

DISEÑO DE UNA MÁQUINA PICADORA DE RASTROJO, PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO EN EL FUNDO JOSÉ FARRO DEL CENTRO POBLADO MENOR CALLANCA - MONSEFÚ

DESIGN OF A MACHINE RASTROJO MINCER FOR PRODUCTION IN THE FARM COMPOSTABLE JOSE VILLAGE RETAIL CENTER FARRO CALLANCA – MONSEFÚ

Jhonny Wuilians Alvines Arbaiza¹
Elder Rony Guzman Agapito²
Miriam Marcela Serrepe Ranno³

Fecha de recepción: 17 de abril 2016

Fecha de aceptación: 20 de mayo 2016

Resumen

El uso intensivo e inadecuado de los fertilizantes y productos químicos ha con llevado al deterioro de los suelos y pérdida de terrenos agrícolas siendo un grave problema, no solo en el Perú si no en todo el mundo, motivo por el cual se realizó la presente investigación titulada: Diseño de una máquina picadora de rastrojo, para la producción de abono orgánico en el fundo José Farro, que tuvo como objetivos: diseñar, caracterizar, modelar, elaborar, desarrollar y evaluar el diseño de una máquina picadora de rastrojo, el respaldo teórico utilizado fue articulado a la investigación. El tipo de investigación fue de tipo aplicada y de diseño cuasi experimental, el escenario lo constituyó el fundo José Farro del centro poblado menor Callanca – Monsefú. Para el análisis de datos se detalla el proceso realizado para el diseño de los componentes y de los sistemas que integran el mecanismo. Para lograrlo, se recurre a varios materiales de apoyo como libros de diseño mecánico, manuales de fabricantes, catálogos de proveedores, además del uso de software CAD/CAE. En el último capítulo está la propuesta de investigación, aquí se narraron los pasos para el diseño; es así con lo antes mencionado, se logró diseñar una máquina picadora de rastrojo con la capacidad de picar un volumen de producción de, $166 \text{ m}^3/\text{día de trabajo}$ gracias a los cálculos: potencia de motor de 10 HP, diseño de transmisión, selección de rodamientos de bolas, cálculo de fajas de sección en B tipo V y poleas de 3 canales, cuyo diámetro de las polea de mayor es de 9.4 pulg y de la polea menor 4.6 pulg, por último el diseño de sistema de corte constituido por 3 cuchillas y 36 martillos. Cabe mencionar que en la investigación, su posible fabricación contaría con un presupuesto de S/.7216.30; que comparado con los precios del mercado esta sería rentable.

Palabras claves: *Abono orgánico, Diseño, Máquina picadora, Rastrojo.*

Abstrac

The intensive and inappropriate use of fertilizers and chemicals has to led to land degradation and loss of agricultural land remains a serious problem, not only in Peru but all over the world, why this investigation was conducted entitled: design of a mincing machine stubble, for the production of organic fertilizer on the farm José Farro, whose objectives were: to design, characterize, model, develop, develop and evaluate the design of a mincing machine stubble, theoretical support it was used to research articulated. The research was applied and type of quasi-experimental design, the stage it was the farm Jose Farro of Callanca less populated center - Monsefú. For data analysis process performed in the design of components

¹ *Ingeniería Mecánica Eléctrica. Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Egresado. Universidad Señor de Sipán. Chiclayo. Lambayeque. Perú. jalvinesa@crece.uss.edu.pe.*

² *Ingeniería Mecánica Eléctrica. Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Egresado. Universidad Señor de Sipán. Chiclayo. Lambayeque. Perú. gagapitoer@crece.uss.edu.pe.*

³ *Ingeniería Mecánica Eléctrica. Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Magister. Universidad Señor de Sipán. Chiclayo. Lambayeque. Perú. mserreper@hotmail.com.*

and systems that make up the detailed mechanism. To achieve this, various support materials such as mechanical design books, manuals manufacturer, supplier catalogs, are used in addition to the use of CAD/CAE software. In the last chapter is the research proposal, here are the steps for design narrated; so with the above, it was possible to design a mincing machine Stubble with the ability to sting a production volume of $166 \text{ m}^3 / \text{day working}$ through the math: power 10 HP motor, transmission design, selection of ball bearings, calculating strips section B type V and pulleys 3 channel, the diameter of the pulley greater is 9.4 inches and the lower pulley 4.6 in finally designing cutting system consists of three blades and 36 hammers. It is noteworthy that in the research, manufacture possible would have a budget of S / .7216.30; which compared to market prices this would be profitable.

Keywords: *Organic Fertilize, Design, mincing machine, Stubble.*

1. Introducción

La investigación ha sido desarrollada viendo la problemática que en los últimos años aqueja la cantidad de producción agropecuaria teniendo este unos profundos efectos en el medio ambiente, siendo la principal fuente de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas, además son la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero, que contribuyen en gran medida a otros tipos de contaminación del aire y del agua; ante todo esto las búsquedas de propuestas para ser una agricultura sostenible podrían ser de mucha importancia ya que esta prioriza el manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal manera que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras, es así que la creación de una máquina picadora de rastrojo para la obtención de abono orgánico, sería una propuesta importante para contribuir con esta visión, ante lo mencionado se plateó el problema de investigación, de cómo diseñar una máquina picadora de rastrojo, para la producción de abono orgánico y la disminución del impacto ambiental en el fundo “José Farro” del centro poblado menor Callanca – Monsefú.

Es importante no ser indiferentes ante los efectos que ocasiona la producción agropecuaria ante el medio ambiente creando nuevas tecnologías, contribuir con la disminución del impacto negativo de los residuos tóxicos sin perjudicar la salud de los agricultores ya que no tendrán contacto directo con los insumos químicos, por lo que la investigación se suma al reto de un cambio sostenible en la agricultura con la propuesta del diseño de la máquina picadora de rastrojo.

Cabe mencionar que existen pocos trabajos de investigación relacionados al tema, como Zambrano, L en donde los datos obtenidos al utilizar la máquina picadora moledora indica que tiene una gran ventaja en cuanto a la

versatilidad obtenida, al poder ser utilizada para moler granos y alimentación de animales de granja; los mecanismos de transmisión de potencia pueden ser de diversa índole y ser transmitida mediante motores eléctricos, mediante un motor de combustión interna o adaptándolo a un tractor.

Por otra parte, concerniente al diseño, se enumeran y analizan las necesidades a satisfacer y seleccionar la que se adapte al objeto de estudio. En consecuencia, se detalla el proceso realizado para el diseño de los componentes y de los sistemas que integran el mecanismo utilizando la bibliografía confiable y los software aplicados en la investigación, teniendo en cuenta las normas dadas por INDECOPI, normas internacionales, como la norma AISI 304 que establece la aplicación del material para el tratamiento de alimentos y con las normas de diseño mecánico y seguridad vigente.

2. Materiales y métodos

En nuestra investigación, la muestra será dos hectáreas de tierra del fundo José Farro del centro poblado menor Callanca – Monsefú, proporcionándonos los datos los cuales nos permitirá analizar el diseño electromecánico que se adapte a la realidad.

Para la recolección de datos utilizamos el método analítico en donde se observó las causas y naturaleza y los efectos del diseño, nos permitirá conocer el proceso de corte de rastrojo y comprender su comportamiento como abono orgánico. Se realiza la inspección directamente en donde se presenta el fenómeno estudiado, para contemplar todos los aspectos inherentes a su comportamiento, conductas y características dentro de ese ambiente, realizando una guía de observaciones a todas las tareas a realizar, para la obtención de los datos con el fin de identificar y evaluar su comportamiento en un periodo de tiempo.

Se tomaron en cuenta las normas dadas por INDECOPI las cuales están destinadas al diseño, maquinado y protección para la máquina, también las normas internacionales como la norma AISI 304 que establece la aplicación del material para el tratamiento de alimentos y las normas de diseño mecánico y seguridad vigente. Además se tomó en cuenta los catálogos de motores eléctricos para seleccionar la potencia requerida para el sistema de selección, así como catálogos para selección de rodamientos, fajas y demás elementos del diseño.

Entre los instrumentos de medición que se utilizaron fueron el pie de rey, para medir las características del rastrojo y poder obtener el flujo másico, como también el cronómetro y tacómetro.

En la presente investigación también se tuvo en cuenta los criterios éticos, como son: principio de beneficencia, principio riesgo / beneficio, principio de respeto a la dignidad humana y principio de justicia.

3. Resultados

Para el diseño de la máquina, tendremos que la cantidad requerida para la operación es $120 \text{ m}^3/\text{día de trabajo}$, valor asumido debido a los espacios que se requieren para el proceso de descomposición de los rastrojos procesados. De los datos obtenidos de las propiedades mecánicas que poseen cierto tipo de rastrojo, seleccionamos los que presentan una mayor dificultad para poder ser cortados, tomando el valor referencial de $\sigma_{prueba} = 3 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

3.1. Potencia requerida

Para determinar la potencia requerida, se determina el torque que debe ejercer el motor que producirá al cortar un rastrojo seco, ya que presentan mayor esfuerzo de corte que los verdes, la selección se basa en las propiedades de esfuerzo cortante de mayor demanda de potencia.

Tabla 1
Valores obtenidos de los cálculos efectuados para hallar la potencia

Potencia requerida	
Potencia requerida	10 HP
Velocidad angular	1750 RPM
Fuerza requerida	360 N
Torque	42 N.m

Fuente: *Elaboración propia*

3.2. Sistema de transmisión

El diseño de una transmisión por faja, permitirá conocer las características dimensionales de los componentes del sistema.

Tabla 2
Valores obtenidos de los cálculos efectuados para el sistema de transmisión

Sistema de transmisión	
Velocidad del motor	3600 RPM
Diámetro polea motriz	116.84 mm
Longitud de la faja	46 pulg.
Distancia entre centros	1160 mm
Potencia de la faja	3.65 HP
Número de fajas	3
Tipo de fajas	B

Fuente: *Elaboración propia*

3.3. Diseño del sistema de corte

Por la característica del elemento, puede usarse para el diseño un acero SAE / AISI – S1 que tenga como propiedades

Tabla 3
Valores obtenidos de los cálculos efectuados para el diseño porta cuchillas

Disco porta cuchilla	
Límite elástico a la tensión	$S_y = 414 \text{ MPa}$
Resistencia máxima a la tensión	$S_{ut} = 689 \text{ MPa}$
Esfuerzo tangencial	$\sigma'_t = 135 \text{ MPa}$
Factor de seguridad	3

Fuente: *Elaboración propia*

En la ilustración 1, representa la masa que impacta al rastrojo (masa de la cuchilla), se observa en c que el rastrojo es perpendicular al plano del papel.

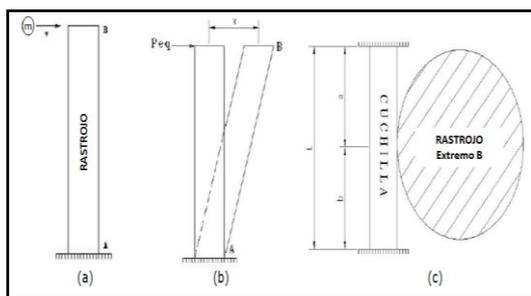


Ilustración 1: Carga equivalente en el rastrojo

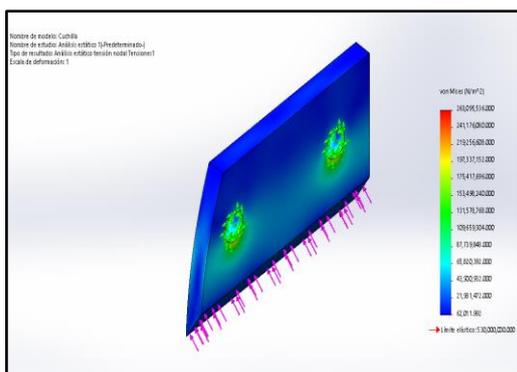
Fuente: Elaboración propia

Análisis mediante el software FEA

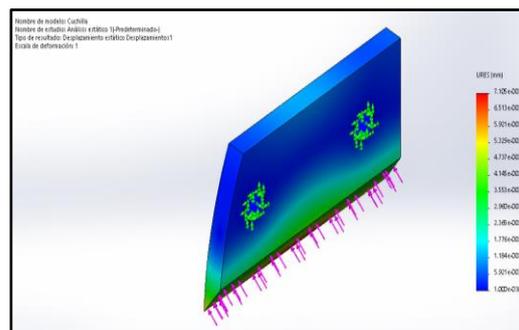
Propiedades del material

- Material: AISI 1050
- Masa: kg
- Volumen: m^3
- Densidad: kg/m^3
- Peso: N
- Pieza analizar Cuchilla

A. Tensiones (Von Mises): se observa que el limite elástico del material $530,000,000.000 N/m^2$ como se muestra en la imagen. Así mismo puede identificarse la zona que sufre los esfuerzos tensionales está muy cerca de la zona de fijación cuyo valor más alto es $263,095,536.000 N/m^2$, que comparado con el limite elástico, implica que resistirá a las cargas que fueron sometidas.

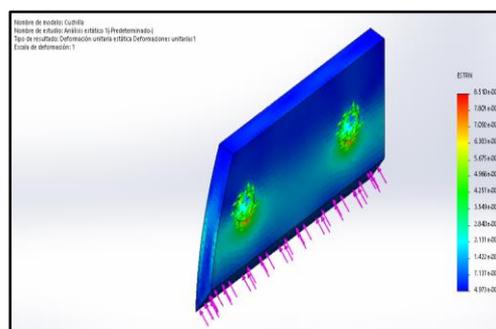


B. Desplazamientos: los desplazamientos más altos se generan donde esta aplicada la fuerza de $7532.77 N$ y el valor más alto es $7.105 \times 10^{-2} mm$; al ser una cantidad muy pequeña no colapsa.

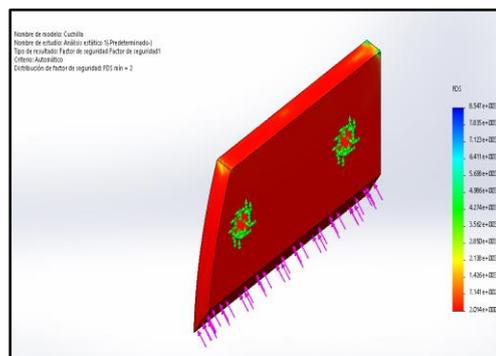


C. Deformaciones: es el cambio de posición relativa de los desplazamientos respecto a cada uno de los ejes.

Observamos en la pieza analizada (cuchilla) según la escala, el valor máximo de deformación es bastante bajo 8.594×10^{-4}



D. Factor de seguridad: FDS min 2



3.4. Diseño de los martillos

Este es fundamental en la máquina picadora de rastrojo, en donde su función es la de impactar los rastrojos con una fuerza superior a los mismos cuando ingresan a la tolva, después de pasar por las cuchillas,

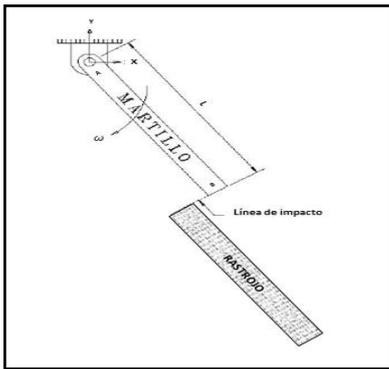


Ilustración 22: Martillo golpeando al rastrojo

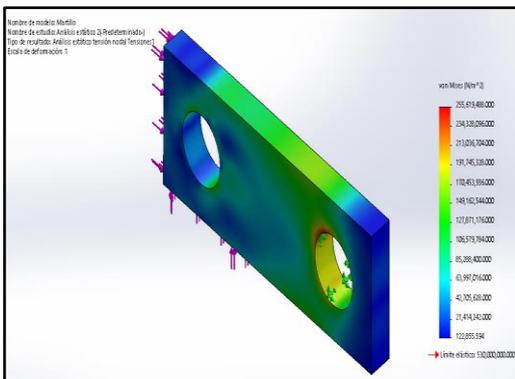
Fuente: Elaboración propia

Donde la fuerza mínima con la cual el rastrojo impactará con el martillo es de 304.21 N. Según los requerimientos para el diseño se utilizará un acero SAE/AISI – 1050 con un factor de seguridad de 4, con un espesor de 9.525 mm.

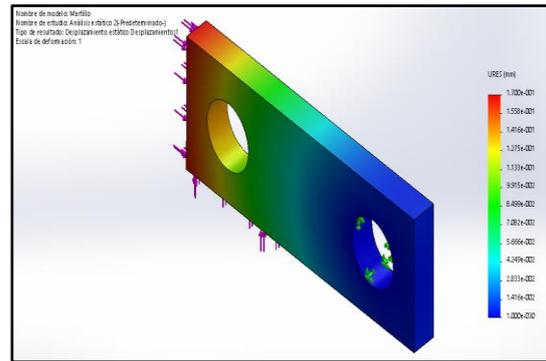
Propiedades del material

- Material: AISI 1050
- Masa: kg
- Volumen: m³
- Densidad: kg/m³
- Peso: N
- Pieza analizar Martillo

A. Tensiones (Von Mises): se observa que el limite elástico del material 530,000,000.000 N/m² como se muestra en la imagen. Así mismo puede identificarse la zona que sufre los esfuerzos tensionales está muy cerca de la zona de fijación cuyo valor más alto es 253,618.488 N/m², que comparado con el limite elástico, implica que resistirá a las cargas q fueron sometidas.

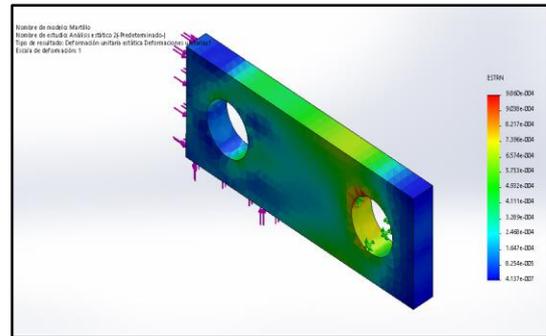


B. Desplazamientos: los desplazamientos más altos se generan donde esta aplicada la fuerza de 7532.77 N y el valor más alto es 1.7 x 10⁻¹ mm; al ser una cantidad muy pequeña no colapsa.

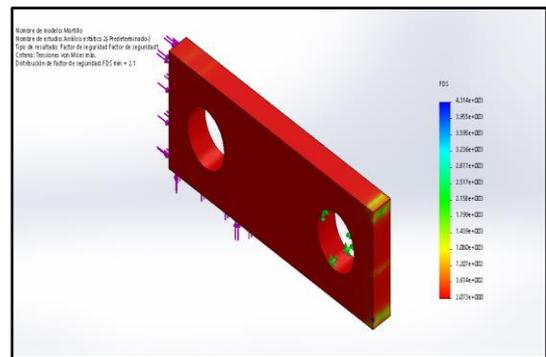


C. Deformaciones: es el cambio de posición relativa de los desplazamientos respecto a cada uno de los ejes.

Observamos en la pieza analizada (martillo) según la escala, el valor máximo de deformación es bastante bajo 9.86 x 10⁻⁴



D. Factor de seguridad: FDS min 2



3.5. Diseño del disco porta martillo

Para el diseño del disco será circular, porque presenta algunas ventajas con relación a otras configuraciones, mejorando las condiciones para el balanceo dinámico. Se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 4
Valores obtenidos de los cálculos efectuados para el disco porta martillo

Disco porta martillo	
Diámetro del disco	360 mm
Agujeros para los agujeros de 20 mm de pernos	diámetro
Agujero centro disco (eje)	40 mm de diámetro
Peso	22.797 N

Fuente: *Elaboración propia*

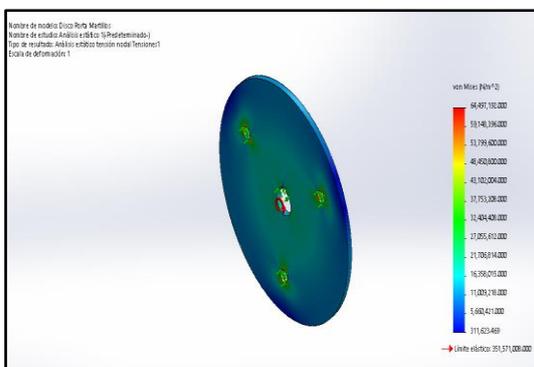
El material que podrá emplearse para el diseño del disco será un acero SAE/AISI – 1020, cuyas propiedades son: $S_y = 207 MPa$, $S_{ut} = 379 MPa$

Análisis mediante el software FEA

Propiedades del material

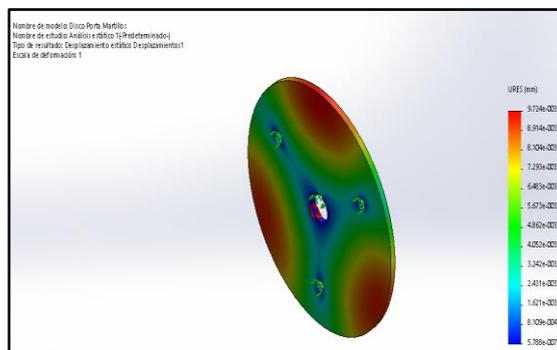
- Material: AISI S1
- Masa: kg
- Volumen: m^3
- Densidad: kg/m^3
- Peso: N
- Pieza analizar Disco Porta Martillos

A. Tensiones (Von Mises): se observa que el limite elástico del material $351,000,000.000 N/m^2$ como se muestra en la imagen. Así mismo puede identificarse la zona que sufre los esfuerzos tensionales está muy cerca de la zona de fijación cuyo valor más alto es $64,497.182.000 N/m^2$, que comparado con el limite elástico, implica que resistirá a las cargas q fueron sometidas.



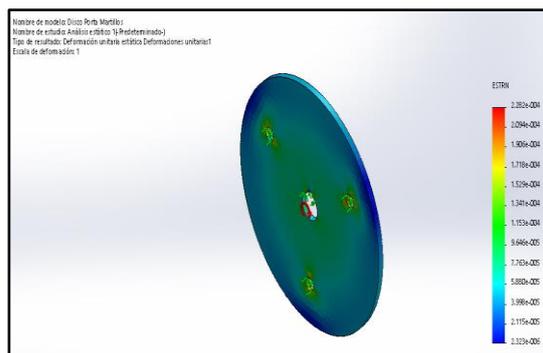
B. Desplazamientos: los desplazamientos más altos se generan cuando somete a una

velocidad angular de 1750 rpm y por lo tanto el valor más alto es $9.72 \times 10^{-3} mm$; al ser una cantidad muy pequeña no colapsa.

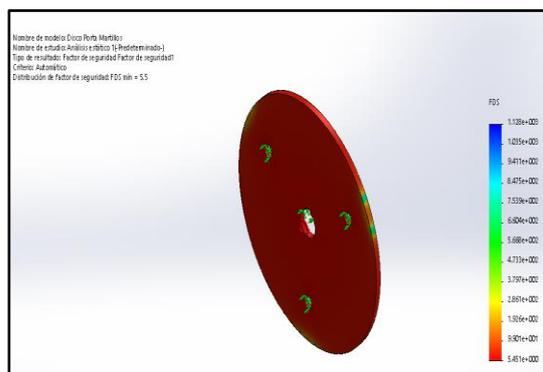


C. Deformaciones: es el cambio de posición relativa de los desplazamientos respecto a cada uno de los ejes.

Observamos en la pieza analizada (disco porta martillos) según la escala, el valor máximo de deformación es bastante bajo 2.82×10^{-4}



D. Factor de seguridad: FDS min 5.5



3.6. Diseño de los separadores de martillos

Los martillos están separados por medio de una arandela, como se indica:

Tabla 5
Valores obtenidos de los cálculos efectuados de la arandela

Arandela	
Espesor	10 mm
Diámetro exterior	30 mm
Diámetro interior	20 mm

Fuente: *Elaboración propia*

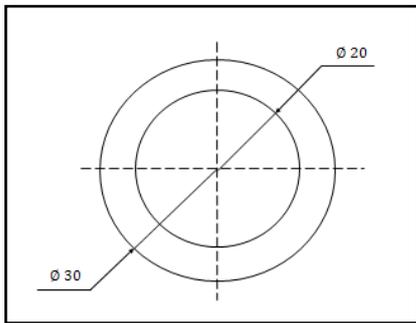


Ilustración 3: Dimensiones de arandelas separadoras de martillos
Fuente: *Elaboración propia*

3.6. Diseño del separador de discos

Para dimensionar el separador de discos, se tomaron en cuenta los espesores del martillo, disco y arandela, lo cual se indica:

Tabla 6
Valores obtenidos de los cálculos efectuados del separador de disco

Separador de disco	
Espesor	30 mm
Diámetro exterior	60 mm
Diámetro interior	40 mm

Fuente: *Elaboración propia*

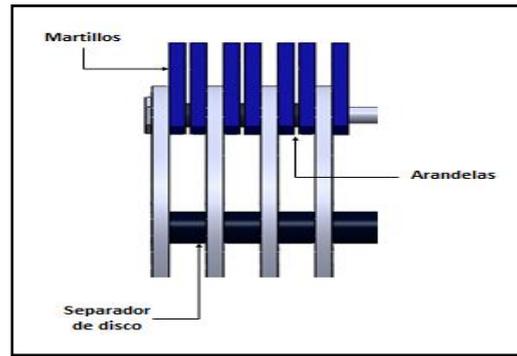


Ilustración 43: Gráfica de separadores de disco y arandelas
Fuente: *Elaboración propia*

3.6. Diseño del eje

El eje principal del volante está sujeto a impacto torsional, el material a emplear es AISI/SAE – 1045 con propiedades:

- Límite elástico a la tensión = $S_y = 207 \text{ MPa}$
- Resistencia máxima a la tensión = $S_{ut} = 565 \text{ MPa}$
- $G = 205 \text{ GPa}$
- $L = 0.40 \text{ m}$

Tabla 7
Valores obtenidos de los cálculos efectuados para el eje

Eje	
Diámetro mínimo	40.37 mm
Torque máximo	2627.052 N/m

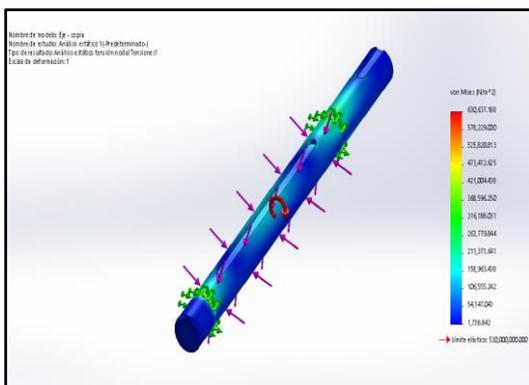
Fuente: *Elaboración propia*

Análisis mediante el software FEA

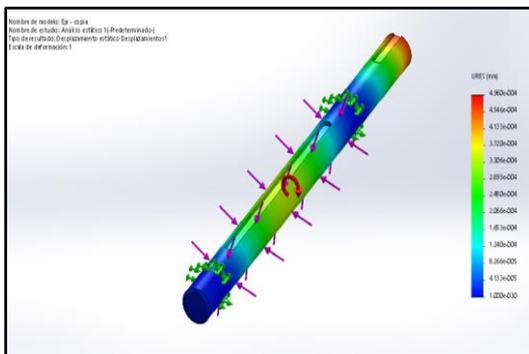
Propiedades del material

- Material: AISI 1045 estirado en frío
- Masa: 5.33709 kg
- Volumen: 0.000679884 m^3
- Densidad: 7850 kg/m^3
- Peso: 52.3035 N
- Pieza analizar Eje:

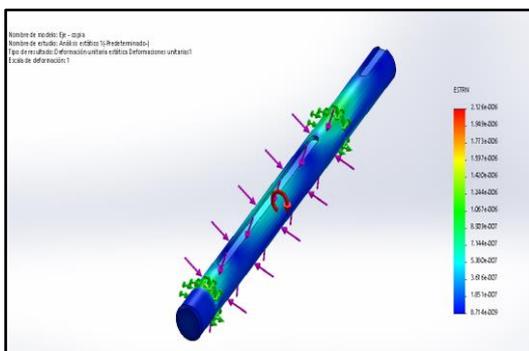
A. Tensiones (Von Mises): se observa que el límite elástico del material $530,000,000.000 \text{ N/m}^2$ como se muestra en la imagen. Así mismo puede identificarse la zona que sufre los esfuerzos tensionales está muy cerca de la zona de fijación cuyo valor más alto es $630,637.188 \text{ N/m}^2$, que comparado con el límite elástico, implica que resistirá a las cargas q fueron sometidas.



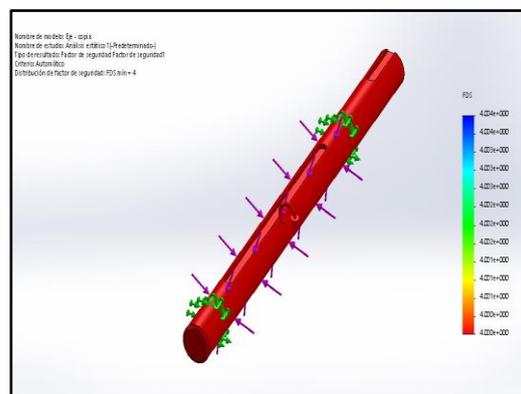
B. Desplazamientos: los desplazamientos más altos se generan donde esta aplicada la fuerza de 600 N a una velocidad angular de 1750 rpm de y el valor más alto es 4.960×10^{-4} mm; al ser una cantidad muy pequeña no colapsa.



C. Deformaciones: es el cambio de posición relativa de los desplazamientos respecto a cada uno de los ejes. Observamos en la pieza analizada (eje) según la escala, el valor máximo de deformación es bastante bajo 2.12×10^{-6}



D. Factor de seguridad: FDS min 4



3.6. Diseño de la tolva

La tolva se diseñó para que contenga el rastrojo, se tuvo en cuenta el ángulo de deslizamiento, para las cuales se requerían muchas pruebas, siendo muy diversas para la combinación de los rastrojos existentes, por lo que el cálculo será basado en las tablas existentes de ángulos de deslizamiento, lo que nos deja sólo con la variable de la capacidad de alimentación, independiente de las propiedades de cada uno de los rastrojos. Por funcionalidad de la máquina va a tener una pequeña tolva que cumpla con el requerimiento de almacenamiento en tránsito de la materia que se esté procesando.

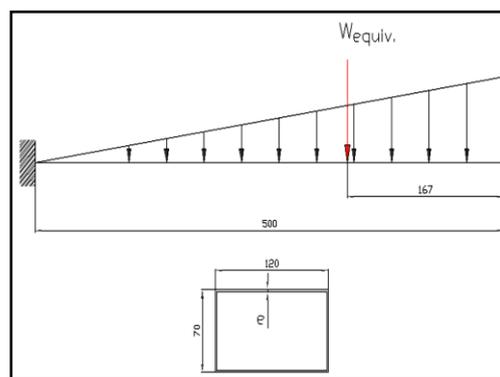


Ilustración 5: Fuerza que actúan sobre la tolva

Fuente: *Elaboración propia*

El material seleccionado para la tolva corresponde a un acero AISI/SAE – 1010 y de espesor de 1/16 pulgadas.

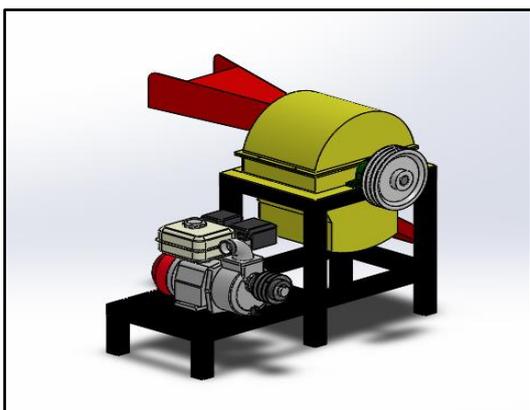


Ilustración 4: *Diseño de la máquina picadora de rastrojo*

Fuente: *Elaboración propia*

4. Discusión

Como menciona Zambrano, 2004, quien señaló que la utilización de la máquina picadora molidora, abarca un gran número de cultivos utilizados en el medio, basándose en la resistencia mecánica que posee cada uno de ellos, tomando en consideración la abrasividad y el deterioro por la humedad encontrada en los rastrojos verdes. Nuestros cálculos concuerdan con la utilización de este tipo de máquina tiene una gran ventaja como la versatilidad obtenida, al poder ser utilizada para poder moler granos, y poder alimentar a los animales de granja, también coinciden en el mecanismo de transmisión de potencia, pudiendo ser mediante un motor de combustión interna o adaptándolo a un tractor.

Tal como indica Martínez, 2009, quien señaló que en su investigación demostró la facilidad de la construcción del prototipo de trituradora de desperdicios orgánicos domésticos, siendo un diseño simple y económicamente viable, como se demostró en la presente investigación.

5. Conclusiones

Se logró diseñar una máquina picadora de rastrojo con la capacidad de picar un volumen de producción de $166 \text{ m}^3/\text{día}$ de trabajo, según los cálculos cumpliendo y superando las expectativas de producción requerido por el dueño del fundo José Farro; lo que se pudo lograr mediante los siguientes cálculos: Potencia del motor de 10 hp, diseño del sistema de transmisión, selección de rodamientos de bolas, cálculo de fajas de sección en B de tipo V y poleas de 3 canales en V, cuyo diámetro de la polea mayor es de 9.4 pulg. y de la polea menor

4.6 pulg, diseño del sistema de corte constituido por 3 cuchillas y 36 martillos.

La caracterización del proceso de corte del rastrojo se realizó mediante el modelado matemático de la carga de impacto del rastrojo para ser fracturado (7532.77 N).

De la elaboración de los planos para el diseño resultaron 22 planos de la máquina picadora de rastrojo están son: vista de despiece A, vista de despiece B, vista de despiece C, cuchillas, martillos, eje, polea mayor y menor, disco porta cuchillas, disco porta martillo, chaveta para discos, chaveta para poleas, separador de discos, separador de martillos, carcasa superior, carcasa inferior, tapa de la carcasa inferior, tolva de entrada, tolva de salida y finalmente estructura principal, lo cual la suma de todo estos planos fueron esenciales para el diseño y para una posible fabricación. Se concluye que mediante el análisis FEA de los elementos que constituyen la máquina picadora, se logró obtener la percepción de los parámetros críticos de diseño, antes de una posible fabricación, que estos fueron favorable.

Se logró realizar una guía de mantenimiento adaptada al diseño propuesto de una máquina picadora, teniendo en cuenta desde la seguridad de la manipulación hasta el mantenimiento estructural de la máquina propiamente dicha.

Con el análisis financiero, realizado en la investigación se concluyó que su posible fabricación bordearía S/.7216.30, que comparado con los precios del mercado esta sería rentable.

6. Referencias

- Arrizabalaga, N. L. (1995). Máquinas prontuarias. Paraninfo S.A.
- Avella, D. J. (2007). Eficiencia energética en motores eléctricos. Colombia.
- Budynas-Nisbett. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. McGraw Hill.
- COPAC A.C. (s.f.). Recuperado el Agosto de 2013, de <http://www.copacpuebla.org.mx/index.php/ac-6/68-rastrojo47>
- Galarza, C. (2005). Caracterización de rastrojos en sistemas agrícolas.
- Gutiérrez, I. J. (2009). Diseño y Construcción de un Prototipo de Trituradora de Desperdicios Domésticos Orgánicos. Instituto Politécnico Nacional, México.

Ison 21. (s.f.). Recuperado el 5 de Octubre de 2013, de <http://www.ison21.es/guia-del-compostaje/tipos-de-compost/>

Marks. (1984). *Manual del Ingeniero Mecánico* (Vols. I, II, III). México.

Para saber mas. (s.f.). Recuperado el 14 de Octubre de 2013, de http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1101/html/3_transmision_por_poleas_y_correas_o_c

Razo, C. M. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. México.

Sampieri, D. R. (2010). *Metodología de la investigación*. México.

Santana, L. R. (2004). *Diseño de una Máquina Picadora de Rastrojo*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.

(s.f.). Recuperado el 2 de Setiembre de 2013, de <http://www.ecocomunidad.org.uy/ecosur/tx/compost.htm>

(s.f.). Recuperado el 11 de Octubre de 2013, de <http://www.youblisher.com/p/137706-Catalogo-de-Productos/>

Tapia, M. G. (2000). *Diseño de una Máquina Prototipo para Picar Caña Guadua*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.