



Corporación Universitaria Autónoma de Nariño
INGENIERIA MECANICA

“Implementación de un prototipo de trillado y separación de frijol seco en una máquina desgranadora convencional en el municipio de Ancuya.”

Santiago Martínez Enríquez, Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Facultad de Ingeniería Mecánica, martinezenriquez99@hotmail.com

José Pianda Díaz, Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Facultad de Ingeniería Mecánica, josehpd1@hotmail.com

SAN JUAN DE PASTO ABRIL DE 2022

Resumen

En el siguiente artículo se dará a conocer todos los aspectos y la metodología que se utilizó para poder realizar nuestro proyecto denominado “Implementación de un prototipo de trillado y separación de frijol seco en una máquina desgranadora convencional en el municipio de Ancuya.”, dentro de estos aspectos se mostrara lo que fueron los cálculos necesarios para determinar los puntos óptimos de funcionamientos así como también cual fue el proceso de diseño para este proyecto el cual fue apoyado por herramientas informáticas y por último se dará a conocer los materiales utilizados para la construcción del prototipo.

Abstract:

The following article will reveal all the aspects and the methodology that was used to carry out our project called " Implementation of a prototype for threshing and separating dry

beans in a conventional shelling machine in the municipality of Ancuya.", within these aspects it will be shown what the necessary calculations were for determine the optimal operating points as well as what was the design process for this project which was supported by computer tools and finally the materials used for the construction of the prototype will be revealed.

I. OBJETIVOS

- Objetivo general:
- Implementar un prototipo de trillado y separación de frijol seco a través de una maquina convencional mejorando su producción
- Objetivos específicos:
 1. Analizar el proceso de cómo funcionan las partes mecánicas que poseen las maquinas desgranadoras existentes en el mercado actual.

2. Diseñar el prototipo mejorado de la máquina trilladora de frijol seco que permita una mayor producción de granos de frijol seco.
3. Construir un prototipo que sea mucho más eficiente y facilite la mano de obra de los agricultores.
4. Realizar pruebas de funcionamiento sobre la maquina trilladora comprobando mayor producción y una adecuada selección de los granos de frijol seco.

II. MARCO TEÓRICO

El proyecto de trabajo trata en la investigación de la materia prima que es el frijol, una de las especies más conocida del género Phaseolus en la familia Fabaceae este es cultivado en climas tropicales y templados puesto que la semilla requiere de suelos muy profundos y fértiles. (ÁLVARO SOLER GARZÓN, 2009)

III. DESARROLLO

Construcción de la maquina

Estructura

Para la construcción de la estructura se emplearon ángulos de 3/16 x 2". La cual es acoplada mediante tornillos 7/16 x 1" ¼ lo que permite se desarmable y facilitar su transporte

Construcción del eje trillador

El eje es diseñado con un acero 41- 40 1" ¼ el cual es cortado a una medida de 80 cm para posteriormente ser soldadas las platinas circulares y espigas (varilla corrugada de 1/2 in) soldadas con electrodo 6011.

Construcción del ventilador

Se realiza el ventilador con lamina calibre 18, eje en acero 10 - 45 de 1"

Construcción de la cubierta y tolva.

Para su construcción se utilizó lamina calibre 18, electrodos 6011 y bisagras para cortinas. El primer

paso es doblar la lámina de forma circular con un diámetro 50 cm y soldarla con las tapas laterales, después son soldadas a esta varilla de ½" para optimizar el trillado.

IV. METODOLOGIA

Lo primero que se realizó en nuestro proyecto fue el diseño el cual fue realizado con la ayuda del software de diseño denominado SolidWorks en él se realizó los ajustes necesarios al modelo escogido, luego se realizaron cálculos necesarios para saber el tipo de motor el cual nos suministre la potencia necesaria para el funcionamiento de nuestro prototipo, al tener todo concluido se procedió a la compra de materiales necesarios para posteriormente empezar a construir el prototipo luego de esto se realizaron pruebas de funcionamiento en donde se evidencio algunas fallas que fueron corregidas, al estar nuestro prototipo funcionando como último punto se procedió con la pintura para la entrega del mismo.

V. CALCULOS

A continuación, utilizamos la siguiente ecuación 1 para determinar la potencia necesaria del motor

$$P = (T + Lt * \alpha) W$$

Calculo torque:

Para calcular el torque se emplea la ecuación 2

$$T = F * R * n$$

Según estudios realizados en laboratorios la fuerza necesaria para desgranar la cascara de frijol es de 2 kgf (CHIMBORAZO, 2016)

$$1 \text{ kg f} = 9,8 \text{ N}$$

$$2 \text{ kg f} * \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ Kg f}} = 19,6 \text{ N}$$

Diámetro del rodillo = 53 cm

Radio del rodillo = 26.5 cm

Numero de espigas = 25

Se reemplaza en la ecuación 2 los valores encontrados anteriormente.

$$T = F * R * n$$

$$T = 19,6 \text{ N} * 0,265 \text{ m} * 25$$

$$T = 129,85 \text{ N*m}$$

Con los valores encontrados anteriormente se inicia con los cálculos para determinar el diámetro del eje necesario para soportar todas las fuerzas al que va a ir sometido.

Calculo de inercia de los ejes

Momento de inercia eje solido (eje principal)

Para calcular la inercia de un eje solido se emplea la ecuación 3

$$I_c = \frac{1}{2} m * R^2$$

Para encontrar el valor real del diámetro del eje se toma un valor inicial de 2"

$$\text{Diámetro del eje} = 2 \text{ in} = 50,0 \text{ mm}$$

Para calcular la masa del eje se emplea la siguiente ecuación y donde se reemplaza con datos obtenidos anteriormente y valores necesarios de otras referencias.

La masa de 2 in la cual tiene un peso de 15.9 kg/m (ver figura 14)

$$\text{Masa} = \frac{15,9 \text{ kg}}{1 \text{ m}} * 0,73 \text{ m}$$

$$\text{Masa} = 11,60 \text{ kg}$$

Se reemplaza en la ecuación 3 los valores encontrados anteriormente.

$$I_c = \frac{1}{2} m * R^2$$

Como la medida del diámetro de nuestro eje seleccionado hasta el momento es de 2 in se debe hacer la conversión a m, donde

$$1 \text{ pulg} = 0,0254 \text{ m}$$

$$I_c = \frac{1}{2} (11,60 \text{ kg}) * (0,0254 \text{ m})^2$$

$$I_c = 3,74 * 10^{-3} \text{ kg} * \text{m}^2$$

- Calculo para la aceleración de ángulos

Para calcular la aceleración angular se emplea la ecuación 6 de donde se va a necesitar determinara valores a criterio de esta investigación basándose en valores planteados de otras investigaciones.

$$\alpha = \frac{W - W_0}{t}$$

Según (CHIMBORAZO, 2016) para no dañar el producto las velocidades deben estar entre 800 a 1200 rpm

Para la que decidió tomar 900 rpm lo cual equivale a $W = 94,247 \text{ rad/seg}$

La velocidad angular inicial es equivalente a cero ya que el motor se encuentra en reposo

El tiempo que se tarda en alcanzar la velocidad máxima es de $t = 3 \text{ seg}$

Se reemplaza en la ecuación 6 los valores encontrados anteriormente para poder determinar la velocidad angular en el eje desgranador.

$$\alpha = \frac{W - W_0}{t}$$

$$\alpha = \frac{94,247 \frac{\text{rad}}{\text{seg}} - 0 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}}{3 \text{ seg}}$$

$$\alpha = 31,415 \text{ rad/seg}^2$$

Como ya se encontraron todos los valores para poder determinar la potencia adecuada del motor para el prototipo se procede a reemplazarlos en la ecuación 1 y se determina la potencia del motor.

$$P = (T + Lt * \alpha) W$$

$$P = (129,85 \text{ N*m} + (3,74 * 10^{-3} \text{ kg} * \text{m}^2)(31,415 \text{ rad/seg}^2))(94,247 \text{ rad/seg})$$

$$P = 12249,04 \text{ W}$$

Obteniendo la potencia del motor en watt se hace la conversión a hp

Convertimos w a hp

$$P = 12249,04 \text{ w} * \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ w}}$$

$$P = 16.5 \text{ hp}$$

Si la potencia calculada fuera adecuada y las espigas trabajaran a una fuerza de corte de 2 kgf, pero solo las primeras espigas trabajan a esta fuerza de corte, el resto no produce mucha carga por esta razón la potencia se divide entre 2. Esto se debe al encender el motor la maquina se encuentra en reposo, es decir sin carga y por este motivo el eje no genera resistencia, al contrario, por la inercia actúa a favor del movimiento (CHIMBORAZO, 2016)

De acuerdo al anterior análisis la potencia que requiere la maquina es de

$$P_{req} = \frac{16.5 \text{ hp}}{2} = 8.3 \text{ hp}$$

Para lo cual se emplea un motor mono cilindro a gasolina



Calculo eje principal

Para continuar con los cálculos del diámetro del eje seleccionamos el tipo de acero con el cual se va a trabajar, de donde vamos a tener unos esfuerzos que soportara dicho material (figura 8) los cuales son:

Acero 41-40

$$S_y = 1640 \text{ Mpa}$$

$$S_{ut} = 1770 \text{ Mpa}$$

Potencia de entrada = PE= 8.3 Hp se aproxima a 9 Hp por motivos de algún cambio en su diseño.

Como en la ecuación no se puede emplear hp por lo cual se convierte a watts

$$9 \text{ Hp} = 6714 \text{ w}$$

Torque de entrada

Para calcular el torque se emplea la ecuación 9

$$\text{Torque entrada} = T_e = \frac{P \cdot E}{w}$$

A continuación, encontramos la velocidad angular a partir de la ecuación 8

$$W = \text{rpm utilizadas} * \frac{2\pi}{60}$$

Las revoluciones por minuto del eje serán de 900 rpm máximo

$$W = 900 * \frac{2\pi}{60}$$

$$W = 94.25 \text{ rad/s}$$

Se reemplaza en la ecuación 9 los valores encontrados anteriormente para encontrar el torque de entrada al cual será sometido el eje desgranador.

$$T_e = \frac{PE}{w}$$

$$T_e = \frac{6714 \text{ w}}{94.25 \text{ rad/s}}$$

$$T_e = 71,21 \text{ Nm}$$

Para continuar con el proceso de deben encontrar las fuerzas que ejercen sobre la polea del eje desgranador empleando la ecuación 10, lo que ayuda a determinar el diámetro de la misma para tener los rpm seleccionados.

$$\text{Fuerza polea} = \frac{T_e}{r (\text{radio polea})}$$

$$F_p = \frac{71,21 \text{ Nm}}{0,100\text{m}}$$

$$F_p = 712.15 \text{ N}$$

Fuerza ejercida sobre el eje

Para calcular la fuerza sobre el eje se emplea la ecuación 7

$$F = m \cdot g$$

Longitud del eje = 730 mm.

Para determinar la masa total del rodillo desgranador se toma en cuenta el peso del eje y sus demás componentes, a los cuales se les asignará un valor cercano el cual se calculará con el peso de las varillas y platinas ya que no se sabe con exactitud el peso final hasta su construcción.

Masa del rodillo = 12 kg(aprox)

Para calcular la masa de las varillas se toma la medida de ellas y cuantas son. (ver figura 15)

$$\text{Masa varillas} = 24 \text{ cm} * 25 \text{ varillas} = 600 \text{ cm} = 6 \text{ m}$$

$$M_{tv} = 6\text{m} * 0,994 \text{ kg/m} = 5,96 \text{ kg} = 6 \text{ kg}$$

Para calcular la masa de las platinas se toma en cuenta su área:

Como el diámetro de las platinas es de 13 cm, se toma un cuadrado y la masa sobrante es un aproximado a la masa de la soldadura. (ver figura 16)

$$\text{Área platina} = 0,13\text{m} * 0,13 \text{ m} = 0,0169 \text{ m}^2$$

$$M_{\text{platina}} = \frac{99,59 \text{ kg}}{1 \text{ m}^2} * 0,0169\text{m}^2 = 1,68 \text{ kg}$$

Ahora se lo multiplica por el número de platinas

$$M_{\text{total}} = 1.68 * 5 = 8,41 \text{ kg}$$

$$\text{Masa total del eje desgranador} = 12 \text{ kg} + 6 \text{ kg} + 8,41\text{kg} = 26,41 \text{ kg}$$

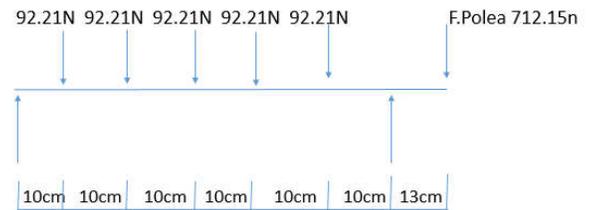
$$\text{Masa del material frijol seco en el rodillo} = 20 \text{ kg}$$

$$\text{Masa total sobre el eje} = 27 \text{ kg (aprox)} + 20 \text{ kg} = 47 \text{ kg}$$

Se reemplaza en la ecuación 7 los valores encontrados anteriormente.

$$\text{Fuerza total ejercida sobre el eje} = 47 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_{te} = 461,07 \text{ N}$$



Se decide distribuir la fuerza en 5 a lo largo del eje

$$\frac{461,07 \text{ N}}{5} = 92,21 \text{ N}$$



A continuación, se realiza el diagrama de distribución de fuerzas para determinar los momentos y cortantes que actuaran sobre el eje

Plano X – Y

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{ay} - 92.21N - 92.21N - 92.21N - 92.21N - 92.21N - 712.15N + R_{fy} = 0$$

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0 \\ -92.21N (0cm) - 92.21N (20cm) - 92.21N (30cm) \\ - 92.21N (40cm) - 92.21N (50cm) - 712.15N \\ (73cm) + R_{fy} (60cm) = 0 \end{aligned}$$

$$R_{fy} (60cm) = 922,1Ncm + 1844,2Ncm + 2766,3Ncm + 3688,4Ncm + 4610,5Ncm + 51986,95Ncm$$

$$\begin{aligned} R_{fy} (60cm) &= 65818,45Ncm \\ R_{fy} &= 65818.45Ncm / 60cm = 1096,97N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{ay} &= 92,21N + 92,21N + 92,21N + 92,21N + \\ &92,21N + 712,15N - 1096,97N \\ R_{ay} &= 76,23N \end{aligned}$$

Fuerzas cortantes planos X – Y

Corte A – B

$$\sum F_y = 0$$

$$76,23N - V = 0$$

$$V = 76,23N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-V_x - M = 0$$

$$-M = V_x$$

$$M = -76,23Nx$$

$$X = 0 ; M = 0$$

$$X = 0.10m ; M = -7,62Nm$$

Corte A – C

$$\sum F_y = 0$$

$$76,23N - 92,21N - V = 0$$

$$V = -15,98N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-92,21N (0,10m) + 15,98Nx - M = 0$$

$$M = -92,21N (0,10m) + 15,98Nx$$

$$X = 0,20m ; M = -6,025Nm$$

Corte A – D

$$\sum F_y = 0$$

$$76,23N - 92,21N - 92,21N - V = 0$$

$$V = -108,19N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-92,21N (0,10m) - 92,21N (0,20m) + 108,19Nx - M = 0$$

$$M = -92,21Nm - 18,442Nm + 108,19Nx$$

$$X = 0,30m ; M = 4,795Nm$$

Corte A – E

$$\sum F_y = 0$$

$$76,23N - 92,21N - 92,21N - 92,21N - V = 0$$

$$V = -200,4N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-92,21N (0,10m) - 92,21N (0,20m) - 92,21N (0,30m) + 200,4Nx - M = 0$$

$$M = -9,221Nm - 18,442Nm - 27,66Nm + 200,4Nx$$

$$X = 0,40m ; M = 24,83Nm$$

Corte A – F

$$\sum F_y = 0$$

$$76,23N - 92,21N - 92,21N - 92,21N - 92,21N - V = 0$$

$$V = -292,61N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-92,21N (0,10m) - 92,21N (0,20m) - 92,21N (0,30m) - 92,21N (0,40m) + 292,61Nx - M = 0$$

$$M = -9,221Nm - 18,442Nm - 27,66Nm - 36,88Nm + 292,61Nx$$

$$X = 0,50m ; M = 54,162Nm$$

Corte A – G

$$\sum F_y = 0$$

$$76,23N - 92,21N - 92,21N - 92,21N - 92,21N - 92,21N - V = 0$$

$$V = -384,82N$$

$$\sum M_A = 0$$



$$\begin{aligned}
 & -92,21N (0,10m) - 92,21N (0,20m) - 92,21N \\
 & (0,30m) - 92,21N (0,40m) - 92,21N (0,50m) + \\
 & 384,82Nx - M = 0 \\
 & M = -9,221Nm - 18,442Nm - 27,66Nm - 36,88Nm \\
 & - 46,10Nm + 384,82Nx \\
 & X = 0,60m; M = 92,731Nm
 \end{aligned}$$

Corte A – H

$$\begin{aligned}
 \sum f_y &= 0 \\
 76,23N - 92,21N - 92,21N - 92,21N - 92,21N - \\
 92,21N + 1096,97N - V &= 0 \\
 V &= 712,15N
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sum MA &= 0 \\
 -92,21N (0,10m) - 92,21N (0,20m) - 92,21N \\
 (0,30m) - 92,21N (0,40m) - 92,21N (0,50m) + \\
 1096,97N (0,60m) - 712,15Nx - M &= 0 \\
 M &= -9,221Nm - 18,442Nm - 27,66Nm - 36,88Nm \\
 - 46,10Nm + 658,18Nm - 712,15Nx \\
 X &= 0,73m ; M = 0,14Nm
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= \sqrt{(92,731)^2} \\
 M_{max} &= 92,731
 \end{aligned}$$

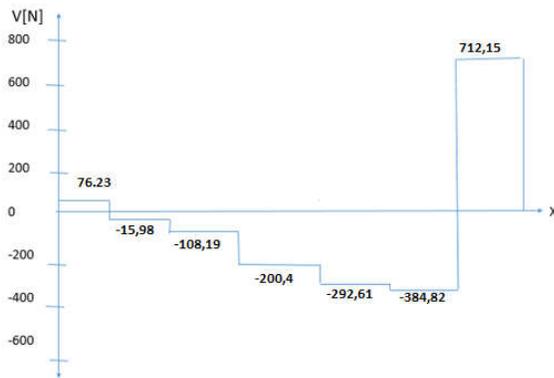


Diagrama cortante

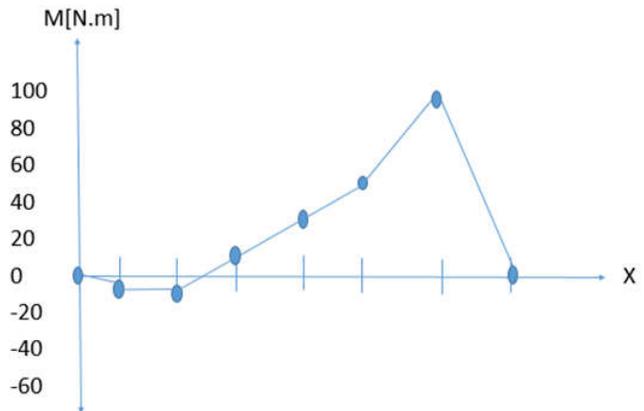


Diagrama momentos

Diámetro del eje bajo carga estática
 Para el cálculo del eje se emplea la ecuación 11
 Acero 41-40
 $S_y = 1640 \text{ Mps}$
 $S_{ut} = 1770 \text{ Mps}$
 Se utiliza un factor de seguridad de 3
 Se reemplaza en la ecuación 11 los valores encontrados anteriormente.

$$d = \left[\frac{32 (3)}{\pi (1640 \cdot 10^6)} ((92,731)^2 + (71,21Nm)^2) \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,0129m (12,9 \text{ mm})$$

Diámetro del eje bajo carga de fatiga
 Para el cálculo del diámetro se emplea la ecuación 12
 Inicialmente se calcula la resistencia a la fatiga mediante la ecuación 13
 Para la cual se debe encontrar el valor de K_a utilizando la ecuación 14

$$K_a = a S_{ut}^b$$

Los valores a y b son parámetros en el factor de la condición superficial revisar figura 9

$$a = 2,7$$

$$b = -0,265$$

$$K_q = 2,7 (1770)^2$$

$$K_a = 0,372$$



Para el cálculo de factor de tamaño Kb revisar la figura 10

$$K_b = \left[\frac{d}{0,3} \right]^{-0,107}$$

$$K_b = \left[\frac{0,026}{0,3} \right]^{-0,107}$$

$$K_b = 1,299$$

Para el cálculo del factor de modificación de la carga Kc revisar la figura 11 y factores de confiabilidad figura 12

$$K_c = 1$$

$$K_d = 1,288$$

$$K_e = 0,897$$

Para calcular el límite de resistencia a la fatiga revisar figura 13

$$S'_e = 700 \text{ Mpa}$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * S'_e$$

$$S_e = 0,372 * 1,299 * 1 * 1,288 * 700$$

$$S_e = 435.67 \text{ Mpa}$$

Se reemplaza en la ecuación 12 los valores para calcular el diámetro del eje

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \left[\left(\frac{m_a}{s_e} \right)^2 + \left(\frac{t_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = \left\{ \frac{32(3)}{\pi} \left[\left(\frac{558,8}{435,67 * 10^6} \right)^2 + \left(\frac{71,24}{1770 * 10^6} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3}$$

$$d = 0,031 \text{ m}; 31 \text{ mm}$$

Diámetro en pulgadas es de 1,22 por lo que se toma el diámetro comercial de $1\frac{1}{4}$ pulg

Calculo de poleas

Polea rodillo axial

Calculamos la relación de transmisión del motor a la polea del eje por medio de la ecuación 15

Según (CHIMBORAZO, 2016) para no dañar el producto las velocidades deben estar entre 800 a 1200 rpm

$$\text{Diámetro polea conducida} = \frac{\text{rpm} * D_{pm}}{\text{rpm eje conducido}}$$

$$D_{pc} = \frac{3600 \text{ rpm} * 10 \text{ cm}}{900 \text{ rpm}}$$

$$D_{pc} = 40 \text{ cm} = 15,74 \text{ pulg}$$

Se selecciona el diámetro comercial de 16 pulg

Distancia entre centros

Para conocer el rango de la distancia entre centros se emplea la ecuación 16

$$D_2 < c < 3 (D_2 + D_1)$$

C = distancia entre centros

D1 = distancia menor

D2 = distancia mayor

$$40 \text{ cm} < c < 150 \text{ cm}$$

Longitud de banda

Se calcula la longitud de la banda a partir de la ecuación 17

$$L = 2C + 1,57 (D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$L = 2(100 \text{ cm}) + 1,57 (40 \text{ cm} + 100 \text{ cm}) + \frac{(40 \text{ cm} - 100 \text{ cm})^2}{4(100 \text{ cm})}$$

$$L = 280 \text{ cm}; 2,80 \text{ m}$$

Calculo de la distancia central real

Para calcular con exactitud la distancia central real se utiliza la ecuación 18

$$C = \frac{B * \sqrt{B^2 - 32 (D_2 - D_1)^2}}{16}$$

Donde B se obtiene a partir de la ecuación 19

$$B = 4L - 6,28 (D_2 + D_1)$$

$$B = 4(280 \text{ cm}) - 6,28 (40 \text{ cm} + 100 \text{ cm})$$

$$B = 806 \text{ cm}$$

$$C = \frac{B * \sqrt{B^2 - 32 (D_2 - D_1)^2}}{16}$$

$$C = \frac{806 \text{ cm} * \sqrt{(806 \text{ cm})^2 - 32 (40 \text{ cm} - 100 \text{ cm})^2}}{16}$$

$$C = 99,62 \text{ cm}$$

Calculo del ángulo en contacto de la banda y polea

Para calcular el valor del ángulo se emplea la ecuación 20

$$\theta = 180^\circ - 2 \text{ sen}^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

$$\theta = 180^\circ - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{40\text{cm} - 100\text{cm}}{2(100\text{cm})} \right]$$

$$\theta = 163^\circ$$

Cálculos ventilador centrifugo

“los ventiladores están construidos por un rotor que posee un numero de alabes o paletas perpendiculares al eje del rodete, lo cual giran alrededor de 200 a 5000 rpm los cuales generan grandes cantidades de aire (CHIMBORAZO, 2016) Debido a que se necesita una fuerza de arrastre hacia arriba para limpiar las impurezas, la velocidad relativa entre el aire y la partícula es igual a la velocidad terminal, se utilizara una ecuación propuesta por Moshenin en (1970) para la aerodinámica del grano

$$F_a = \frac{CD * A_e * P_a * V_y^2}{z}$$

Ya que se necesita levantar las impurezas dejadas en el desgrane del frijol seco la fuerza ascendente deberá cumplir con la condición $F_a < w_i$

Con la ecuación anterior se logra que las impurezas asciendan y no caigan por su propio peso, se considera que el ventilador limpia las impurezas hasta el 90% del peso de la rama del frijol El peso promedio que entra en la maquina por bultos de frijol solo en granos es media taza que equivale a 1200 gr o 0,12 kg (CHIMBORAZO, 2016), por lo que se deberá calcular el peso de las impurezas que equivale hasta el 20%

$$W_i = W_p * \frac{20\%}{100\%}$$

Remplazando se obtiene

$$W_i = 0,12\text{kg} * \frac{20\%}{100\%}$$

$$W_i = 0,24\text{kg}$$

Ya que la fuerza debe ser mucho mayor al peso de las impurezas, por lo cual se asume que $f_a = 0,030\text{kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 0,29$. Por lo cual es el 25% del peso del grano.

Además, no se considera una fuerza mayor lo que producirá el arrastre total de las partículas y esta no

es la finalidad sino la de separar el grano del frijol de los desechos producidos en la trilla La densidad del aire a una temperatura promedio de 20°C a nivel del mar $\rho_a = 1,204 \text{ kg/m}^3$ (CHIMBORAZO, 2016), por estudio de altura geodésica de presión se pierde por cada 1000 minm un 10% por lo cual se trabaja a una altura como la del municipio de Ancuya que se encuentra a 1400 msnm por ende tendríamos una pérdida del 14%

$$\rho_{\text{Ancuya}} = 1,204 \text{ kg/m}^3 * 86\%$$

$$\rho_{\text{Ancuya}} = 1,035 \text{ kg/m}^3$$

El coeficiente de arrastre aerodinámico de la partícula (adimensional) “CD”, depende de la forma de la partícula que va ser arrastrada en nuestro caso es la forma de las impurezas que quedo después del desgrane de las guías de fréjol seco es de forma de “C”, debido a esto el coeficiente adimensional es $CD=1.2$

De decide tomar un diámetro de guía de $D = 10 \text{ mm} = 0,010 \text{ m}$ el cual su longitud por guía es el ancho de aleta a aleta es de $14 \text{ cm} = 0,14\text{m}$

$$A_e = 2 \pi * r * L$$

Se reemplaza en la ecuación los valores encontrados anteriormente.

$$A_e = 2 \pi * \frac{0,010\text{m}}{2} * 0,14\text{m}$$

$$A_e = 4,398 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

Para la máquina desgranadora de frijol seco se utilizó un ventilador centrifugo radial de alabes rectos, este tipo de ventiladores es utilizado para extracción localizada, que es nuestro caso debido que después del proceso de desgrane quedan impurezas como son fibras secas y vainas quebradas que deberán ser expulsadas al exterior.

Debido a que se necesita ascender las impurezas, se debe calcular la velocidad en y

$$V_y = \sqrt{\frac{2 * f_a}{CD * A_e * \rho_a}}$$

Remplazando los valores se obtiene

$$V_y = \sqrt{\frac{2 * 0,030 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1,2 * 7,85 * 10^{-3} \text{ m}^2 * \frac{1,035\text{kg}}{\text{m}^3}}}$$

$$V_y = 7,76 \text{ m/s}$$



Donde $u_1 = V_y$, debido que es la velocidad de entrada al ventilador y es la necesaria para levantar las impurezas.

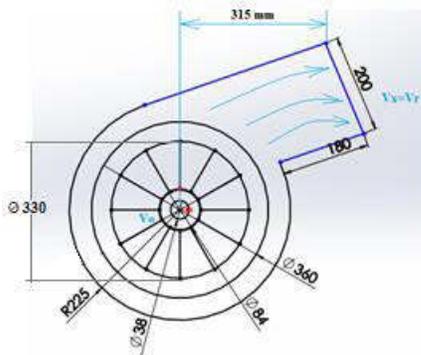
Se reemplaza los valores encontrados anteriormente.

$$D1 = \frac{60 * u_1}{\pi * N}$$

$$D1 = \frac{60 * 7,76 \text{ m/s}}{\pi * 1055 \text{ rpm}}$$

$$D1 = 0,140 \text{ m}$$

se muestra la dirección del viento a la salida del ventilador que es el comportamiento de los ventiladores centrífugos radiales, también se indica las dimensiones que tendrá el ventilador centrífugo radial.



Ventilador centrífugo

Para calcular la velocidad de salida de las impurezas se utiliza el triángulo de velocidades que se encuentra en los alabes del ventilador la cual indica que:

Se determina el área por donde sale el flujo de aire, como son $a = 0.10\text{m}$ y $b = 0.40 \text{ m}$. Una vez encontrada la velocidad de salida y el área de flujo de expulsión del aire, se debe calcular el caudal de aire.

$$V2 = \frac{D2}{D1} * V1$$

Se reemplaza en la ecuación 23 los valores encontrados anteriormente.

$$V2 = \frac{0,40\text{m}}{0,35\text{m}} * \frac{7,76\text{m}}{\text{s}}$$

$$V2 = Vx = 8,46 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Asalida} = a * b$$

Se reemplaza los valores encontrados anteriormente.

$$\text{Asalida} = 0,04\text{m}^2$$

$$Q = Vx * \text{Asal}$$

Remplazamos

$$Q = 8,46 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,04 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,34 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1218,24 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Potencia del ventilador

determinar la variación de presión total ΔP que provoca el ventilador, viene determinado por la velocidad del rodete y el caudal en $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ se tiene: Se procede a encontrar la variación de presión mediante los diagramas que tiene el ventilador CMT como es:

$$\Delta P = 110 \text{ mm H}_2\text{O} = 11000 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2 * \text{m}}$$

Qaire = 1500 cfm

Se determina la altura de la presión a una altura de 20°C

$$h = \frac{\Delta P}{\rho_{\text{aire}} * g}$$

Se reemplaza en la ecuación 16 los valores encontrados anteriormente.

$$h = \frac{1100 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2 * \text{m}}}{1,035 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h = 108,83\text{m}$$

A continuación, se calcula la potencia útil del motor

$$P_{\text{util}} = P_{\text{aire}} * Q * g * h$$

$$P_{\text{util}} = 1,035 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,34 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 108,33\text{m}$$

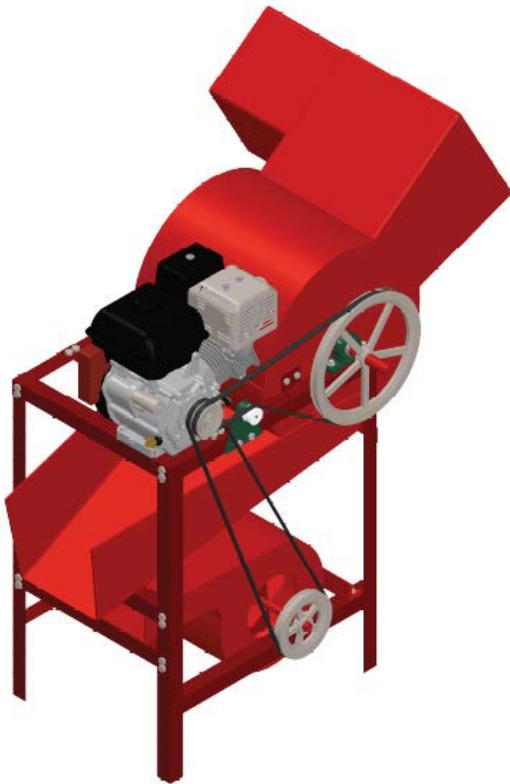
$$P_{\text{util}} = 373,97 \text{ watt} \rightarrow 0,52 \text{ hp}$$

Potencia total del motor

$$P_{\text{total}} = 9 \text{ hp} + 0,52 \text{ hp} = 9,52$$

Por lo que se decide emplear un motor de 10 hp

VI. DISEÑO



y eficiente, pero con mayores partiduras en los granos de frijol.

5. Con la realización de este proyecto, se emplearon los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería mecánica, no solo conocimientos teóricos, sino también valores y principios que infunden los docentes y la Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, todos los objetivos planteados en la investigación son resueltos a cabalidad e integridad fortaleciendo así el espíritu investigativo, de innovación y cambio para una mejor sociedad.

VIII. REFERENCIAS

VII. CONCLUSIONES

1. Con las pruebas de funcionamiento se da cumplimiento al objetivo principal de este proyecto, ya que se mejora el proceso de trillado y separación de los granos de frijol seco.
2. El acoplamiento de sus piezas por tornillos permite trasportarla con mucha más facilidad a los lugares donde se la utilice, adaptándose con más facilidad en el terreno de trabajo, lo cual les permite a los campesinos procesar la materia prima en lugares poco asequibles.
3. El prototipo es mucho más rentable para los campesinos en comparación con la maquinaria que emplean, ya que su doble función reduce tiempo, facilita la mano de obra y minimiza el consumo de combustible, por ende, disminuyen los gastos, lo que contribuye a mejorar sus ingresos por cosecha.
4. Se concluye que aumentando los rpm del eje desgranador se obtiene una trilla mucho más rápida



- IX. ALIBABA.COM. (ENERO DE 2020). ALIBABA.COM. OBTENIDO DE [HTTPS://SPANISH.ALIBABA.COM/PRODUCT-DETAIL/SMALL-SIZE-GRAIN-MAIZE-WHEAT-DUST-SORTING-SEED-SIFTING-CLEANING-MACHINE-60724550588.HTML](https://spanish.alibaba.com/product-detail/Small-size-grain-maize-wheat-dust-sorting-seed-sifting-cleaning-machine-60724550588.html)
- X. ÁLVARO SOLER GARZÓN. (2009). EN DIVERSIDAD GENÉTICA DE LA COLECCIÓN NÚCLEO DE SILVESTRES DE FRÍJOL COMÚN (PHASEOLUS VULGARIS L.) ANALIZADOS MEDIANTE MICROSATÉLITES FLUORESCENTES (PÁG. 87). IBAGUE.
- XI. ANCUYA, A. D. (2021). OBTENIDO DE [HTTP://WWW.ANCUYA-NARINO.GOV.CO/](http://www.ancuya-narino.gov.co/)
- XII. ANSACERO, G. (S.F.). ANSAACERO. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.GRUPOANSACERO.COM.MX/PRODUCTO S/ACEROS-ESTRUCTURALES/REDONDO-MACIZO/](https://www.grupoansacero.com.mx/producto/s/aceros-estructurales/redondo-macizo/)
- XIII. ASSENNATO, M. D. (S.F.). LA INGENIERÍA EN EL DESARROLLO - MANEJO Y TRATAMIENTO DE GRANOS POSCOSECHA. ROMA - ITALIA : FAO, VIALE DELLE TERME DI CARACALLA.
- XIV. CHANGUÁN, J., & YANCHALIQÚIN, E. (2016). DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA DESGRANADORA DE FRÉJOL SECO PARA IMPLEMENTAR EN LA PARROQUIA PINLLOPATA PERTENECIENTE AL CANTÓN PANGUA.
- XV. CHIMBORAZO, E. S. (15 DE NOVIEMBRE DE 2016). ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA. OBTENIDO DE FACULTAD DE MECÁNICA: [HTTP://DSPACE.ESPOCH.EDU.EC/HANDLE/123456789/5759](http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5759)
- XVI. CRAI. (2020). DUOCUC. OBTENIDO DE [HTTP://WWW.DUOC.CL/BIBLIOTECA/CRAI/DEFINICION -Y-PROPOSITO-DE-LA-INVESTIGACION-APLICADA](http://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada)
- XVII. DANE. (MARZO DE 2015). OBTENIDO DE [HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ANCUYA](https://es.wikipedia.org/wiki/Ancuya)
- XVIII. DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY. OCTAVA EDICIÓN. (S.F.).
- XIX. DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY. SEGUNDA EDICIÓN. (S.F.).
- XX. EDUARDO, C. G. (2016). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. OBTENIDO DE FACULTAD DE MECÁNICA.
- XXI. ESPAÑOLA, R. A. (2020). REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. OBTENIDO DE [HTTPS://DLE.RAE.ES/GARROTE](https://dle.rae.es/garrote)
- XXII. ESTALIN, G. L.-M. (2019). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. OBTENIDO DE [HTTP://DSPACE.ESPOCH.EDU.EC/BITSTREAM/123456789/11559/1/85T00550.PDF](http://dSPACE.ESPOCH.EDU.EC/BITSTREAM/123456789/11559/1/85T00550.PDF)
- XXIII. EXPLORABLE. (04 DE 2019). DISEÑO DE INVESTIGACION DESCRIPTIVA. OBTENIDO DE [HTTPS://EXPLORABLE.COM/ES/DISEÑO-DE-INVESTIGACION-DESCRIPTIVA](https://explorable.com/es/diseño-de-investigacion-descriptiva)
- XXIV. FENALCE. (2018). OBTENIDO DE [HTTP://WWW.FENALCE.ORG/ALFA/PG.PHP?PA=60](http://www.fenalce.org/alfa/pg.php?pa=60)
- XXV. GLEISER, C. F.-M. (2020). OBTENIDO DE [HTTPS://REPOSITORIO.USS.EDU.PE/BITSTREAM/HANDLE/20.500.12802/6826/CASTRO%20FLORES%20EMERSON%20&%20MEJIA%20VARGAS%20JEYNNER.PDF?SEQUENCE=1](https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6826/Castro%20Flores%20Emerson%20&%20Mejia%20Vargas%20Jeynner.PDF?sequence=1)
- XXVI. GRANOS, S. D. (15 DE FEBRUARY DE 2018). NANOPDF. OBTENIDO DE [HTTPS://NANOPDF.COM/DOWNLOAD/SISTEMAS-DE-LIMPIEZA-Y-RECEPCION-DE-GRANOS-1_PDF](https://nanopdf.com/download/sistemas-de-limpieza-y-recepcion-de-granos-1_pdf)
- XXVII. HABLEMOS DE CULTURAS . (5 DE OCTUBRE DE 2018). OBTENIDO DE TECNICAS DE AGRICULTURA : [HTTPS://HABLEMOSDECULTURAS.COM/TRILLADORA/](https://hablemosdeculturas.com/trilladora/)
- XXVIII. LOZADA, J. (2014). DIALNET. OBTENIDO DE [HTTPS://DIALNET.UNIRIOJA.ES/SERVLET/ARTICULO?CODIGO=6163](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163)
- XXIX. MAPS, G. (2020). GOOGLE MAPS. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.GOOGLE.ES/MAPS/?HL=ES](https://www.google.es/maps/?hl=es)
- XXX. MEDEROS, Y. (27 DE MARZO DE 2016). REDALYC.ORG. OBTENIDO DE UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO:

[HTTPS://WWW.REDALYC.ORG/ARTICULO.OA?ID=193215825009](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215825009)

XXXI. MINAGRICULTURA. (2019). MINAGRICULTURA. OBTENIDO DE GOBIERNO DE COLOMBIA:

[HTTPS://SIOC.MINAGRICULTURA.GOV.CO/ALIMENTOS BALANCEADOS/DOCUMENTOS/2018-09-30%20Cifras%20Sectoriales%20Fr%20C3%ADJOL.PDF](https://sioc.minagricultura.gov.co/alimentos/balanceados/documentos/2018-09-30%20Cifras%20Sectoriales%20Fr%20C3%ADJOL.PDF)

XXXII. MORA, D. S. (DICIEMBRE DE 2018). RESEARCHGAT. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.RESEARCHGATE.NET/FIGURE/FIGURA-25-ZARANDA-UTILIZADA-PARA-LA-SELECCION-DE-GRANO-DE-CACAO-FUENTE-LEIDY-MACHADO_FIG11_329922418](https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-25-ZARANDA-UTILIZADA-PARA-LA-SELECCION-DE-GRANO-DE-CACAO-FUENTE-LEIDY-MACHADO_FIG11_329922418)

XXXIII. MURILLO, M. (2008). CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). OBTENIDO DE [HTTP://WWW.SIDALC.NET/CGI-BIN/WXIS.EXE/?ISISSCRIPT=CATALCO.XIS&METHOD=POST&FORMATO=2&CANTIDAD=1&EXPRESION=M FN=060217](http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?ISIScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=MFN=060217)

XXXIV. NEOMAGICO. (21 DE 9 DE 2006). NEOMAGICO. OBTENIDO DE [HTTPS://NOEMAGICO.BLOGIA.COM/2006/092201-LA-INVESTIGACI-N-EXPERIMENTAL.PHP](https://noemagico.blogia.com/2006/092201-la-investigaci-n-experimental.php)

XXXV. NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS . (17 DE SEPTIEMBRE DE 1980). NTC-1572. PASTO, COLOMBIA: ICONTEC INTERNACIONAL.

XXXVI. NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS . (22 DE DICIEMBRE DE 2005). NTC 871. PASTO, COLOMBIA: ICONTEC INTERNACIONAL.

XXXVII. NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS. (07 DE DICIEMBRE DE 1988). NTC-2506. CÓDIGO SOBRE GUARDAS DE PROTECCIÓN DE MAQUINARIA. PASTO, COLOMBIA: INCONTEC INTERNACIONAL.

XXXVIII. NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS. (16 DE DICIEMBRE DE 2001). NTC-6555. PRINCIPIOS PARA EL DISEÑO ERGONÓMICO DE SISTEMAS DE TRABAJOS. COLOMBIA: ICONTEC INTERNACIONAL.

XXXIX. NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS. (16 DE DICIEMBRE DE 2008). NTC-6555. PRINCIPIOS PARA EL DISEÑO ERGONÓMICO DE SISTEMAS DE TRABAJOS. COLOMBIA: ICONTEC INTERNACIONAL.

XL. NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS. (15 DE JULIO DE 2009). NTC-5693_1. MANIPULACIÓN MANUAL. PARTE 1: LEVANTAMIENTO. PASTO, COLOMBIA: ICONTEC INTERNACIONAL.

XLI. NOTAS TÉCNICAS DE PREVENCIÓN. (2000). NTP 552. PROTECCIÓN DE MÁQUINAS FRENTE A PELIGROS MECÁNICOS: RESGUARDOS. PASTO, COLOMBIA: INSHT.

XLII. RIVERA, D. F.-J. (2020). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA PORTABLE DESGRANADORA DE FRIJOL SECO MEDIANTE UN SISTEMA DE RODILLO AXIAL Y CRIBADO PARA EL MUNICIPIO DE LINARES NARIÑO. PASTO, NARIÑO, COLOMBIA.

XLIII. ROMERO, J. D.-B. (2021). OBTENIDO DE [HTTPS://REPOSITORY.UAMERICA.EDU.CO/BITSTREAM/20.500.11839/8445/60/4151904-2021-1-IM.PDF](https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8445/60/4151904-2021-1-IM.pdf)

XLIV. SALAS, E. (2016). FACORB. OBTENIDO DE [HTTPS://WWW.FACORB.COM/VENTILADORES-CENTRIFUGOS](https://www.facorb.com/ventiladores-centrifugos)

XLV. SOUZA ALVES DE, C. M., LEYVA RAFULL, L. Z., QUEIROZ MARÇAL DE, D., & MANTOVANI. (2004). REVISTA CIENCIAS TÉCNICAS AGROPECUARIAS. OBTENIDO DE UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA FRUCTUOSO: [HTTPS://WWW.REDALYC.ORG/PDF/932/93213205.PDF](https://www.redalyc.org/pdf/932/93213205.pdf)

XLVI. THEFREEDICTIONARY. (FEBRERO DE 2019). THEFREEDICTIONARY. OBTENIDO DE THEFREEDICTIONARY.: [HTTPS://ES.THEFREEDICTIONARY.COM/](https://es.thefreedictionary.com/)

XLVII. VARON ADRIANA. (19 DE AGOSTO DE 2018). CIAT. OBTENIDO DE [HTTPS://BLOG.CIAT.CGIAR.ORG/ES/LLEGO-LA-HORA-DE-HABLAR-DE-FRIJOL-EN-COLOMBIA/](https://blog.ciat.cgiar.org/es/llego-la-hora-de-hablar-de-frijol-en-colombia/)

XLVIII. VOYSEST, O. (2016). VARIEDADES DE FRIJOL EN AMERICA LATINA Y SU ORIGEN. OBTENIDO



DE

[HTTPS://CGSPACE.CGIAR.ORG/BITSTREAM/HANDLE/10568/54318/SB327.V67_VARIEDADES_DE_FR%C3%ADJOL_EN_AM%C3%A9RICA_LATINA_Y_SU_ORIGEN.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y](https://CGSPACE.CGIAR.ORG/BITSTREAM/HANDLE/10568/54318/SB327.V67_VARIEDADES_DE_FR%C3%ADJOL_EN_AM%C3%A9RICA_LATINA_Y_SU_ORIGEN.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y)

XLIX. WASTLHUBER, H. (JULIO DE 2019).
CONOCER LA AGRICULTURA Y GANADERIA.

OBTENIDO DE

[HTTP://WWW.CONOCERLAAGRICULTURA.COM/2019/07/COMO-FUNCIONA-UNA-COSECHADORA.HTML](http://WWW.CONOCERLAAGRICULTURA.COM/2019/07/COMO-FUNCIONA-UNA-COSECHADORA.HTML)

PROHIBIDA SU COPIA