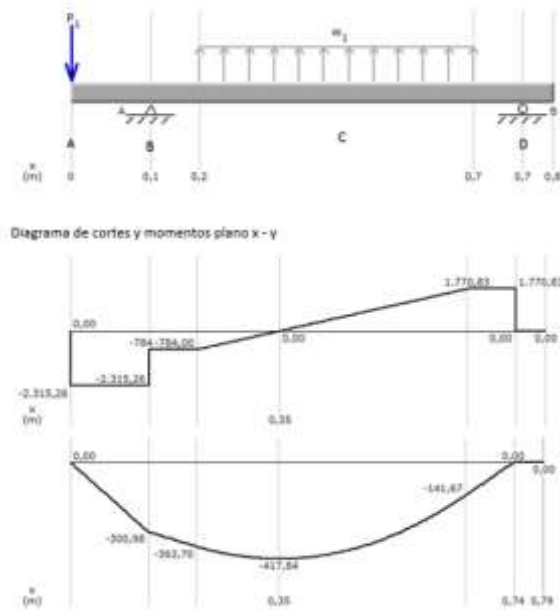
**Figura 5. Rodillo cortador, recuperado de SolidWorks 2013**

**Datos:**

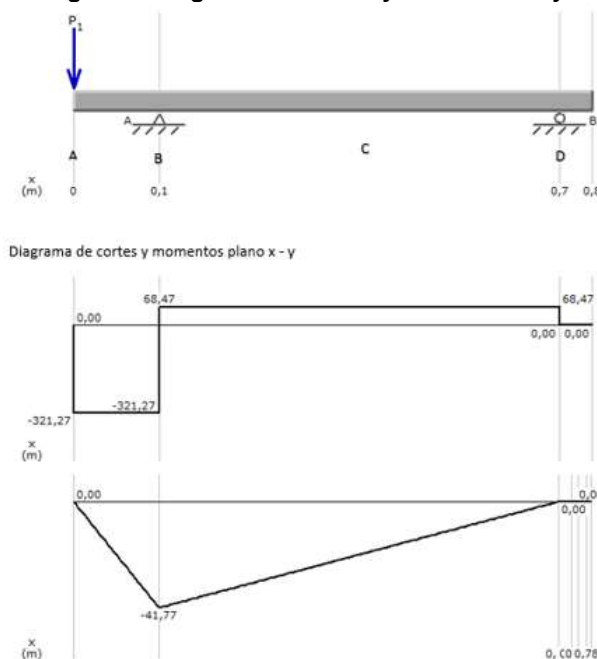
$Q = 5677,4N$

$FA = FC = (-2315.26 j - 321.27 k) N$

Al analizar las figuras 5. Con el programa MD-SOLID se obtuvo los respectivos diagramas de cortes y momentos, para así encontrar el valor del momento máximo (ver Figura 6. y Figura 7.).



**Figura 6. Diagrama de cortes y momentos x-y**



**Figura 7. Diagrama de cortes y momentos x-z**

Resultados obtenidos:

$R_B = (R_{Bx} + R_{By})$

$R_B = (389,74j + 1531,26k) [N]$

$R_B = (R_{Dx} + R_{Dy})$

$R_B = (-68,47j - 1770,83k)[N]$

**2.2.1.5.1.1 DISEÑO DEL EJE DE TRASMISIÓN**

Una vez analizado los diagramas de momentos proporcionados por el programa de MD-SOLIDS se utiliza dichos datos para realizar el diseño del eje basándose en el libro (Robert L. Mott, 2006), donde se utilizara las diferentes ecuaciones para obtener los diámetros necesarios para su posterior construcción.

**Ecuación 7. Momento resultante**

$M = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2}$

**Ecuación 8. Diseño para ejes**

$D = \left[ \frac{32N}{\pi} \sqrt{\left( \frac{K_t M}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$

**Ecuación 9. Resistencia a la fatiga real estimada**

$S'_n = S_n * C_m * C_{st} * C_R * C_S$

Reemplazando en la ecuación 9.

$S'_n = 250 * 1 * 1 * 0,81 * 0,72$

$S'_n = 145,8 MPa$

• **Punto A (Diámetro 1)**

En este punto se encuentra la cadena la cual produce torsión en el eje, en este punto no existe otra fuerza por lo cual el momento flexionante en A = 0.

- **Punto B (Diámetro 2)**

En el punto B se encuentra un rodamiento este posee un chaflán agudo, el cual proporciona el tope al rodamiento a la izquierda del rodamiento se encuentra un chaflán bien redondeado.

Los valores resultantes de dichos chaflanes se los tomo del libro (Robert L. Mott, 2006)

Chaflán bien redondeado  $K_t = 1,5$

Chaflán agudo  $K_t = 2,5$

- **Punto C (Diámetro 4)**

En el punto C se encuentra ubicados los discos de corte por lo cual esta sección es la que se encuentra sometida a la máxima esfuerzo y su momento es máximo

Resultados

Punto A

Datos:

$$M_A = 0$$

$$T_B = 255,28 \text{ N.m}$$

$$N = 2$$

$$S_y = 241 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación 8.

$$D1 = \left[ \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left( \frac{255,28}{241} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D1 = 0,027 \text{ m}$$

Punto B

Datos:

$$M_{Bz} = 41,77 \text{ N.m}$$

$$M_{By} = 300,98 \text{ N.m}$$

$$K_t = 1,5 \text{ Chaflán bien redondeado}$$

$$K_t = 2,5 \text{ Chaflán agudo}$$

$$S'_n = 145,8 \text{ MPa}$$

$$S_y = 241 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación 7.

$$M_B = 303,86 \text{ N.m}$$

Reemplazando en la ecuación 8.

$$D2 = \left[ \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left( \frac{1,5 * 303,86}{145,8} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{252,85}{241} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D2 = 0,040 \text{ m}$$

$$D3 = \left[ \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left( \frac{2,5 * 303,86}{145,8} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{252,85}{241} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D3 = 0,047 \text{ m}$$

Punto C

$$M_{Bz} = 26,7 \text{ N.m}$$

$$M_{By} = 417,84 \text{ N.m}$$

$$K_t = 2,5 \text{ Chaflán agudo}$$

$$S'_n = 145,8 \text{ MPa}$$

$$S_y = 241 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación 7.

$$M_B = 418,69 \text{ N.m}$$

Reemplazando en la ecuación 8.

$$D4 = \left[ \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left( \frac{1,5 * 418,69}{145,8} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{252,85}{241} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D4 = 0,052 \text{ m}$$

**2.2.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE VERTICAL**



Para el desarrollo del presente sistema luego de observar distintas técnicas y mediante pruebas previas se pudo observar que el sistema más idóneo que se adapta a las condiciones del corte vertical, es el corte con cizalla accionada por pistón neumático véase en la figura 8.



**Figura 8. Sistema de corte vertical, recuperado SolidWorks 2013**

### 2.2.2.1 DISEÑO DE LA GUILLOTINA

Esta guillotina es la encargada de cortar la masa de granola verticalmente para dimensionar dicha guillotina se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El corte que va a realizar la guillotina sobre la masa de granola previamente laminada es de un espesor de 15mm.
- La longitud de masa de granola a cortar en cada ciclo es de 450mm.
- La guillotina debe ser de acero inoxidable AISI 304, este es el material que mejor se adapta a las condiciones de corte
- Los componentes que se acoplan a la guillotina tienen que ser de fácil mantenimiento y remplazo.
- Fácil limpieza.

En base a los aspectos anteriormente señalados se tiene:



**Figura 9. Guillotina, recuperado SolidWorks 2013**

### 2.2.2.2 SELECCIÓN DE UN CILINDRO NEUMÁTICO

Para seleccionar el cilindro neumático con el que va a funcionar nuestro sistema de corte se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La fuerza con la que va a trabajar el cilindro neumático.
- La presión de trabajo que suministra el compresor.

El sistema está soportando un peso de 7,5 kg aproximadamente de los elementos que conforman el sistema; se sobredimensiona dicho peso por cuestión de seguridad en un 140% y se supone un peso de 10 kg. La presión de trabajo que entrega el compresor de la empresa es de 76.72 psi.

Tomando en cuenta que la fuerza necesaria será el peso de los elementos teniendo así:  $F = 10\text{kg}$ .

#### Ecuación 9. Fuerza del pistón

$$F = P \cdot A$$

**Donde:**

**F** = fuerza neumática necesaria

**P** = presión manométrica

**A** = área del embolo o pistón

Remplazando en la ecuación 9 se tiene:

$$10 = (A \times 5.29 \text{ bares})$$

$$A = \frac{10}{5.29} \text{ bar}$$

Para transformar de bares a  $\frac{kg}{cm^2}$  se multiplica por 1.02

$$A = 5.29 \times 1.02$$

$$A = 1.85 \text{ cm}^2$$

Para encontrar el diámetro del embolo se despeja y reemplaza los resultado de la ecuación 10

**Ecuación 10. Área del embolo**

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Reemplazando valores se tiene:

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1.85}{\pi}} = 1.53 \text{ cm}$$

En la selección del cilindro neumático se ha seleccionado uno de 5cm de diámetro debido a su ergonomía de fácil adaptación al sistema de corte vertical y una carrera de 4cm ya que es la distancia que se necesita para producir el movimiento de la guillotina. Las características del cilindro neumático seleccionado se encuentran en la tabla 2.

**Tabla 2. Características técnicas del cilindro neumático**

E.MC	
Serie/Tipo	FVBC 40X50-S
Ø Émbolo	50mm
Carrera	40mm
Tipo	Doble acción
Temperatura de trabajo	5, 70°
Fluido	Aire comprimido
Presión	4 - 8 bares

Con los datos obtenidos se procede a calcular el área del embolo empleando la ecuación 10.

$$A = \frac{\pi * 0.05^2}{4}$$

$$A = 0.00196 \text{ m}^2$$

Obtenida la área del embolo se procede a calcular la fuerza producida por el pistón empleando la ecuación 9

$$F = (529000 \text{ Pa}) * (0.00196 \text{ m}^2)$$

$$F = 1036,84 \text{ N}$$

### 2.2.3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA BASE

Ahora se analiza la estructura base (véase Figura 10.), ya que es un elemento de suma importancia en la construcción de nuestra máquina. El diseño

de la estructura está constituida mediante perfiles en acero ASTM – 36.



Figura 10. Estructura base, recuperado SolidWorks 2013

### 2.2.3.1. DETERMINACION DEL MOMENTO MÁXIMO

$P_1 = 1036,84 \text{ N}$  (Fuerza ejercida por la guillotina)

$P_2 = 5677,4 \text{ N}$  (Fuerza ejercida por el rodillo cortador horizontal)

$P_3 = 1729,9 \text{ N}$  (Fuerza ejercida por el rodillo laminador)

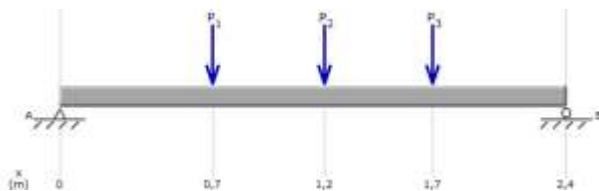


Figura 11. Análisis de la viga MD-SOLID

Al analizar la figura 11. Con el programa MD-SOLIDS se obtuvo el diagrama de cortes y momentos para así encontrar el valor del momento máximo (ver figura 12.).

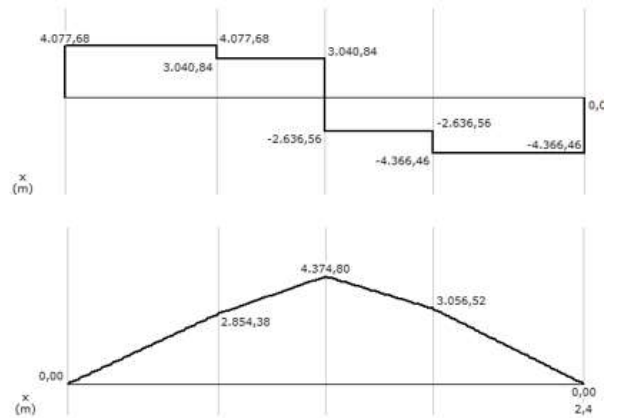


Figura 12. Diagrama de cortes y momentos

### 2.2.3.1. MÓDULO DE SECCIÓN PARA LA VIGA

Ecuación 11. Factor de seguridad

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

Donde:

$FS$  Factor de seguridad

$S_y$  Resistencia de fluencia

$\sigma_d$  Esfuerzo de diseño

Ecuación 12. Esfuerzo de diseño

$$\sigma_d = \frac{M_{max}}{S}$$

Donde:

$S$  Módulo de sección

$M_{max}$  Momento máximo = 4374800 N.mm

$\sigma_d$  Esfuerzo de diseño

Reemplazando en la ecuación 11

**Datos:**

$$FS = 2$$

$$S_y = 250 \text{ MPa} \text{ (Resistencia a la fluencia acero ASTM-36)}$$

$$2 = \frac{250 \text{ MPa}}{\sigma_d}$$

$$\sigma_d = 125 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación 12

$$125 \frac{N}{mm^2} = \frac{4374800 \text{ N.mm}}{S}$$

$$S = \frac{4374800 \text{ N.mm}}{125 \frac{N}{mm^2}}$$

$$S = 34998,4 \text{ mm}^3$$

O también se expresa

$$2,14 \text{ pulg}^3$$

### 2.3. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL

El diagrama de flujo del sistema de control véase figura 13, permite realizar con mayor facilidad la programación en el PLC de forma precisa, dicho proceso que demanda el corte de la granola tanto longitudinalmente como verticalmente.

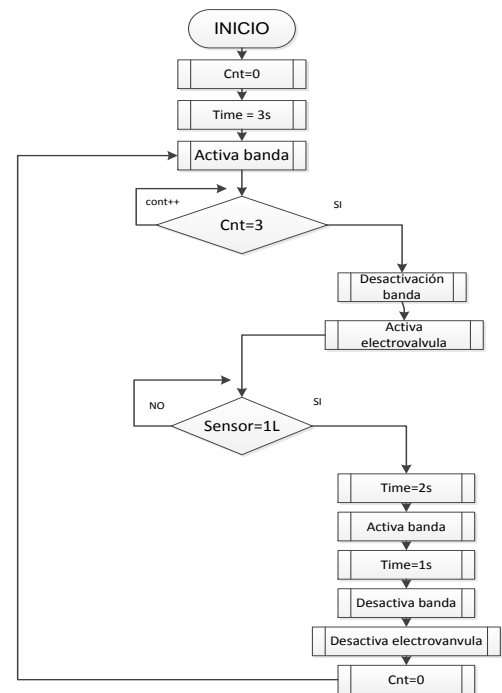


Figura 13. Diagrama de flujo

## 2. CONCLUSIONES

- En la optimización de parámetros se determinó, velocidad lineal 0.03144 m/s, velocidad angular 3.75 rpm, fuerza de corte específica de la granola 0,38  $N/mm^2$ . Todos estos parámetros son necesarios para la implementación de los sistemas de corte.
- Mediante la construcción de la máquina cortadora de granola se optimiza el proceso de corte de la misma, reduciendo el tiempo y aumentando la producción corte, el cual fluctúa entre los valores de 70 a 85 barras por minuto, dependiendo de la demanda de producto y de la eficiencia del personal.
- Para la construcción del sistema de corte vertical, se ha analizado tres sistemas mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados, encontrando más adecuado el sistema de corte con cizalla

accionada por pistón neumático ya que este sistema resulta de fácil montaje tanto de sus componentes mecánicos como los de control. Su mantenimiento resulta atractivo ya que todos los sistemas que conforman este método cuentan con la posibilidad de reparar y ser reemplazados con facilidad. Económicamente resulta rentable ya que el sistema neumático es relativamente barato

- Para la construcción del sistema de corte longitudinal se ha implementado un motor trifásico de  $\frac{3}{4}$  hp y esté controlado por medio de un variador de frecuencia, el cual regula la velocidad del motor, la transmisión de movimiento del motor al rodillo se la realiza mediante cadena, catarina con una relación de 3:1, la frecuencia ideal para el desplazamiento rotacional del rodillo es de 20.4 Hz.
- La implementación de un controlador lógico programable (PLC) en procesos industriales es de gran beneficio ya que ayuda a incrementar la producción, mejora el rendimiento notablemente y la calidad del producto, facilitando la utilización del operador.

### 3. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para futuras mejoras de la máquina, que es necesario de un proceso automático de separación y arreglo en las latas que van al horno luego de ser cortada las barras de granola ya que esta contiene glucosa y es necesaria una separación que agilite el proceso.
- Ya que el motor que proporciona movimiento al rodillo de corte se encontrara protegido no es necesario un mantenimiento continuo ni tampoco minucioso, por lo tanto el

mantenimiento del mismo debe ser una vez cada mil horas de trabajo, inspeccionando si existe vibración o sobrecalentamiento estos son indicadores previos al daño del motor.

- Para el sistema de transmisión por cadena se recomienda realizar una lubricación manual por goteo, utilizando una brocha o un canalón con vertedero al menos una vez cada 8 horas de funcionamiento, utilizar aceite SAE 30.
- Una vez finalizado el proceso de corte de la granola, se procede a lavar la maquina inmediatamente, enfatizando su limpieza en las partes que se encuentran en contacto directo con la granola verificando que no queden residuos de la misma.
- Se recomienda usar la máquina, sólo para el uso establecido, ya que si se da uso de esta con otro fin, el fabricante no se responsabiliza de daños ocasionados al equipo.
- En caso de que se de algún imprevisto ocasionado por el funcionamiento de los sistemas de corte, se debe utilizar el botón de paro de emergencia para detener el proceso y así evitar cualquier tipo de accidente
- Una vez finalizado el trabajo con la máquina asegurarse, que se encuentren todas las conexiones apagadas, como es la alimentación del sistema de control y la del sistema de potencia también revisar el compresor, cortando la alimentación de aire.
- Se recomienda a las pequeñas y medianas empresas industriales que implementen tecnología moderna ya que le permite cambiar sus procesos tradicionales y de esta manera optimizar los procesos haciéndolos más productivos y eficientes.
- Para futuras mejoras de la máquina se recomienda realizar un proceso continuo, donde no existan paros, los cuales aumentan

el tiempo y reducen la producción de barras de granola.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Northon, R. L. (2004). Diseño de Maquinaria. Cuarta Edición, Mc Graw Hill.
- [2] Siemens. (2013). Siemens. Recuperado el 21 de Marzo de 2014, de [http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA\\_16527461\\_HB/Logo\\_s.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/Logo_s.pdf).
- [3] Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos. México: Sexta Edición.
- [4] FESTO. (2000). Neumática Industrial . Colombia: DIDACTIC.
- [5] Solé, A. C. (2011). Neumática e Hidráulica. Madrid: Alfaomega. Obtenido de 2011.
- [6] Albany. (2014). Center for Environmental Health. Obtenido de Center for Environmental Health: [http://www.health.ny.gov/publications/7287\\_es.htm](http://www.health.ny.gov/publications/7287_es.htm)
- [7] Pirelli. (1961). Manual de cálculo de cintas transportadoras. Argentina: Chubut.
- [8] Albiz. (2013). Cintas transportadoras. Bogota: Santa teresa 2011.
- [9] Bartsch, W. (2008). Herramientas máquina trabajo. Reverte.

#### 5. BIOGRAFÍA DEL AUTOR

##### William Stalin Verdugo Reinoso



Nace en la ciudad de Quito perteneciente a Ecuador, el 12 de Marzo de 1991. Realizó sus estudios primarios en la escuela Guayaquil. Sus estudios secundarios los curso en el Instituto Tecnológico Superior “17 de Julio” en la especialidad de Mecánica Automotriz. Participó en el Concurso de robótica a nivel nacional Interuniversitario. Actualmente es egresado de la Universidad Técnica del Norte de Ibarra-Imbabura en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2015. Área de interés: Diseño mecánico, automatización de procesos y electrónica.



**TÉCNICA DEL NORTE UNIVERSITY**

**FACULTY OF ENGINEERING IN APPLIED SCIENCE**

**CAREER IN MECHATRONICS ENGINEERING**

**SCIENTIFIC ARTICLE**

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A CUTTING MACHINE FOR  
GRANOLA'S ENERGY BARS FOR THE INDUSTRIAL ENTERPRISE OF  
PRODUCTS "EL CHINITO S.C.C"**

**AUTHOR:**

William Stalin Verdugo Reinoso

**Ibarra – Ecuador**

**2015**

# DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A CUTTING MACHINE FOR GRANOLA'S ENERGY BARS FOR THE INDUSTRIAL ENTERPRISE OF PRODUCTS "EL CHINITO S.C.C"

William Stalin Verdugo Reinoso  
Mechatronic Engineer Career, Técnica del Norte University  
Ibarra, Ecuador  
[william.v1991@hotmail.com](mailto:william.v1991@hotmail.com)

## Abstract.

The development of this project, is created in base to the need to significantly improve efficiency in cutting granola energy bars in a quickly and accurate; for the cutting process previously the machine already performs kneading and laminated of the dough; the system develop shall be constituted as follows: the longitudinal cutting of granola will be performed by a roller which has rings who will be responsible to give the width of granola energy bars, the distance between rings is 3 cm will have 16 separations for get 15 bars per cut, the movement of roller it is done by a gearmotor and shall be controlled by a variable frequency drive.

The vertical cut it done through a guillotine this will consist of a pneumatic piston, a electrovalve, a sensor , an encoder and a PLC , The encoder is found coupled to the shaft of the band, this provides the measure of the bars, which are 10 cm per cut.

The machine performs 70 cuts for minute achieving so meet market demand.

## 3. INTRODUCTION

THE INDUSTRIAL ENTERPRISE OF PRODUCTS "EL CHINITO S.C.C". Today is dedicated to the

elaboration of granola energy bars, this process is performed manually preventing that the final product can enter on competition in the market, since its price is high." The stage of cut is one of the most important in the process since the elaboration of granola manually produced 30 bars in 4 minutes, produce 450 bars in an hour not satisfying the quantity of finished products since the company to meet its demand of daily intake needs to produce 70 bars per minute.

Implementing, a machine which is responsible for the process of cutting the granola would increase production, to automate the cutting process is reducing the time process and therefore will be a constant production decreasing the cost of the final product.

By having a machine suitable to be responsible granola energy bars cutting, the company can meet the demand in the market and thus increase their profits.

## 4. PRODUCTION PROCESSES OF GRANOLA BARS

To obtain different bars of granola, which must possess the required dimensions and thus comply with the requirements of the company must follow a procedure see Figure 1.



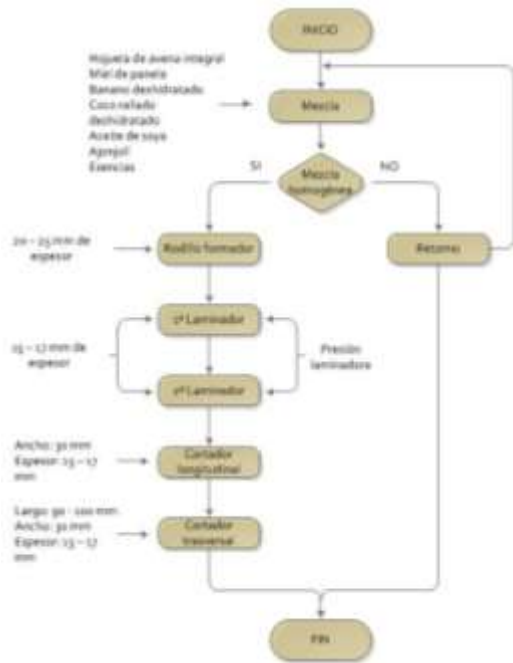


Figure 1. Flowchart of the production process

## 2.1 FIELD STUDY

THE INDUSTRIAL ENTERPRISE OF PRODUCTS "EL CHINITO S.C.C". is currently the granola by hand, so that you do not have complete information regarding parameters and cut granola mass media by which we proceed to perform tests for both the linear velocity data as specified by the cutting force of the mass

### 2.1.1 LINEAR VELOCITY

The linear velocity is defined as the ratio between travel and the time spent on it is measured in (m/s), the resulting value is obtained from the average of several measurements which I performed at 3 different times in a span of one week each, for thus consider parameters of mass in different conditions, as detailed (see table 1.).

#### Equation 0. Linear velocity

$$v = \frac{d}{t}$$

Where:

$v$  = linear velocity

$d$  = distance

$t$  = time

Table 0. Measurement of linear velocity

Linear velocity (m/s)	
Nº Measurements	Value
1	0,03145
2	0,03131
3	0,03144
4	0,03159
5	0,03135
6	0,03144
7	0,03155
8	0,03149
9	0,03144
10	0,03143
11	0,03146
12	0,03144
13	0,03149
14	0,03151
15	0,03144
16	0,03143
17	0,03124
18	0,03133
19	0,03138
20	0,03159

You get that, the linear velocity is 0.03144 m/s

### 2.1.2 CONSTANT SPECIFIC CUTTING FORCE OF THE MASS OF GRANOLA

The constant specifies cutting force granola mass is obtained by conducting court trials as shown (see Figure 2.), is quantified by means of a dynamometer measuring the force that is generated with respect to the section of mass of crossed granola.



**Figure 2. Specifies test performed to obtain the cutting force**

The constant specifies cutting force for the mass of granola is obtained with the following relation:

**Equation 2. Constant specific cutting force**

$$Ks = \frac{F}{A}; \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

**Where:**

F= force [N]

A= cutting area [ $mm^2$ ]

Ks= constant specific cutting force [ $N/mm^2$ ]

It quantifies the magnitude of force for different thicknesses, so the following average granola mass-specific cutting force is obtained is  $0,38 N/mm^2$ .

**2.2. DESIGN PARAMETERS**

THE INDUSTRIAL ENTERPRISE OF PRODUCTS "EL CHINITO S.C.C", requires that energy bars cutting machine of Granola run under the following conditions and complies with specified dimensions.

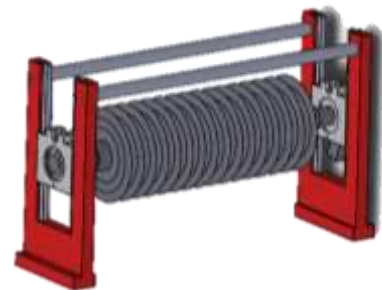
- The height of the work surface should be between 80 and 90 cm from the level of the finished floor.
- The length should be between 5000 to 5300 mm, taking into account that these size

satisfy the physical space available in the company.

- The width of the machine accessible up to 700 mm.
- The thickness of the mass of granola to be cut will be among the 15 to 20 mm.
- Electrical input power that the company is of type single phase 220V 60 Hz.

**2.2.1. DESIGN OF THE LONGITUDINAL CUT**

This system is responsible for cutting the mass of granola lengthwise using a roller, this has cut discs, which have the function of ripping the dough roller is driven by a gear motor, this is responsible for providing the force to make it turn the roller; should be noted that you there is with 16 discs cut and 17 separators by which is 15 longitudinal cuts (see Figure 3.).



**Figure 3. System longitudinal cut, SolidWorks 2013**

**2.2.1.1 DETERMINATION OF LINEAR VELOCITY**

The mass of granola is transported by means of a conveyor belt, has upon request of the company produced 70 bars/min these mass has a thickness of 15 mm to 20 mm properly laminated, in (section 2.1) field study Gets the average linear velocity that passes the dough at the time of the Court is 0,03144 m/s.

**2.2.1.2 DETERMINATION OF ANGULAR VELOCITY**

The obtain angular velocity was calculated on the basis of the linear velocity and the radius of the blade, the angular speed determines the speed needed to cut the dough through the roller slitting.

### Equation 3. Angular velocity

$$\omega = \frac{v}{r}$$

Where:

$\omega$  = angular velocity

$v$  = linear velocity

$r$  = radio of the cut-off

Replacing the values we have:

$$\omega = \frac{31.44 \text{ mm/s}}{80 \text{ mm}}$$

$$\omega = 0,393 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

It also represents

$$0,393 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ m}}$$

$$\omega = 3.75 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

### 2.2.1.3 CALCULATION OF FORCE

Make granola mass cutting, a cutting force, which is obtained from the done field study is required. In this way the cutting force is defined as:

### Equation 4. Cutting force

$$F = A * K_s$$

Where:

F = forcé cutting [N]

A = (area) mass section [ $\text{mm}^2$ ]

Ks= specific cutting force [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]

To obtain the mass section, calculated geometrically using the following analysis (see Figure 4.).

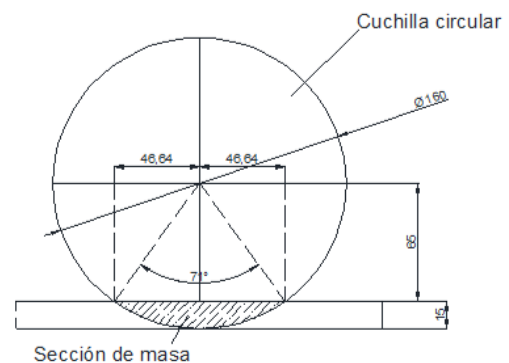


Figure 4. Determination of the mass section

The area of the circular sector is defined by the following relation obtained from the book of Bartsch working machines.

### Equation 5. Area section

$$A_{\alpha} = \frac{\pi * r^2 * \alpha}{360}$$

Where:

$A_{\alpha}$  = área section

r = radio

$\alpha$  = cutting angle

Replacing the values we have:

$$A_{\alpha} = \frac{\pi * (80 \text{ mm})^2 * 71}{360}$$

$$A_{\alpha} = 3965,39 \text{ mm}^2$$

The area of the triangle formed at the intersection of the blade with the mass is obtained from the following relationship:

#### Equation 6. Calculating area of the triangle

$$A_{\triangle} = \frac{b \cdot h}{2}$$

Where:

$A_{\triangle}$  = area of the triangle

b = base of the triangle

h = height of the triangle

Replacing the values we have:

$$A_{\triangle} = \frac{93,28 \cdot 65}{2}$$

$$A_{\triangle} = 3031,6 \text{ mm}^2$$

So, the section of the mass is obtained from the difference between the previously calculated areas.

$$A = A_{\square} - A_{\triangle}$$

$$A = (3965,39 - 3031,6) \text{ mm}^2$$

$$A = 933,79 \text{ mm}^2$$

Replacing values in equation 4. We have:

$$F = 933,79 \text{ mm}^2 \cdot 0,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$F = 354,84 \text{ [N]}$$

Force that is cutting force generated in a blade so having 16 blades relates directly proportionally.

$$F = 354,84 \text{ [N]} \cdot 16$$

$$F = 5677,4 \text{ [N]}$$

#### 2.2.1.4 POWER CALCULATION

##### Equation 6. Power

$$P = F \cdot v$$

Where:

P = power [watts]; [hp]

F = Force [N]

$v$  = linear velocity [m/s]

Replacing the values we have:

$$P = 5677,4 \text{ [N]} \cdot 0,03144 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P = 178,49 \text{ watts}$$

$$P = 178,49 \text{ watts} \cdot \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ watts}}$$

$$P = 0,249 \text{ hp}$$

#### 2.2.1.5 DESIGN OF THE CUTTING ROLLER SHAFT

In the figure you can see all forces that Act on the Court roll.

##### 2.2.1.5.1 THE AXIS FORCES

In the figure you can see all forces that Act on the Court roll.



Figure 5. Roller cutter, recovered from SolidWorks 2013

Data:

$$Q = 5677,4N$$

$$F_A = F_C = (-2315,26j - 321,27k) N$$

Analyzing the figures 5. MD-SOLID program was obtained the respective diagrams of cuts and moments, to find the value of the maximum moment (see Figure 6. and Figure 7.).

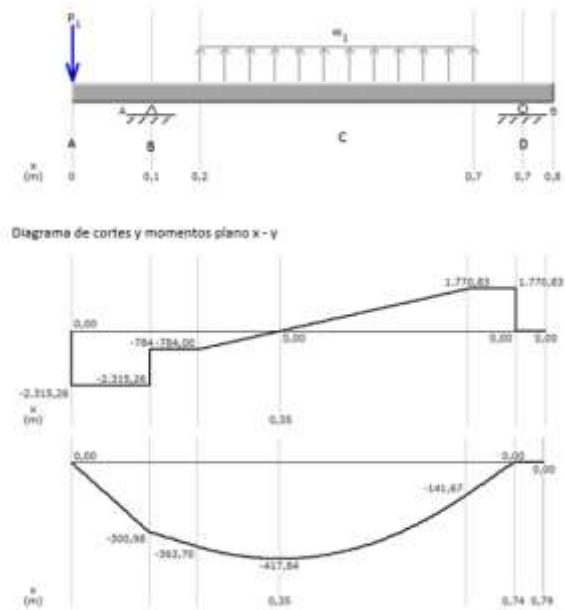


Figure 6. Diagram of cuts and moments x -y

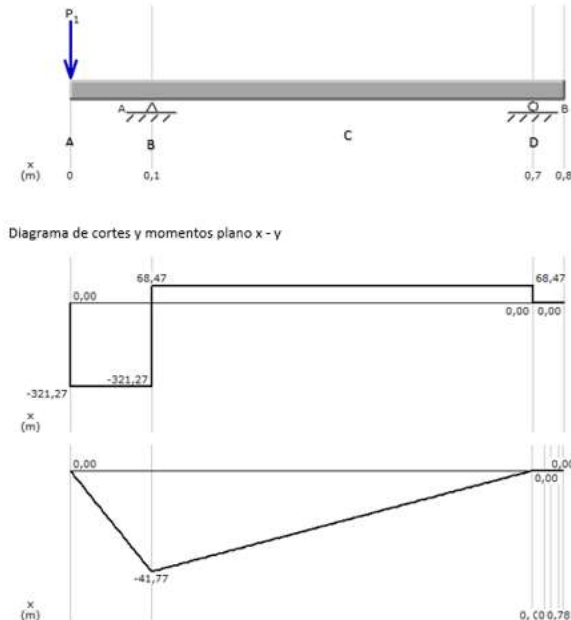


Figure 7. Diagram of cuts and moments x -z

Results obtained:

$$R_B = (R_{Bx} + R_{By})$$

$$R_B = (389,74j + 1531,26k) [N]$$

$$R_B = (R_{Dx} + R_{Dy})$$

$$R_B = (-68,47j - 1770,83k)[N]$$

### 2.2.1.5.1.1 DESIGN OF THE TRANSMISSION SHAFT

Analyzed once diagrams moments provided by MD-SOLIDS program is used such data to make the shaft design based on the book (Robert L. Mott, 2006), where different equations used to obtain required diameters for subsequent construction.

Equation 7. Resulting time

$$M = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2}$$

Equation 8. Design for shafts

$$D = \left[ \frac{32N}{\pi} \sqrt{\left( \frac{K_t M}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Equation 9. Fatigue resistance real estimated

$$S'_n = S_n * C_m * C_{st} * C_R * C_S$$

Replacing in equation 9.

$$S'_n = 250 * 1 * 1 * 0,81 * 0,72$$

$$S'_n = 145,8 MPa$$

- Point A (diameter 1)

At this point is the chain which produces torque on the shaft, in this point there is another force which the moment flexionante  $a = 0$ .

- **Point B (diameter 2)**

In point B is a bearing this possesses a sharp chamfer, which provides the stop rolling to the left of the bearing is a well-rounded chamfer.

I take the resulting values of the chamfers is book (Robert L. Mott, 2006)

Well-rounded chamfer  $K_t = 1,5$

Acute chamfer  $K_t = 2,5$

- **Point C (diameter 4)**

Point C is located the cutting disks so this section is the one that is subject to the maximum effort and time is maximum

Results

**Point A**

Dates:

$$M_A = 0$$

$$T_B = 255,28 \text{ N.m}$$

$$N = 2$$

$$S_y = 241 \text{ MPa}$$

Replacing in the equation 8.

$$D1 = \left[ \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left( \frac{255,28}{241} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D1 = 0,027 \text{ m}$$

**Point B**

Dates:

$$M_{Bz} = 41,77 \text{ N.m}$$

$$M_{By} = 300,98 \text{ N.m}$$

$$K_t = 1,5 \text{ Chamfer well rounded}$$

$$K_t = 2,5 \text{ Chamfer acute}$$

$$S'_n = 145,8 \text{ MPa}$$

$$S_y = 241 \text{ MPa}$$

Replacing in the equation 7.

$$M_B = 303,86 \text{ N.m}$$

Replacing in the equation 8.

$$D2 = \left[ \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left( \frac{1,5 * 303,86}{145,8} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{252,85}{241} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D2 = 0,040 \text{ m}$$

$$D3 = \left[ \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left( \frac{2,5 * 303,86}{145,8} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{252,85}{241} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D3 = 0,047 \text{ m}$$

**Point C**

$$M_{Bz} = 26,7 \text{ N.m}$$

$$M_{By} = 417,84 \text{ N.m}$$

$$K_t = 2,5 \text{ Chaflán agudo}$$

$$S'_n = 145,8 \text{ MPa}$$

$$S_y = 241 \text{ MPa}$$

Replacing in the equation 7.

$$M_B = 418,69 \text{ N.m}$$

Replacing in the equation 8.

$$D4 = \left[ \frac{32 * 2}{\pi} \sqrt{\left( \frac{1,5 * 418,69}{145,8} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{252,85}{241} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D4 = 0,052 \text{ m}$$

### 2.2.2. DESIGN OF THE VERTICAL CUT SYSTEM

The development of this system then observe different technical and previous tests could be observed that the most suitable system that adapts to the conditions of vertical cut, is cut with shears powered by pneumatic piston see Figure 8.



Figure 8. System of vertical cut, recovered SolidWorks 2013

### 2.2.2.1 DESIGN OF THE GUILLOTINE

This guillotine is responsible for cutting granola mass vertically to measure such guillotine must take into account the following aspects:

- The cut going to the guillotine on the mass of previously laminated granola is a thickness of 15 mm.
- The mass of granola to be cut in each cycle is 450 mm.
- The guillotine must be of stainless steel AISI 304, this is the material that best suits the cutting conditions
- The components that are attached to the guillotine should be easy maintenance and replacement.

Based on the above mentioned aspects you have:



Figure 9. Guillotine, recovered SolidWorks 2013

### 2.2.2.2 SELECTION OF A PNEUMATIC CYLINDER

To select the pneumatic cylinder which will run our court system is must take into account the following parameters:

- The force that goes to work pneumatic cylinder
- Working pressure which supplies compressor
- The weight of the components that are attached to the system

The system is under a weight of 7.5 kg approximately of the elements that make up the system; it exaggerates this weight by security by 140% and assumes a weight of 10 kg.

Working pressure which supplies compressor with which the company has 120 PSI, is a 10 hp compressor.

Below is the relevant calculations:

#### Equation 9 Piston force

$$F = P \cdot A$$

**Where:**

**F** = pneumatic force required

**P** = pressure gauge (pressure given by the compressor)

**A** = area of the plunger or piston

Replacing in equation 9 is:

$$10 = (A \times 5.29 \text{ bares})$$

$$A = 10 / 5.29 \text{ bar}$$

To convert bars to  $\frac{kg}{cm^2}$  is multiplied by 1.02

$$A = 5.29 \times 1.02$$

$$A = 1.85 \text{ cm}^2$$

To find the diameter of the plunger is clear and replaces the result from equation 10.

**Equation 10. Area of the plunger**

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

Replacing values is:

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1.85}{\pi}}$$

$$D = 1.53 \text{ cm}$$

In the selection of pneumatic cylinder has been selected one of 5cm in diameter due to its ergonomics of easy adaptation to the system of vertical cut and a race of 4 cm it is the distance that is needed to produce the motion of the guillotine. The characteristics of selected pneumatic cylinder are found in table 2.

**Table 2. Technical characteristics of pneumatic cylinder**

E.MC	
Series/type	FVBC 40 X 50 - S
Or plunger	50mm
Career	40mm
Type	Double action
Working temperature	5, 70 °
Fluid	Compressed air
Pressure	4-8 bars

With the data obtained proceeds to calculate the area of the plunger using equation 10.

$$A = \frac{\pi * 0.05^2}{4}$$

$$A = 0.00196 \text{ m}^2$$

Obtained the area of the piston we proceed to calculate the force produced by the piston using equation 9

$$F = (529000 \text{ Pa}) * (0.00196 \text{ m}^2)$$

$$F = 1036,84 \text{ N}$$

**2.2.3 DESIGN OF BASE STRUCTURE**

Now analyzes the structure base (see Figure 10.), since it is an element of utmost importance in the construction of our machine. The design of the structure is made up profiles in steel ASTM - 36.





Figure 10. Structure base recovered SolidWorks 2013

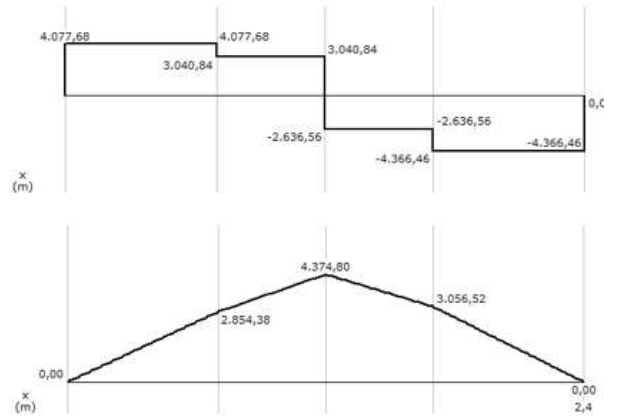


Figure 12. Diagram of cuts and moments

### 2.2.3.1. DETERMINATION OF THE MAXIMUM MOMENT

$P_1 = 1036,84 \text{ N}$  (Force exerted by the guillotine)

$P_2 = 5677,4 \text{ N}$  (Force exerted by the horizontal cutter roller)

$P_3 = 1729,9 \text{ N}$  (Force exerted by the roller mill)

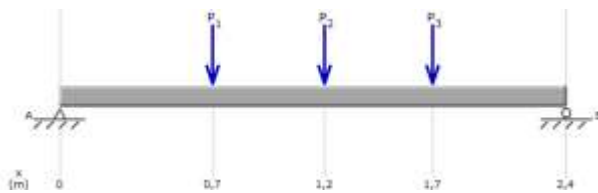


Figure 11. MD-SOLID beam analysis

Analyzing the figure 11. MD-SOLIDS program was the diagram of cuts and moments to find the value of the maximum moment (see Figure 12).

### 2.2.3.1. MODULE FOR BEAM SECTION

Equation 11. Safety factor

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_d}$$

Where:

$FS$  Safety factor

$S_y$  Creep resistance

$\sigma_d$  Design effort

Equation 12. Module the section

$$\sigma_d = \frac{M_{max}}{S}$$

Where:

$S$  Section module

$M_{max}$  Maximum moment

$\sigma_d$  Design effort

Replacing in the equation 11

$$FS = 2$$

$$S_y = 250 \text{ MPa}$$

$$2 = \frac{250 \text{ MPa}}{\sigma_d}$$

$$\sigma_d = 125 \text{ MPa}$$

Replacing in the equation 12

$$125 \frac{N}{\text{mm}^2} = \frac{4374800 \text{ N.mm}}{S}$$

$$S = \frac{4374800 \text{ N.mm}}{125 \frac{N}{\text{mm}^2}}$$

$$S = 34998,4 \text{ mm}^3 \text{ o } 2,14 \text{ pulg}^3$$

### 2.3. CONTROL SYSTEM FLOW DIAGRAM

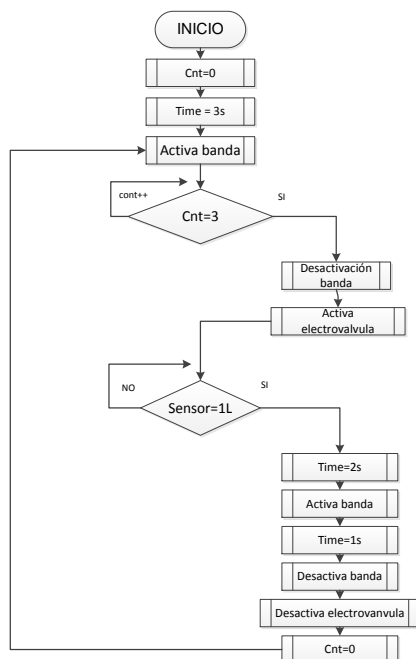


Figure 13. Flowchart

### 6. COST ANALYSIS

- In the optimization of parameters was determined, linear speed 0.03144 m/s, angular velocity 3.75 rpm, cutting force specifies the Granola 0.38 N/mm<sup>2</sup>. All these parameters are necessary for the implementation of court systems.
- Through the construction of slicer's granola is optimized cutting of the same process, reducing time and increasing the production cut, which fluctuates between the values of 70 to 85 bars per minute, depending on the demand for product and the efficiency of the staff.
- For the construction of the vertical cut system, it has analyzed three sets by using the fixed ordinal method of weighted criteria, finding most suitable cutting system with shears powered by pneumatic piston since this system is easy to install much of its mechanical components such as the control. Maintenance is attractive because all the systems that make up this method have the possibility of repair and be replaced with ease. It is economically profitable since the pneumatic system is relatively inexpensive.
- For the construction of the system of slitting ¾ hp three phase motor has been implemented and is controlled by a frequency inverter, which regulates the speed of the motor, transmission of the motor movement to roll performed by string, catarina with a ratio of 3:1, the ideal frequency for the rotational movement of the roller is 20.4 Hz.

- Production, significantly improves the performance and the quality of the product, facilitating the use of the operator.

## 7. RECOMMENDATIONS

- Is recommended for future improvements of the machine, whereas an automatic process of separation and arrangement in cans ranging baked after being cut granola bars since it contains glucose and a separation that agillite the process is required.
- Since engine that provides motion to cut roll you'll find protected neither thorough nor continuous maintenance is not necessary, therefore the maintenance of the product must be once every thousand hours of work, checking if there is vibration or overheating these are indicators prior to the damage of the engine.
- For chain transmission system is recommended to perform a manual drip lubrication, using a brush or a gutter with Weir at least once every 8 hours of operation, use SAE 30 oil.
- Once the process of cutting of granola, proceeds to wash the machine immediately, emphasizing its cleaning in the parts that are in direct contact with the granola verifying that there are no residues of the same.
- Is recommended to use the machine only for the established, since if you use it for another purpose, the manufacturer is not responsible for damage to equipment.
- Should be of some unexpected caused by the operation of cutting systems, you should use the emergency stop button to stop the process and avoid any kind of accident
- Is recommended for small and medium-sized industrial enterprises that implement modern technology since it allows you to change their

traditional processes in this way optimize the processes making them more productive and efficient.

8. For future improvements of the machine it is recommended to perform a continuous process, where there are no stoppages, which increase the time and reduce the production of granola bars. **REFERENCES**

[1] Northon, R. L. (2004). Diseño de Maquinaria. Cuarta Edición, Mc Graw Hill.

[2] Siemens. (2013). Siemens. Recuperado el 21 de Marzo de 2014, de [http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA\\_16527461\\_HB/Logo\\_s.pdf](http://cache.automation.siemens.com/dnl/zQ/zQ1ODg5AAAA_16527461_HB/Logo_s.pdf).

[3] Mott, R. L. (2006). Mecánica de Fluidos. México: Sexta Edición.

[4] FESTO. (2000). Neumática Industrial . Colombia: DIDACTIC.

## 9. ABOUT AUTHOR

### William Stalin Verdugo Reinoso



Born in the city of Quito from Ecuador, on March 12 of 1991. He studied primary school Guayaquil. High school course in the higher technological Institute "17 Julio" in the specialty of auto mechanics. He participated in the Robotics national inter-university competition. Currently he is a graduate of Northern technical college in Ibarra-Imbabura in engineering in Mechatronics in 2015. Area of interest: mechanical design, process automation and electronics.