

## **“DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESPALILLADORA DE RACIMOS DE UVA PARA LA ELABORACIÓN DE VINO ARTESANAL”**

Autores: José Luis Escoto García <sup>[1]</sup>

Filiación: [1] Alumno de Posgrado

Correo Electrónico: [escgarjose@gmail.com](mailto:escgarjose@gmail.com)

### Resumen:

Se diseña una máquina de bajo volumen de producción, capaz de realizar el despallado o separación de la uva (baya) del palillo (raspón) del racimo, con esto evitar que el material leñoso entre en contacto con los jugos de la uva durante su fermentación. Se demuestra que es posible una máquina de bajo costo para productores artesanales de vino. El estudio incorpora resultados obtenidos por otros autores sobre la caracterización físico-mecánica de la uva y pedicelo que las une, para efecto de determinar la fuerza necesaria para separarla, son manipulación mecánica que lastime lo menos posible al fruto y pedicelo.

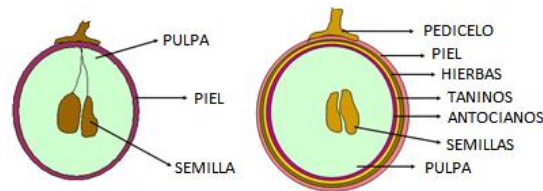
Palabras clave: Despalilladora, raspón, uva

### Introducción:

Del proceso de fermentado de la uva se obtienen diversas bebidas con grados alcohólicos variables, dentro de estas bebidas, el vino es sin duda el que tiene más variables atribuidas no solo al clima, y terreno donde se produce la uva, sino a cada uno de los procesos de su cosecha, preparación, extracción de jugos, fermentación, añejamiento y conservación. El vino es un líquido muy complejo que es mucho más que una solución alcohólica diluida, estos factores hoy en día encuentran al entusiasta consumidor a experimentar también su proceso de elaboración. El despallado remueve los tejidos fibrosos de la vid (raspón), que de otra manera, formarían parte del proceso de exprimido o trituración de la baya, con lo que los jugos obtenidos, se verían contaminados por los productos de la trituración del raspón (palillo).

### Fundamentos:

Los factores mecánicos que intervienen en el proceso de despallado, son particularmente importantes debido a que dicho proceso debe garantizar el menor daño de la baya, cuya piel exterior, también conocida como hollejo, es quien le proporciona los taninos y pigmentación al vino, y que representa para el productor y enólogo, un punto de inflexión en el proceso para producir un vino regular, de uno con valiosos rasgos al paladar. Se realizó la investigación de los principales métodos de manipulación mecánica utilizados para separar la uva de los racimos y así entender aquellas características inherentes al diseño de la máquina.



wineandbar.blogspot.com

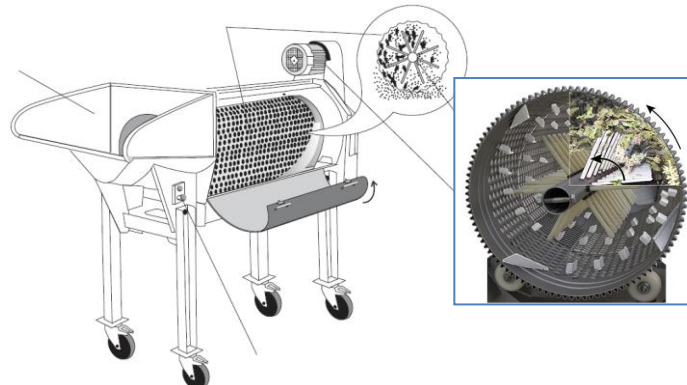
#### Procedimiento:

Los parámetros de diseño parten de la caracterización biomecánica del racimo de la uva, para este efecto, se recurrió a un estudio realizado por Lombard en el año 2011 [1], de donde por primera vez se realizan intentos por entender la mecánica del proceso mecánico de despallado a través del uso de una herramienta de análisis de elementos discretos (DEA) y el uso de la experimentación. De los resultados de dicho estudio, se extraen los principales parámetros de velocidad, fuerza, geometría y forma de las paletas utilizadas en el proceso para separar los palillos. Los requerimientos del diseño son: a) El costo de la materia prima  $\leq$  \$10 000 MXN; b) La capacidad 250 kg/h; c) La alimentación manual; d) Los materiales grado alimenticio y e) Capaz de despallillar Cabernet Sauvignon, Tempranillo, Garnacha y Macabeo.

#### Resultados y análisis de resultados:

La mayoría de las actuales despalladoras utilizan el mismo principio Amos, desarrollado en la década del 40 en Alemania [2]. Este implica primero separar los tallos y bayas antes que se trituren las mismas. Para los ensayos, Lombard [1] utilizó velocidades tangenciales de las paletas de hasta 7,5 m/s, este es un dato crítico que será uno de los valores de referencia que se utilizarán como base para los cálculos de parámetros de diseño más adelante para la máquina. Para dichos ensayos, el tiempo de ciclo de procesamiento dentro de la máquina fue de 5 s.

La despalladora es una máquina que consiste en un túnel perforado o tambor, en el cual la baya de la uva es separada del raspón por medio del golpeteo repetido del racimo contra las paletas acopladas de forma perpendicular a un eje concéntrico o flecha, el cual es hecho girar mediante el uso de un motor en sentido anti horario, la disposición helicoidal de las paletas tiene la función secundaria de desplazar los palillos sueltos al extremo contrario por donde fueron alimentados, los tallos son empujados hacia uno de los extremos del tambor, mientras que las uvas maceradas caen debajo de la máquina, a través de la rampa de acopio.



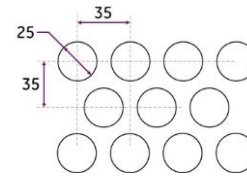
Materiales grado alimenticio: Todos los componentes de la máquina en contacto con el zumo de la uva, deben cumplir con los requerimientos para no contaminar el zumo, el cual contiene un alto porcentaje de acidez (pH), este se considera un agente que ataca químicamente ciertos metales. El acero inoxidable es muy utilizado en industrias agroalimentarias. El AISI-304: 18% cromo y 9% níquel, es fácil de soldar, resiste corrosiones medias, se emplea para las conducciones y almacenamientos de corta duración. El AISI-316 es un 25% más caro. Para nuestra aplicación, como un proceso intermedio de paso, que tampoco estará expuesto a  $SO_2$  [6], se decide usar AISI 304L, bajo contenido de carbón y excelente soldabilidad.

El diseño de la despalilladora depende principalmente de la velocidad de giro de las paletas y de las fuerzas que ejercen las mismas sobre el material que se procesa y que a su vez ejerce una resistencia contraria a la misma. En caso de nuestra aplicación, se trata de materiales semi-húmedos de formas irregulares; racimos de uva, cuya caracterización numérica representa un reto particular para efecto de generar un modelo de cálculo.

Tambor o rejilla: Este cumple funciones de tamiz para efecto de mantener separados los palillos dentro del tambor, de las bayas de las uvas, las cuales salen a través de la rejilla inferior hacia el cajón recolector. El parámetro principal del cual depende la función primaria de la máquina, es la velocidad lineal de los extremos de las paletas (m/s). Con el incremento de rpm cambia entonces el comportamiento del material procesado en el tambor, un diámetro muy pequeño limitaría el movimiento de los racimos y aumentaría las posibilidades de un atasco, por el contrario, un diámetro de tambor muy grande podría exceder las limitantes de espacio de que disponemos. El máximo diámetro entonces lo determinara el volumen de uvas a procesar, lo cual es = 0,25 t/h. Aplicando un factor de continuidad de alimentación = 0,70, con lo que el volumen a considerar será de 0,357 t/h. De acuerdo a datos de fabricantes comerciales de maquinaria, se define como 900 mm de largo por 400 mm de diámetro. Así que se opta por el diseño de media caña para la máquina por adaptarse mejor a los objetivos de costo.

Forma y tamaño de las perforaciones del tamiz: La principal limitante para definir lo que mejor conviene al diseño de la máquina, la forma circular de las perforaciones se presta más a un proceso de corte mediante laser o troquelado progresivo, lo cual definitivamente es más factible para máquinas enfocadas a un sector muy reducido de vitivinicultores artesanales. Respecto a las perforaciones, estas cumplen la función de ser el tamiz sobre el cual las bayas sean separadas de los palillos, por tanto, sus dimensiones está ligadas al diámetro promedio de las uvas de las cepas, en la siguiente tabla se resumen las dimensiones promedio de las bayas por cepa de uva.

	Largo (mm)	Ancho (mm)
Tempranillo	12,00 ± 0,53	12,61 ± 0,63
Cabernet Sauvignon	11,48 ± 0,27	11,26 ± 0,21
Macabeo	13,00 ± 0,40	13,00 ± 0,40
Garnacha	12,55 ± 0,37	13,10 ± 0,40
Promedios	12,26	12,49



El tamaño mayor de bayas es de la cepa Garnacha, la cual alcanza diámetros de hasta 13,50 [mm]. Las perforaciones deberán tener un diámetro único de 25 [mm], garantizando una franja de material de 10 [mm] entre barrenos, con una superficie de 46,28% perforada, con 9,39 perforaciones por decímetro cuadrado, grado ligero comercial calibre 24 (0,61 mm) AISI 304.

Paleta de impacto: El ángulo de impacto y área de contacto esta se define también de forma que la fuerza resultante, permita a su vez a la masa que se encuentra siendo procesada, el moverse desde el extremo de alimentación, hasta el de descarga, esto con el propósito de mover el desperdicio de forma continua y evitar atascos. Para el diseño de la paleta, lo primero es la velocidad con que se moverá el extremo de la paleta más alejado del eje. Partiendo de los resultados de Lombard [1], tenemos que la velocidad requerida de impacto es = 7,5 m/s.

Como:

$$N = V/\pi D \text{ [rpm]}$$

Dónde:

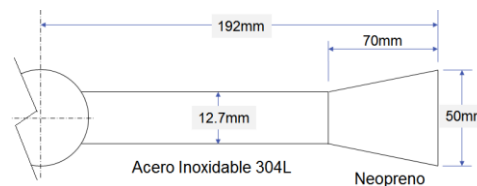
$$V = 7,5 \text{ [m/s]} = 450 \text{ [m/min]}$$

$$D = 0,384 \text{ [m]} \text{ (Diámetro de giro de las paletas).}$$

Remplazando en la ecuación se tiene:

$$N \text{ (requerida)} = 450 / (3,1416 \times 0,384) = 374,019 \sim 373 \text{ [rpm]}$$

Ahora, se utilizan los cálculos del diámetro del tambor de media caña = 400 mm, considerando un claro entre paletas y tambor de 8 mm, el diámetro del eje con todo y paletas debe ser = 384 mm, esto nos arroja una longitud de la paleta de 192 mm medida al centro de la flecha.

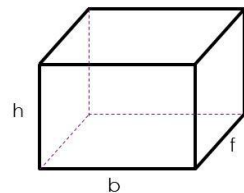


Los materiales a utilizar son el acero inoxidable AISI 304L para el vástago tubular, con un diámetro exterior de 12,7 mm. Para el extremo de la paleta, se utilizara Neopreno flexible de 70 X 50 mm y un espesor de 6 mm, con dureza 50-60A. Las paletas se unen a la flecha con soldadura TIG para acero inoxidable. El peso aproximado de cada paleta se estima en 0,2 kg. El acomodo de las paletas a lo largo de la flecha obedece a un arreglo helicoidal, para lo cual partimos de los 360° que debemos abarcar para efecto de obtener una flecha balanceada estáticamente, lo que contribuye a minimizar vibraciones, de modo que utilizando un paso axial

entre paleta y paleta de 50 mm sobre el eje que se encuentra dentro del tambor de media caña que mide 900 mm se tiene que podrían haber hasta 16 paletas soldadas en ángulo de 5° respecto al eje axial, dejando una separación a los extremos del tambor de 75 mm. Las 16 paletas se distribuirían helicoidalmente a un paso angular de  $360^\circ / 16 = 22,5^\circ$ .

Tolva: La razón de alimentación es un parámetro que influye el desempeño de la máquina, la mayoría de los fabricantes recomienda que la maquina sea siempre alimentada a su tasa de alimentación especificada [2]. Partiendo de que la vendimia recogida a mano tiene una masa volúmica (MV), el cual es el peso de un determinado volumen de racimos de uva, de  $0,8 \pm 10 \%$ , es decir unos 800 [kg/m<sup>3</sup>]. Para la cosecha artesanal de la uva, se utilizan contenedores de 20 [kg], por tanto, la capacidad de nuestra tolva debe ser de al menos el doble para efecto de poder alojar el volumen de 2 acarreos o 40 [kg], y asumiendo, la densidad de los racimos = 1 [kg/dm<sup>3</sup>]; tenemos que el volumen de la tolva requerida ( $V_{Tolva}$ ) será:

$V_{Tolva} = \text{Volumen } 40 \text{ kg uva} = 40[\text{dm}^3] / MV = 40 / 0,8 = 50 [\text{dm}^3]$ . y calculamos la altura (h):

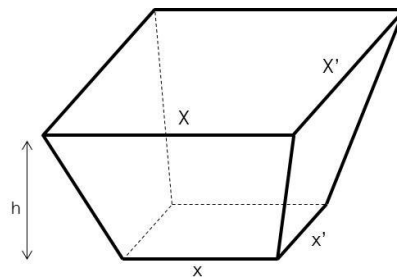


$$V = b \times h \times f$$

Donde :  
 $h = 1 \text{ dm}$   
 $b = f = 2 \text{ [dm]}$ ; Por tanto sustituyendo:

$$V = 2 \times 1 \times 2 = 4 [\text{dm}^3]$$

Por tanto,  
 Volumen faltante =  $50 - 4 = 46 [\text{dm}^3]$



Tenemos que:  
 $V = (h/3) \times (A + A' + \sqrt{(A \times A')})$   
 $A = \text{Área mayor} = X \times X'$

Dado q' la base es un cuadrado entonces  
 $A = X^2$ ; Donde para  $X = 5 \text{ [dm]}$  Entonces:  
 $A = 25 [\text{dm}^2]$

$A' = \text{Área menor} = x^2$  Donde  $x = 2 \text{ [dm]}$   
 $A' = 4 [\text{dm}^2]$

Despejando h y Sustituyendo tenemos:

$$h = 46 \times 3 / [(25 + 4 + \sqrt{(25 \times 4)})]$$

$$h = 138 / 39 = 3,5384 [\text{dm}] = 353,84 [\text{mm}]$$

Redondeando:  $h = 360 [\text{mm}]$

El material seleccionado para la tolva es la lámina de acero inoxidable AISI 304, calibre 18 (1,21 mm). Para las uniones se recomienda utilizar soldadura TIG para preservar más íntegras las cualidades de resistencia del acero inoxidable.

Motor eléctrico: Un motor de corriente alterna se antoja la elección más apropiada para esta máquina, no solo por sus dimensiones y construcción, sino también porque se pretende pueda utilizar la energía eléctrica disponible. En principio se trata de acoplar la flecha al motor, mediante un juego de 2 poleas que actúan como un reductor de velocidad rotativa.

$$N_{salida} = N2 (\text{motor}) / K1$$

Dónde:

$N_{salida}$  = Número de revoluciones en el eje de paletas = 373 [rpm]

$N_2$  = Número de revoluciones en el motor = 1750 [rpm]

$K_1$  = Relación de transmisión del primer juego de poleas.

Remplazando en la ecuación se tiene:  $K_1 = 1750 / 373 = 4,6916$

Con  $K_1$  se encuentra el juego de poleas que cumplan con las relaciones de transmisión. Para la selección del juego de poleas en catálogo se escoge una de las siguientes características.

$d_1$  = diámetro de la polea del motor = 50,8 [mm] = 2 [in];

Dado que:  $K_1 = N_1/N_2 = d_2/d_1$

$d_2 = 4,6916 \times 50,8 = 238,34$  [mm]

Del catálogo de poleas, se escoge una polea estándar, cercana al diámetro calculado arriba:

$d_{catálogo} = 254$  [mm] = 10 [in]

De este modo, el número de revoluciones ajustado en el eje de paletas será:

$N_{salida} = 1750 / (254/50,8) = 350$  [rpm]

El sistema de paletas se compone por un total de 16 brazos acoplados a la flecha, estos se encargan de golpear la masa de racimos, esta masa varía por distintos factores, uno de los más importantes es la razón de alimentación. Los racimos caen por gravedad por la sección más reducida, equivalente al área de 200 x 200 mm, cuya altura es 100 mm. El flujo de vaciado está dado por varios factores, entre ellos el ángulo de inclinación de las paredes, el coeficiente de rozamiento del material de las paredes, la sección transversal de la tolva, y las propiedades de los materiales granulares contenidos los cuales, para nuestro caso, se trata de racimos con forma irregular, y propiedades de fluencia menos aptas que si se tratara de uvas sueltas.

Los racimos de uva fluirán por gravedad por la sección más reducida, equivalente a una área cuadrada de 200 X 200 mm, esta columna de salida tiene una altura de 100 mm. Considerando el tamaño promedio de un racimo, para el caso crítico, correspondiente a los racimos más grandes de las 4 cepas objeto del presente estudio, y que correspondería a un racimo de la variedad Tempranillo, cuyas dimensiones máximas son 190,0 X 104,3 mm no alcanzamos a obstruir la salida de la misma, y aunado al hecho de que se trata de una tolva de poca capacidad con profundidad máxima es de 320 mm (3 racimos empalmados).

Tomando en cuenta que cada racimo pesa un máximo de 320 g [5] y que de acuerdo a sus dimensiones 190 x 107,2 mm ocupan cada uno una área aproximada = 20 360 mm<sup>2</sup>; lo que quiere decir que en la boca de la tolva cuya área es = 200 X 200 mm = 40 000 mm<sup>2</sup>, se podrán

hallar en forma instantánea un máximo de 2 racimos a la vez = 640 g. Por tanto, haciendo una aproximación del flujo másico de entrada a la maquina tenemos que usando la fórmula del tiempo  $t$  que le toma un objeto recorrer cierta distancia  $d$  en caída libre tenemos:

$$\text{Tiempo } (t) = \sqrt{(2d)/g}$$

Si la distancia entre boca y las paletas de la maquina es de 110 [mm] = 0,11 [m] tenemos:

$$\text{Tiempo } (t) = \sqrt{(2 \times 0,11)/9,8} = 0,1498 \text{ [s]}$$

Si el flujo másico por un ducto se calcula multiplicando la masa lineal del material por metro de ducto y la velocidad del flujo.

$$M_L = 640 \text{ [g]} / 0,1072 \text{ [m]} = 5\,970,15 \text{ [g/m]}$$

La velocidad del flujo:

$$V = 0,11 \text{ [m]} / 0,1498 \text{ [s]} = 0,734 \text{ [m/s]}$$

Por tanto, el flujo másico es:

$$\text{Flujo másico libre} = 5\,970,15 \times 0,734 = 4\,382,1 \text{ [g/s]}$$

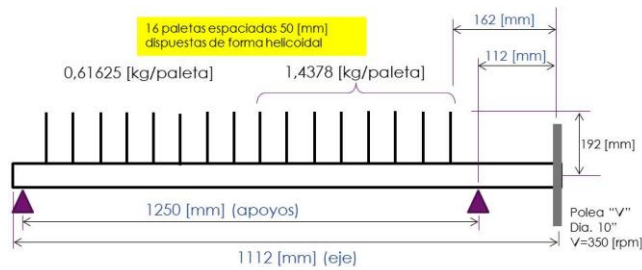
Cabe mencionar que en el cálculo anterior, estamos despreciando factores de obstrucción de flujo, tales como la tensión crítica, densidad aparente del sólido y la inclinación de la tolva, por tanto, se decide el multiplicarlo por un factor de resistencia al flujo de 0,75 con lo que tenemos:

$$\text{Flujo másico ajustado} = 4\,382,1 \times 0,75 = 3\,286,57 \text{ [g/s]}$$

Con los datos del flujo másico resultante, confirmamos que la tolva es capaz de asegurar una alimentación constante de racimos de uva al interior de la máquina. Para calcular la cantidad máxima de uva en proceso, utilizando información de los ensayos realizados por Lombard [1] y de experimentación, se asume un tiempo de ciclo dentro de la máquina de 5 s:

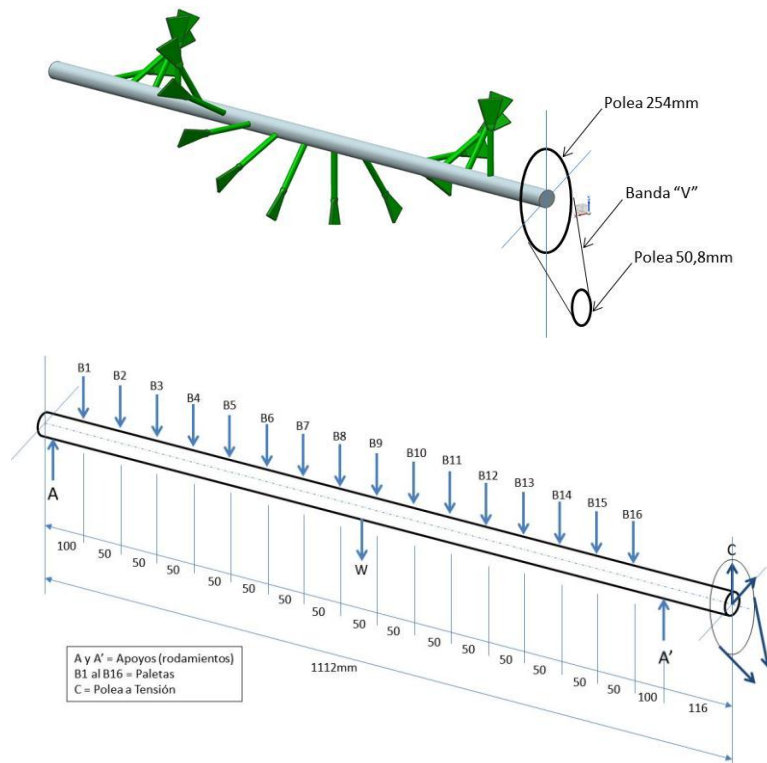
$$\text{Máxima masa de uva en proceso} = 5 \text{ [s]} \times 3\,286,57 \text{ [g/s]} = 16\,432,83 \text{ [g]} = 16,433 \text{ [kg]}$$

Energía requerida: El motor hacer girar la flecha con las paletas, estas encuentran resistencia provocada por el golpeteo con los racimos de la uva, así como también vence la resistencia al giro en los rodamientos causada por su peso de flecha con todo y paletas. Utilizando la información del flujo másico de alimentación con datos recopilados por Lombard [1] donde el 70% de las uvas se desprenden en la primera mitad del tambor, por las primeras 8 paletas, asumiendo que la distribución de las fuerzas en las paletas disminuye gradualmente en la misma proporción, 8 paletas procesan 70% de la masa = 11,5 kg, dividido entre 8 = 1,4378 kg. Las otras 8 paletas se distribuyen la masa restante de 4,930 kg, cada paleta soporta una masa de 0,61625 kg. La longitud de las 16 paletas es la misma = 192 mm. Esquematisando las fuerzas tenemos:



Potencia requerida del motor: Utilizamos una aproximación basada en literatura disponible de máquinas comerciales existentes en el mercado, de estas se extrae principalmente la potencia del motor utilizado = 2 HP promedio. De acuerdo a la información obtenida, hay que hacer dos consideraciones principalmente. a) La mayoría de las despalilladoras comerciales incorporan el proceso de triturado después del despalillado, 33% de la potencia total; y b) La capacidad de nuestra maquina es 0.25 t/h, una fracción de máquinas comerciales 5 t/h en promedio. Teniendo en cuenta estos detalles, consideramos que para nuestra máquina hacemos una aproximación conservadora de una potencia de 1/2 HP para realizar el proceso de despalillado, un motor comercial de 2 velocidades con 1725 rpm en alta, y 1140 rpm en baja.

Flecha: Todos los materiales utilizados que van a estar en contacto con la uva o el mosto, deberán ser de grado alimenticio, por tanto, se parte de la idea que también se tiene que utilizar el acero inoxidable AISI 304L para el eje.



El Acero inoxidable AISI 304L tiene un límite de cedencia de 485 MPa a tracción, de donde:



Y Strength  $\sigma_{\text{corte}} = Y \text{ Strength tensión} \times 0,58$  (para el Acero Inoxidable)

Y Strength  $\sigma_{\text{corte}} = 485 \text{ [MPa]} \times 0,58 = 281,3 \text{ [MPa]}$

Recordemos que el esfuerzo cortante a cualquier distancia del eje es:

$$\sigma_{\text{max}} = Tc / J = T \times r / J$$

Dónde:

$\sigma_{\text{max}}$  = Limite de cedencia al corte

T = Torque aplicado

c = r = Radio del eje

J = Momento polar de inercia

De la fórmula de momento polar de inercia en un objeto circular tenemos que:

$$J = \frac{1}{2} \pi r^4$$

Sustituyendo tenemos:

$$\sigma_{\text{max}} = T \times r / \frac{1}{2} \pi r^4 = 2T / \pi r^3$$

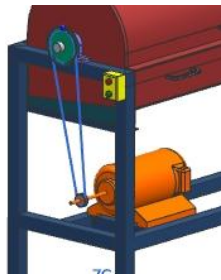
Por tanto, para T = 57,198457 [N.m] y despejando r, tenemos que:

$$r_{\text{min}} = 3 \sqrt{\frac{2T}{\sigma_{\text{max}} \pi}} = 3 \sqrt{\frac{2 \times 57,198457 \text{ [N.m]}}{281300000 \text{ [Pa]} \times 3,1416}} = 0,0050586 \text{ [m]} = 5,06 \text{ [mm]}$$

El diámetro mínimo de la flecha es 10,12 mm. Se necesita una superficie para soldar los tubos de las paletas de 1/2" de diámetro = 12,7 mm, y debido a que su separación entre paletas será de tan solo 50 mm entonces, necesariamente la flecha deberá aumentar su diámetro exterior. El diámetro exterior de la flecha se define en 38,10 mm = 1,5", el cual, con un peso de 8,950 kg/m, resultaría en un eje de flecha de 9,9524 kg de peso en acero inoxidable AISI 304L.

Chumaceras: Las chumaceras son elementos de apoyo económico y de fácil mantenimiento, estos pueden ser, de acuerdo al catálogo SKF para nuestra aplicación un soporte de pie SNA para rodamientos con manguillo de fijación. En base a estos criterios de velocidad máxima en caso de uso en condición límite de 500 rpm y a la carga máxima que generara el sistema de flecha paletas y polea, se define la chumacera SKF SYKC 38 NTH. La chumacera es compatible con medio ambientes que procesan alimentos, se fijan al bastidor a través de 2 tornillos de acero inoxidable de 3/8" cabeza hexagonal.

Reductor de velocidad: se consideró el torque necesario para realizar el trabajo de rotación del eje de paletas de procesamiento fue calculado anteriormente T= 57,198457 N.m, se establece como el límite de velocidad rotativa máxima necesaria para generar la fuerza de impacto suficiente para el proceso de 7,5 m/s. En cuanto a las relaciones de las poleas, la velocidad resultante en el eje será de 350 rpm.



Usando un material publicado por Stephen Huges [4] este define un valor empírico de entre 150 a 200 rpm como más apropiado para realizar el proceso de despallado, la capacidad de la maquina referida es de 1-3 t/h, mayor a la que estamos diseñando. Al hacer girar el eje un poco más despacio, el impacto resultante sobre el racimo no proyectaría las bayas con una fuerza excesiva, lo cual contribuiría a que el proceso resultara un trato menos agresivo a las uvas. Se decide entonces utilizar un motor de dos velocidades, con velocidad de placa 1750/1140 rpm, el cual, utilizando una polea motriz de  $d_1 = 50,8 \text{ mm} = 2 \text{ in}$  de diámetro. Y una polea conducida de diámetro  $d_2 = 254 \text{ mm} = 10 \text{ in}$  tenemos que:

$$n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$$

Dónde:

$n_1$  = velocidad rotación polea motriz

$d_1$  = diámetro de la polea motriz

$n_2$  = velocidad rotación polea conducida

$d_2$  = diámetro de la polea conducida.

Sustituyendo, para  $n_1 = 1750$  (alta) tenemos:

$$n_2 \text{ (alta)} = 1750 \times (50,8 / 254) = 350 \text{ [rpm]}$$

Sustituyendo, para  $n_1 = 1140$  (baja) tenemos:

$$n_2 \text{ (baja)} = 1140 \times (50,8 / 254) = 228 \text{ [rpm]}$$

Este arreglo nos permitiría seleccionar a través de un interruptor acoplado al motor, la velocidad más apropiada entre 350 o 228 rpm, de acuerdo a el tipo de uva que se esté procesando.

Selección de la Banda: Usando la potencia de 0,50 HP= 0,507138 CV y con  $N_2 = 1750 \text{ rpm}$ , para un motor se debe aplicar una potencia corregida.

$$P_c = P \times c$$

$c$  = factor de corrección según Tablas =1

Por tanto:

$$P_c = 0,507138 \text{ [CV]}$$

Usando  $P_c$  y  $N_2$  de catálogo de bandas, se tiene una banda tipo Z.

Distancia entre ejes l:

$$\text{Primero calculemos } K = D_{\text{mayor}} / D_{\text{menor}} = 254 \text{ [mm]} / 50,8 \text{ [mm]} = 5$$

Para  $K > 3$  entonces:

$$l \geq D_{\text{mayor}} ; \text{ por tanto:}$$

$$l \geq 254 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{asumido}} = 260 \text{ [mm]}$$

Cálculo de la longitud primitiva de la banda

$$L = 2 \times l + 1,57 (d_{\text{mayor}} + d_{\text{menor}}) + ((d_{\text{mayor}} + d_{\text{menor}})^2 / 4 \times l)$$

$$L = 2 \times (260 \text{ [mm]}) + 1,57 (254 \text{ [mm]} + 50,8 \text{ [mm]}) + ((254 \text{ [mm]} + 50,8 \text{ [mm]})^2 / 4 (260 \text{ [mm]}))$$

$$L = 999,12 \text{ [mm]}$$

En catálogo de bandas, con la longitud primitiva se escoge el valor inmediato siguiente; L nominal primitiva = 1000 mm; banda tipo Z38 ¼, de 10 mm de ancho.

Cálculo de la distancia entre ejes corregida:

$$l_{\text{corregida}} = l_{\text{asumido}} \pm \frac{1}{2} (1000 \text{ [mm]} - 999,12 \text{ [mm]})$$

Dónde:

$$\text{Para } l_{\text{asumido}} = 260 \text{ [mm]}$$

$$l_{\text{corregida}} = 260 \pm \frac{1}{2} (0,88) = 260,44 \text{ [mm]}$$

Soporte-bastidor de la maquina: Para el diseño de la parte estructural de la máquina, se necesita primeramente saber la masa que necesita soportar, la cual es de 132,6 kg, repartido en 4 patas resulta: Masa = 132,6 kg / 4 = 33,15 kg (c/pata). Los soportes de este tipo, fallan por pandeo debido a que las patas son estructuras esbeltas que trabajan a compresión y cuya condición de carga es empotrado-empotrado.

$$\text{Para la longitud de patas} = 1\ 110 \text{ [mm]} = 1,11 \text{ [m]}$$

$$F = mg = 33,15 \times 9,81 = 325,2 \text{ [N]}$$

Utilizando PTR ASTM A36 tenemos que el límite de cedencia (yield strength) del apéndice A8

$$SF = 36 \text{ [ksi]} = 2\ 531 \text{ [kg/cm}^2\text{]} = 248,211 \text{ [MPa]}$$

Ahora calculamos el momento de inercia (en  $\text{cm}^4$ ) necesario para impedir el pandeo de un elemento esbelto:

$$I = 1,2 \times P \times L^2$$

$$I = 1,2 \times (33,15 \text{ [kg]}) \times (1,11 \text{ [m]})^2 = 49,013 \text{ [cm}^4\text{]}$$

Si utilizamos un PTR de 2" (25,4 mm) calibre 14, con una sección de 3,66  $\text{[cm}^2\text{]}$  (0,000366  $\text{[m}^2\text{]})$ :

$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = 325,2 \text{ [kg.m}^2\text{/s}^2\text{]} / 0,000366 \text{ [m}^2\text{]} = 888524,5901639 \text{ [Pa]} = 888,5246 \text{ [kPa]}$$

$$\sigma_{F_{\text{adm}}} = \sigma F / 1,71$$

$$\sigma_{F_{adm}} = 2\,531 \text{ [kg/cm}^2\text{]} / 1,71 = 1\,480,1465 \text{ [kg/cm}^2\text{]} = 145,153 \text{ [MPa]}$$

$$W = \sigma_{F_{adm}} / \sigma_{adm}$$

Donde  $\sigma_{adm}$  es  $\sigma_F$ , si  $l < 60$

$$\lambda = l_p / i$$

$$i = 0,84 \text{ [cm]}$$

$l_p = L/2$  debido a que está en condición de carga empotrado-empotrado

$$\lambda = (111 \text{ [cm]}/2) / 0,84 \text{ [cm]} = 66,07$$

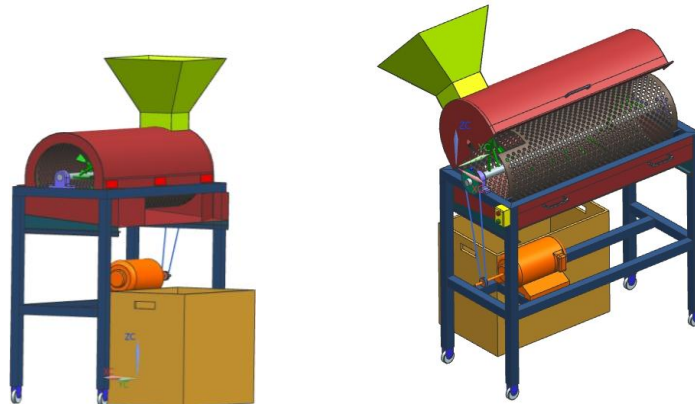
$$w = 1,16$$

Para que el elemento analizado no falle en doblez,  $w \times \sigma < \sigma_{F_{adm}}$

$$\text{Que en nuestro caso; } w \times \sigma = 1,16 \times 888,5246 \text{ [kPa]} = 1\,030,6885 \text{ [kPa]} = 1,0306885 \text{ [MPa]}$$

Como:  $1,0306885 \text{ MPa} < 145,153 \text{ MPa}$ ; Por tanto, se cumple la condición y se puede utilizar.

Cajón recolector: Cumple una función importante en el proceso, canalizar las bayas separadas hacia un contenedor en la parte inferior de la máquina, cuenta con guías para ser fácilmente removido de la máquina. El material seleccionado, dado que este entrara en contacto con las bayas ya procesadas, es la lámina de acero inoxidable AISI 304L, calibre 18 (1,21 mm).



Se utilizó una herramienta de modelado asistido por computadora (CAD) en donde se construyeron uno por uno los componentes de la máquina, ya que se tienen disponibles, estos se unen virtualmente en un modelo 3D de la máquina. Se aprovecha para validar dimensiones y se llevan a cabo ajustes para garantizar un buen ajuste en el ensamble.

Costos: El desglose de costos de materiales obtenidos durante la revisión de componentes = \$11 072. Se muestra un costo estimado de indirectos = \$3 228,4, resultando en una diferencia contra el costo objetivo. Hay que subrayar que debe entenderse como objetivo del diseño y de ninguna manera debe considerarse como algo que descalifique el presente trabajo. Existen un sinnúmero de atributos intangibles de valor que deben tomarse en cuenta, como los beneficios de calidad del proceso de vinificación, la calidad del vino resultante y el hecho que el tiempo

empleado anteriormente para esta labor se elimina, con lo que se logra mejorar la productividad del proceso de vinificación.

#### Conclusiones:

Esta máquina se adapta más a las necesidades del productor de vino artesanal en aspectos como volumen de uva procesada y costo, es el proceso de despalillado de eje rotativo de paletas tipo Amos con disposición de paletas y eje helicoidal horizontal. De acuerdo a los resultados observados utilizando información y conclusiones alcanzadas por Lombard [1], los resultados arrojados fueron utilizados en el presente trabajo como parámetros de línea base para definir las características de diseño y componentes propios de la máquina despalilladora.

En el caso de México encontramos que si bien existe una sólida industria vinícola en constante crecimiento, aun no se encuentra dentro de la escala de los grandes países productores de vino en el mundo, por tanto, este tipo de proyectos productivos como el de la presente tesis, pueden encontrar tierra fértil para pensar en que podrían ser un excelente fundamento para estudios más profundos que se realicen sobre la materia en el futuro. La tecnología sea de bajo costo, esto es posible lograrlo mediante el uso de las mejores prácticas en manufactura del mundo, las cuales permitirán posicionar en un futuro muy cercano al campo Mexicano como un promotor de la tecnificación del campo.

#### Referencias bibliográficas:

- [1] Experimental and Numerical Investigation into the Destemming of Grapes  
Stephanus Gerhardus Lombard (March 2011) Copyright©2011 Stellenbosch University
- [2] Mr. Helmut Amos, owner of Magitec; Paarl, South Africa
- [3] Phillips, C., 2005. Product Review: Destemmers. Wine Business Monthly, 15 June.
- [4] The Garagiste's Destemmer; Steve Huges, 2011
- [5] Estudio preliminar de la compacidad del racimo de la vid; Natalia Laguna Ullán,  
Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2012
- [6] Diseño higiénico del Equipo de Procesado de Alimentos, Ernesto Castañeda Martin,  
Monografía XXXI: Real Academia Nacional de Farmacia, 2010. ISBN: 978-84-937389-9-0