

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS TRITURADOR DE GRANOS PARA GRANJAS AVÍCOLAS”

Bermeo Martínez Diana Carolina.

Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

Resumen— El presente proyecto consiste en el diseño y construcción de un molino de tipo martillos, que tenga una capacidad aproximada de 10 quintales por hora, con la finalidad de triturar granos como: maíz duro (morochillo), trigo, soya, etc., para la alimentación de pollos camperos.

Para el diseño de los elementos mecánicos que forman parte del molino de martillos se determinaron las fuerzas a las que se encuentran sometidos. De acuerdo al principio de funcionamiento de molinos de martillos, la principal fuerza presente en el sistema es la fuerza centrífuga.

Así los principales elementos que componen un sistema de molinos de martillos son: sistema de trituración, tolvas de alimentación y descarga, bastidor, sistema de transmisión de potencia, y sistema eléctrico.

Palabras claves—Molino de Martillos, Triturar, Fuerza Centrífuga, Sistema de trituración.

I. INTRODUCCIÓN

EL diseño y construcción de un molino de martillos para granjas avícolas, tiene el objetivo de reducir costos de producción de las aves, debido a que triturar el alimento para los pollos en molindas ajenas a la granja representa un aumento significativo.

El principio de funcionamiento de un molino de martillos no es complejo, e inicia por la boca superior por donde ingresa el producto a ser triturado y por gravedad cae al interior de la cámara de desintegración, el eje gira a gran velocidad y por presencia de la fuerza centrífuga los martillos se posicionan perpendicularmente en posición de trabajo, los martillos golpean el producto que se encuentra en el interior del molino, posteriormente choca contra la cámara de desintegración y nuevamente es golpeado por los martillos, este proceso ocurre sucesivamente hasta que el producto alcance un tamaño tal que pueda pasar por la criba o rejilla

Para el diseño de los elementos mecánicos que forman parte del molino se determinan las fuerzas a las que se encuentran sometidos. De acuerdo al principio de funcionamiento de

molinos de martillos, la principal fuerza presente en el sistema es la fuerza centrífuga, la misma que se determina en base a la velocidad angular y radio de giro del molino.

Los factores de diseño que se toman en cuenta para este proyecto, son los que se detallan a continuación: la capacidad del molino de martillos es 10 quintales por hora, el molino estará en funcionamiento aproximadamente 5 horas al día y trabajo intermitente, la velocidad angular del molino es de 3000 rpm., el sistema de transmisión de potencia se lo realiza por medio de bandas de transmisión, este sistema es de elevación de velocidad, en donde la velocidad del motor es 1750 rpm y la velocidad del molino 3000 rpm como se estableció anteriormente, es importante tomar en cuenta que para el diseño de los elementos mecánicos el factor de seguridad aceptable es mínimo de 3

II. MARCO TEÓRICO

A. Molino de Martillos Definición

El molino de martillos es una máquina destinada para procesos como trituración y molienda, es un tipo de molino de impacto o percusión, tienen la ventaja de ser capaz de procesar muchos tipos de materiales, así como la producción de partículas de diversos tamaños, simplemente cambiando la pantalla de salida.

B. Partes Constitutivas de un Molino de Martillos

Las partes primordiales que constituyen un molino de martillos, y que se realiza el estudio en este proyecto son: las tolvas de alimentación y descarga, el bastidor, el sistema de transmisión de potencia, el sistema eléctrico y el sistema de trituración

El sistema de trituración es el alma del molino y está formado por 4 discos porta martillos, 4 ejes secundarios, 36 herramientas de percusión y el eje principal, este conjunto de elementos es accionado por un motor eléctrico.

III. DISEÑO MECÁNICO Y ELÉCTRICO

Previo al diseño de los elementos mecánicos, se obtienen datos importantes como: la fuerza de corte del morochillo $F_c \approx 36 \text{ N}$, el sistema de trituración está formado por 36 martillos, velocidad tangencial de los martillos $v_t = 59 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, radio de giro, $R_g = 18 \text{ cm}$, longitud del martillo $L = 10 \text{ cm}$, fuerza centrífuga $F_{cf} = 1027,62 \text{ N}$

Diseño de la herramienta de percusión- martillos.

El diseño de la herramienta consiste básicamente del cálculo de sus medidas (Fig.1), el material que se utiliza para los martillos es AISI 01, por ser éste adecuado para herramientas de molinos. Se parte calculando la masa necesaria que deben tener los martillos $m_m = \frac{F_c * 3}{\alpha * L} = 0,137 \text{ kg}$, una vez que se obtiene la masa del martillo se establece un espesor de la herramienta en base al tamaño del producto a ser triturado $e = 0,47 \text{ cm}$, para el cálculo del ancho de la herramienta se utiliza la siguiente ecuación $a = \frac{m_m}{\rho * e * L} = 3,7 \text{ cm}$.

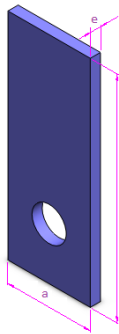


Fig. 1. Geometría de la herramienta de percusión

A. Diseño del eje secundario.

Los ejes secundarios soportan los martillos; por lo tanto las fuerzas a las que se encuentran sometidos son: la fuerza centrífuga y el peso de los martillos $F_y = F_{cf} + W_m$ como se observa en la figura 2. Los discos representan los apoyos del eje secundario; por lo tanto se analiza un segmento del mismo que comprende 3 martillos y dos apoyos.

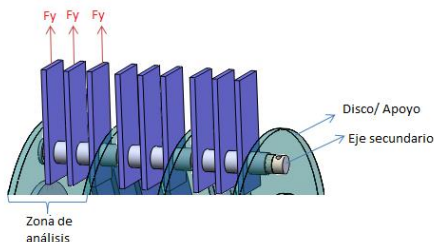


Fig. 2. Fuerzas presentes en el eje secundario

El material que se utiliza para el eje secundario es AISI 1018, y el diámetro que se establece es de $d = \frac{5}{8} \text{ in}$, la longitud del segmento en análisis es 6,2 cm, tomando en cuenta estos parámetros se realiza el análisis estático mediante

software CAD, SolidWorks.

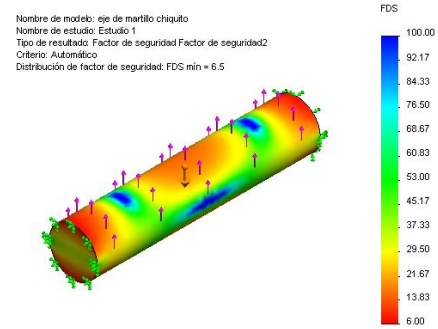


Fig. 3. Factor de seguridad del eje secundario

En la Fig. 3, se puede apreciar el resultado del análisis estático del eje secundario, el mismo que se somete a cargas reales y da como resultado un factor de seguridad de 6,5.

B. Diseño de los Discos

Los discos son elementos que soportan los ejes secundarios, el diámetro del disco depende del radio de giro y la longitud del martillo. Para el análisis estático de los discos se tiene las siguientes características: diámetro 22cm, material ASTM A36, espesor 4 mm, por otro lado las fuerzas que soportan los discos son las reacciones presentes en los ejes secundarios.

$$R_1 = 3,07 \text{ KN}, \quad R_2 = 3,09 \text{ KN}, \quad R_3 = R_5 + R_6 = 3,08 \text{ KN}$$

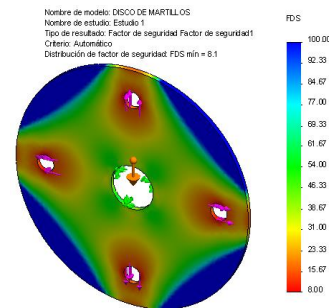


Fig. 4. Factor de seguridad del Disco

El resultado del análisis estático del disco, se presenta en la figura 4, en la que se observa que el disco sometido a cargas reales del sistema tiene un factor de seguridad de 8.

C. Potencia del Motor

Para el cálculo de la potencia del motor, se debe sumar la potencia en vacío P y la potencia de carga, para lo cual se tiene las siguientes ecuaciones:

$$P = \frac{W_m * R^2 * n^3 * \# * f}{8 * 100000 * \eta * \eta_m} \quad E = k * f * \left[\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right]$$

$$P_{carga} = Capacidad * E$$

En donde: #: número de martillos, n: rpm del rotor, f = factor dependiente de la velocidad de rotación de los martillos η : rendimiento mecánico por transmisión. η_m : rendimiento del

motor, k: Constante Rittinger, f : Factor que depende del tipo de molienda, seca o húmeda. d_1, d_2 : Diámetro del producto de entrada y de salida respectivamente.

$$P_{motor} = 5HP$$

D. Diseño del eje principal

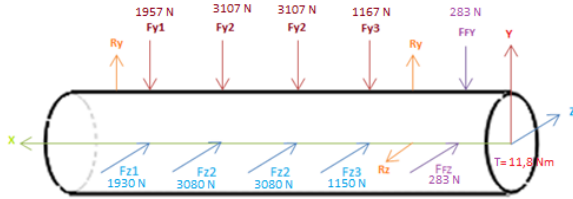


Fig. 5. Fuerzas presentes en el eje principal

El eje principal soporta las fuerzas flexionantes por la presencia de la polea del sistema de transmisión, las fuerzas del sistema de transmisión, las reacciones de los apoyos, además soporta el torque del motor (ver figura 5). El material del eje es acero AISI 1018. Para calcular el diámetro del eje principal se tiene la siguiente ecuación:

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

El momento máximo resultante es $M = 465,98 Nm$, mientras que la resistencia a la fatiga real estimada se calcula con la siguiente ecuación $s'_n = s_n * C_m * C_{st} * C_R * C_s = 191,25 MPa$. Para un factor de seguridad $N = 3$, se obtiene un eje de 40 mm de diámetro.

E. Diseño del Bastidor

El bastidor aloja elementos como el sistema de trituración, las chumaceras, entre otros, por lo tanto soporta las reacciones de la dinámica del sistema. La fuerza a la que se encuentra sometido el bastidor es la fuerza presente en los apoyos del eje principal $P = 5.21 KN$, el material de construcción del bastidor es ASTM A36, y espesor de 4 mm.

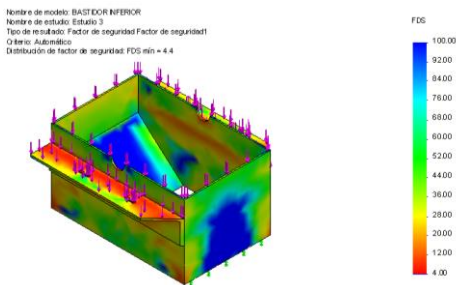


Fig. 6. Factor de seguridad de la tolva de alimentación

En la figura 6 se presenta el resultado del análisis estático que se realiza en el programa SolidWorks y se obtiene un

factor de seguridad de 4,4 para las condiciones reales del bastidor.

F. Diseño de las tolvas

La principal característica de las tolvas de alimentación y de descarga es el ángulo de inclinación, el mismo que depende del coeficiente de fricción (μ), en este caso entre el grano y el acero y se calcula con la siguiente ecuación $\theta = \tan^{-1}(\mu) = 18,7^\circ$.

El material de las tolvas es de acero ASTM A36, la tolva de alimentación tiene una capacidad de $W = 176,4 N$, y su espesor es de 2mm, de acuerdo a estas consideraciones se realiza el análisis estático.

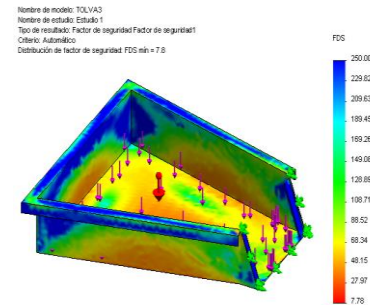


Fig. 7. Factor de seguridad de la tolva de alimentación

Según la figura 7 el factor de seguridad de la tolva de alimentación es de 7,8 para su capacidad máxima.

G. Ensamble General en SolidWorks.

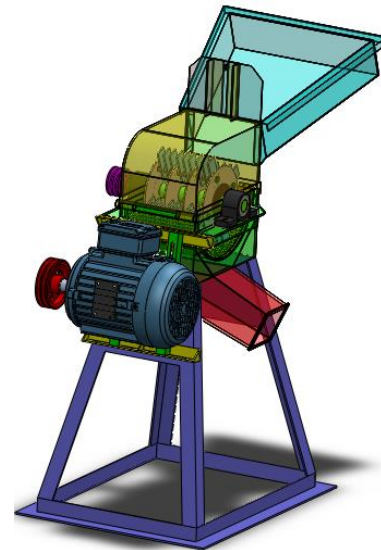


Fig. 8. Ensamble general del molino de martillos

Una vez realizado el análisis y diseño de los componentes, se realiza el ensamblaje general del molino de martillos como se presenta en la figura 8, y se somete a pruebas de simulación de movimiento, con lo cual se comprueba si el molino funciona de manera adecuada.

IV. CONCLUSIONES

Se diseñó los diferentes elementos mecánicos que forman parte del molino de martillos, el diseño se realizó tomando en cuenta factores económicos, de seguridad, eficiencia y manufactura práctica.

El diseño del molino de martillos realizado, da como resultado la producción de 10 quintales por hora de morochillo triturado, de tamaño grueso y medio, siendo ésta la capacidad preestablecida al inicio del proyecto.

El molino diseñado en este proyecto tiene como finalidad, triturar granos para consumo animal; no está apto para consumo humano; si se desease utilizar para consumo humano se debería utilizar acero inoxidable como material primordial en su construcción.

V. RECOMENDACIONES

Para el diseño de los elementos del molino de martillos se estableció un factor de seguridad mínimo de 3; para producción a gran escala de molinos de martillos, se recomienda que el factor de seguridad de los elementos diseñados se reduzcan a 3, esto ayudaría a minimizar costos de producción.

La trituración de granos secos, genera determinada cantidad de harina, la misma que no siempre es aprovechada al máximo; por lo cual se recomienda implementar un sistema de absorción de harina, que puede ser acoplado al motor del molino.

REFERENCIAS

- [1] V. Hopp, Fundamentos de Tecnología Química, Madrid: Reverté S.A, 2005.
- [2] J. Ortiz Cañavate, Las Máquinas Agrícolas y su Aplicación, España: Undiprensa, 2003.
- [3] R. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, México: Pearson S.A, 2006.
- [4] D. Walter, Manual Tecnológico del cemento, Barcelona: Reverté S.A, 2003.
- [5] R. Cuadrado Moncayo y J. Rueda Castillo, Diseño y Construcción de un Molino de Martillos, Quito, 2009.
- [6] B. Costales, Diseño, Elaboración y Evaluación de Proyectos, Quito: Agil Print, 2003.

BIOGRAFÍA

Bermeo Martínez Diana Carolina, nació en Quito-Pichincha.



Cursó sus estudios secundarios en el Instituto Tecnológico Superior “Victoria Vásquez Cuví”, en donde logró el título de Bachiller especialización Físico Matemático

Sus estudios superiores los realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE extensión Latacunga, en donde obtuvo el título de Ingeniera Electromecánica.