



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA
Y URBANISMO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA:**

**DISEÑO DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA
CEREALES Y FORRAJE DE 500 kg/h EN EL
ANEXO DE BATANGRANDE, LAMBAYEQUE**

Autores

Bach. Chávez Vela Franklin Hernán

Bach. Ramos Vásquez Gesler

Asesor

Dr. Jorge Antonio Olortegui Yume, Ph.D.

Línea de Investigación

Ingeniería de Procesos Productivos

Pimentel -Perú

2018

DISEÑO DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA CEREALES Y FORRAJE DE
500 kg/h EN EL ANEXO DE BATANGRANDE, LAMBAYEQUE

Presentado a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Señor
de Sipán para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

APROBADO POR:

Mg. Juan Carlos Vives Garnique

Presidente del Jurado de tesis

Mg. Carlos Alexis Alvarado Silva

Secretario del Jurado de tesis

Mg. Gastiaburú Morales Silvia Yvone

Vocal del Jurado de tesis

DEDICATORIA

A mis padres, por haberme brindado una buena educación y recursos en mi vida, a mi familia que siempre me dio las fuerzas para poder superarme día a día siendo ellos la fuente y mi única razón de alcanzar el éxito tanto personal como profesional.

Franklin H. Chávez Vela

A mis padres, en especial a mi madre que desde el cielo me ilumina siempre, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzado mi propósito, ya que siempre estuvieron motivándome en los momentos más difíciles, y por el orgullo que sienten hacia mi persona, fue lo que me impulsó hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí. A mis hermanos, y profesores, gracias por haber alimentado en mí el deseo de avanzar y el anhelo de triunfar en la vida. Agradecerles por su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles; a todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, verdadero y total.

Gesler Ramos Vásquez

AGRADECIMIENTO

Estamos completamente agradecidos con el Dr. Jorge Olortegui Yume Ph.D. quien nos encamino y dirigió en el desarrollo de este trabajo, gracias a su buena personalidad y amplio conocimiento en el tema.

A los agricultores del Centro Poblado Batangrande, quienes con su amabilidad nos brindaron su tiempo y expresaron sus necesidades, en general al Sr. Alcides Requejo León presidente del comité de riego de Batangrande.

Expresamos nuestro agradecimiento a toda la plana docente de la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por brindarnos una educación y una formación académica la cual nos servirá para afrontar los retos profesionales.

A nuestros amigos que, de una manera u otra, han sido claves en la etapa de aprendizaje.

Resumen

DISEÑO DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA CEREALES Y FORRAJE DE 500 kg/h EN EL ANEXO DE BATANGRANDE, LAMBAYEQUE

Franklin Hernán Chávez Vela ⁽¹⁾

Gesler Ramos Vásquez ⁽²⁾

En este trabajo se diseñó un molino de martillos para cereales y forraje en el anexo de Batangrande, Lambayeque.

Las necesidades de esta población se determinaron mediante encuestas. Se buscó normas y estándares de diseño y las recomendaciones de investigadores previos. Posteriormente, se generaron 6 conceptos de diseño, que podían servir como solución, los cuales fueron evaluados en una matriz de selección de criterios ponderados con el fin de optar por el concepto más óptimo de esta manera obtener un ganador. Luego se aplicó el diseño de configuración al concepto ganador, para luego brindar las dimensiones generales del equipo en base a recomendación. El siguiente paso fue analizar las cargas que afectan a los ejes de la máquina mediante el software comercial ANSYS. Seguido se realizó el diseño paramétrico del sistema mecánico con ayuda de una GUI-MATLAB considerando rangos para las variables de vibración y factores climáticos, dimensión de los ejes, masa de los componentes de molienda que soportaran los ejes y número de martillos. Por último, se realizó la selección de componentes considerado estándar y la elaboración de los planos.

En el diseño conceptual más óptimo que resultó ganador fue el modelo Pulvex MM 300, ya que presenta un diseño compacto, liviano con una geometría que aprovecha la carcasa de la máquina como parte del chasis, no obstante, el posicionamiento de su motor que se ubica en la parte inferior de la tolva hace que se reduzca significativamente el espacio de trabajo. Mediante ANSYS se pudo verificar que los máximos esfuerzos y deformaciones se ubican en el eje principal y secundario se observó un factor de seguridad mayor de 2.7. La parametrización GUI-MATLAB nos mostró una vista general del comportamiento de las variables. Este molino de martillos tiene una producción de 500 kg/h y está óptimamente diseñado para cualquier tipo de cereal y forrajes. El costo del proyecto es de 3387 soles donde se incluye solo los componentes de la máquina.

Palabras claves: *cargas, eje, factor de seguridad, charges, axis, security factor*

¹⁾ Adscrita a la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académica de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: cevelafrank@crece.uss.edu.pe

²⁾ Adscrita a la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académica de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: rvasquezgesle@crece.uss.edu.pe

DESIGN OF A HAMMER MILL FOR CEREALS AND FORAGE OF 500 kg / h IN THE ANNEX OF BATANGRANDE, LAMBAYEQUE

Franklin Hernán Chávez Vela ⁽¹⁾

Gesler Ramos Vásquez ⁽²⁾

Abstract

In this work, a hammer mill for cereals and forage was designed in the annex of Batangrande, Lambayeque.

The needs of this population were determined through surveys. We searched for norms and design standards and the recommendations of previous researchers. Subsequently, 6 design concepts were generated, which can be used as a solution, which were evaluated in a selection matrix of weighted criteria in order to opt for the most optimal concept in this way to obtain a winner. Then the design of the base was applied for a recommendation. The next step was to analyze the loads that affect the axes of the machine through the commercial software ANSYS. The parametric design of the mechanical system was followed with the help of a GUI-MATLAB considering the parameters of the variables of vibration and climatic factors, the dimension of the axes, the mass of the components of the milling that supports the axes and the number of hammers. Finally, the selection of components considered standard and the preparation of the plans was made.

In the most optimal conceptual design that was the winner was the Pulvex MM 300 model, as it has a compact, lightweight design with a geometry that takes advantage of the carcass as part of the chassis, despite the positioning of its engine that is located in the lower part of the hopper reduces the working space significantly. By means of ANSYS it was possible to verify that the maximum stresses and deformations are located in the main and secondary axis, a safety factor greater than 2.7 was observed. The GUI-MATLAB parameterization showed us a general view of the behavior of the variables. This hammer mill has a production of 500 kg / h and is optimally designed for any type of cereal and fodder. The cost of the project is 3387 soles where only the components of the machine are included.

Keywords: : *cargas, eje, factor de seguridad, charges, axis, security factor*

⁽¹⁾Adscrita a la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académica de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: cevelafrank@crece.uss.edu.pe

⁽²⁾Adscrita a la Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Escuela Académica de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: rvasquezgesle@crece.uss.edu.pe

INDICE

Resumen	v
Abstract	vi
I. INTRODUCCION.....	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Antecedentes de Estudio:.....	14
1.3. Teorías Relacionadas al Tema	19
1.3.1. Cereales y Forrajes	22
1.3.2. Tipos de molienda	24
1.3.3. Propiedades mecánicas de los Cereales	25
1.3.4. Maquina Molinos de Martillos	29
1.3.5. Tipos de Molinos.....	30
1.3.6. Principio de Funcionamiento del Molino de Martillos	33
1.3.7. Partes de un Molino de Martillos	34
1.3.8. Diseño de Molinos de Martillos	38
1.3.9. Definición de términos	46
1.3.10. Software de Ingeniería de Diseño.....	46
1.3.11. Análisis Económico.....	50
1.4. Formulación del problema	51
1.5. Justificación e importancia.....	51
1.5.1. Justificación técnica.....	51
1.5.2. Justificación económica.....	51
1.5.3. Justificación ambiental	51
1.5.4. Justificación social	51
1.6. Hipótesis	51
1.7. Objetivos.	52
1.7.1. Objetivos Generales.....	52
1.7.2. Objetivos Específicos.....	52
II. MATERIALES Y METODOS.....	54
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	54
2.1.1. Tipo de Investigación	54
2.1.2. Diseño de Investigación	54
2.2. Métodos de Investigación	54
2.2. Población y muestra	54
2.3. Variables y Operacionalización	54
2.3.1. Variables Independientes.....	54
2.3.2. Variables Dependientes.....	55
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	57

2.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	57
2.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	57
2.4.3.	Procedimiento de recolección de datos.....	57
3.	RESULTADOS.....	60
3.1.	Necesidades de los agricultores.....	60
3.2.	Normativas Asociada al Diseño de Molinos de Martillos.....	67
3.3.	Recomendaciones para el Diseño de Molinos de Martillos.....	68
3.4.	Especificaciones Ingenieriles	71
3.5.	Concepto de solución a las necesidades de la población.....	71
3.5.1.	Concepto 1: Molino de Martillos Tipo Pulvex	72
3.5.2.	Concepto 2: Molino de martillos tipo Mikro Pulverizer MP.....	73
3.5.3.	Concepto 3: Molino de Martillos tipo 035AE	74
3.5.4.	Concepto 4. Molino de matillos Tecaliman	75
3.5.5.	Concepto 5. Molinos de martillos 2D.....	76
3.5.6.	Concepto 6. Molino de martillos “MM”	77
3.6.	Solución del Concepto de solución.....	78
3.7.	Diseño de configuraciones	80
3.7.1.	Selección de configuración optima.....	83
3.8.	Dimensionamiento de la Maquina	85
3.9.	Selección de Materiales.....	85
3.9.1.	Selección de material para el eje principal y secundario.....	85
3.9.2.	Selección de material del chasis, carcasa, discos y martillos	87
3.10.	Cargas de diseños.....	87
3.10.1.	Fuerza de Corte	87
3.10.2.	Energía de ruptura	88
3.10.3.	Cargas en el eje principal.....	88
3.11.	Diseño Paramétrico	88
3.11.1.	Diseño Paramétrico de potencia mediante GUI Matlab	89
3.11.2.	Diseño Paramétrico del eje principal mediante GUI Matlab	93
3.11.3.	Diseño Paramétrico del eje principal mediante Ansys.....	100
3.12.	Selección de componentes.....	103
3.13.	Elaboración de los planos del Molino de martillos	111
3.14.	Estudio económico.....	112
3.15.	Plan de mantenimiento del Molino de Martillos.....	117
4.	DISCUSIÓN.....	121
5.1.	CONCLUSIONES.....	124
6.	REFERENCIAS	126
ANEXOS		128

Capítulo I

INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

1.1. Realidad problemática

Actualmente una de cada cuatro personas ligadas al sector agropecuario de países en desarrollo vive en condiciones de extrema pobreza, esta proporción bajado desde casi un tercio en 1990 (FAO 2015). Debido al crecimiento de la población, la disminución en número de personas pobres ha bajado pasando de 1269 a 1134 millones. Generando que agricultores típicos hayan aumentado. En la Figura N°1 se aprecia un productor de nivel pequeño (Pymes), que a la misma vez ha diversificado su producción, tanto en avicultura como en ganadería; etc. (El Empresario.MX 2013). Viéndose en la necesidad de utilizar aplicaciones con nuevas tecnologías de bajo recursos para poder mantener su economía y satisfacer la demanda. (FAO 2015). Un ejemplo interesante a evaluar es el caso de Bangladesh. En este país uno de los principales problemas es reducir las pérdidas que se encuentran únicamente en una o dos fases de la cadena postcosecha. Los intentos de reducir las pérdidas deben abarcar todas las fases, pero la fase de molienda abarca un mayor porcentaje de perdidas 3.8% tal y como se visualiza en la tabla N°1, viéndose en la necesidad de mejorar el proceso de molienda y buscar nuevas alternativas que se adecuen a los productores. (Cumbre mundial sobre la alimentación 2014). Los molinos de martillos se han vuelto imprecendibles para múltiples tipos de industrias, siendo las de mayor desarrollo como la minera y alimentos. La empresa SKY Maquinaria es la que brinda mayor diversificación en sus productos de molienda, insiste que "la ciencia y calidad están juntas" y busca la innovación y la excelencia para todos sus maquinas. Teniendo como referencia en cada uno de sus productos la capacidad fuerte de producción siempre será la base del desarrollo. La cantidad y sofisticación de sus molinos son tan altas que SKY tiene un sistema global de comercio internacional. (Maquinarias SKY, 2017)



Figura 1 Agricultor Pymes México
Fuente: El empresario.mx, 2013

Tabla 1:

Porcentaje de pérdidas postcosecha

Fuente: Cumbre mundial sobre la alimentación 2014

FASE	PORCENTAJE
Recolección manual	2,3
Secado en el campo	0,7
Transporte en el campo	0,5
Trilla	1,4
Secado	1,6
Sancochado	1,9
Almacenamiento	0,9
Molienda	3,8

En el Perú la molienda es uno de los procesos principales en la industria de alimentos balanceados, dada su notoria importancia a nivel alimenticio e industrial. La provincia de Huancayo no está exenta de esta situación y, al contrario, al ser una provincia agrícola este tipo de actividad presenta gran relevancia a nivel económico y laboral. Los agricultores que cuentan con pequeñas parcelas para la cosecha de sus granos o productos agrícolas, necesitan de maquinaria suficiente para poder competir en el mercado según Lazarte Pariona Arturo (2015). La industria manufacturear de molinos a

crecido ampliamente a nivel nacional. viendose el crecimiento notorio en Lima. Empresas como VULCANO, MAQUINDU son la muestra de mejora y desarrollo en la fabricacion de molinos. Brindando un aplio catalogo de maquinarias todos destinados a procesos agroindustriales. (Maquindu, 2018)

En la región Lambayeque la actividad para obtener triturado de cereales y forraje para la avicultura y ganadería es muy compleja. Ya que para poder triturar y obtener buenas ganancias se necesita de molinos de bajo mantenimiento y bajo costo operacional. Propiciando el desperdicio del forraje a nivel alimenticio para el ganado. Y la venta de cereales sin ningún proceso adicional que genere un valor agregado. Con la finalidad de incrementar sus ingresos económicos se ve en la necesidad de diversificar la producción en los agricultores locales y generar valor agregado a sus productos. (Gerencia Regional de Agricultura, 2014). La industria molinera en la region, solo se desarrolla a nivel indutrial a gran escala, es tanto la relevancia que no existe empresas que se dediquen a la fabricacion de molinos de martillos a escala agricola, solo existe la venta de estos con capacidades estandares.

Batangranda es un centro poblado con una poblacion de 2 692 habitantes, de los cuales la mayor parte se dedican a la agricultura, aprovechando su extensionde 46 km² que son apliamente productivas, ademas cuenta con el rio la Leche que le propica agua para el riego de los cultivos. Estas tierras poseen un gran centro arqueologico debido a que fue un Centro Politico y Religioso del antiguo reino de Lambayeque (La cultura Sicán 700/1300 DC). Y cuenta con recursos naturales asombrosos, poseendo el bosque de algarrobo mas grande del mundo (Bosque de Poma,7000 Hectareas). Esto lo hace un lugar maravilloso y apliamente prospero ya que cuenta con ingresos que aporta el turismo y la agricultura. (Lambayeque.net 2011)

Los agricultores de Batangranda (Setiembre del 2017) vienen experimentando un problema en el procesado de los granos de cereales y forraje. El caos del forraje es crítico ya que debido al tipo de cosecha artesanal que se usa el forraje y el corazón de algunos productos agrícolas simplemente se pierden por la inexistencia de un post-procesamiento. Tómese el caso del

maíz en el cual luego de extraído el grano del olote y el forraje simplemente se desechan pudiendo ser procesados en un molino para ser óptimamente aprovechados como alimento de ganado. En la figura N°2, se aprecia que la alimentación al ganado es rudimentaria ya que de ese modo el animal no aprovecha las vitaminas al máximo por no ser procesadas o trituradas para facilitar su digestión y apetecer su consumo. Aun cuando la idea de poseer un molino para procesamiento, los equipos directos de fábrica resultan muy costosos para el bolsillo del agricultor por lo cual una solución local consistente en un equipo diseñado y fabricado en el lugar podría potencialmente reducir los costos. Los agricultores tienen una producción de 23 Ton semanales de las que venden a los mercados. Si la maquina trabaja 8 horas al día, realizando la operación de molienda y durante 6 días a la semana, se obtendrá una producción de molienda de ½ Ton/Hora.



***Figura N° 2 Alimentación a base de forraje sin procesar, Batangrande.
Fuente: Propia***

En este proyecto se pretende diseñar un molino de martillos con capacidad 500 kg/h en el anexo Batangrande para el aprovechamiento de forrajes y procesamiento de cereales.

1.2. Antecedentes de Estudio:

Se han considerado como antecedentes de este proyecto los diez trabajos de investigación que se detallan.

Niño de Guzmán Ospina D. (2006), diseñó un molino de martillos de doble eje, con la finalidad de pulverizar el material para satisfacer la molienda de granos (PERU), desintegrando y reduciendo el tamaño de agregados de partículas blandas débilmente ligadas entre sí. La máquina fue construida en láminas y perfiles de acero inoxidable (AISI 304). El dimensionamiento ha sido tomado en función a fabricantes como (MP DESARROLLO SAC), estableciendo una potencia de 13.44 HP equivalente a 10.25 KW. Se hizo un recuento de la situación actual de los materiales o granos a moler, su problemática y perspectivas para el futuro inmediato. En ese contexto se revisan los problemas principales de la molienda y su aplicación a productos industriales. Se obtuvo una producción de molienda de 575 kg/h de harina, con un ingreso de s/. 15,548.00 mensuales, logrando así la optimización del molino de martillos, simplificando, reduciendo los costos y tiempos de producción, mejorando la producción de triturado. Se concluyó que la dimensión de la máquina y la potencia instalada cumplen con los propósitos comerciales, y la producción suele triplicarse al pulverizar cereales de menor dimensión.

Párraga Córdova J. (2016), diseñó el sistema motriz de un molino de martillos, con capacidad de 4 TON/H de cal hidratada (PERU). Para el proceso de elaboración del proyecto se realizaron ensayos experimentales, como el ensayo de impacto y ensayo para determinar el índice de trabajo (work index), con el fin de poder calcular la potencia de molienda. Se realizó el dimensionamiento de todos los componentes, como el árbol de transmisión se verificó por resistencia, fatiga, deformación transversal y verificación dinámica. De los ensayos experimentales se obtuvo el valor de velocidad de rotura de 7.67 m/s que conlleva a una potencia de 36.2 KW, el ensayo de work index arrojó un valor de índice de trabajo de cal hidratada de 14.62 kW Ton/h

y por lo tanto se requiere una potencia de 194 KW. De la verificación por fatiga se obtuvo un F.S fatiga de 3.5, sobrepasando al recomendado de 2.5. El máximo valor de deformación transversal es de 0.064 mm/m que es inferior al máximo valor permitido para árboles 0.5 mm/m. Se concluyó que se realizó un correcto dimensionamiento del árbol de transmisión, garantizando el cumplimiento de la capacidad de procesamiento y la fragmentación de los granos de cal hidratada.

Cuadrado Moncayo I. y Rueda Castillo J. (2009), diseñaron y construyeron un molino de martillos, para la empresa Cereales la Pradera. Que se han visto obligadas a someterse a cambios en su producción (ECUADOR). Se escogió un proceso adecuado de molienda, en función a los requerimientos de la empresa, se determinó la capacidad de molienda (1000 kg/h), cálculos de diseño, el tiempo de producción, espacio físico y costo. Además, se implementó dos cámaras de trituración con la finalidad de reducir el tiempo de producción de la harina. Se logró optimizar al máximo el tamaño del molino, de esa manera se instaló adecuadamente en el espacio físico requerido ($2m^2$), además el diseño cumple con estándares y normas internacionales de alimentos que genera beneficios altamente significativos en pequeñas y medianas empresas gracias a su bajo costo de producción y servicio técnico. En conclusión, el desenlace fue de lo mejor en la industria ecuatoriana, la rentabilidad de las empresas y su competitividad mejoró significativamente al realizar un proceso de molienda simple y económica.

Zempoaltecatl Piedras M. (2013), adaptó una transmisión mecánica a un molino de martillos, teniendo en cuenta los problemas de infraestructura eléctrica en las comunidades rurales (MEXICO), optó en diseñar la transmisión mecánica y el acoplador para poder conectar una transmisión al diferencial del motor de combustión interna, y al molino de martillos usando un motor Vortec V6 4.3 L SFI, con una potencia de 195 hp a 4600 rpm y un molino con capacidad de molienda de 850-1350 kg/h con diámetro de criba de 12.7 – 31.75 mm. Los resultados obtenidos de la puesta en marcha del prototipo fueron esenciales para emplear una transmisión por banda (4 por polea) y así establecer la potencia requerida para el molino (55 HP a 2600 RPM), así como

las pruebas de costo producción que realizaron con los dos procesos principales contra los cuales se compite se obtuvo: empleando la unidad de medida 1TON/HORA (Con tractor \$380, motor Vortex \$130 y con un motor eléctrico \$110). En conclusión, se considera que, para un mayor rendimiento se puede adquirir un motor más pequeño, obteniendo una reducción del gasto para el proceso, además la funcionalidad del molino de martillos con transmisión mecánica no tiene límites ya que se puede emplear en cualquier lugar del mundo debido a que usa combustible y no requiere de una red de energía.

Kumar Dey S. et al. (2013), demostró las características de fragmentación en un molino de impacto (INDIA), se realizó un estudio sistemático sobre la trituración de un material blando (carbón) y duro (mineral de hierro) para investigar las características de trituración a granel. Se investigó el efecto de la velocidad de alimentación y del rotor sobre la eficiencia del molino en términos de relación de reducción; gasto energético; finos producidos y tamaños medianos. Obteniendo altas relaciones de reducción en todas las condiciones. Se observó que el proceso final del molino de martillos presento una distribución de tamaño de tipo (Rosin-Rammler) y se determinó que, a una velocidad alta del rotor con una velocidad de alimentación baja a moderada, proporciona un mejor rendimiento del molino. Indicando que la relación de reducción y el gasto energético específico están linealmente relacionados. Los datos mencionados fueron de gran aporte logrando así el máximo rendimiento en el triturado, incluso usando materiales duros aun así se puede mantener un desgaste a un nivel mínimo, pero bajo condiciones controladas.

Meghwal M. y Goswami T.K. (2014), compararon la molienda ambiental y criogénica en semillas de fenogreco y pimienta negra (INDIA), se trituró las semillas bajo condiciones ambientales y criogénicas con la ayuda de un molino de rotor; martillos; bola y alfiler). Empleando el mismo tiempo en moler una cantidad igual de las muestras en los molinos mencionados. Los molinos de rotores; martillos y alfiler presentaron una molienda a una velocidad de alimentación de 22,5 g min⁻¹ en condiciones ambientales, y de 24,5 g min⁻¹ para molienda criogénica, mientras que el molino de bolas podría

usarse para una velocidad de alimentación menor de 1,56 g min⁻¹ bajo molienda ambiental y 2,08 g min⁻¹ bajo molienda criogénica. El tiempo empleado en moler una cantidad igual de muestra a un tamaño definido, los molinos se encontraron en el orden: molino de bolas> molino de rotor> molino de alfiler> molino de martillo; orden de los consumos de la energía: molino de alfiler> molino de martillo> molino de rotor> molino de bolas. En conclusión, el molino de rotor era el más adecuado para moler fenogreco y especias de pimienta negra, además el consumo de energía aumentaba con una superficie específica cada vez mayor.

Austin L. G. (2004), implementó un modelo de simulación preliminar para la molienda fina en molinos de martillos de alta velocidad (USA). Teniendo en cuenta la sección del molino que contiene los martillos. Los algoritmos se desarrollan para predecir la distribución del tamaño del producto, bajo las condiciones de velocidad de martillo y clasificación de salida. Suponiendo que la acción es comparable a una corriente que se estanca contra una superficie, se muestra que la potencia neta del molino se puede calcular y se predice que la potencia varía aproximadamente en proporción a la velocidad del martillo en cubos. Se determinó que las partículas que son demasiado fuertes para romperse bajo las fuerzas de impacto, dejarán el molino intacto como partículas duras (fuertes). Sin embargo, aplicando los conceptos de mecánica de daños, los algoritmos son modificados para permitir el debilitamiento de material duro por impactos repetidos. Se concluyó que no se puede obtener una predicción correcta sin permitir daños en el molino de martillos, empleando los ejemplos como muestran, el cambio predicho en la distribución del tamaño del producto es muy significativo para una constante de acumulación de daños apropiada para la piedra caliza.

Chevanan N. et al. (2009), midieron la energía mecánica directa en un molino de martillo en pasto de cambio; paja de trigo y trozo de maíz (USA). Se analizó sus distribuciones de tamaño de las partículas; se determinaron las entradas directas de energía para velocidades de trabajo del molino de martillo de 2000 a 3600 rpm para una pantalla clasificadora integral de 3,2 mm y una tasa de entrada de masa de 2,5 kg / min con martillos de 90 ° y 30 °, usando

tamaños de tamiz ISO de 4,75 a 0,02 mm junto con el analizador de tamiz Ro-Tap®. Se encontró que la energía específica efectiva de los martillos de 90 ° disminuyó marginalmente para el pasto de cambio y considerablemente para la paja de trigo y aumentó para los trozos de maíz y la energía específica efectiva aumentó con la velocidad en cierta medida y luego disminuyó para los martillos de 30 °. En conclusión, los resultados de este extenso análisis pueden ser aplicados

a la selección de factores de operación del molino de martillo, para producir un tamaño particular de pasto de cambio, paja de trigo y trozos de maíz.

Vanarase A et al. (2015), hicieron un estudio sobre el fresado de los extruidos y los efectos que causan en el diseño de un molino de martillos (United States). Se realizó un estudio experimental para caracterizar dos molinos continuos, por su capacidad para moler extruidos de alúmina-magnesia. Los parámetros del molino, sabiendo el tamaño de la abertura de la pantalla y la velocidad del impulsor sobre la distribución del tamaño de partícula del producto molido, se cuantificó para un molino cónico y un molino de martillos. Se encontró que el molino de criba cónico era más sensible a cambios en la velocidad del impulsor comparado con el molino de martillos, mientras que las velocidades crecientes condujeron a una reducción del tamaño de partícula en el caso del molino de cono. Brindando una deducción que, si el tamaño de la partícula deseada es mayor, el conducto proporciona unas distribuciones de tamaño de partícula más estrechas que el molino de martillo. Mientras que, si el tamaño de partícula deseado es menor, ambos molinos presentan una polidispersidad similar. Concluyendo que la rotura en el molino de martillos se produce principalmente debido al impacto de los martillos y las partículas grandes que a menudo pueden salir a través del molino sin suficiente rotura.

Groesbeck C. N. et al. (2003), hicieron pruebas en función del tamaño de partícula, el tipo de molino y la grasa añadida determinando si influyen en la capacidad de flujo del maíz molido. Llevaron a cabo tres experimentos para determinar el efecto del tamaño de partícula, el tipo de molino y la grasa añadida. En el Experimento 1, el maíz se molió con un molino de martillos y

un molino de rodillos para producir seis muestras con diferentes tamaños de partículas. Todas las muestras se secaron durante 12 horas para igualar el contenido de humedad, luego agregaron aceite de soja a 0, 2, 4, 6 y 8% a cada muestra. Se determinó el tamaño de partícula para el maíz molido con un molino de rodillos varió de 1,235 a 502 micras con una desviación estándar que varía de 1,83 a 2,03. El tamaño de partícula para maíz molido con un molino de martillo varió de 980 a 390 micras con una desviación estándar que varía de 2.56 a 2.12. En conclusión, el maíz molido en rodillos tenía mejor capacidad de flujo que el maíz triturado en molino de martillos.

1.3. Teorías Relacionadas al Tema

En la actualidad existe gran variedad de diseño de este tipo de molino de martillos en función de la orientación del eje principal, velocidad de giro (3000 a 1500 rpm), alimentación del producto (única; centrada o múltiple y repartida), por sus sistemas de evacuación. El más extendido es el molino horizontal de 3000 rpm. El molino de martillos es el más extendido en Europa y ha pasado por un periodo de desarrollo de alrededor de cien años. (Mundo Ganadero 2014)

Molinos de martillos Tecaliman.

Para la alimentación incluye un silo, el cual tiene en la base un tornillo de alimentación encargado de la alimentación del molino. Su velocidad de rotación define la velocidad de flujo del molino. Al entrar a la cámara de molienda, las materias primas se purgan de posibles objetos extraños: las partículas metálicas mediante un separador de metales (imán o equipo magnético) y las partículas más densas (piedras) con una despedradora mediante flujo de aire. La cámara de molienda está equipada con una pantalla para calibrar la distribución del tamaño de partículas. Las partículas son molidas por martillos reversibles situados sobre discos movidos por un rotor, a una velocidad de entre 1.500 y 3.000 rpm. Autores: Loïc Perrin, François Lucas and Fabrice Putier (TESLA, Intelligent Energy European 2014). En la Figura N°3 se ve los componentes de dicho molino.

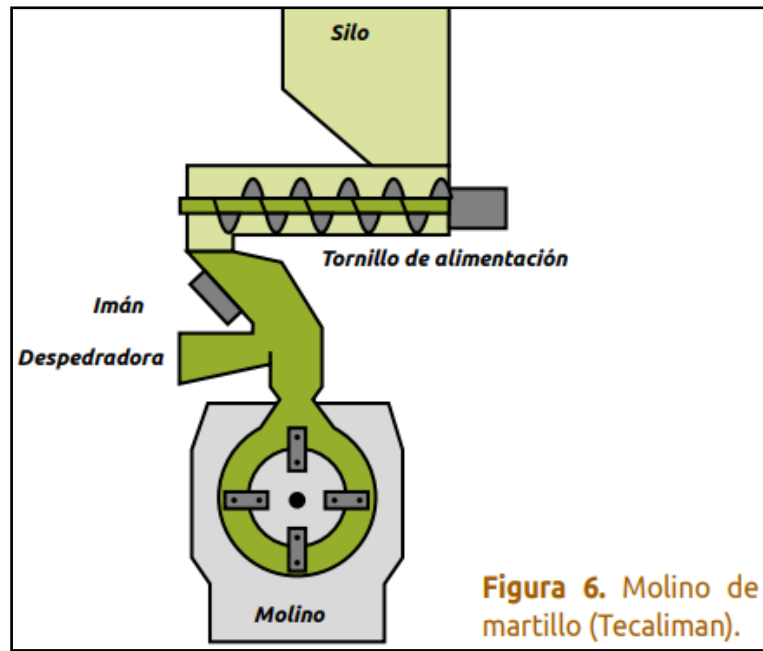


Figura 6. Molino de martillo (Tecaliman).

Figura 3 Molino Tecaliman

Fuente: TESLA, Intelligent Energy European, 2014

Molino de martillos 035ae

Su diseño ha sido especialmente estudiado para facilitar la inspección visual y rápida accesibilidad para el mantenimiento que puede ser realizado por un solo operario sin necesidad de medios mecánicos auxiliares. Una amplia gama de tamaños y configuraciones otorgan a estos molinos una excelente flexibilidad y adaptación a diferentes materias primas y condiciones de trabajo llegando a producciones de hasta 100t/h, la Figura N°4 nos muestra el molino. (Talleres Felipe Verdés S.A., 2015)



Figura 4 Molino 035AE

Fuente: Verdés, 2015

Molino de martillos - Mikro Pulverizer MP

El molino de martillos (Mikro Pulverizer MP) fue presentado en POWTECH 2017 Nuremberg y es uno de los más completos ya que su configuración le da más áreas de aplicación y consta con las siguientes características:

- Fuerte en rendimiento
- Adecuado para la molienda de productos blandos a medio-duros
- Rectificado, mezcla y homogeneización en un solo proceso
- Confiable en funcionamiento, construcción robusta
- Fácil de limpiar y mantener
- Diseño probado en sistemas de secado por impacto, sistemas de gas criogénico e inerte.

En la figura N° 5 se puede apreciar el moderno y único Molino de martillos en su variante de 2 toneladas/hora. (HOSOKAWA MICRON, 2017)

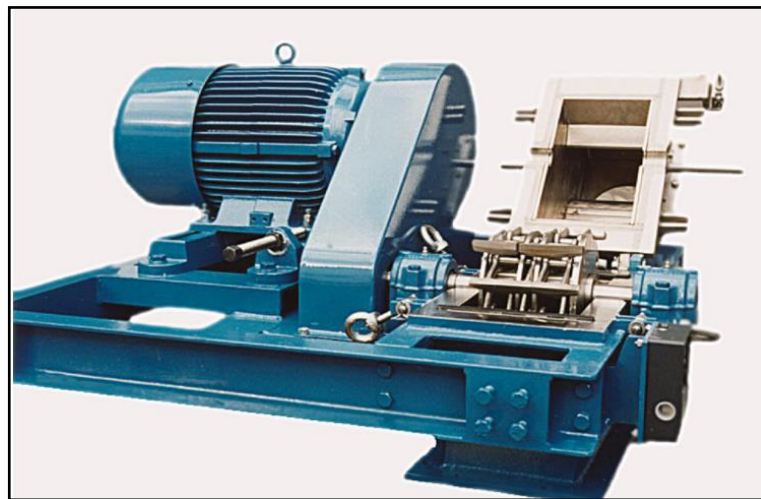


Figura 5 Hammer mill
Fuente: HOSOKAWA MICRON, 2017

Trituradora Nordberg NP13 y NP15

Las nuevas trituradoras de impacto Nordberg NP13 y NP15 de Metso proporcionan mejoras significativas para su productividad, seguridad y tiempo de actividad. Las trituradoras han sido diseñadas de una manera innovadora que aumenta la penetración del material de alimentación al rotor. Especialmente para aplicaciones secundarias y terciarias, el diseño optimizado y más inclinado permite mayores beneficios, ya que la curva de descarga es menos sensible al desgaste de la barra de soplado. (Metso Corporation 2017)



*Figura 6 Nordberg® NP13 & NP15 (METSO)
Fuente: Metso Corporation 2017*

1.3.1. Cereales y Forrajes

Cereales

Los cereales son plantas de la familia de las gramíneas, cultivadas por su grano. El grano del cereal, que constituye el elemento comestible, es una semilla formada por varias partes. En la figura N°7 podemos apreciar lo cereales más utilizados en la alimentación de animales como el trigo, soya y maíz. Esto se debe a que existe una mayor producción y costos más rentables. (Agraria.pe 2017)



Figura 7 Granos de maíz; trigo y soya
Fuente: Agraria.pe 2017

Forrajes

Constituyen una parte importante de la alimentación animal. Cuyo aprovechamiento ganadero se puede realizar directamente mediante del pastoreo o derivando la producción mediante la práctica agrícola de la siega. Es una manera rentable de economizar en gastos de alimentación de animales ya que son los que más abundan y menos utilidad tiene, en respecto a la alimentación para humanos. En la figura N°8 se puede apreciar el forraje de maíz. (Pastos y Forrajes Fernandomar, 2011)

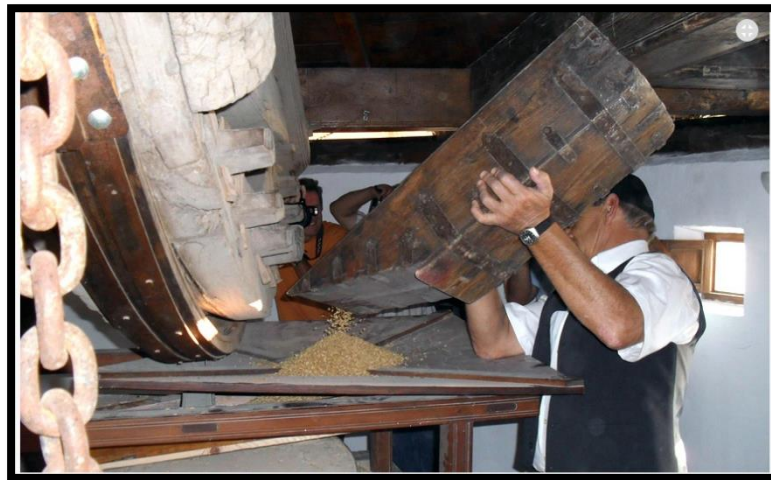


Figura 8 Forraje
Fuente: Pastos y Forrajes Fernandomar, 2011

1.3.2. Tipos de molienda

Molienda Tradicional

Consiste en el proceso de elaboración de harina a partir de la trituración del cereal, bien para consumo humano o como pienso para los animales. Los cereales más utilizados en esta zona son el trigo, la soya, y el maíz. En la Figura N°9 podemos ver una versión sobre la molienda tradicional empleando un molino de viento. (Campo de Criptana 2014)



*Figura 9 Moliendo trigo con la maquinaria original del molino
Fuente: Campo de Criptana 2014*

Molienda criogénica.

El proceso de molienda criogénica es similar al de molienda tradicional, la única diferencia radica en un proceso adicional como se muestra en la Figura N°10, el enfriamiento del material que se molerá. El objetivo de este enfriamiento es llevar el material a pulverizar a su temperatura de fragilización, utilizando el nitrógeno líquido (N₂), reducir la temperatura lo suficiente para que materiales con altos índices de humedad y elasticidad, adquieran rigidez y puedan ser fácilmente molidos. (CRIOINFRA Soluciones en gases envasados 2015)

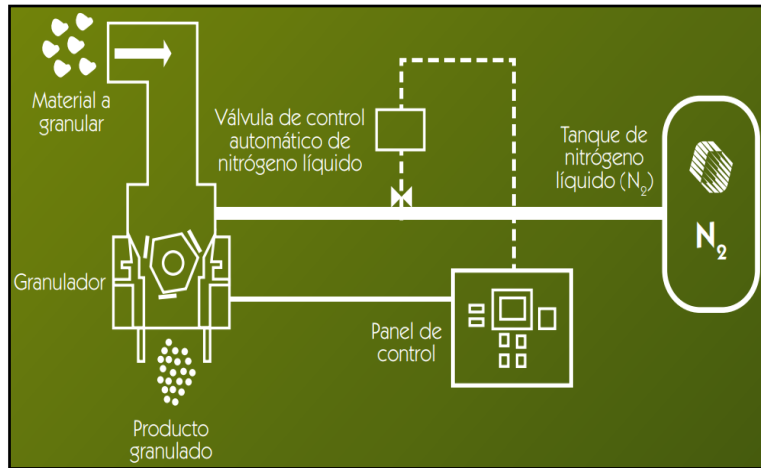


Figura 5 Proceso de la molienda Criogenica
Fuente: CRIOINFRA 2015

1.3.3. Propiedades mecánicas de los Cereales

Maíz

En la figura N°11 se muestra el maíz, cereal original de los lugares tropicales de América, es una planta que pertenece a la familia de las gramíneas, es uno de los productos más cultivados en el mundo. (Agrotterra Tecnologías Agrarias S.L 2017).



Figura 11 Maíz amarillo duro
Fuente: AGRORRETA, 2017

Tabla 2:
Composición química del maíz
Fuente: UNAD, 2016

Las propiedades fisicoquímicas del maíz son tal como se presentan en la Tabla N°2.

Componente	PM1	PM2	PM3	PM4	Promedio
Almidón	67,7	71,5	67,7	67,2	68,53
Azucares totales	1,22	0,91	1,17	1,18	1,12
Calcio mg/kg (ppm)	144	61	95	111	102,75
Cenizas	1,40	0,70	1,40	1,35	1,21
FAD	3,6	3,0	3,8	4,0	3,6
FC	1,7	1,0	1,7	1,7	1,53
FND	8,6	4,5	8,5	8,6	7,55
Fosforo	0,31	0,13	0,29	0,30	0,26
Grasa	3.54	3,17	3,82	3,18	3,43
Materia Seca	93	81,1	92,9	91	89,5
Potación	0,30	0,18	0,29	0,25	0,26
Proteína Cruda	11,9	11,9	12,1	11,9	11,95

La resistencia en los granos de maíz estuvo determinada por (Bennet 1950), como la fuerza necesaria para su rompimiento. El análisis para ver la resistencia del maíz que incluye la Tabla N°3 (presión, rotura, dureza y energía).

Tabla 3:
Propiedades mecánicas
Fuente: Bennet (1950)

DAB*	VARIEDADES					
	Pajimaca			Riqueza		
	Largo**	Ancho**	Dureza**	Largo**	Ancho**	Dureza**
-	mm	mm	kg	mm	mm	kg
16	7.30b	8.18c	1.56e	7.14b	8.10c	1.75e
19	7.46b	8.33C	2.40d	7.46b	8.18c	2.65d
22	7a78b	8.41C	2.75C	7.70b	8.33c	2.80c
25	8c73a	9.92b	3.06b	8.89a	10.16b	3.70b
28	8s97a	10.64a	4.00a	9.13a	10.72a	5.15a

Trigo

Planta gramínea que se aprecia en la figura N°12. Pertenece a la familia del césped, con espigas de cuyos granos molidos se saca la harina. Es uno de

los cereales más usados en el mundo, actualmente es fuente de alimentación, para hombres y animales. (Freshly cosmetic 2016)



Figura 12 Trigo
Fuente: Freshly cosmetic 2016

Como se puede apreciar en la Tabla N°4, la resistencia y la suavidad son características del molido, y al fragmentarse el endospermo están ligados entre los trigos duros, la rotura tiende a generarse siguiendo las líneas que limitan las células. Este suceso propone áreas de dureza y suavidades mecánicas en el trigo duro, y fragilidad suficiente en el trigo blando. (Calaveras J. 2004)

Tabla 4:
Composición química del trigo
Fuente: Calaveras J. (2004)

Componente	Mínimo	Máximo
Humedad (%)	13	15
Grasa (%)	1	1.5
Proteína (%)	12	13.5
Hidratos de carbono (%)	67	71
Fibra (%)	3	11
Cenizas (%)	0.55	1.5

Soya

Es de la familia de las leguminosas semejante al de los frijoles, en la actualidad la soya es considerada como la fuente proteica de mejor alternativa en alimentación tanto de personas como animales en etapas de desarrollo y

culminación por su elevado contenido de proteínas, buena digestibilidad, óptimo balance de aminoácidos, calidad relevante y bajos precios en semejanza con otras fuentes de alimentación. En la figura N° 13 podemos apreciar el cereal y el uso que se le da como alimento de primera necesidad. (Vanidades.com 2014)



Figura 6 Soya

Fuente: Vanidades, estilo de vida, 2014

La soya cuenta con una fuente de energía, como nos muestra la Tabla N°5.

Tabla 5:

Composición química de la soya

Fuente: DIETÉTICA CASA PIÀ, 2017

Productos comercializados (100g)	Germen de soja	Grano de soja (crudo)	Aceite de soja	Tofu (crudo)
Energía (kcal)	122	416	884	76
Proteínas (g)	13,1	36,5	-	8,1
Lípidos (g)	6,7	19,9	100	4,8
Poliinsaturados (g)	3,8	11,3	37,6	2,7
Glúcidos (g)	9,6	30,2	-	1,9
Fibra (g)	-	9,3	-	1,2
Calcio (mg)	67	277	-	105
Hierro	2,1	15,7	-	5,4

1.3.4. Maquina Molinos de Martillos

El molino de martillos es una máquina destinada para procesos como trituración y molienda, es un tipo de molino de impacto o percusión, tiene la ventaja de procesar muchos tipos de granos, así como la producción de partículas de diversos tamaños (maíz chancado, trigo molido, forraje y olote triturado), simplemente cambiando las rejillas o cribas. La Figura N°14 nos da una referencia del diseño a emplear en el proyecto.

Se basa en el mecanismo de compresión del material entre dos cuerpos. Mientras más rápida sea la fuerza de aplicación, más rápido ocurre la fractura por el aumento de la energía cinética, concentrando la fuerza de fragmentación en un solo punto. Este molino puede reducir la partícula hasta 100 μm . El tamaño de partícula depende de la velocidad del rotor, tamaño del tamiz, y velocidad de introducción del material. El tamiz de hoyos circulares es más fuerte, pero se usa poco porque tiende a obstruirse. El tamiz cuadrículado a 45 grados se utiliza para materiales cristalinos frágiles y el de hoyos a 90 grados se usa para las suspensiones ya que estos tienden a atascarse fácilmente. (ALNICOLSA del Perú S.A.C. 2017)



*Figura 74. Molino de martillos de 250 kg/h
Fuente: ALICONSA, 2017*

1.3.5. Tipos de Molinos

En la actualidad existen varias clases de molinos, muchos de ellos hasta ahora se utilizan a pesar de tener algunos siglos de invento. Entre los principales molinos se utilizan están:

Molino de viento

Desde hace siglos el viento ha sido utilizado para mover mecanismos, como un molino (Figura N°15). Es propulsado por el viento tiene comienzos muy antiguos. Se manifiesta que ya en el siglo XII se localizaron varios de estos en las localidades persas. Después de varios siglos, en Europa surgen los primeros molinos. Con ciertas cualidades. Consistía en una torre, generalmente de piedra, coronada por una estructura rotativa de madera que soportaba el eje del molino y la maquinaria superior del mismo. El principio básico del molino de viento es transformar el viento en energía útil o aprovechable. Este tipo de molino posee hélices oblicuas (generalmente de entre 3 y 9 metros de longitud), que están unidas a un eje común, la fuerza del viento hace que dichas hélices giren a cierta velocidad produciendo energía. El eje se conecta a ciertos sistemas de engranajes y estos a su vez a unas piedras, que son los encargados de triturar los diferentes granos. (Pinterest 2014)



*Figura 8 Molino de viento
Fuente: Pinterest, 2016*

Molino de rodillos

El origen del molino de rodillos suele ser una modificación del molino de muelas verticales, ya utilizado en la antigüedad. En el cual los cuerpos molidores eran piedras unidas entre sí y colocadas sobre una pista circular. Las piedras molían por su propio peso. En la mayoría de los casos se utilizaban para moler trigo, pero también olivas y es muy probable que también se llegara a moler minerales. En la actualidad el molino de rodillos es uno de los más usados. Su sistema está compuesto por dos rodillos, generalmente contruidos de hierro fundido o de acero colado. Los rodillos tienen la superficie estriada, giran en sentido contrario el uno al otro a velocidades reducidas, se puede apreciar en la figura N°16. Los rodillos son regulables a precisión, con esto poco a poco se reduce la separación entre los rodillos para de esta manera ir reduciendo el tamaño del grano. Todo el proceso de molienda consiste en hacer pasar el grano atreves de una serie de molinos en sucesión. Generalmente esta sucesión está formada por diez molinos. El producto de cada fase es pasado por tamices de diferentes diámetros hasta llegar a la granulometría de la harina que es de 0.05 mm. (uniovi.es 2014)

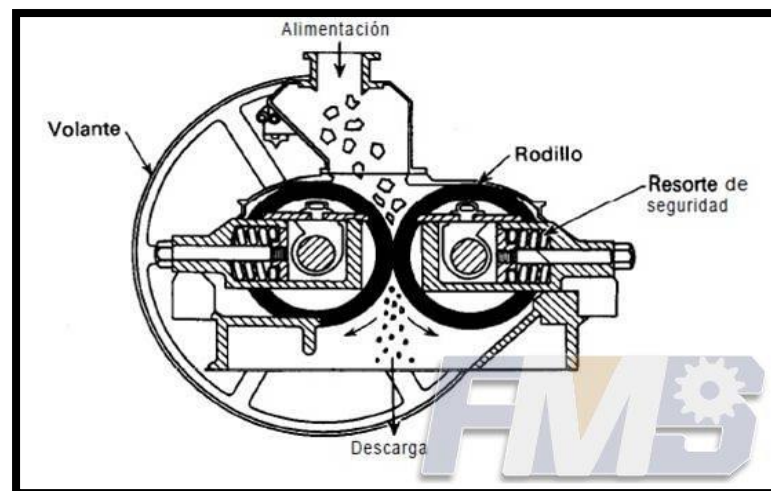


Figura 9 Molino de rodillos

Fuente: Formats Construction Machinery, 2015

Molino de bolas

Es una máquina que sirve para moler diversos minerales, otros materiales de construcción y materia prima utilizadas para la industria química. Este consiste en un recipiente cilíndrico rotatorio metálico que lleva a su interior bolas de acero inoxidable que actúa como un medio moledor. No obstante, la velocidad de este depende del diámetro del recipiente cilíndrico (mientras mayor sea el diámetro menor será la velocidad); si la velocidad de rotación es muy alta, el molino actuará como una máquina centrífuga debido a que las bolas permanecerán en el perímetro y no caerán de vuelta (en este punto se le conoce como “velocidad crítica”); es más, la velocidad de funcionamiento está entre 65 – 75% velocidad crítica. El mecanismo se puede visualizar en la figura N°17. El cual se consigue la reducción de tamaño de partículas es la combinación entre el impacto y el desgaste. Las características de este molino son:

- Función estable o buena calidad, a prueba de fricción.
- Productos con granularidad uniforme.
- Poca inversión y mucho ahorro energético.
- Fácil operación y uso con seguridad

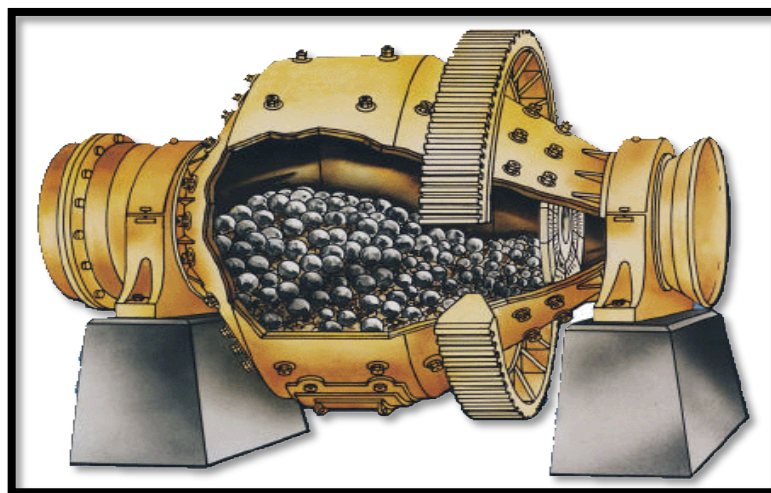


Figura 10 Molino de Bolas
Fuente: Wordpress, 2016.

1.3.6. Principio de Funcionamiento del Molino de Martillos

El principio de funcionamiento de un molino de martillos, inicia por la tolva de entrada que sirve como depósito del material a moler. Que aprovecha su grado de inclinación para que el material descienda por medio de la gravedad a la cámara de desintegración. El material se deposita en la boca de descarga conocida como criba. En este punto el material es golpeado por la fuerza centrípeta que producen los martillos que rosan contra la criba, este proceso ocurre constantemente hasta que el material alcance un tamaño proporcional al diámetro de los orificios de la criba o rejilla, logrando de esta manera el triturado o molienda. En la figura N°18 podemos ver el ingreso del material a ser triturado.

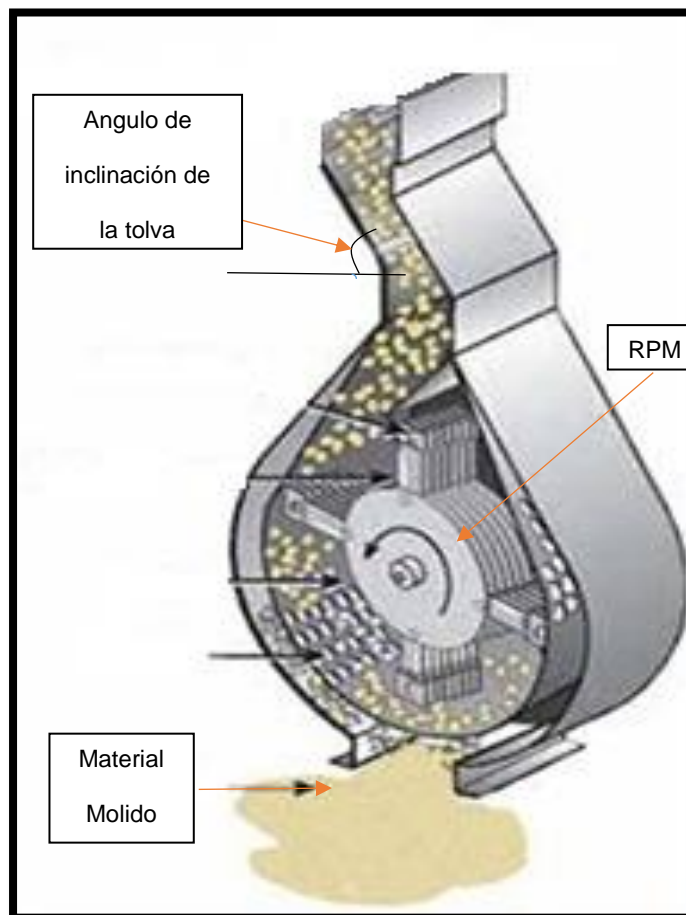


Figura 11 Cámara de trituración
Fuente: Propia

1.3.7. Partes de un Molino de Martillos

El molino de martillos que se requiere para el centro poblado Batangrande, debe realizar la molienda de cereales y forrajes por condición gravitatoria y condición dinámica. La máquina cuenta con los siguientes elementos: la tolva de entrada, la cubierta, cámara de desintegración que está compuesta por (un eje, discos, martillos, boca de descarga conocida como criba o rejilla) y un motor. En la Figura N° 19 podemos apreciar detalladamente las partes que conforman el Molino de Martillos. (ALNICONSA Del Perú S.A.C. 2011)

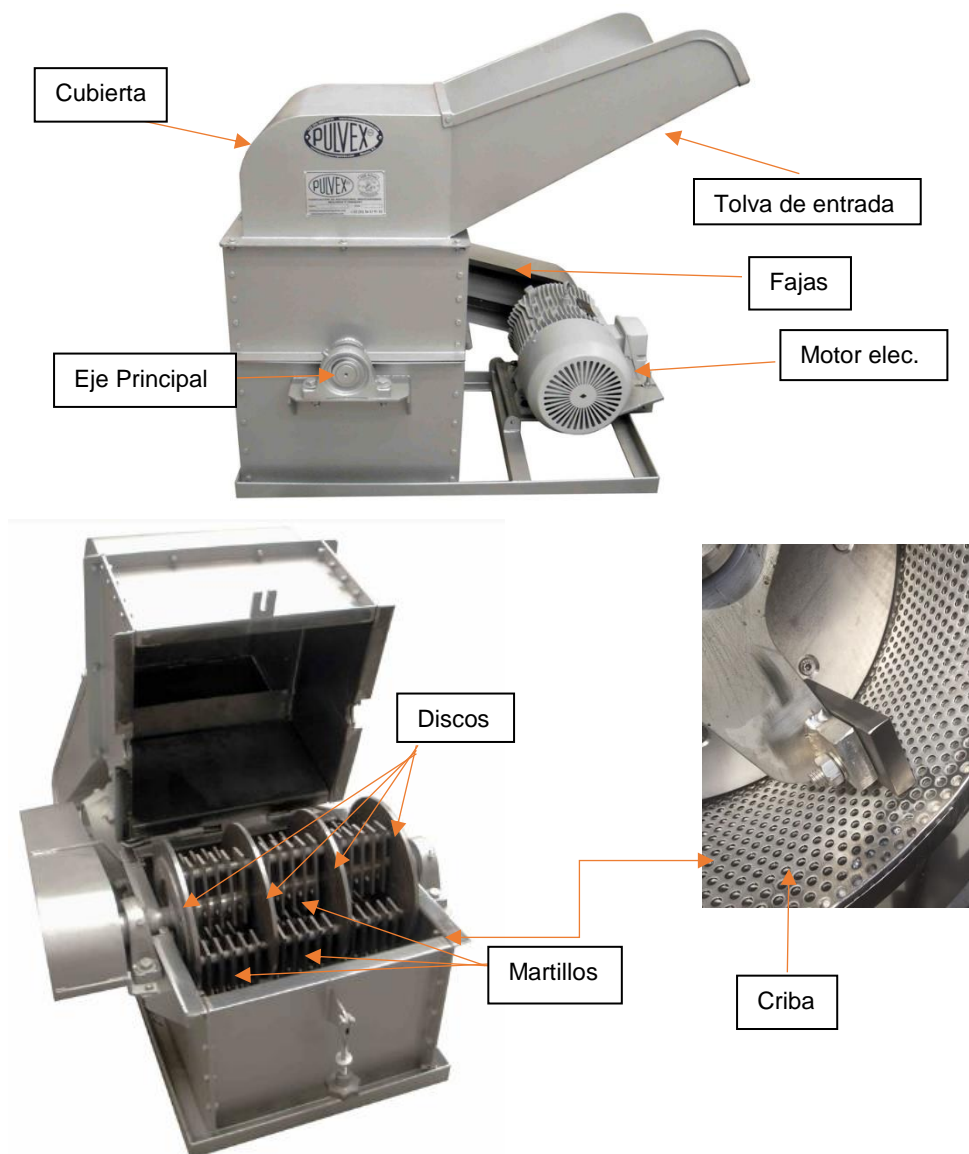


Figura 19 Molino de martillos
Fuente: Pulvex MR 2011

1.3.7.1. Descripción de las partes que forman el Molino de Martillos

- **Eje principal**

Es un elemento constructivo destinado a guiar el movimiento de rotación a una pieza o de un conjunto de piezas. En este caso el eje principal es el encargado de acoplar al disco. La figura N°20 nos muestra una configuración del mismo.

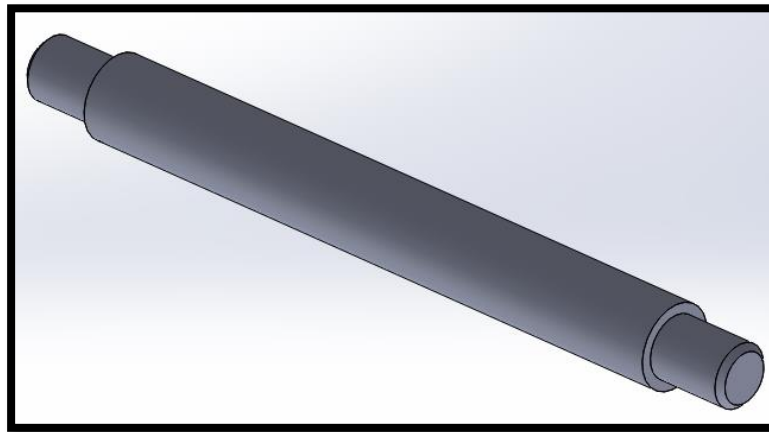


Figura 12 Vista del eje principal
Fuente: Propia

- **Discos**

Son los elementos que se encargan de comunicar al eje principal con los martillos, por medio de 4 ejes que se posicionan paralelamente en los orificios correspondientes como se muestran en la figura N°21.

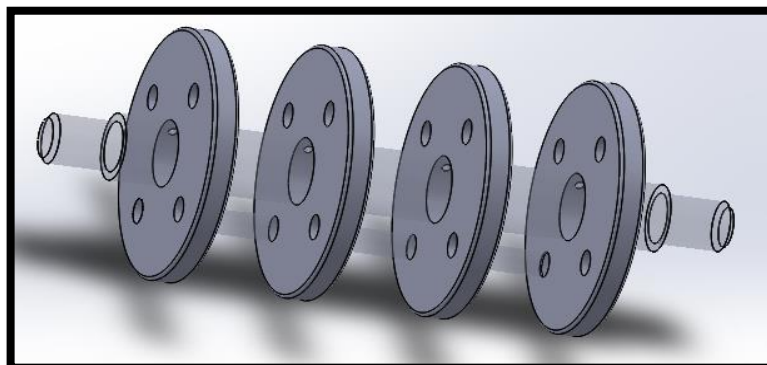


Figura 13 Discos acoplados al eje principal
Fuente: Propia

- **Martillo**

Conocidos también como Batidor del martillo, es el encargado de impactar físicamente contra la criba, al material que será triturado. Son elementos solidos resistentes a los desgastes y rotura, usualmente son de acero, como se puede apreciar en la figura N°22. (FDSP LIANGYOU GROUP, 2017)

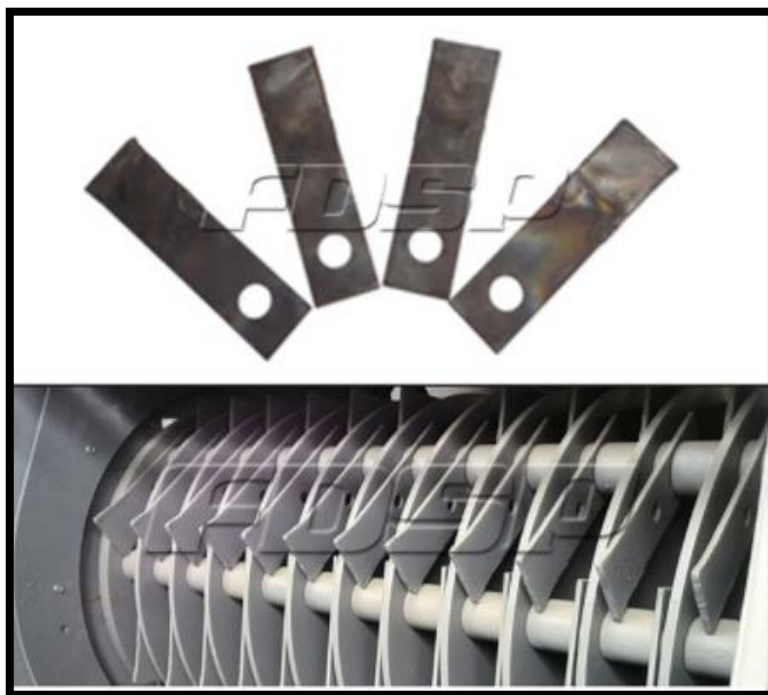


Figura 14 Martillos

Fuente: FDSP LIANGYOU GROUP, 2017

- **Criba**

Es el elemento que convierte en harina los cereales, o triturado en los forrajes. Gracias a los martillos que ejercen presión en los cereales o forrajes logrando que estos se trituren. En la figura N°23 podemos apreciar algunas cribas que se utilizan en los molinos de martillos.



Figura 15 Cribas

Fuente: Planta de alimentos AZTECA, 2014

- **Fajas y poleas**

Son dos elementos que se encargan de transmitir la energía cinética producida en el motor al eje principal. En la figura N°24 podemos la configuración.

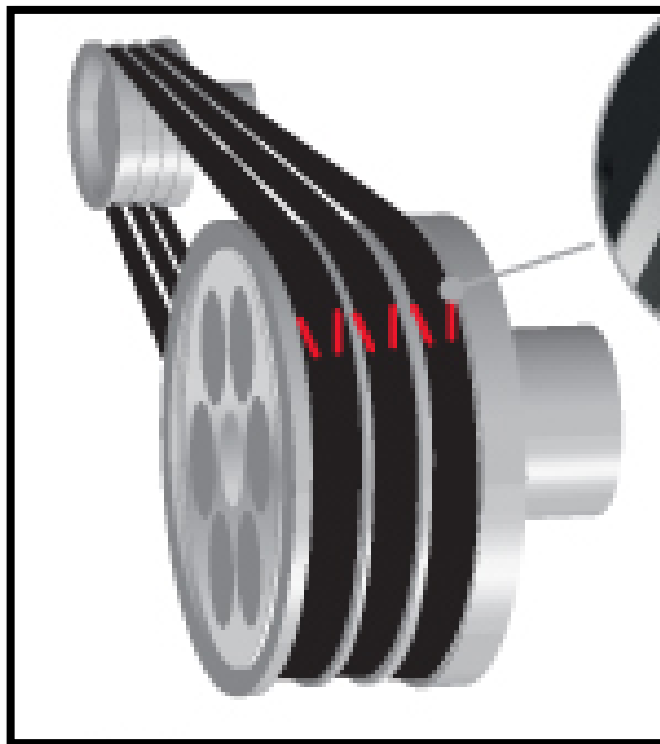


Figura 16 Sistema de transmisión por fajas y poleas

Fuente: HUTCHINSON, 2015

- **Motor eléctrico**

Es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. En la figura N°25 se aprecia un motor eléctrico trifásico. (Leadgo 2014)



*Figura 17 Motor eléctrico
Fuente: LEADGO. 2016*

1.3.8. Diseño de Molinos de Martillos

1.3.8.1. Diseño de martillos

Dimensiones de los martillos

Los martillos son la parte principal de los molinos, de estos depende la dimensión final del grano a procesar. En este caso tomando que la mayor parte del tiempo se molera maíz y que la fuerza necesaria para triturar este grano es mayor que el trigo, se trabajara con las características de este último (Bermeo M., 2014). El momento necesario para moler el grano está dado por la siguiente ecuación:

$$M = F_c * L_m \dots Ec. (1)$$

Donde:

F_c : Fuerza de corte del maíz 36 N (Bermeo M., 2014)

L_m : largo del martillo (m)

El momento de inercia del martillo está definido por:

$$M = I * \alpha \dots Ec. (2)$$

Donde:

I : Inercia del martillo $= \frac{1}{3} * m_m * L_m^2$

m_m : Masa del martillo (Kg)

α : Aceleración angular del martillo (rad/s²)

N : Revoluciones por minuto del rotor (rpm)

Igualando las ecuaciones 1 y 2. Luego reemplazando los valores de inercia y aceleración se tiene:

$$m_m = \frac{3 * F_c}{a * L_m} \dots Ec. (3)$$

La energía necesaria (E_r) para triturar un grano de maíz fue obtenida de forma experimental basándose en la ley de Charpy esta es de 0.662175 joules para un grano de masa (m_g) aproximada de 0.38 gr (Bermeo M., 2014). El borde del martillo se mueve con una velocidad tangencial que ocasiona la fractura del grano esta genera energía cinética que es igual a la energía potencial experimental obtenida anteriormente, que al despejar sus variables se obtiene la siguiente ecuación:

$$V_t = \sqrt{\frac{2 * E_r}{m_g}} \dots Ec. (4)$$

El radio de giro se puede estimar usando la relación entre la velocidad angular y la velocidad tangencial como se muestra a continuación:

$$r = \frac{30 * V_t}{N * \pi} \dots Ec. (5)$$

Por último, teniendo como recomendaciones de fabricantes que el largo del martillo puede ser de 100 mm a 120 mm y que el espesor debe ser igual o mayor al grano a triturar el grano de maíz tiene un promedio de 4 mm y conociendo los espesores de planchas en el mercado se tomara el 4.7 mm que es comercial. Con todo esto se determinará el ancho del martillo a través de la siguiente ecuación:

$$a = \frac{m_m}{\rho_m * L_m * e_m} \dots Ec. (6)$$

Donde:

ρ_m : Densidad del metal del martillo

e_m : Espesor del martillo

Número de martillos

Para estimar el número de martillo en el molino se usa las revoluciones por minuto que da el molino, el grado de desmenuzamiento y la capacidad. El grado de desmenuzamiento se determina de la siguiente manera:

$$i = \frac{d_1}{d_2} \dots Ec. (7)$$

Donde:

d_1 : Diámetro del producto de entrada

d_2 : Diámetro del producto de salida

Entonces para hallar el número de martillos se calcula a partir de la cantidad de granos ($P = 4444.45 \text{ granos/kg}$) por revolución multiplicado por el grado de desmenuzamiento y se expresa según la ecuación:

$$N_r = \frac{F_{max} * P}{N * 60} * i \dots Ec. (8)$$

Donde:

F_{max} : capacidad máxima de molienda (kg/h)

1.3.8.2. Diseño de ejes

Diseño de eje a carga estática

Se calcularán los esfuerzos a los que están sujetos los ejes; los cuales son esfuerzos de flexión y de torsión, dados por las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi d^3} \dots Ec. (9)$$

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3} \dots Ec. (10)$$

Donde

σ_x : Esfuerzo por flexión (MPa)

τ_{xy} : Esfuerzo por torsión (MPa)

d : Diámetro del eje (mm)

M : Momento flector Máximo (N.mm).

T : Momento Torsor en la sección crítica (N.mm).

De la teoría de la energía de distorsión (Von Mises), se tiene que:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \dots Ec. (11)$$

$$\sigma' = \frac{S_y}{FS} \dots Ec. (12)$$

Donde,

S_y : Resistencia a la fluencia (MPa)

FS : Factor seguridad (Adimensional)

Reemplazando las ecuaciones (9) y (10) en la ecuación (11), luego reemplazar el resultado en la ecuación (12) y despejando el diámetro se obtiene la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt[6]{\left(\frac{F.S}{S_y}\right)^2 \left(\left(\frac{32 M}{\pi}\right)^2 + 3 \left(\frac{16 T}{\pi}\right)^2 \right)} \dots Ec. (13)$$

Diseño de eje a fatiga

Para diseñar a fatiga primero se calculará la ecuación de Marín, la cual se determina con la siguiente expresión:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \dots Ec. (14)$$

Donde:

k_a : Factor de modificación de la condición superficial.

k_b : Factor de modificación del tamaño.

k_c : Factor de modificación de la carga.

k_d : Factor de modificación de la temperatura.

k_e : Factor de confiabilidad

k_f : Factor de modificación de efectos varios.

S_e : Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de maquina en la geometría y condición de uso.

S'_e : Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

Además, el límite de resistencia a la fatiga, factor de modificación de la condición superficial y del tamaño se calcula con las siguientes expresiones:

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1400 Mpa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi} \dots Ec. (15) \\ 700 \text{ Mpa} & S_{ut} \leq 1400 \text{ Mpa} \end{cases}$$

$$k_a = aS_{ut}^b \dots Ec. (16)$$

$$k_b = 1.24d^{-0.107} \dots Ec. (17)$$

Otro factor importante a determinar cuándo se hace un estudio de fatiga es la concentración del esfuerzo y sensibilidad a la muesca (q), para hallar esta se usa la siguiente expresión:

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \dots Ec. (18)$$

$$K_{fs} = 1 + q_{cortante}(K_{ts} - 1) \dots Ec. (19)$$

Finalmente, para encontrar un diámetro óptimo teniendo en cuenta un factor de seguridad apropiado se usó el criterio de falla ED-ASME elíptica

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_e} \right)^2 + 4 \left(\frac{K_f M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_f T_m}{S_e} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \dots Ec. (20)$$

1.3.8.3. Potencia del motor

Para hallar la potencia del motor, debemos sumar la potencia necesaria sin carga P_s más la potencia necesaria para la trituración P_t usando la ley de Von Rittinger, para lo cual se tienen las siguientes expresiones:

$$P_s = \frac{m_m * R^2 * N^3 * N_r * f}{8 * 100000 * \eta * \eta_m} \dots Ec. (21)$$

$$P_t = F_{\max} * k * f_m * \left[\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right] \dots Ec. (22)$$

$$P_T = P_s + P_t \dots Ec. (23)$$

Donde:

R : Diámetro del disco (m)

f : factor dependiente de la velocidad de rotación del martillo

η : Eficiencia mecánica por transmisión, según Bermeo

η_m : Eficiencia del motor, según Bermeo

k : Constante de Rittinger que depende del producto a ser triturado para cereales

f_m : Factor que depende del tipo de molienda, sea o húmeda.

1.3.8.4. Selección de poleas

Para seleccionar el sistema de transmisión de potencia optima en las poleas se usará la relación entre las revoluciones y los diámetros adecuados para cumplir con las especificaciones necesarias. Para esto se usará la siguiente ecuación:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} = j \dots Ec. (24)$$

Donde:

j : relación de transmisión

N_1 : velocidad de giro del eje conductor (rpm)

N_2 : velocidad de giro del eje conducido (rpm)

D_1 : Diámetro de la polea menor

D_2 : Diámetro de la polea mayor

1.3.8.5. Selección de rodamientos

Para seleccionar los rodamientos que se encuentran sometidos a fuerzas radiales, se escogerá dependiendo del diámetro del eje calculado y de la carga dinámica a la que estará sometida el rodamiento, aquí se usa la fórmula:

$$C = P_d \left(\frac{L_{10h} * 60 * n}{10^6} \right)^{\frac{1}{p}} \dots Ec. (25)$$

Donde:

P_d : Fuerza que actúa sobre el rodamiento (N)

L_{10h} : horas de servicio (h)

n : revoluciones del rodamiento (rpm)

p : exponente de rodamiento (rodamiento de bolas=3, rodamiento de cilindros=10/3)

1.3.8.6. Selección y dimensionamiento de faja

Para seleccionar las fajas se usará como criterio las revoluciones del sistema de transmisión y la potencia del motor, se debe tomar el mayor valor de las siguientes ecuaciones para el dimensionamiento de la faja. Las distancias entre centros son calculadas con:

$$D_c \geq \frac{D_2 + 3D_1}{2} \dots Ec. (26)$$

La longitud de la faja se obtendrá con la siguiente expresión:

$$L = 2D_c + \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4D_c} \dots Ec. (27)$$

1.3.9. Definición de términos

Molienda. - Proceso que consiste en desmenuzar una materia sólida

Forraje. - Hierba verde o seca que se da al ganado para alimentarlo.

Olote. - Parte central de la mazorca de maíz una vez que ha perdido los granos.

Criogénico. - Es un conjunto de técnicas utilizadas para enfriar un material a la temperatura de ebullición del nitrógeno o a temperaturas aún más bajas

Valor Agregado. - Es el valor económico adicional que adquieren los bienes y servicios al ser transformados durante el proceso productivo.

Diseño. - Es el proceso de dar forma, dimensiones, materiales, tecnología de fabricación y funcionamiento de una máquina para que cumpla unas determinadas funciones o necesidades.

Cargas. - Este tipo de carga se utiliza cuando la modelización de los problemas de análisis estático lineal y no lineal de estructuras

Factor de seguridad. - Es un cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido.

Software. - Son programas o aplicaciones que funcionan solo en una computadora.

Plataforma. - En informática es un sistema que sirve como base para hacer funcionar determinados módulos de hardware o de software con los que es compatible

Técnica. - Es el conjunto de procedimientos que se emplean para un arte, ciencia o actividad determinada que, en general, se adquieren por medio de su práctica y requieren determinadas habilidades o destrezas.

Variabes. - Es una palabra que representa a aquello que varía o que está sujeto a algún tipo de cambio. Se caracteriza por ser inestable, inconstante y mudable.

1.3.10. Software de Ingeniería de Diseño

Soliworks

Es una herramienta de software CAD 3D completa, con la particularidad de crear, simular, publicar y administrar los datos. La facilidad de uso de los productos de SolidWorks permite a más ingenieros, diseñadores

y profesionales de la tecnología centrarse más que nunca en las ventajas del 3D. (2017 Dassault Systemes SolidWorks Corporation).



Figura 2618 Logo Solidworks
Fuente: SPARX ENGINEERING

Funcionalidades:

SolidWorks ofrece tantos servicios como en la industrial, médico, científico, consumo, educación, tecnología y transportes. la plataforma de trabajo se puede ver en la figura N°27.

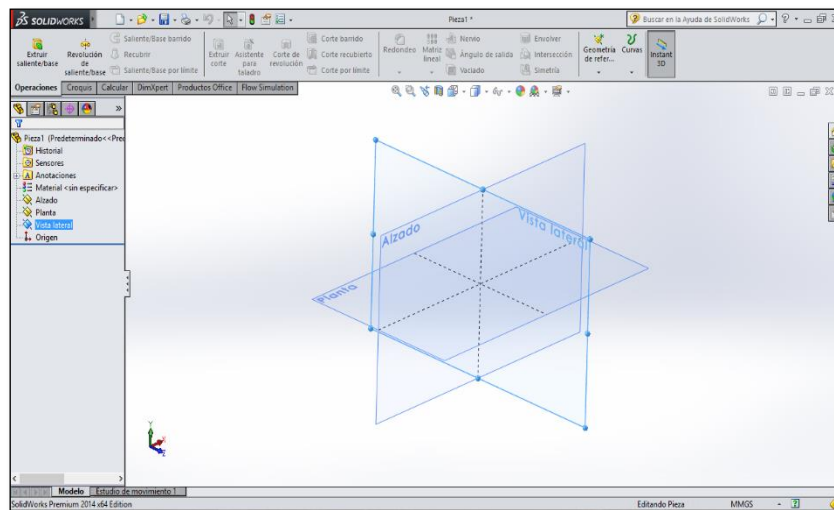


Figura 27 Plataforma de trabajo SolidWorks
Fuente: Propia

MATLAB

Es un software matemático que nos brinda un ambiente de desarrollo integrado (IDE) que aplica su propio lenguaje (Matlab). Lo podemos encontrar en todas las plataformas disponibles. Es por eso que genera un ambiente

preferido entre los estudiantes y profesionales aplicación en a la ingeniería. El logo se aprecia en la figura N°28.

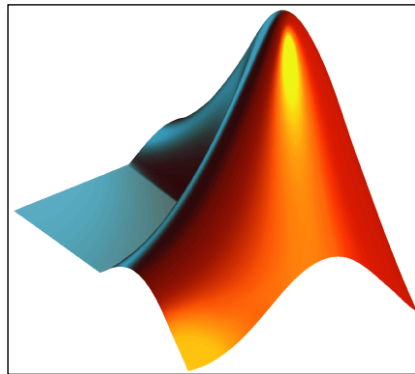


Figura 28 Logo MATLAB
Fuente: The MathWorks Logo

La plataforma de MATLAB esta optimizada para solucionar problemas de ingeniería y científicos. El lenguaje de MATLAB, basado en matrices. Los gráficos integrados hacen más fácil observar los datos y la obtención de información a partir de ellos. En la figura N°29 podemos ver la interfaz de trabajo.

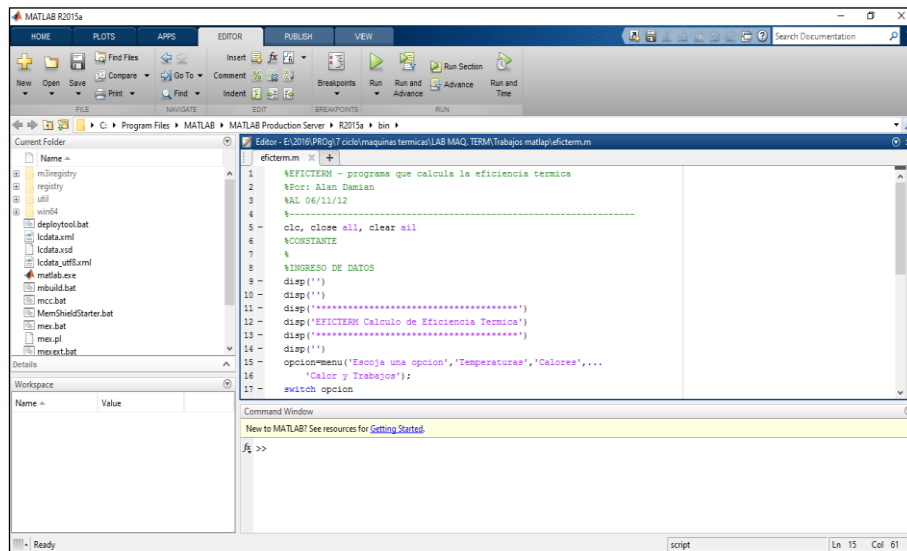


Figura 29 Programación Matlab
Fuente: Propia

ANSYS

Es un software de ingeniería que está desarrollado para funcionar bajo la teoría de elemento finito. Realiza simulación en sólidos, prediciendo cómo

funcionará y reaccionará, a los esfuerzos que está sometido, bajo un entorno real. Dicho logo se puede ver en la siguiente ilustración N°30.



Figura 30 Logo ANSYS

Fuente: 2018 ANSYS, Inc. All rights reserved

Está dividido en tres herramientas principales llamados módulos: preprocesador (creación de geometría y mallado), procesador y post-procesador. Tanto el preprocesador como el post-procesador están provistos de una interfaz gráfica. Este procesador de elemento finito da solución a problemas mecánicos incluyendo análisis de estructuras dinámicas y estáticas, análisis de transferencia de calor fluido dinámica, también problemas de acústicas y de electromagnetismo. En la ilustración N°31, se muestra la plataforma de trabajo.

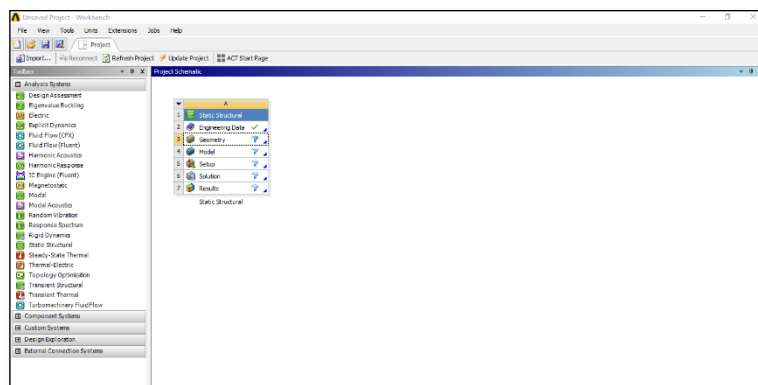


Figura 31 Plataforma de trabajo del software ANSYS

Fuente: Propia

1.3.11. Análisis Económico

Se analizará económicamente implementando materiales comerciales para la construcción del molino de martillos. A continuación, se explicará los beneficios y descripción del VAN y TIR.

VAN y TIR.

Son otros indicadores financieros que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto, pero que a diferencia del indicador (ROI), toman en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Donde el VAN (Valor Actual Neto) el TIR (Tasa Interna de Retorno). La manera de saber si nuestro proyecto es rentable económica, es determinar la Tasa Interna de Retorno, que sería el tipo de interés en el que el VAN se hace cero. Si el TIR es alto, estamos ante un proyecto empresarial rentable, que supone un retorno de la inversión. A continuación, se muestra la fórmula de dichos valores.

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{F_n j}{(1+i)^j} \dots Ec. (28)$$

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} \dots Ec. (29)$$

Donde:

I_0 : Es el valor del desembolso inicial

n : Numero de periodos considerados

i : Valor inicial de la inversión

F_n : Flujo de caja en un periodo (Mensual)

j : Costo del capital utilizado

1.4. Formulación del problema

¿Cuáles serán las especificaciones técnicas y geométricas de un molino de martillos para cereales y forraje con capacidad de 500kg/h, para el anexo de Batangrande?

1.5. Justificación e importancia.

1.5.1. Justificación técnica

El proyecto aportará conocimientos en diseño de elementos mecánicos por medio de la fabricación de un molino de martillos que a la misma vez servirá como instrumento de aprendizaje aportando ideas en procesos de manufactura.

1.5.2. Justificación económica

Otorgar un incremento de ganancias a los agricultores aprovechando el forraje y los cereales para incrementar el valor agregado de sus productos y mejorar la economía local.

1.5.3. Justificación ambiental

El molino de martillos empleara energía eléctrica, para obtener una mayor eficiencia energética, además por ser la más limpia y tener menor repercusión con el medio ambiente.

1.5.4. Justificación social

Generar en la población nuevos rubros de negocio en el sector avícola y ganadero para desarrollar un mercado interno que les permita mejorar la calidad de vida.

1.6. Hipótesis

No aplicable a este tipo de investigación.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivos Generales

Diseñar un molino de martillos para cereales y forraje con una capacidad de 500kg/h, para incrementar el valor agregado de los productos agrícolas en Batangrande.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Conocer las necesidades de molienda y uso de cereales de los agricultores de Batangrande mediante encuesta.
- Determinar los parámetros técnicos del proceso de molienda para el diseño de la máquina.
- Realizar el cálculo y selección de los componentes de la máquina.
- Elaborar el análisis económico de la propuesta de diseño.

Capitulo II

MATERIALES Y METODOS

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Para este proyecto de diseño de un Molino de Martillos, se empleó el método cuantitativo ya que se utilizó datos numéricos para realizar de forma sistemática, organizada y estructurada el trabajo de investigación.

2.1.1. Tipo de Investigación

Descriptivo

2.1.2. Diseño de Investigación

El diseño es pre - experimental

2.2. Métodos de Investigación

2.2. Población y muestra

No aplicable a este tipo de investigación.

2.3. Variables y Operacionalización

Considerando que esta tesis trata sobre el diseño de un molino de martillos, con metodología formal de diseño. Se llevará a cabo una adaptación de esquema de variables basándonos en la propuesta de (Eggert, 2010; Dieter 2013). Ver tablas 6 y 7.

2.3.1. Variables Independientes

- Fuerza de rotura (N)
- Energía de rotura (J)
- Densidad (kg/ m³)
- Área (m)
- Volumen (m³)

2.3.2. Variables Dependientes

- Largo (m)
- Ancho (m)
- Alto (m)
- Potencia (HP)
- Torque (N.m)
- Revoluciones (rpm)
- Flujo de producción (kg/h)
- Cantidad de martillos (Adm.)
- Tamaño de salida del grano (m)

Tabla 6
Variables independientes
Fuente: Propia

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSION	INDICADORES	INDICE	TECNICA E
				INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS, FÍSICAS Y DIMENSIONALES DE LOS GRANOS Y FORRAJES	Propiedades Mecánicas	Fuerza de rotura	N	Análisis de documentos
	Propiedades Mecánicas	Energía de ruptura	J	Análisis de documentos
	Propiedades Físicas	Densidad	Kg/m ³	Análisis de documentos
	Características dimensionales	Área	m	Observación, entrevista y medición
	Características dimensionales	Volumen	m ³	Observación, entrevista y medición

Tabla 7
Variables Dependientes
Fuente: Propia

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIO N	INDICADORES	INDICE	TECNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS
DISEÑO DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA CEREALES Y FORRAJE	Parámetros Geométricos del equipo y sus componente s	Largo	m	Entrevista y análisis de documentos
		Ancho	m	Entrevista y análisis de documentos
		Alto	m	Entrevista y análisis de documentos
	Sistema Mecánico	Potencia	Hp	Análisis de documentos
		Torque	N.m	Análisis de documentos
		Revoluciones	rpm	Análisis de documentos
	Sistema de Alimentació n	Flujo de producción	Kg/h	Entrevista
	Sistema de Molienda	Cantidad de martillos	Adm.	Análisis de documentos
		Tamaño de salida del grano	m	Análisis de documentos y entrevista

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información.

2.4.1. Técnicas de recolección de datos.

En este proyecto se ha utilizado las siguientes técnicas de investigación:

Entrevistas:

Se formará una agenda para visitar el Anexo de Batan grande a fin de entrevistar al teniente alcalde para obtener información necesaria. Tales como el número de agricultores y sus datos personales.

Encuestas:

Se buscará recaudar datos por medio de un cuestionario prediseñado, los cuales nos brindaran información clave para el desarrollo de este proyecto.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Hoja de encuesta:

Se encuestó a los agricultores para determinar los procesos producción que realizan actualmente y en la molienda de sus productos; para ello se tomaron datos de los principales cereales que producen y el tipo de forraje que más emplean (Panca de maíz) con lo que más están acostumbrados a sembrar. Determinar su ganancia actual y el esfuerzo físico que realizan.

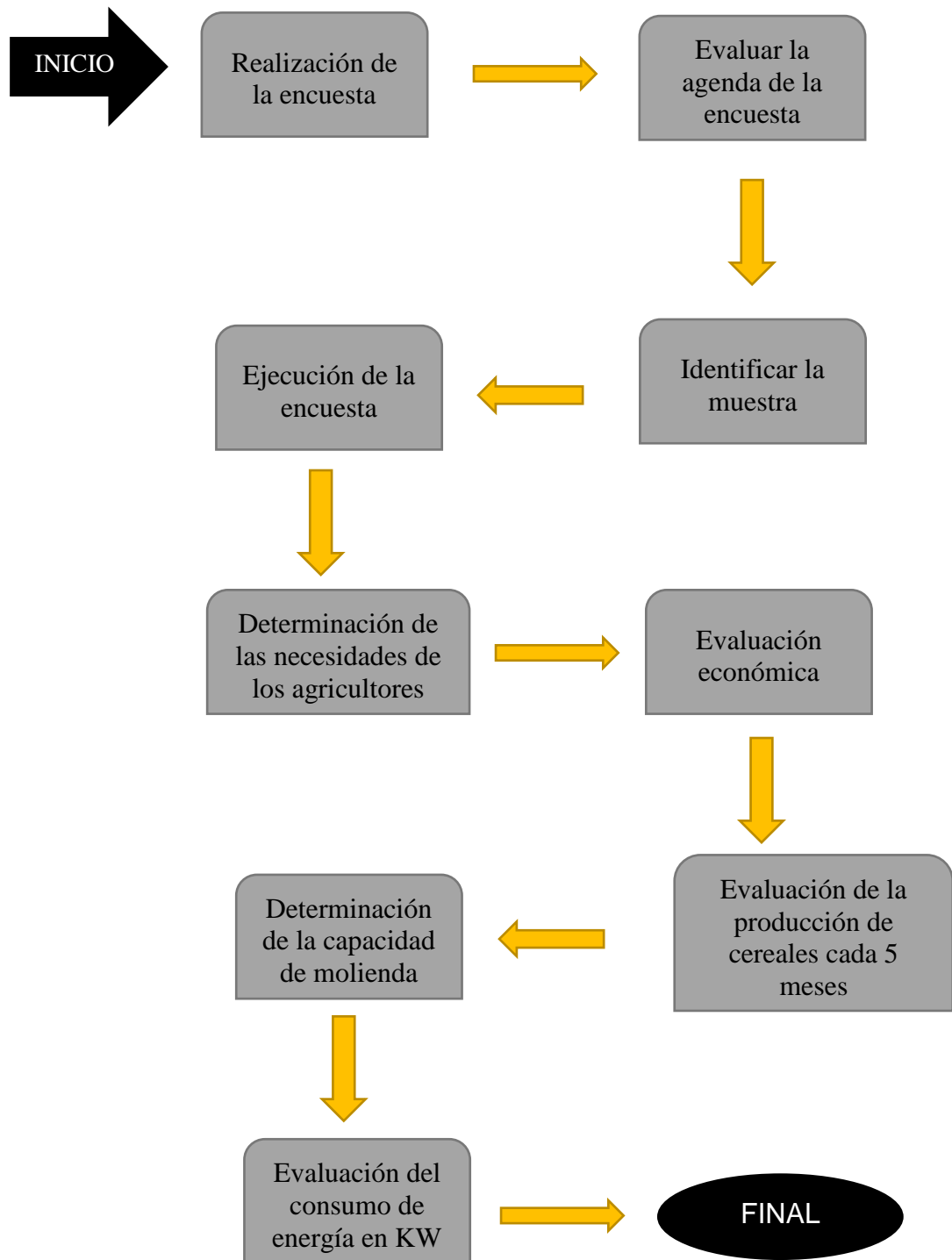
Análisis de documentos:

Se revisó normas técnicas y ambientales para el diseño de la máquina, dadas por (ISO). Se tomará en cuenta manuales, para la elección de materiales y piezas para el diseño del sistema mecánico. No obstante, también consideraremos libros y revistas en el diseño.

2.4.3. Procedimiento de recolección de datos.

Diagrama del desarrollo de actividades

A continuación, daremos a conocer el diagrama de flujo de las actividades, los paso y procesos que se emplearon.



Capitulo III

RESULTADOS

3. RESULTADOS

3.1. Necesidades de los agricultores.

Para conocer las necesidades de los agricultores de Batangrande, en función a la molienda de sus cereales y forrajes se realizaron encuestas a 42 agricultores, usando el formato que se indica en el Anexo No.1. Tres de estas encuestas completadas se presentan en el Anexo No. 2. Además, se hizo un resumen de la encuesta para determinar las necesidades de los agricultores en la Tabla N°8, de todas las preguntas con los resultados y la puntuación que obtuvieron. A continuación, basados en la información de la Tabla No.8 se extrajo las conclusiones de las respuestas a las preguntas de la encuesta. Esta información sigue a continuación.

Preguntas 1 y 2:

¿Qué área de terreno posee?

¿Qué cantidad de cereales y forraje obtiene usted en cada cosecha?

Se determinó que hay un mayor número de agricultores que poseen terrenos de 2 a 3 hectáreas y cuya producción ronda entre 15 000 kg de cereal y 24 000 kg de forraje. El área de terreno que posee un agricultor es proporcional a la producción de cereales y forrajes, tal y como se demuestra en las gráficas (ver Anexos N°3, figura 54 y figura 55). Concluyendo que existe una gran demanda de producción agrícola lo cual genera una amplia materia prima para elaborar concentrados y harinas se determina la capacidad de la maquina en **500 kg/h** ya que esta capacidad es la más recomendada para los agricultores.

Tabla 6*Resumen de la encuesta a los agricultores - Preguntas 6 a la 10 (Continuación)**Fuente: Propia*

PREGUNTAS	RESPUESTAS	CUANTIFICACION / CATEGORIZACION
Pregunta 1: ¿Qué área de terreno posee?	Entre 1 a 2 hectareas	19.50%
	Entre 2 a 3 hectareas	43.90%
	Entre 3 a 4 hectareas	19.50%
	De 4 a mas hectareas	17.10%
Pregunta 2: ¿Qué cantidad de cereales y forraje obtiene usted en cada cosecha?	Entre 7500 kg - 12000 kg	19.50%
	Entre 15000 kg - 24000 kg	43.90%
	Entre 22500 kg - 36000 kg	19.50%
	Entre 30000 kg - 48000 kg	17.10%
Pregunta 3: ¿Cómo obtiene usted el triturado de cereales y forrajes de sus productos agrícolas?	Molino propio	0%
	Molino alquilado	22%
	Molino prestado	78%
Pregunta 4: Si la respuesta anterior es “Posee Uno”, responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuál es la inversión realizada?	...	0%
Pregunta 5: Si la respuesta a la pregunta N° 2 es “Alquila” ¿Cuánto le cuesta la molienda por 1 hora?	S/.30.00	100%

Tabla 9*Resumen de la encuesta a los agricultores - Preguntas 11 a la 14 (Continuación)***Fuente:** Propia

PREGUNTAS	RESPUESTAS	CUANTIFICACION / CATEGORIZACION
Pregunta 6: Si la respuesta a la pregunta N° 2 es “Alquila “¿Cuánto tiempo y dinero gasta usted en transportar su producto al lugar de la molienda? Explique	Un promedio media hora y de S/. 1.50, por saco (50 kg)	100%
Pregunta 7: ¿Qué tiempo aproximado requiere un molino para la elaborar el triturado de sus productos?	Entre 60-120 min	7.30%
	Entre 120-180 min	46.30%
	Entre 180-240 min	31.70%
	Entre 240 a más	14.60%
Pregunta 8: ¿Le gustaría que las moliendas de sus productos se elaboren de manera más rápida y eficiente?	SI	95%
	NO	0%
	NO OPINA	5%
Pregunta 9: ¿Considera usted que es importante reducir el costo y tiempo de la trituración de los cereales y forrajes?	SI	95.10%
	NO	2.45%
	NO OPINA	2.45%
Pregunta 10: ¿Conoce usted la existencia de molinos automáticos para triturar sus productos?	SI	9.80%
	NO	87.80%
	NO OPINA	2.40%

Tabla 10*Resumen de la encuesta a los agricultores***Fuente:** Propia

PREGUNTAS	RESPUESTAS	CUANTIFICACION / CATEGORIZACION
Pregunta 11: ¿En caso de existir un molino de martillos que este diseñado en función a la producción de su localidad, estaría dispuesto a adquirirla?	SI	85.40%
	NO	14.60%
	NO OPINA	0%
Pregunta 12: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el Molino de Martillos destinado a su localidad?	Entre S/.800 - S/.1500	10.50%
	Entre S/.1500 - S/.2500	18.40%
	Entre S/.2500 - S/.4000	63.20%
	Entre S/.4000 - S/.6000	7.90%
Pregunta 13: ¿Anualmente cuantas veces emplea un molino?	Entre 1 a 2 veces	2.30%
	Entre 3 a 4 veces	65.90%
	Entre 5 a 6 veces	22%
	Entre 7 a 8 veces	9.80%
Pregunta 14: ¿Qué tipo de tamiz normalmente desea en sus productos triturados?	Tamiz para harina	12.20%
	Tamiz para concentrado	87.80%

Preguntas N°3; N°4; N°5 y N°6.

¿Cómo obtiene usted el triturado de cereales y forrajes de sus productos agrícolas?

¿Cómo obtiene usted el triturado de cereales y forrajes de sus productos agrícolas?

Si la respuesta anterior es “Posee Uno”, responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuál es la inversión realizada?

Si la respuesta a la pregunta N° 2 es “Alquila “¿Cuánto tiempo y dinero gasta usted en transportar su producto al lugar de la molienda? Explique

Se determinó la manera de cómo la población obtiene el triturado de sus cereales y forrajes. Donde se vio que nadie posee un molino propio y solo el 22% de la población alquila, teniendo el mayor porcentaje de un 78% (ver anexo N°3, figura 56) los agricultores prestan la máquina para realizar sus moliendas. Y también se vio que de 9 personas que alquilan la maquina el 100% pagan S/30.00 por hora de molienda, como se puede ver en el grafico (ver anexo N°3, figura 57). Esto acarrea a una necesidad de dicha máquina ya que la gente transcurre grandes trayectos perdiendo su tiempo, dinero y sobre todo reduciendo sus ganancias, ya que por cada 50kg tienen que pagar S/1.00. y ellos tienen una producción de 15000 kg. Esto equivale a una pérdida económica de S/300.00 por producción, adicional los gastos de carga y peligro que corren.

Pregunta N°7

¿Qué tiempo aproximado requiere un molino para la elaboración el triturado de sus productos?

Se determinó el tiempo aproximado que tardan los agricultores en triturar sus productos, dándonos como resultados el 46.3% como nos arroja la gráfica (ver anexo N°3, figura 58) de los encuestados tardan entre 120 a 180 minutos. Concluyendo que es un tiempo que dependerá de la cantidad de materia prima que deseen triturar.

Preguntas N°8 y N°9

¿Le gustaría que las moliendas de sus productos se elaboren de manera más rápida y eficiente?

¿Considera usted que es importante reducir el costo y tiempo de la tritución de los cereales y forrajes?

Hemos determinado que a los encuestados en gran mayoría les gustaría que la molienda de sus productos sea más rápida y eficiente. Además, consideran que es muy importante reducir el costo y tiempo de la tritución de cereales y forrajes. En el anexo N°3 figura 59 y figura 60 respectivamente se demuestra la veracidad de lo mencionado.

Pregunta N°10 y N°11

¿Conoce usted la existencia de molinos automáticos para triturar sus productos?

¿En caso de existir un molino de martillos que este diseñado en función a la producción de su localidad, estaría dispuesto a adquirirla?

El conocimiento de parte de los encuestados acerca de molinos automáticos, se determinó en la pregunta N°10, dando como resultado el 87.8% del total de encuestados como lo demuestra el diagrama (ver anexo N°3, figura 61) desconocen de este tipo de molinos. Lo cual nos permitiría aportar un sistema de semi automatización a nuestro diseño. Además, los resultados que brindo la pregunta N°11, el 85.4% de encuestados ver anexo N°3, figura 62, estaría dispuesto a adquirir un molino de martillos diseñado en función a sus necesidades. En conclusión, esto nos beneficia positivamente ya que se ve las intenciones de los agricultores en implementar esta máquina en sus haberes cotidianos.

Pregunta N° 12

¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el Molino de Martillos destinado a su localidad?

La inversión promedio que estarían dispuestos a invertir es de 2500 a 4000 soles siendo estos el 63.2%. Y el 18.4% está dispuesto a invertir 1500 a 2500 soles. Estos

resultados pueden ser vistos en el anexo N°3, figura 63. Esto nos da un punto de vista positivo ya que podemos ajustarnos a estos precios y poder implementar algunas cosas extras a la máquina.

Preguntas N°13 Y N°14

¿Anualmente cuantas veces emplea un molino?

¿Qué tipo de tamiz normalmente desea en sus productos triturados?

Se emplearon para saber el número de veces que emplean un molino y el tamiz que usualmente desean en sus triturados. De esta manera implementar un plan de mantenimiento ya que por uso propio el 65.9% (ver anexo N°3, figura 64) trituran un promedio de 3 a 4 veces anuales, esto solo es solo a nivel comercial, porque de allí emplea el molino ocasionalmente. Y el tipo de tamiz que producen es el “Tamiz para concentrado” siendo este el 87.8% como se muestra en el diagrama (ver anexo N°3, figura 65).

Pregunta N° 15

En su opinión ¿Qué características debería poseer un molino de martillos para satisfacer su necesidad?

Para saber los dimensionamientos más apropiados para los agricultores empleamos la pregunta N°15, donde nos da una referencia promedio de los estándares de dimensión de la máquina. Esto nos dio como resultado en un gráfico de barras (ver el anexo N°3, figura 66), teniendo como configuración un largo menos de 1.50m, de ancho 1m y altura menos de 1.50m. Y también seleccionamos el tipo de mecanismo de trituración de un molino (Martillos) siendo este el 91.7% como se puede ver en el anexo N°3, figura 67. Esta necesidad nos permitirá regirnos a estos estándares que nos brindaron los encuestados y poder así cumplir sus expectativas.

3.2. Normativas Asociada al Diseño de Molinos de Martillos.

3.2.1 European Hygienic and Design Group - EHEDG N. ° 8

Este documento (ver Anexo No.4) especifica qué componentes están permitidos en los aceites y grasas utilizados con fines de lubricación, como películas protectoras contra el óxido, como agentes de liberación en juntas y sellos de cierres de tanques y como lubricante para piezas y equipos de la máquina en lugares donde exista exposición de las partes lubricadas a alimentos o alimentos ingredientes. En función a estándares de construcción de máquinas para productos alimenticios. Los materiales utilizados en la construcción de maquinaria y fábricas de alimentos deben cumplir ciertos requisitos específicos. Bajo la condición de uso previsto, estos materiales deben ser: Inerte para el producto, inerte a los detergentes y desinfectantes, resistente a la corrosión, no tóxicos, no contaminantes y mecánicamente estables. Existe una amplia gama de metales disponibles. Su selección está influenciada por los valores de estrés al que está sometido el metal y su corrosión resistencia, maquinabilidad, formalidad, soldabilidad, dureza y costo. La elección final depende del uso previsto. Los aceros inoxidable son la preferencia lógica para los materiales metálicos de construcción utilizados para el proceso de limpieza en húmedo, en la Tabla No 11 se muestra los tipos de aceros que se pueden emplear según la norma. Denominaciones AISI, DIN y EN de los aceros inoxidable que suelen usarse en la industria

Tabla 11

Denominaciones AISI, DIN y EN de los aceros inoxidable que suelen usarse en la industria.

Fuente: European Hygienic Engineering and Design Group, 2017.

AISI	DIN/EN	Análisis típicos					
		C%	Cr%	Ni%	MO%	Ti%	N%
304L	p.ej.: DIN 1.4307 (EN X2CrNi18-9)	<0,03	18	9	-	-	-
316L	p.ej.: DIN 1.44435 (EN X2CrNiMo18-14-3)	<0,03	18	14	3	-	-
410	DIN 1.4006 (EN X12Cr13)	<0.12	13	<0.75	-	-	-
409	DIN 1.4512 (EN X2CrTi12)	<0,03	11.5	-	-	<0.65	-
329	DIN 1.4460 (EN X3CrNiMoN27-5-2)	<0,05	27	5.5	1.7	-	<0.20

3.2.1 European Hygienic and Design Group - EHEDG N. ° 23 Parte 1 y 2

En esta norma especifican que los fabricantes de alimentos deben adoptar un sistema de gestión de la lubricación, que comprende una encuesta de fábrica para seleccionar los lubricantes correctos en función de su técnica y potencial incidental; frecuencia de lubricación; monitoreo de lubricación, muestreo, y prueba; mantenimiento de registros para fines de auditoría; y entrenamiento operativo en el uso de lubricantes. Como puede ocurrir contaminación incidente de productos alimenticios con lubricantes, se requieren lubricantes de grado alimentario. Algunos fabricantes de alimentos usan lubricantes H1 solo para puntos de lubricación críticos, siendo los lubricantes convencionales utilizado para lubricar puntos que no podrían provocar un contacto incidental con el producto.

3.3. Recomendaciones para el Diseño de Molinos de Martillos.

En vista de la información insuficiente para el diseño de molinos de martillos brindado por las normas indicadas, se continuo a elaborar un listado sistemático de recomendaciones de diseño de autores relevantes a este tema. Esta información organizada se aprecia en la Tabla No. 12.

Tabla 12*Recomendaciones de diseño para un Molino de Martillos. Aspecto/criterio del material.***Fuente:** Propia

ASPECTO/CRITERIO	RECOMENACIONES	FUENTE
	La separación de los martillos se encuentra de 1,5 a 7,5 cm dependiendo del producto a triturar	C. Hall y F. Salas, 1968.
	Largo del martillo: L =110 mm (el largo de los martillos se escoge desde 100mm hasta 120mm según recomendación de fabricantes)	HAMMERS MILL DESIGN FOR THE CERAMICS GLUE PRODUCTION, 2014
GEOMETRIA	Dependiendo del producto, diferentes herramientas, llamadas martillos o batidores, pueden colgarse de las varillas y columpiarse. Algunas máquinas pueden tener hasta 20 herramientas colgadas.	
	La finura del producto molido depende del producto (consistencia, humedad, etc.) El tamaño final de las partículas puede variar de 10 mm a 50 µm.	
	Un valor indicativo para las dimensiones totales de un molino de 20 martillos es 1.7x1.2x1.3 m. El peso de tal molino es de aproximadamente 0.6 toneladas (sin el motor).	Saravacos et al, 2015)
POTENCIA	El requerimiento de energía de los molinos de martillo en la industria alimentaria es generalmente de 5-35 kW	
	Los martillos / batidores generalmente giran a 500-3000 rpm	
	Su consumo específico de energía es de aproximadamente 0.2-2 kWh / ton	Dialer et al., 1986

Tabla 13*Recomendaciones de diseño para un Molino de Martillos (Continuación)***Fuente:** Propia

ASPECTO/CRITERIO	RECOMENACIONES	FUENTE
MATERIAL	<p>Los materiales utilizados en la construcción de maquinaria y fábricas de alimentos deben cumplir ciertos requisitos específicos Inerte para el producto. Inerte a los detergentes y desinfectantes; resistente a la corrosión; no ser tóxicos; no contaminar, mecánicamente estable</p> <p>Los aceros inoxidable son la preferencia lógica para los materiales metálicos de construcción utilizados para el proceso de limpieza en húmedo y resistentes a la corrosión. (ANSI 304)</p>	European Hygienic and Design Group - EHEDG N. ° 8 , 2018

3.4. Especificaciones Ingenieriles

Determinada la necesidad de los agricultores de Batangrande y después de analizar la normativa, se demuestra de manera ingenieril los requerimientos de los agricultores con sus respectivas unidades con el Sistema Internacional de Unidades y si es que existieran algunas limitaciones, para cada sub función definida por las conclusiones de las entrevistas realizadas. En las Tablas N° 14 se muestran las especificaciones ingenieriles en función a las necesidades de los agricultores y características planteadas por el autor.

Tabla 14
Especificaciones Ingenieriles
Fuente: Propia

SUBFUNCION	CARACTERISTICAS INGENIERILES	UNIDADES	LIMITES
Productividad del molino	Capacidad	kg/h	500
Tamaño de la maquina	Dimensiones	metros	Largo: < 1.70 Ancho: < 1.20 Altura: <1.30
Tamaño de la cámara de trituración	Dimensiones	metros	Largo: < 0.60 Ancho: < 0.50 Altura: < 0.70
Diámetro del tamiz de la criba	Dimensiones	milímetros	10 mm a 50 µm
Fuerza con la que trabaja el motor	Potencia del motor	kW	5 a 35 kW
Conteo de ciclos en el eje	Giro del eje por minuto	RPM	300 a 3000
Tipo de Material	Acero	AISI	304

3.5. Concepto de solución a las necesidades de la población.

Para determinar el mejor modelo de la máquina y que esta cumpla con las necesidades de los agricultores, hemos planteado tres conceptos de los cuales optaremos por uno, el que nos genere un mayor número de alternativas para

seleccionar la más óptima. Los conceptos que se presentan solo son conceptos de diseño, ya que el proceso no cambia sigue siendo el mismo.

3.5.1. Concepto 1: Molino de Martillos Tipo Pulvex

Este concepto se elabora basado en el modelo Pulvex MM 300 desarrollado por la empresa Pulvex (maquinariapulvex.com, 2018), presenta una configuración sencilla, logrando que la maquina tenga un proceso de fabricación más simple. Su sistema de alineación es una tolva inclinada en un Angulo de 45° y el eje del motor es paralelo al eje principal como se puede observar en la ilustración N°32, haciendo de este modelo el más compacto en su categoría.

Ventajas

Presenta ventajas en su diseño compacto ya que aprovecha el posicionamiento de su motor que se ubica en la parte inferior de la tolva además de usar aceros ligeros que conforman parte de su chasis logrando ser muy liviano.

Desventajas

Las desventajas que se presentaron en el modelo, están ligadas en gran mayoría a su falta de tecnología y de un semi automatismo que le dé un plus a la máquina.

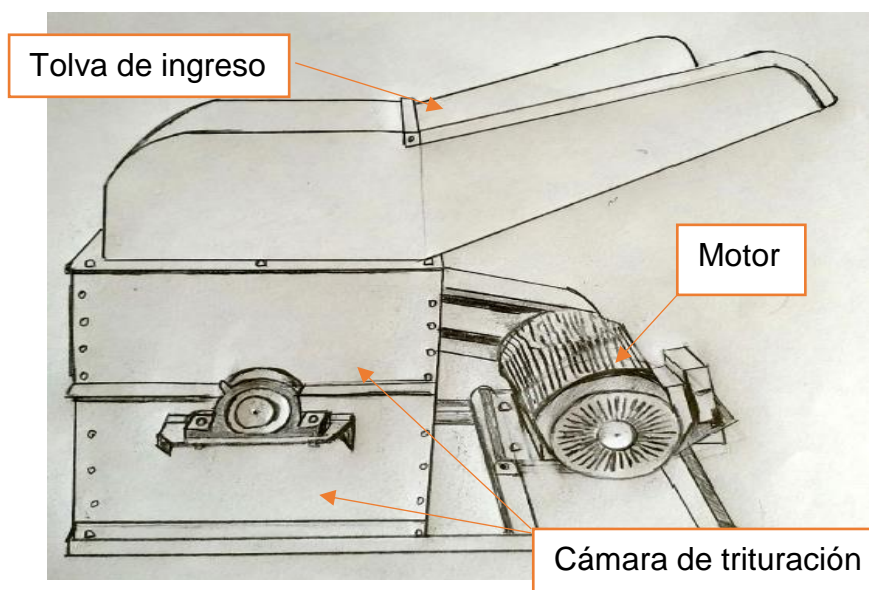


Figura 32 Molino Pulvex MM 300

Fuente: Propia

3.5.2. Concepto 2: Molino de martillos tipo Mikro Pulverizer MP

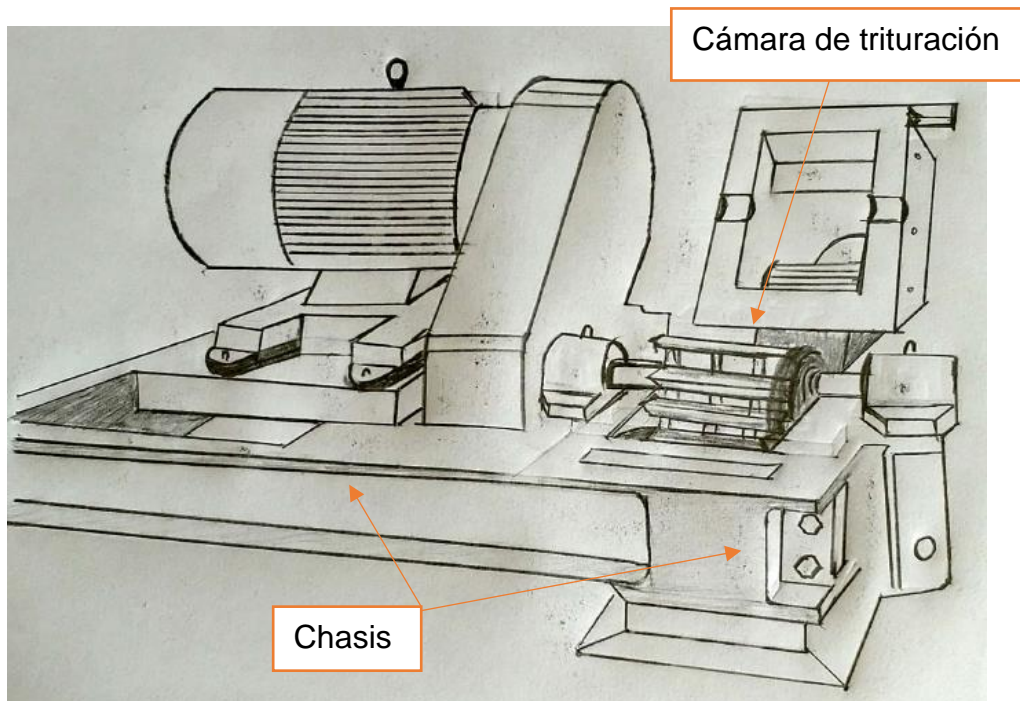
Este concepto está desarrollado en base al modelo Mikro Pulverizer MP como se aprecia en la ilustración N°33, fue desarrollada por la compañía (HOSOKAWA ALPINE 2017).

Ventaja

Y tiene como principal ventaja, el fácil acceso a sus componentes para el mantenimiento y limpieza del mismo, la durabilidad y la resistencia. ya que es el único modelo que presenta un chasis rectangular donde van montados todos los componentes (motor, cámara de trituración y morillos).

Desventaja

Presenta desventajas en su masa ya que el chasis que posee le da un peso extra al modelo, elevando su peso en un 40% que dificulta a un más el transporte de este.



*Figura 33 Molino Mikro Pulverizer MP
Fuente: Propia.*

3.5.3. Concepto 3: Molino de Martillos tipo 035AE

Este concepto está basado en el modelo 035AE desarrollado por la empresa VERDES (Talleres Felipe Verdés S.A., 2015). Esta máquina tiene un sistema de alimentación semi automático, ya que consta de unos tornillos in fin que abastecen de materia a la cámara de trituración, además es el de máxima capacidad de molienda ya que comprime la materia para agilizar el proceso de trituración. En la ilustración N°34, se muestra las partes de la máquina y sus componentes.

Ventaja

La ventaja principal que brinda este concepto, consiste en su sistema de alimentación forzada lo que brinda un mayor ingreso de materia a la cámara de trituración, brindando un mayor rendimiento en el proceso y mejor calidad de tamiz.

Desventaja

La desventaja que presenta esta solamente enfocado en el costo de la maquina ya que consta de motores en cada tornillo sin fin para lograr la alimentación forzada.

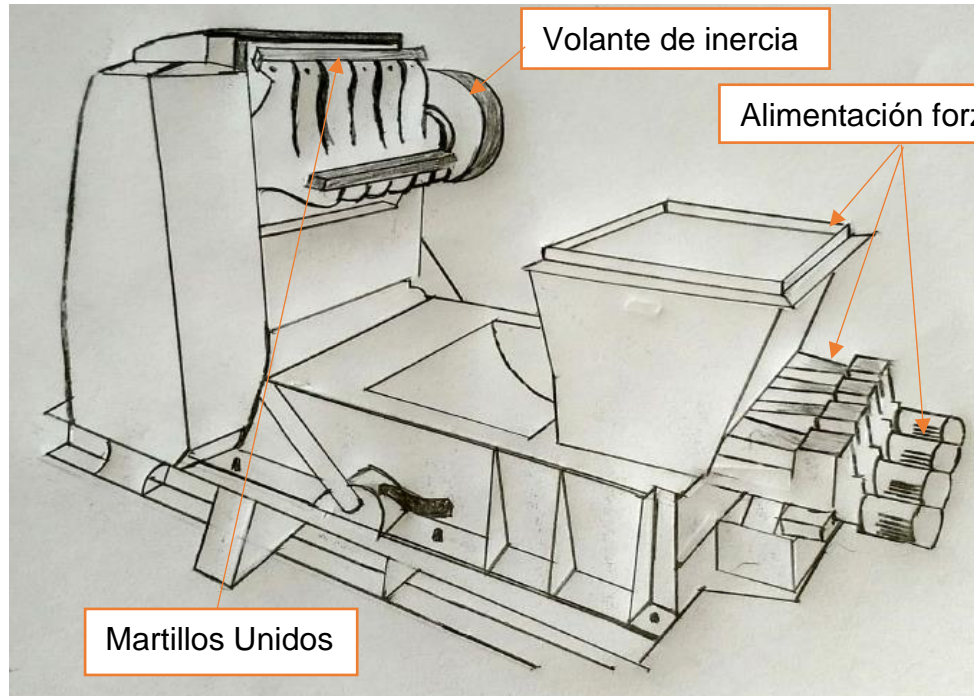


Figura 34 MOLINO DE MARTILLOS 035AE

Fuente: Propia.

3.5.4. Concepto 4. Molino de matillos Tecaliman

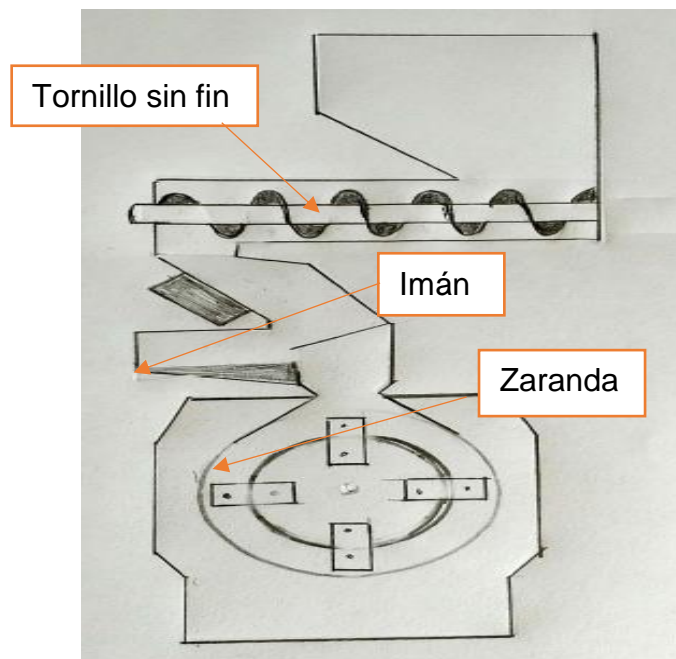
Este concepto está basado en el diseño para la alimentación. Incluye un silo, el cual tiene en la base un tornillo de alimentación encargado del suministro de material al molino, como se puede apreciar en la ilustración N°35. Al entrar a la cámara de molienda, las materias primas se purgan de posibles objetos extraños: las partículas metálicas mediante un separador de metales (imán o equipo magnético) y las partículas más densas (piedras) con una despedradora mediante flujo de aire.

Ventaja

La ventaja particular que brinda este concepto, está enfocada en su sistema de alimentación y más que todo en su sistema de protección. Que consiste en un imán y una despedradora que hace que la materia ingrese totalmente libre de elementos externo si es que se presentarían.

Desventaja

La desventaja radica principalmente en su dimensionamiento ya que adicionando la despedradora aumentaría radicalmente el tamaño y el costo de la máquina.



*Figura 35 Molino Tecaliman
Fuente: Propia.*

3.5.5. Concepto 5. Molinos de martillos 2D

Los molinos de martillos 2D tienen su origen en la empresa Van Aarsen (Van Aarsen NTERNATIONAL B.V. 2016), molienda óptima de capacidades que van desde 5 hasta 25 toneladas por hora. y se pueden incorporar a un sistema de molienda previa o posterior, o como una solución de molienda completa compuesta por depósito previo, alimentador, limpiador magnético, molino de martillos, tolva de descarga, filtro de aspiración, ventilador y sistema de control.

Ventajas

Una de sus mayores virtudes que brinda este concepto está enfocado a la capacidad de molienda que posee esta máquina, ya que está diseñada para cantidades exorbitantes, pero adicionalmente la ventaja que presenta es el cambio automático de criba que le permite lograr tamices ultra finos.

Desventajas

La desventaja que presenta es su mantenimiento ya que por las ventajas que presenta se hace una maquina muy compleja y esto dificulta el plan de mantenimiento y eleva los costos.

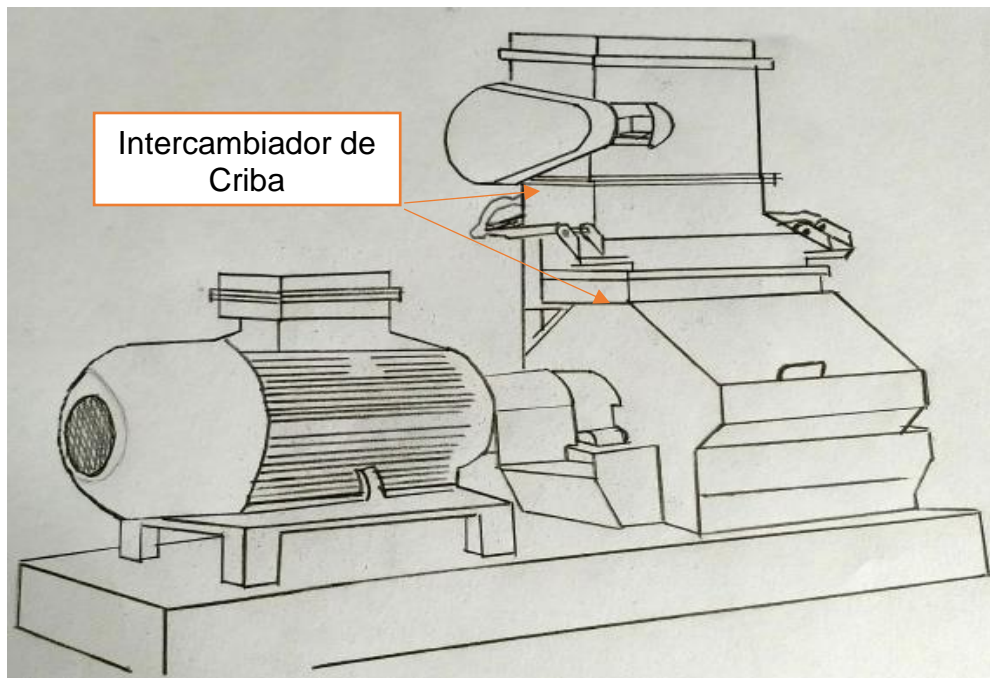


Figura 36 Molino 2D VAN AARSEN
Fuente: Propia.

3.5.6. Concepto 6. Molino de martillos “MM”

El concepto es una variante del molino de martillos provisto por la empresa Mikrocat Engineering (Mikrocat Engineering, 2015), emplea un sistema de alimentación controlado y equipado con un tamiz inferior para un control granulométrico preciso. En su interior equipa un rotor con martillos basculantes que garantizan una perfecta trituración de las partículas mediante impacto directo. Construidos en fundición grís son máquinas robustas, fiables y duraderas. En la ilustración N°37, se aprecia el molino de la empresa Mikrocat.

Ventajas

La ventaja de este molino consiste en su sistema controlado de alimentación y de tamizado, lo que le da una mejora considerable al momento de obtener el producto final.

Desventaja

Su desventaja lo presenta en su capacidad de molienda ya que por las ventajas mencionadas le limita en su capacidad.

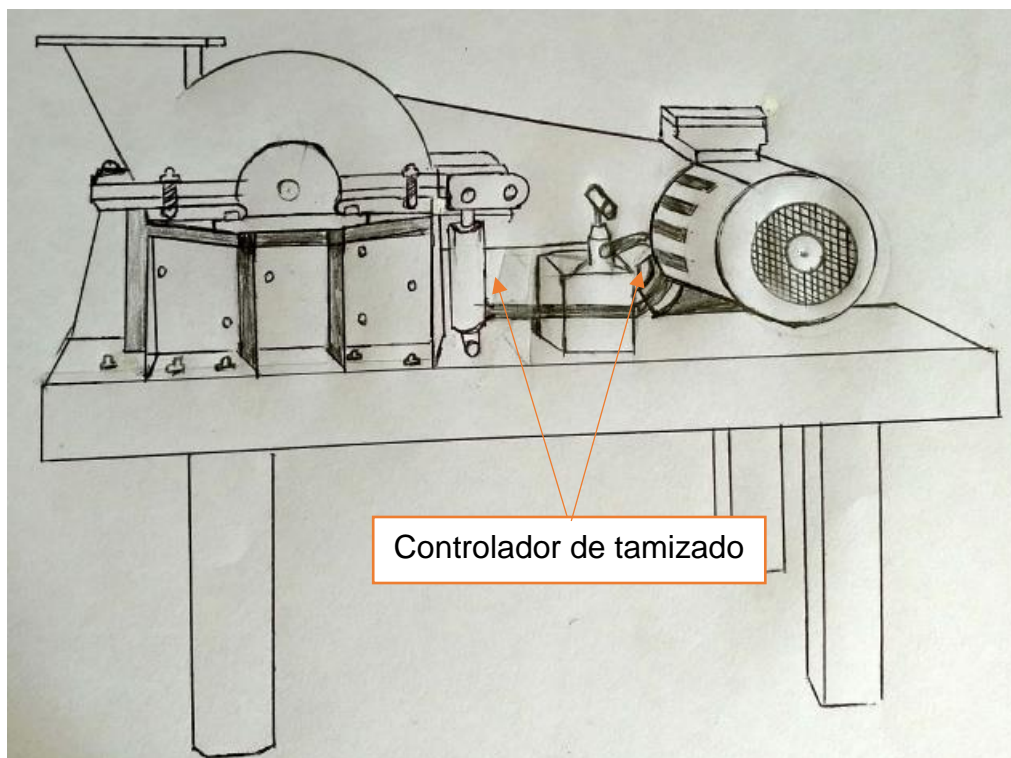


Figura 37 Molino de martillos MM, Mikrocat Engineering

Fuente: Propia.

3.6. Solución del Concepto de solución

En la tabla N° 16 se presenta la matriz de selección, para los tres conceptos establecidos, de esta manera se calificará y se clasificará el concepto con mayor ponderado, el cual determinará nuestro concepto de solución más óptimo. Los criterios que hemos optado son los siguientes. Y en la tabla N°15 los grados de satisfacción

Tabla15
Grado de satisfacción
Fuente: Propia

Puntuación	Grado de Satisfacción
5	Complacido
4	Muy Satisfecho
3	Satisfecho
2	Poco Satisfecho
1	Insatisfecho

Tecnología. Se consideró este criterio con la finalidad de otorgar un plus a nuestra máquina y así generar una satisfacción a los consumidores.

Tamaño. Es el criterio elegido que nos permitirá dimensionarnos a nuestro espacio ya que el área de trabajo en algunos casos es reducida ya que en los campos no poseen techos.

Peso. Este criterio se consideró ya que está en función al transporte, a mayor peso el costo de transporte aumentara.

Costo. Es uno de los criterios con mayor ponderado en nuestra tabla ya que estamos limitados en presupuesto.

Mantenimiento. Debido a normas de salubridad, es uno de los criterios que tiene que ver directamente con la limpieza y sobre todo evitar la proliferación de plagas en la misma máquina. Así mismo a la duración y menos fallas en la máquina.

Transporte. Es uno de los criterios optados, ya que en la mayoría de casos los molinos suelen ser transportados a otras áreas de trabajo, y si es el menos adecuado generaría problemas en los agricultores.

Tabla 16*Matriz de criterios ponderados**Fuente: Propia*

Criterio	Ponderado %	CONCEPTO 1		CONCEPTO 2		CONCEPTO 3	
		Puntuación	Puntuación ponderada	Puntuación	Puntuación ponderada	Puntuación	Puntuación ponderada
Tecnología	20	4	0.8	7	1.4	8	1.6
Tamaño	10	8	0.8	6	0.6	5	0.5
Peso	15	8	1.2	5	0.75	5	0.75
Costo	25	7	1.75	5	1.25	3	0.75
Mantenimiento	15	4	0.6	7	1.05	6	0.9
Transporte	15	7	1.05	6	0.9	5	0.75
Total	100	38	6.2	36	5.95	32	5.25

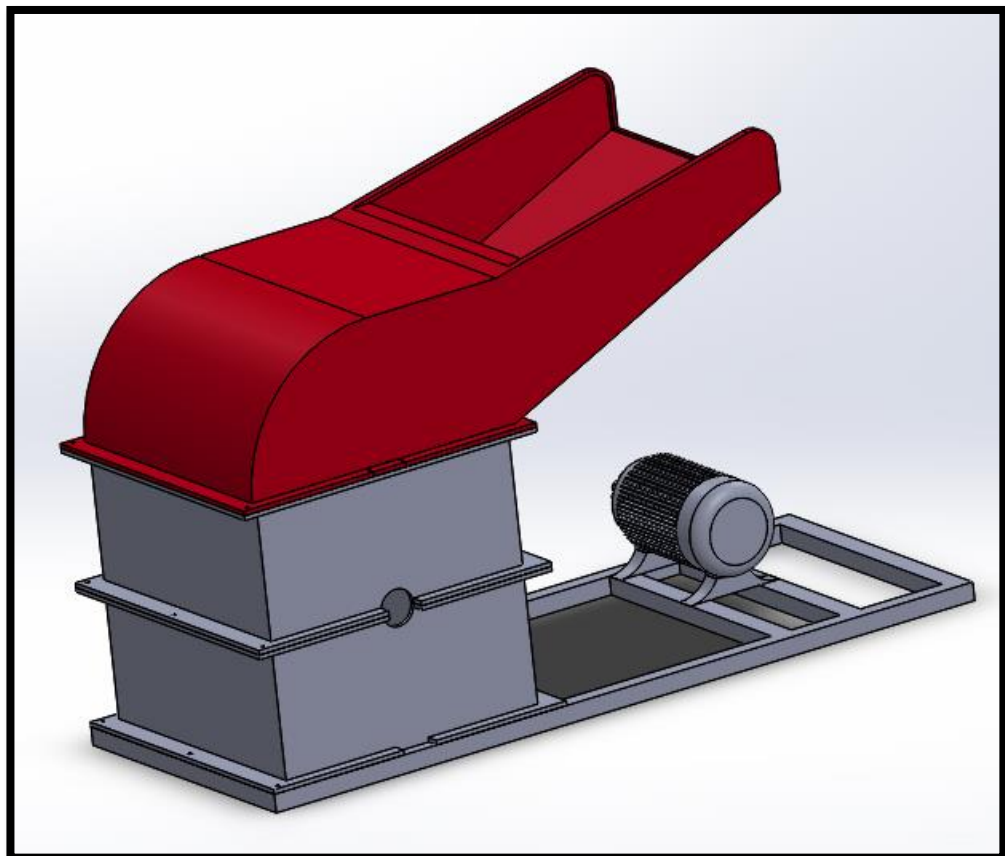
Criterio	Ponderado %	CONCEPTO 4		CONCEPTO 5		CONCEPTO 6	
		Puntuación	Puntuación ponderada	Puntuación	Puntuación ponderada	Puntuación	Puntuación ponderada
Tecnología	20	3	0.6	4	0.8	2	0.4
Tamaño	10	1	0.1	2	0.2	3	0.3
Peso	15	2	0.3	2	0.3	4	0.6
Costo	25	3	0.75	1	0.25	4	1
Mantenimiento	15	2	0.3	3	0.45	3	0.45
Transporte	15	2	0.3	2	0.3	4	0.6
Total	100	13	2.35	14	2.3	20	3.35

3.7. Diseño de configuraciones

Las siguientes configuraciones que se presentan son tres, de las cuales se seleccionara mediante un matriz ponderada, la mejor alternativa en cuanto a la ubicación de los elementos de la máquina para un mejor desempeño óptimo.

A. Configuración N°1

En el siguiente diagrama (ilustración N°38), muestra la representación del tipo de tolva de entrada, tal y como está su configuración original del concepto N°1, esta presenta una tolva que está conectada en la parte superior de la cámara de trituración. Es una alternativa para en el diseño de un molino de martillos.



*Figura 38 Tolva de entrada de materia prima configuración. 1.
Fuente: Propia.*

B. Configuración N°2

En el siguiente diagrama (ilustración N°39), muestra la representación de una tolva de ingreso que forma parte de la cámara de trituración, cumpliendo dos funciones de suministrar la materia a moler y hermetizar la cámara de trituración. Es una alternativa que presenta el menor uso de material para la construcción de la tolva y la cámara de trituración, para en el diseño de un molino de martillos.

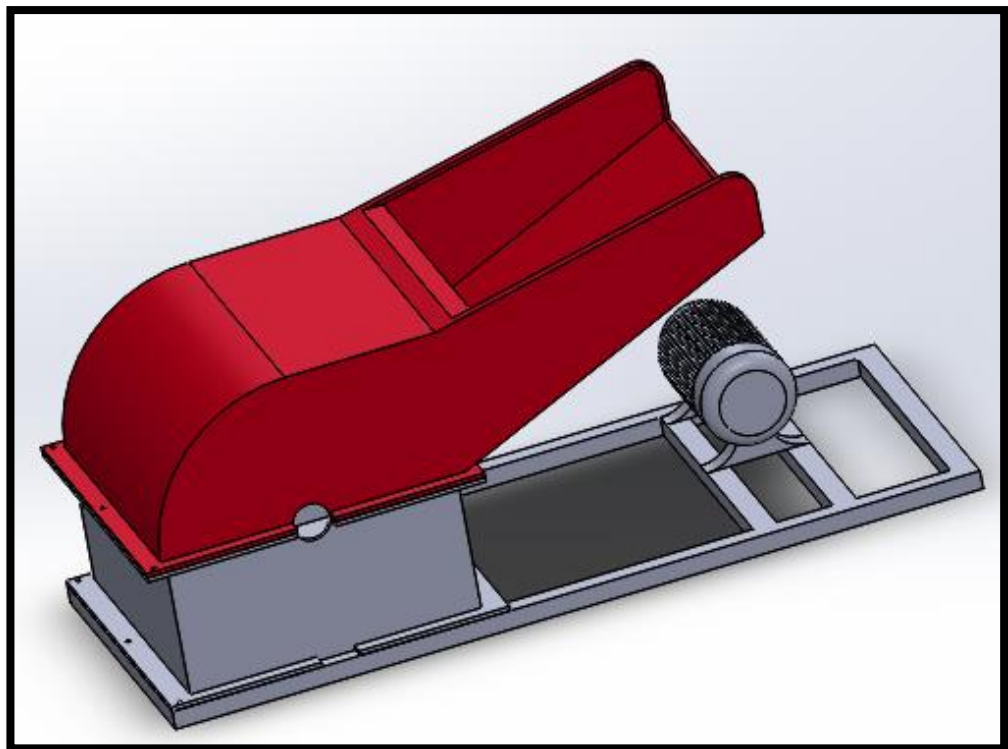
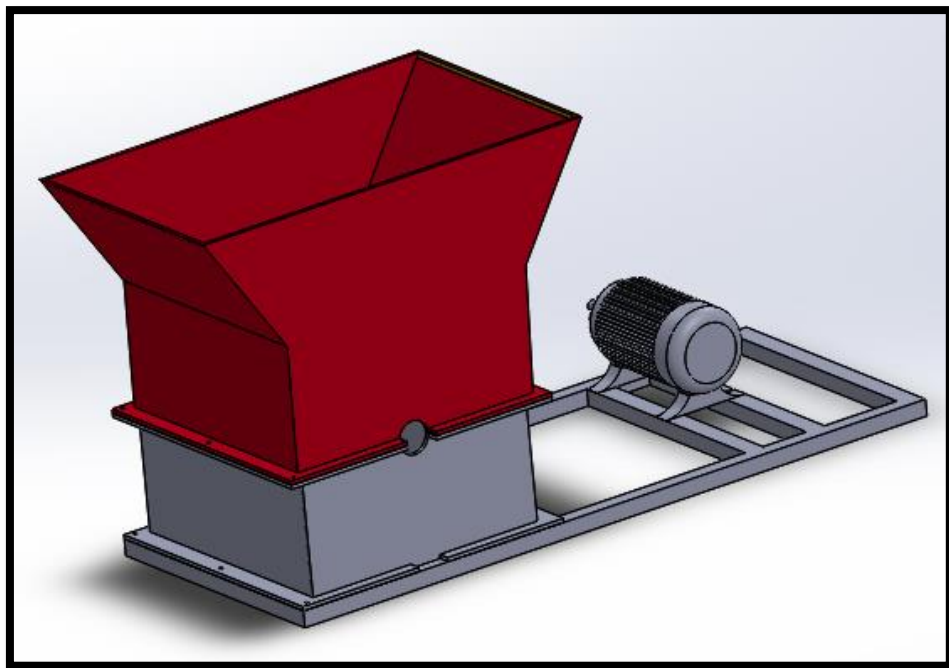


Figura 39 Tolva de entrada de materia prima configuración. 2
Fuente: Propia.

C. Configuración N°3

En esta última configuración, se muestra la representación del tipo de tolva de entrada en una forma particular (ilustración N°40), esta presenta una tolva en forma de “v” que está conectada perpendicularmente en la parte superior de la cámara de trituración. Es una alternativa para en el diseño de un molino de martillos.



*Figura 40 Tolva de entrada de materia prima configuración. 3
Fuente: Propia.*

3.7.1. Selección de configuración óptima

Mediante la selección de configuración, se detallan las siguientes configuraciones obteniendo el diseño más óptimo según criterios establecidos. Los rangos de las puntuaciones se presentan en la Tabla N°17. De esta manera se obtendrá un mejor desempeño en la máquina. A continuación, se muestra la matriz de criterio ponderado de las tres configuraciones planteadas Tabla N°18.

Tabla 17
Grado de satisfacción
Fuente: Propia

Puntuación	Grado de Satisfacción
5	Complacido
4	Muy Satisfecho
3	Satisfecho
2	Poco Satisfecho
1	Insatisfecho

Seguridad

Este criterio se estableció, porque la tolva de entrada al cumplir su función de suministrar materia para triturar, también cumple una función particular de protección ya que en su gran mayoría evita que las partículas vayan fuera de la cámara de trituración.

Capacidad

En este criterio se determina la capacidad de suministro de materia para moler que aporta cada tolva a la cámara de trituración.

Costo

Es uno de los criterios que nos permite diferenciar en relación costo beneficio de cada tolva.

Mantenimiento

Debido a normas de salubridad, es uno de los criterios que tiene que ver directamente con la limpieza y sobre todo evitar la proliferación de plagas en la misma máquina. Así mismo facilitar el mantenimiento en la máquina.

Tabla 18

Matriz de Criterio Ponderado para la configuración de la tolva del molino de martillos.

Fuente: Propia

CRITERIO	PESO	CONFIGURACION N°1		CONFIGURACION N°2		CONFIGURACION N°3	
		PUNT.	CAL	PUNT.	CAL	PUNT.	CAL
Seguridad	35%	4	1.4	4	1.4	2	0.7
Mantenimiento	30%	2	0.6	4	1.2	4	1.2
Capacidad	20%	3	0.6	3	0.6	2	0.4
Costo	15%	3	0.45	2	0.3	1	0.15
TOTAL	100%	12	3.05	13	3.5	9	2.45
RANKING			2do		1er		3ero

3.8. Dimensionamiento de la Maquina

Después de elegir el diseño conceptual idóneo para la maquina Molino de Martillos y el diseño de configuración del sistema de suministro de material (Tolva), se estableció los dimensionamientos generales del equipo. Para valorar las medidas se usó las recomendaciones de diseño y el criterio ingenieril.

Se tuvieron también en cuenta las siguientes especificaciones: La máquina a diseñar no trabajara en condiciones extremas, tales como elevada temperatura o climas bajo cero, la temperatura de trabajo se encuentra a temperatura ambiente entre 35°C max y min. 20°C. La estructura debe de trabajar en superficies planas y en forma estacionaria. En lo que concierne a lo estético debe presentar un atractivo y adecuado diseño. Según Saravacos G. y Kostaropoulos A. (2016) ellos recomiendan que para molinos con potencias de 5- 35kW las dimensiones deben de ser menores o iguales a 1.7x1.2x1.3 metros. De aquí que acoplando los equipos se tiene una máquina de 1.28x0.942x0.386 metros como se muestra en la figura 41.

3.9. Selección de Materiales

Se realizó la selección de los materiales guiándose en función a las recomendaciones de diseño para molinos de martillos de la Tabla N°11 y de acuerdo a el criterio ingenieril.

3.9.1. Selección de material para el eje principal y secundario.

Por recomendaciones de diseño se debe utilizar Acero AISI 1010 ya que es un acero de bajo carbono, blando, responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. Tiene un alto índice de soldabilidad, y por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria y usos convencionales de baja exigencia (Aceros Bravo,2012). Esto hace de este acero apto para ejes, en el anexo 15, se muestra sus propiedades mecánicas.

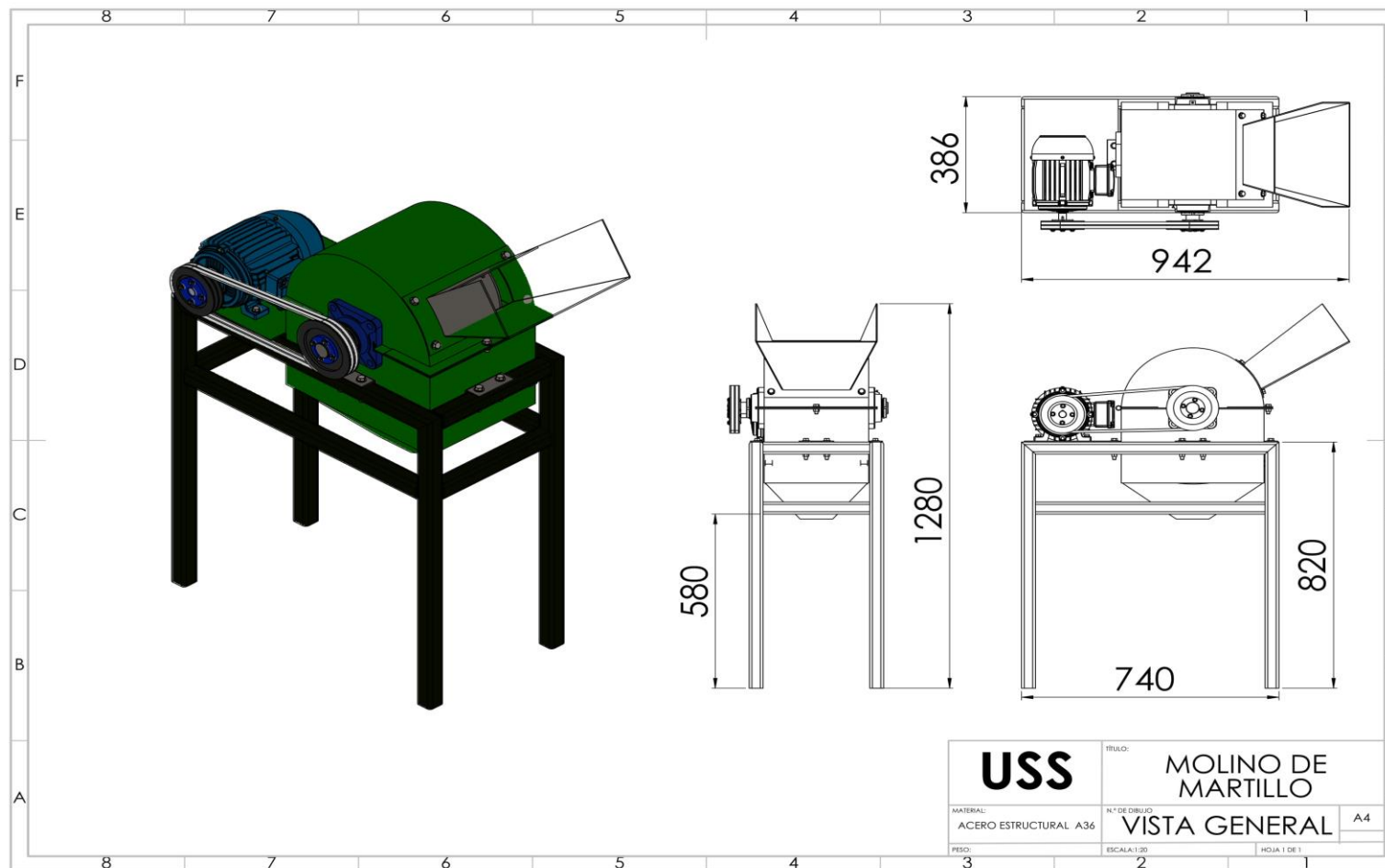


Figura 19 Medidas generales del molino de martillos
Fuente: Propia.

3.9.2. Selección de material del chasis, carcasa, discos y martillos

El molino de martillos estará destinado para el sector agrícola (campesinos) del anexo de Batangrande, el material a utilizar para el chasis, carcasa, discos y martillos, debe de mantener un costo moderado para no aumentar el costo de la máquina. Además, cabe resaltar que el material destinado para estas partes, no estarán sometidos a ambientes corrosivos, la instalación será en un lugar seco aislado de las lluvias y otros factores que alteran las propiedades del material. El producto que se extrajera de la maquina no será para consumo humano, solo para alimentación animal (ganado, aves, ovejas, etc), esto nos da a entender que no es necesario utilizar un material de altos índices de salubridad. El material estructural por excelencia que cumple con este requisito es el “acero A36”, Cuya aplicación está destinada a construcción de puentes, estanques, estructuras para industrias, edificios, torres y aplicaciones estructurales en general. (Aceros Otero, 2018)

3.10. Cargas de diseños.

Las cargas de diseño a las que estará sometido el molino de martillos están dadas por las fuerzas que se necesita para provocar la ruptura en el cereal que entra por la tolva, la energía de ruptura del cereal y la fuerza que se aplica al eje principal de la máquina.

3.10.1. Fuerza de Corte

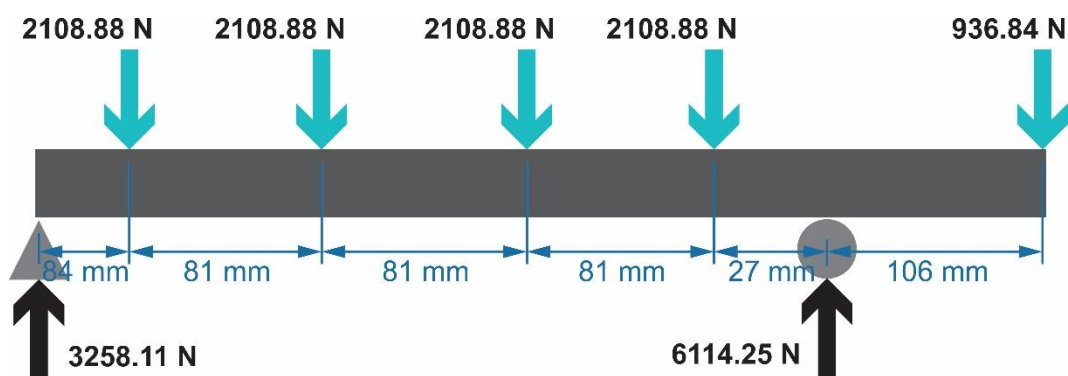
la fuerza corte necesaria para provocar la ruptura del grano (maíz) según Bermeo (Bermeo M. D, 2014) es de 36 N, en su trabajo llega a este valor elaborando un procedimiento experimental de ruptura y midiendo cada prueba con un dinamómetro. Esta fuerza será ejercida por cada martillo cuando estos impacten con el cereal.

3.10.2. Energía de ruptura

La energía que se necesita para romper un grano de cereal (maíz) según Bermeo (Bermeo M. D, 2014) es de 0.662175 J, en su trabajo llega a este dato a través de procedimientos experimentales basándose en la ley de Charpy.

3.10.3. Cargas en el eje principal

En el siguiente diagrama se muestra todas las cargas que soportara el eje. Donde F_1 , F_2 , F_3 y F_4 , representan las reacciones de cada disco cuyos valores son de 2108.88 N, F_5 representa la fuerza que produce la polea conectada al motor en el eje que es de 936.84 N y las reacciones (RA y RB) representan las fuerzas que se dan en los puntos de apoyo cuyo valor son de 3258.11 N y 6114.25 N respectivamente; el cálculo de las reacciones se realizó teniendo en cuenta el diagrama de cuerpo libre de la figura N° 42 y todo este procedimiento se encuentra desarrollado en el anexo 11.



*Figura 42 Diagrama de cuerpo libre del eje principal del equipo
Fuente: Propia.*

3.11. Diseño Paramétrico

Después de determinar las cargas de Diseño y reconocer el dominio que tiene las Variables de Diseño en relación a las Variables de Solución de la Figura 32 y 33,

se realiza el análisis paramétrico de las características técnicas requeridas del motor y análisis del eje principal de la máquina. Se tiene como parámetros de definición de Problema la energía de trituración del maíz (0.662175 J), Fuerza de trituración (36 N) y material del eje.

3.11.1. Diseño Paramétrico de potencia mediante GUI Matlab

Para este diseño paramétrico se utilizó la caja negra de la figura N° 32 y los datos que se aprecian en la Tabla N°19. Se puede apreciar que se parametrizaron las variables: Potencia del Motor (HP), capacidad de molienda (Kg/h) y la longitud de los martillos (m). Los modelos matemáticos que se usaron en esta parte se pueden observar en la sección 1.8.8. Remplazando las ecuaciones (3), (7) y (8) en la ecuación (18) y reemplazando esta ecuación más la ecuación (19) en (20) se obtuvo la ecuación (28) de parametrización y sirvió para el desarrollo de la GUI (figura N° 43) y en el anexo N° 20 se encuentra su código

Tabla 19

Datos para el Diseño paramétrico de las características técnicas del motor

Fuente: Propia

	NOMBRE (SÍMBOLO)	UNIDADES	VALOR
Parámetros de definición de problema	Energía de trituracion (Er)	J	0.662175
	Fuerza de trituracion (Fc)	N	36
VARIABLES DE DISEÑO	Revoluciones del motor (N)	rpm	3000
	Diámetro del disco (R)	m	0.276
	Diametro de entrada del grano (d ₁)	m	0.011
	Diametro de salida del grano (d ₂)	m	0.006
VARIABLES DE SOLUCIÓN DE PROBLEMA	Potencia del motor (P _T)	Hp	A determinar
	Produccion (F _{max})	Kg/h	A determinar

$$P_T = \frac{\frac{3 * F_c}{\pi N^2} * R^2 * N^3 * \frac{F_{max*P}}{N * 60} * \frac{d_1}{d_2} * f}{3600 * L_m} + F_{max} * k * f_m * \left[\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right] \dots Ec. (28)$$

Simplificando y ordenando la ecuación anterior (28) se tiene:

$$P_T = \frac{9 * F_c * R^2 * F_{max} * P * d_1 * f}{4 * 10000 * \eta * \eta_m * \pi * L_m * d_2} + F_{max} * k * f_m * \left[\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right] \dots Ec. (29)$$

Terminada la elaboración de la GUI, se procedió a evaluar paraméricamente las variables implicadas potencia (Hp) y producción (Kg/h). En la figura 46 se muestra la gráfica de parametrización. Se analiza la producción (abscisas) para encontrar una potencia (ordenadas) respecto a la longitud de los martillos: 0.1 m, 0.11 m, 0.12 m y 0.14 m. Para que la capacidad de producción sea la requerida (500 Kg/h), además de seleccionar una longitud del martillo óptimo (0.1 m) y por último que el motor cumpla con el régimen de producción establecido sin presentar falla alguna, se encuentra que una potencia de 6.206 Hp satisface las necesidades de la empresa, para la adquisición se comprará un motor de 7.5 Hp ya que esta es la potencia que más cerca de lo calculado, se optó por un motor trifásico Siemens. En Anexo N° 5, se muestra el catálogo.

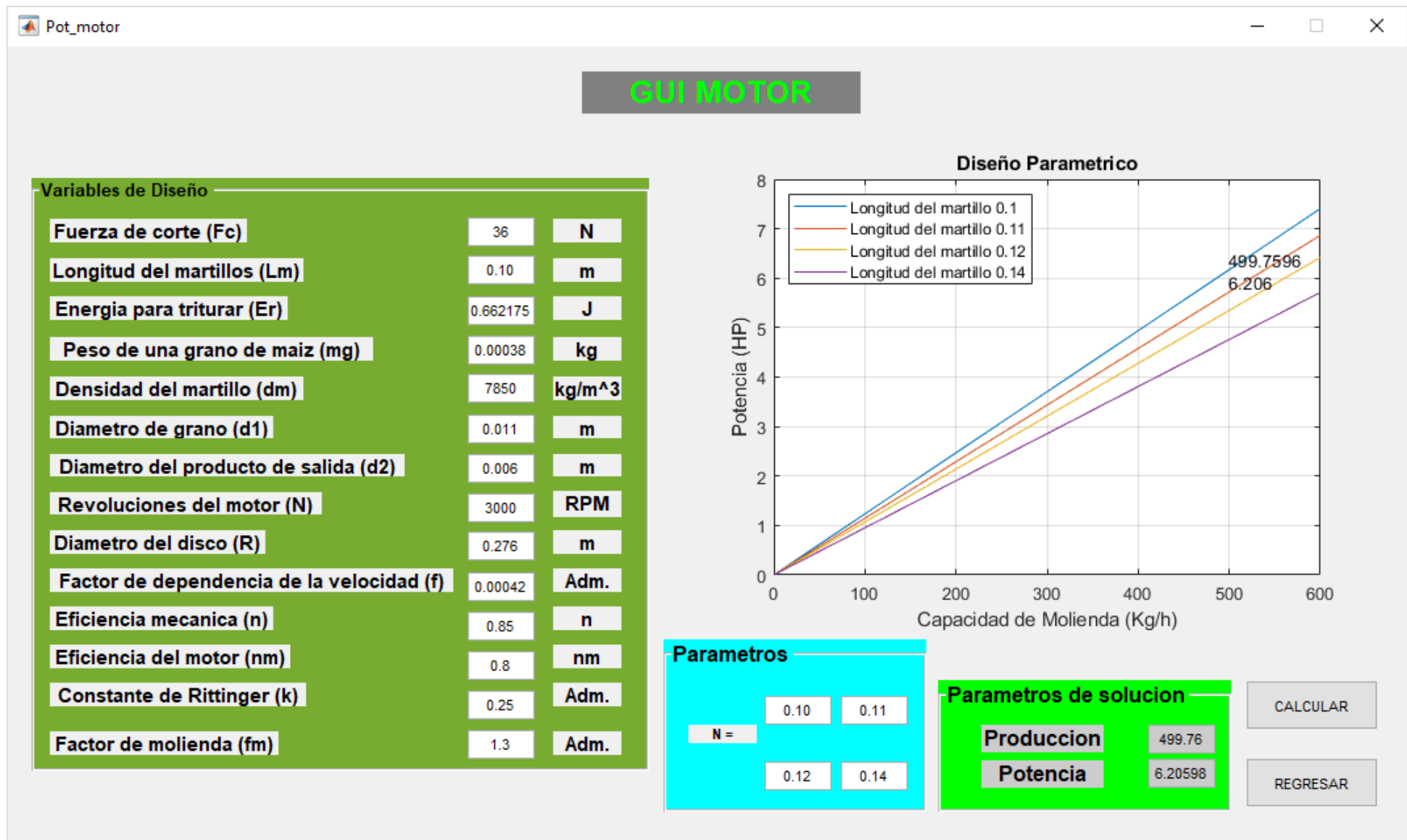


Figura 43 Interfaz Gráfica de Usuario para diseño paramétrico de potencia del motor
Fuente: Propia.

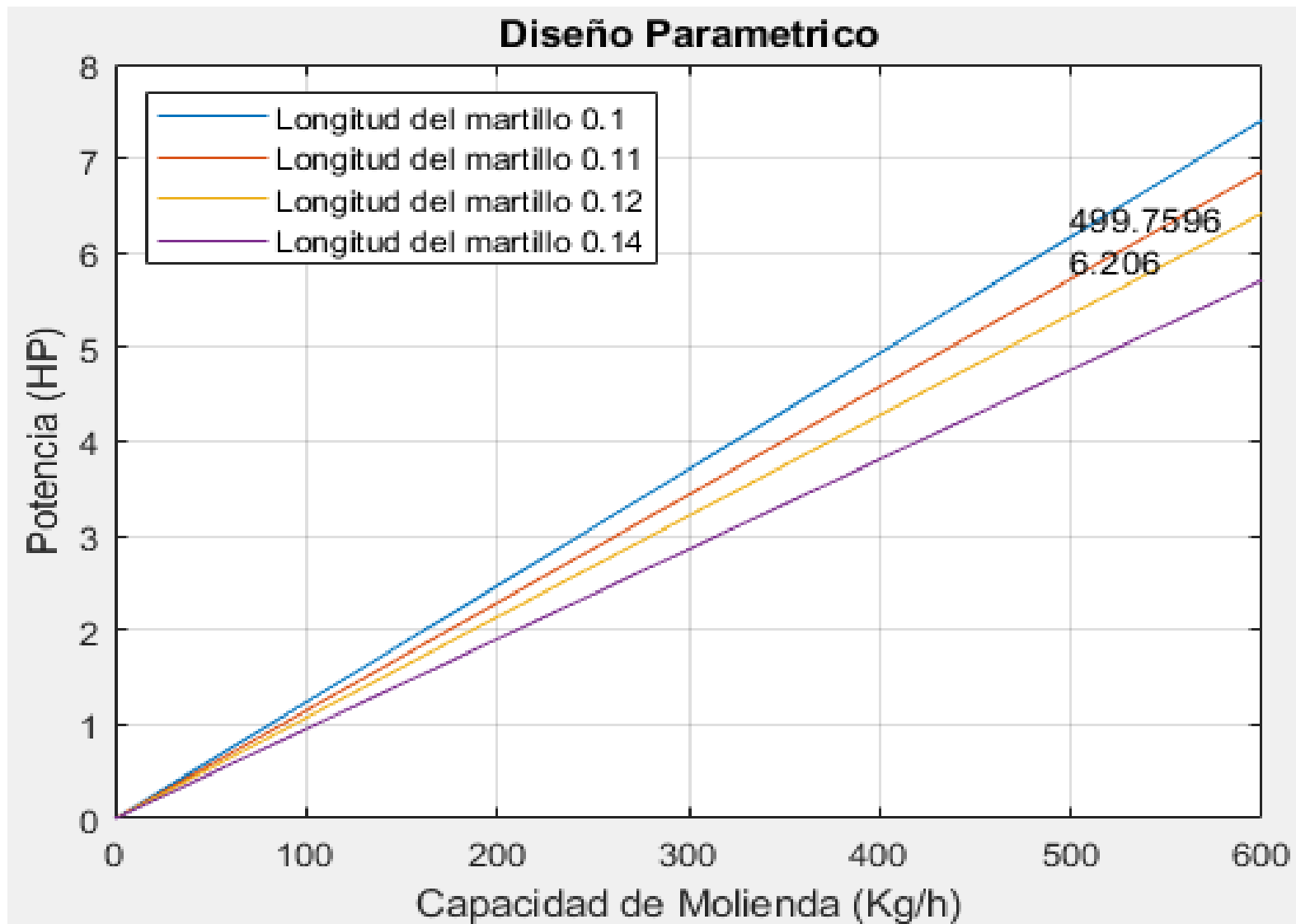


Figura 44 Diseño paramétrico de potencia del motor en función de la producción
Fuente: Propia.

3.11.2. Diseño Paramétrico del eje principal mediante GUI Matlab

Diseño a carga estática

Para este diseño paramétrico se utilizó la caja negra de la figura N° 33 y los datos que se aprecian en la Tabla N°20. Se puede apreciar que se parametrizaron las variables: Diámetro del eje (m) y factor de seguridad. Los modelos matemáticos que se usaron en esta parte se pueden observar en la sección 1.8.8. Se usó la ecuación (13) que usa el criterio de falla de máxima distorsión de energía (teoría de Von mises) y el esfuerzo de fluencia del material del cual se parametrizo el diámetro del eje y el factor de seguridad; además con esta se desarrolló la GUI (figura N° 45) y en el anexo N° 21 se encuentra su código.

Tabla 20

Datos para el Diseño Paramétrico del eje principal a carga estática

Fuente: Propia

	NOMBRE (SIMBOLO)	UNIDADES	VALOR/RANGO
Parámetro de Definición de Problema	Fuerza de trituración del maiz	N	36
	Acero AISI 1010, 1018, 1020 y 1045	MPa	(305, 370, 330, 530)
Variable de Diseño	Potencia del Motor	HP	7.5
	Diámetro del eje	m	0.038
	Longitud del eje	m	0.6
Variabes de solución	F.S. a Carga Estática	Adim.	Determinar
	F.S. a Fatiga	Adim.	Determinar
	Tensión de Von Mises	N/mm ²	Determinar

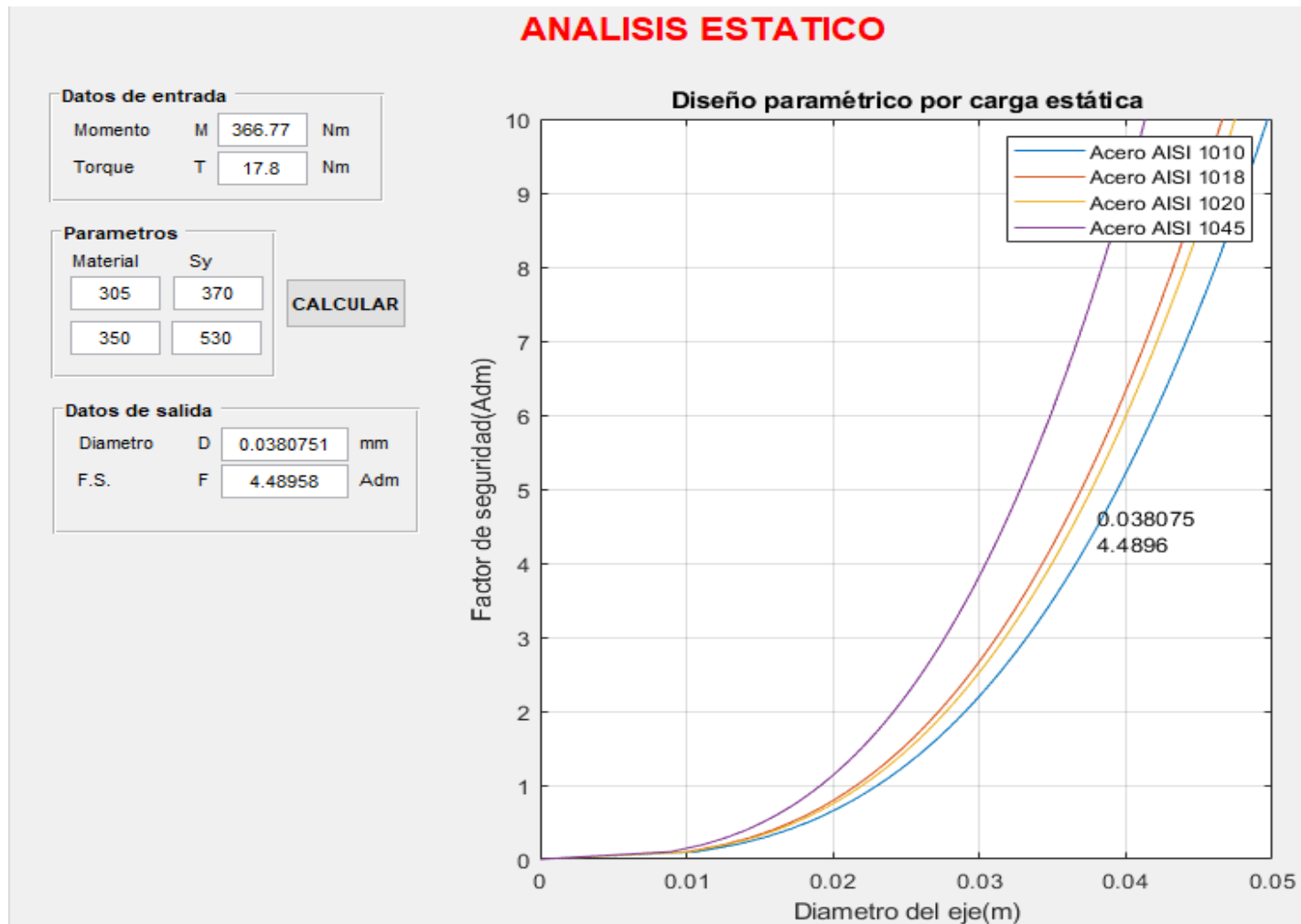


Figura 45 Interfaz Gráfica de Usuario para diseño paramétrico por carga estática
Fuente: Propia.

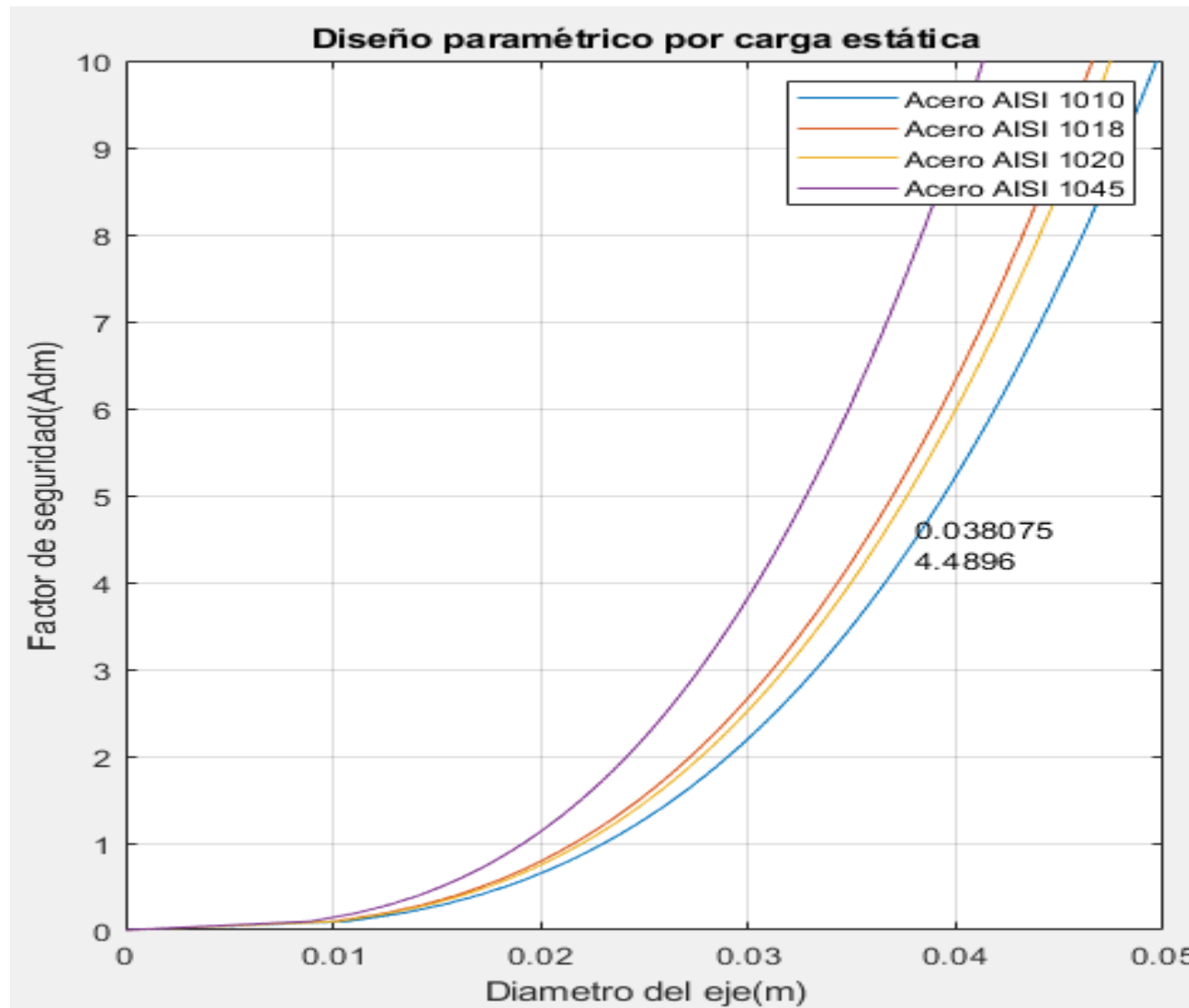


Figura 46 Diseño paramétrico de diámetro en función del factor de seguridad a carga estática

Fuente: Propia

Terminada la elaboración de la GUI, se procedió a evaluar paramétricamente las variables implicadas diámetro del eje (m) y factor de seguridad a carga estática (Adim). En la figura 45 se muestra la gráfica de parametrización. Se analiza el diámetro del eje principal (abscisas) para encontrar factor de seguridad a carga estática (ordenadas) para a diferentes materiales: AISI 1010, AISI 1018, AISI 1020 y AISI 1045. Para que la capacidad de producción sea la requerida (38 mm), además de seleccionar el material optimo (AISI 1010) y por último que el eje cumpla con el régimen de carga de trabajo sin presentar falla alguna, se encuentra que para este diámetro da un factor de seguridad a fatiga de 4.4896 el cual satisface el criterio ingenieril para diseño de elementos de máquinas.

Diseño a Fatiga

Para este diseño paramétrico se utilizó la caja negra de la figura N° 33 y los datos que se aprecian en la Tabla N°17. Se puede apreciar que se parametrizaron las variables: Diámetro del eje (m) y factor de seguridad a fatiga. Los modelos matemáticos que se usaron en esta parte se pueden observar en la sección 1.8.8. Reemplazando las ecuaciones (15), (16) y (17) en la ecuación (14) y reemplazando esta ecuación más las ecuaciones (18) y (19) en la ecuación (20) se obtuvo la ecuación de parametrización siguiente (30) además también sirvió para el desarrollo de la GUI (figura N° 46) y en el anexo N° 19 se encuentra su código.

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[4 \left(\frac{(1 + q(K_t - 1))M_a}{aS_{ut}^b 0.879d^{-0.107} k_c k_d k_e k_f 0.5S_{ut}} \right)^2 + 3 \left(\frac{(1 + q_{cortante}(K_{ts} - 1))T_a}{aS_{ut}^b 0.879d^{-0.107} k_c k_d k_e k_f 0.5S_{ut}} \right)^2 \right. \right. \\ \left. \left. + 4 \left(\frac{(1 + q(K_t - 1))M_m}{S_y} \right)^2 + 3 \left(\frac{(1 + q_{cortante}(K_{ts} - 1))T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \dots Ec. (30)$$

Terminada la elaboración de la GUI, se procedió a evaluar paramétricamente las variables implicadas diámetro del eje (m) y factor de seguridad a fatiga (Adim). En la figura 47 se muestra la gráfica de parametrización. Se analiza el diámetro del eje principal (abscisas) para encontrar factor de seguridad a fatiga (ordenadas) para a diferentes materiales: AISI 1010, AISI 1018, AISI 1020 y AISI 1045. Para que la capacidad de producción sea la requerida (38 mm), además de seleccionar el material optimo (AISI 1010) y por último que el eje cumpla con el régimen de carga de trabajo sin presentar falla alguna, se encuentra que para este diámetro da un factor de seguridad a fatiga de 1.6667 el cual satisface el criterio ingenieril para diseño de elementos de máquinas.

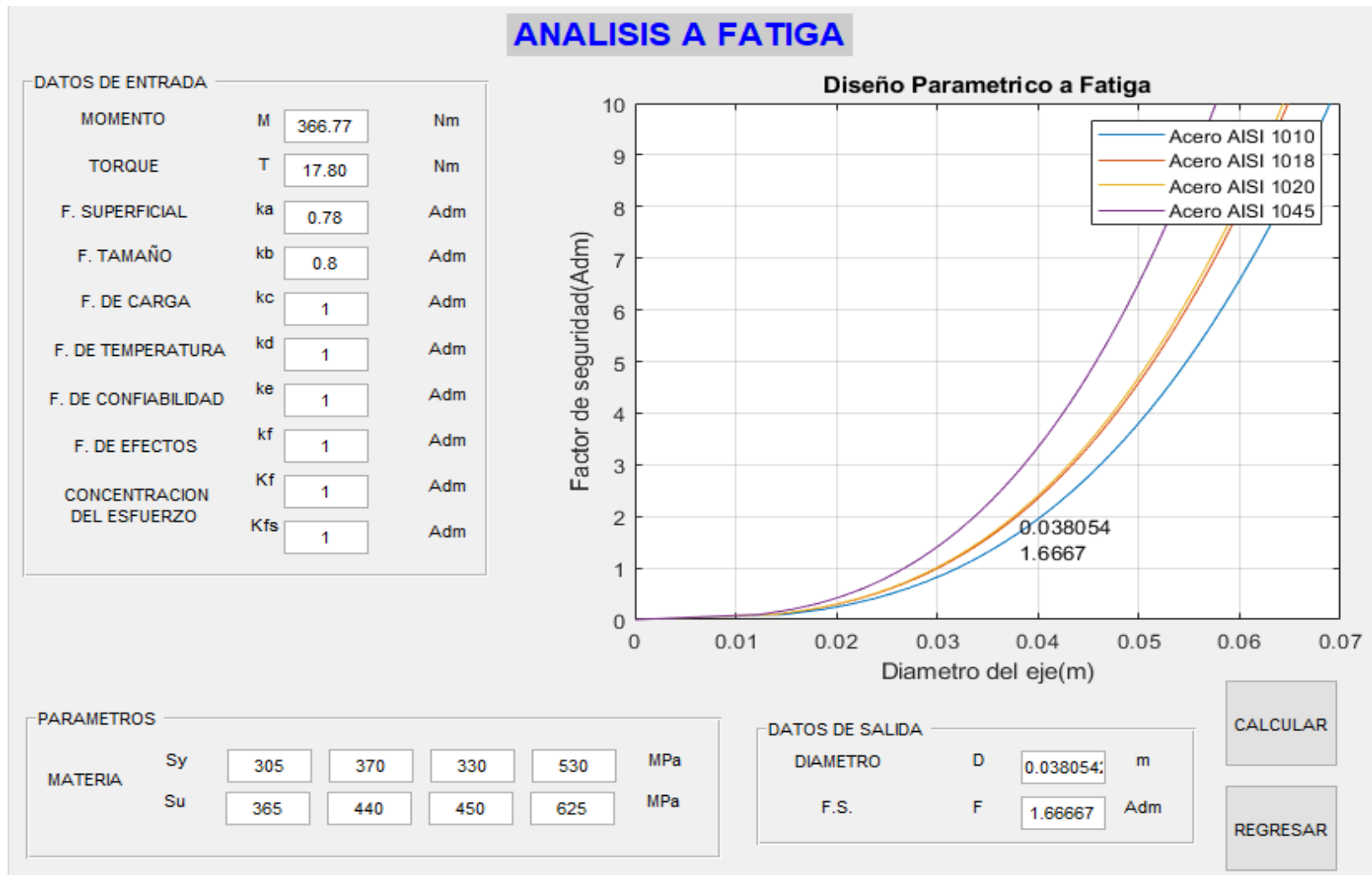


Figura 47 Interfaz Gráfica de Usuario para diseño paramétrico a Fatiga
Fuente: Propia.

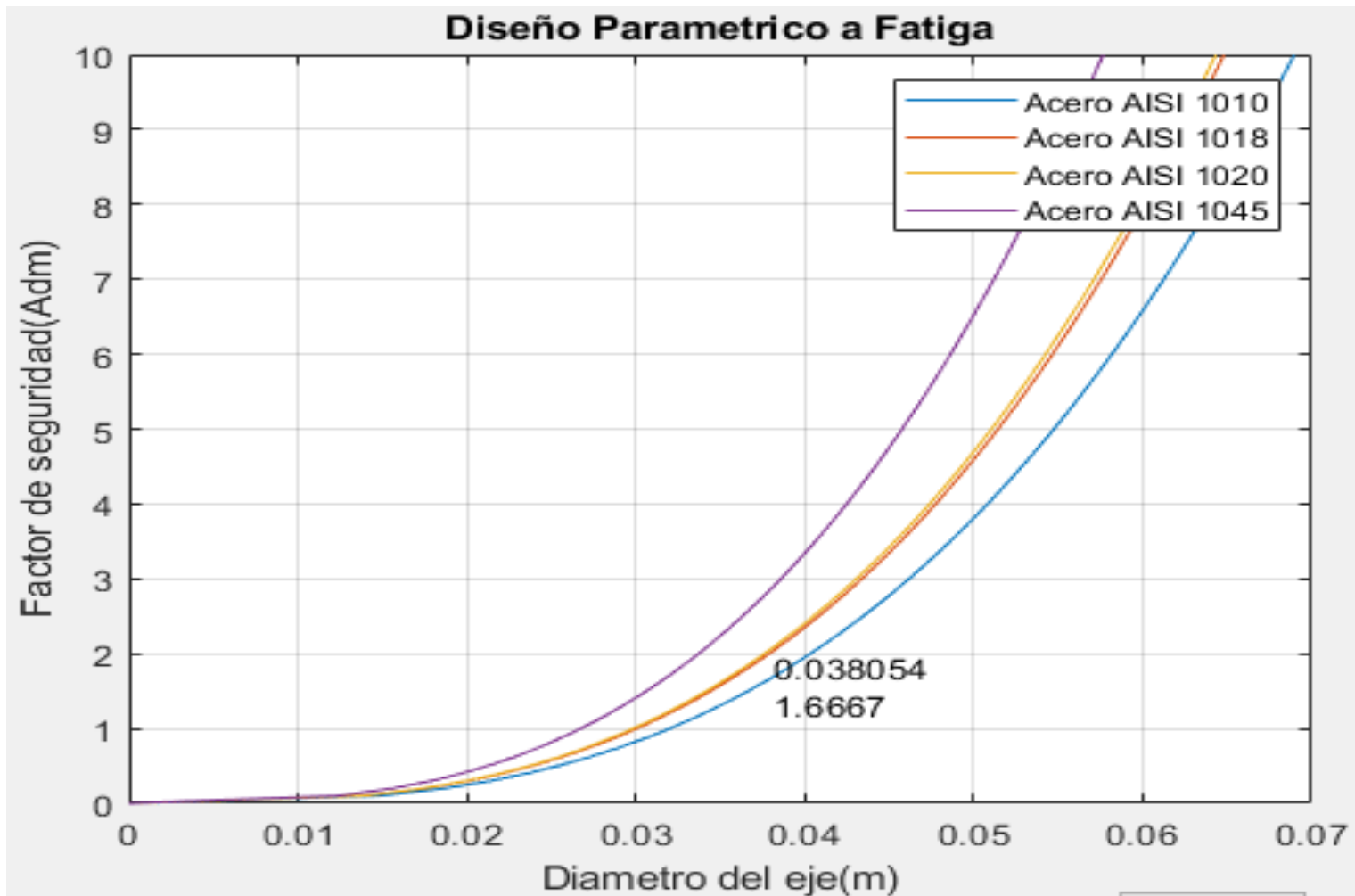


Figura 48 Diseño paramétrico de diámetro en función del factor de seguridad a Fatiga

Fuente: Propia

3.11.3. Diseño Paramétrico del eje principal mediante Ansys

Después de culminar el cálculo a través de la GUI se realizó la validación y comprobación a través de método de elementos finitos usando la herramienta computacional Ansys. Para el estudio primero se crearon los materiales a simular: AISI 1010, AISI 1018, AISI 1020 y AISI 1045 (las propiedades mecánicas se encuentran en los anexos N° 15 - 18), los ciclos de vida en función de los esfuerzos alternantes se calcularon y se muestran en la tabla N° 18, después se realizó el dibujo del eje, se aplicaron las cargas y restricciones siguiendo el esquema de la figura N° 42 y por último las soluciones de la simulación permitió encontrar los esfuerzos de Von Mises, deformación total, factor de seguridad para carga estática y factor de seguridad por fatiga . En las tabla N° 21 se muestra las simulaciones.

Tabla 21

Relación entre ciclos de vida y esfuerzos alternantes para simulación

Fuente: Propia

CICLOS DE VIDA	AISI 1010	AISI 1018	AISI 1020	AISI 1045
	ESFUERZOS ALTERNANTES			
10	525.3415	600.7157	581.1950	768.4970
20	492.9427	565.4632	546.6441	727.9711
50	453.1597	522.0167	504.1022	677.6599
100	425.2124	491.3826	474.1343	641.9242
200	398.9887	462.5462	445.9479	608.0730
2000	322.9422	378.7920	363.8008	507.9223
10000	278.8700	328.7920	315.5443	447.8854
20000	261.3901	309.4971	296.7858	424.2666
1E+05	225.4751	268.9502	257.4185	374.1179
2E+05	211.5696	253.1671	242.1155	354.3892
1E+06	182.5000	220.0000	210.0000	312.5000

Los resultados derivados de las simulaciones (para factor de seguridad a carga estática y fatiga), así como de los resultados del cálculo analítico (para el acero AISI 1010) se muestran en la tabla N° 22. Donde se comparan estos resultados. Con esto se valida y verifica los resultados del diseño paramétrico.

Tabla N°22

Resultados de simulación y calculo analítico

Fuente: Propia

VARIABLES	RESULTADOS DE MATERIALES AISI				
	1010	1018	1020	1045	1010
SOLUCION	(ANSYS)	(ANSYS)	(ANSYS)	(ANSYS)	(MATLAB)
F. S. fatiga	1.864	2.012	2.512	2.832	1.6667
F. S. estático	5.544	6.054	7.22	8.55	4.4896

3.12. Selección de componentes

3.12.1. Selección de rodamientos

Para la selección del rodamiento, se definió el tipo de rodamiento, según los esfuerzos a los que estará sometido el eje principal y al diseño del sistema de trituración. Se obstará por Rodamientos Rígidos de Bolas ya que son aptos para velocidades altas, soportan cargas radiales y axiales en ambos sentidos y requieren poco mantenimiento (SKF, 2016). De los diagramas de cuerpo libre de la sección 3.10.3, tenemos la carga resultante sobre cada soporte.

En el soporte Ra

$$Ra = 3258.1064 N$$

En el soporte Rb

$$Rb = 6114.2536 N$$

Para nuestro caso los rodamientos están sometidos a cargas axiales simultáneamente, por lo que consideraremos el valor máximo de las reacciones (R_b). Por tanto, la carga equivalente (P) será igual a la reacción máxima. Preliminarmente para seleccionar el rodamiento de bolas, se determinó la capacidad dinámica del rodamiento. Aplicando la fórmula (25)

$$C = P \left(\frac{L * 60 * n}{10^6} \right)^{1/k}$$

$$C = 6114.2536 \left(\frac{5500 * 60 * 3000}{10^6} \right)^{1/3}$$

$$C = 60.94 \text{ kN}$$

Determinada la capacidad de carga dinámica (60.94 kN) y el diámetro del eje (38.1 mm) nos dirigimos al catálogo de SKF en el anexo N° 6 y seleccionamos el rodamiento 6408 N el cual cumple con las condiciones de diseño estipuladas.

Selección de poleas

Para la transmisión de movimiento, se seleccionará elementos como poleas en V y de un canal con Buje QD. Se emplearán dos poleas que estarán en contacto entre polea y correa, la primera polea es la motriz que está acoplada al motor que dará movimiento a la segunda polea (conducida) que está acoplada al eje principal del molino de martillos.

Para la selección se usará la relación de velocidades y diámetros requerida para un óptimo funcionamiento del equipo; con el catálogo (manual de poleas en V Intermecc) se escogerá las poleas. Para calcular la relación velocidades diámetros se usa la ecuación (24) sabiendo que la velocidad de rotación del motor es de 3600 rpm y la velocidad del eje debe ser de 3000 rpm.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} = j$$

$$j = \frac{3600}{3000} = 1.2$$

Con este dato y con ayuda de la tabla del Anexo N° 9 se encontró dos poleas con relación de diámetros de 1.2 los cuales se especifican a continuación:

$$\text{Diámetro de la polea 1 (m)} \quad D_1 = 0.125$$

$$\text{Diámetro de la polea 2 (m)} \quad D_2 = 0.150$$

Para ver el número de canales debe tener la polea se calcula la potencia de diseño con la siguiente expresión:

$$P_d = P_T \times F_{servicio} \dots Ec. (31)$$

Según el anexo N° 7 el factor de servicio para molinos de martillos para servicio continuo es de 1.6. Reemplazando los valores en la ecuación tenemos

$$P_d = 7.5 \times 1.6 = 12 \text{ Hp}$$

La potencia del motor seleccionado es de 7.5 Hp y las revoluciones de 3600 rpm además la polea que conecta al motor es de 125 mm de diámetro con esto y el anexo N° 8 resulta que la capacidad de transmisión por canal es de 9.5 Hp. Entonces el número de ranuras es de:

$$N_r = \frac{P_d}{C} \dots Ec. (32)$$

$$N_r = \frac{12}{9.5} = 1.26$$

Redondeando son 2 canales los que debe tener la polea para poder transmitir de manera óptima toda la potencia del motor.

3.12.2. Selección de faja

Para determinar la longitud de la banda es importante conocer las distancias entre centros de las poleas (C) y los diámetros de las poleas. La distancia entre poleas se calcula con la ecuación (26):

$$D_c \geq \frac{D_2 + 3D_1}{2}$$
$$D_c \geq \frac{0.15 + 3 \times 0.125}{2} = 0.2625 \text{ m}$$

La distancia entre centro como mínimo debe ser de 0.26252 m, debido al espaciamiento de los componentes se redondeará a 0.3 m. Luego este valor se usa para calcular la longitud de la faja con la ecuación (27)

$$L = 2D_c + \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4D_c}$$
$$L = 2 \times 0.3 + \frac{\pi}{2}(0.15 + 0.125) + \frac{(0.15 - 0.125)^2}{4 \times 0.3} = 1.03 \text{ m}$$

La longitud de la correa es 1.03 m para las poleas, con la potencia de diseño y las rpm se escogerá el tipo de correa que según el anexo N° 10 la correa 3V cumple con las cargas de diseño calculadas anteriormente (Ver figura N°49); este tipo de correas tienen una capacidad de potencia superior a las correas clásicas debido a que la superficie de contacto con las paredes de la polea es mayor.

CORREAS EN "V" DE ALTA CAPACIDAD

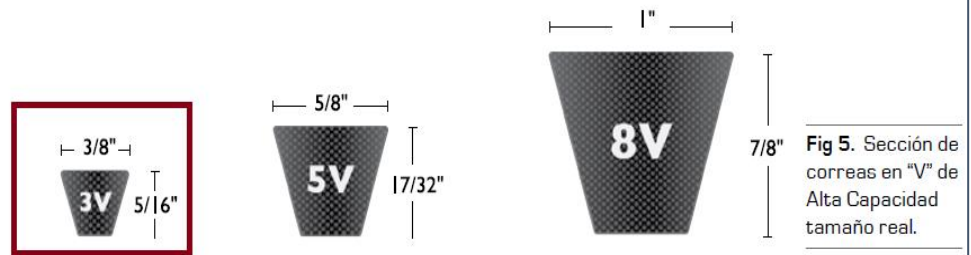


Figura 49 Correas en "V" de alta capacidad

Fuente: Intermec, 2013

Selección de eje porta martillos

El eje porta martillos está sometido a esfuerzos cortantes y de flexión, pero no a esfuerzos por torsión debido a este se encuentra fijo. Caja eje porta martillos contiene a 9 martillos separados equidistantemente por separadores de martillos de tal forma que la carga se distribuye a lo largo de todo el eje de forma simétrica. Las fuerzas que operan sobre el eje porta martillos son la fuerza centrífuga que generan los martillos al girar el eje principal y el peso de los martillos, además los discos que contienen a los ejes hacen de puntos de apoyo de estos. Debido a que la máxima carga del eje se presenta cuando los martillos se encuentran en la posición vertical inferior, es allí donde se procederá a realizar el cálculo para hallar un diámetro óptimo. Entonces la fuerza generada por martillo es calculada con la siguiente expresión:

$$F_m = F_c + m_m x g \dots Ec. (33)$$

$$F_c = \omega^2 x m_m x (L_m - x) \dots Ec. (34)$$

Donde:

F_c : fuerza centrífuga

ω : velocidad angular de los martillos

L_m : largo del martillo

x : distancia del centro del eje hacia el extremo más cercano del martillo

$$F_c = 314.159^2 \times 0.15 \times (0.1 - 0.016) = 1243.6 \text{ N}$$

$$F_m = 1243.6 + 0.15 \times 9.81 = 1245.07$$

Como existen 3 secciones iguales con 3 martillos cada una, se analizará solo una sección de ellas ya que el comportamiento será el mismo para todas. La sección estudiada tiene una longitud de 85 mm y la distancia entre martillos es de 15 mm. Del cálculo de reacciones, momentos y fuerzas cortantes (ver anexo N° 11) la reacción máxima es de 2087.2 N, la fuerza cortante máxima es de 2087.2N, el momento máximo es de 53.37 Nm y el motor genera un torque de 17.8 Nm por todos los ejes entonces el torque por eje secundario será de 4.45. los esfuerzos se calcularán con las ecuaciones (11) y (12), tomando un diámetro

$$\sigma_x = \frac{32M}{\pi d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{32 \times 53.37}{\pi \times 0.015^3} = 161.07 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times 4.45}{\pi \times 0.015^3} = 6.72 \text{ MPa}$$

Remplazando estos valores en la teoría de la energía de distorsión (Von Mises) de las ecuaciones (12) y (13) y usando acero AISI 1010 con un esfuerzo de fluencia de 305 MPa, se tiene que:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{161.07^2 + 3 \times 6.72^2} = 161.49 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = \frac{S_y}{FS}$$

$$FS = \frac{305}{161.49} = 1.89$$

El resultado del factor de seguridad ($FS = 1.89$) para el eje secundario brinda gran confiabilidad al diseño.

3.12.3. Selección de separadores de martillos

Los separadores de los martillos desempeñan la ocupación de mantener una distancia apropiada entre los martillos permitiendo su adecuado funcionamiento sin que haya choque y fricción entre ellos cuando el equipo esté funcionando, se construirán con tubos de 15 mm de diámetro interno de tal forma que encajen en el eje secundario, además estos serán de un espesor bajo para no influir como carga en el eje porta martillos, para la selección se usara el catálogo del anexo N° 6.

Según recomendaciones de diseño y de fabricantes de molinos de martillos los separadores deben tener una distancia mayor a 3 veces el espesor del martillo de aquí que:

$$L_s > 3 * e_m \dots Ec. (35)$$

Donde:

L_s : longitud del separador

e_m : espesor del martillo

$$L_s > 3 * 4.7625 = 14.2875 \text{ mm}$$

La longitud del separador de martillo seleccionado para el molino de martillo es de 15 mm, con diámetro exterior de 21.3 mm y espesor de 2.5 mm.

3.12.4. Selección de Discos porta ejes

Los discos se encargan de contener los ejes secundarios y al eje principal, además su disposición circular permite que en todos los instantes la fuerza centrífuga sea radial posicionando a los martillos en un modo óptimo de trabajo. Para determinar la geométrica primero se calculará la velocidad tangencial de los martillos con la ecuación (4).

$$V_t = \sqrt{\frac{2 * E_r}{m_g}}$$

$$V_t = \sqrt{\frac{2 * 0.662175 * 1000}{0.38}} = 59 \text{ m/s}$$

Para el radio de giro se puede estimar usando la relación entre la velocidad angular y la velocidad tangencial usando la expresión (5) como se muestra a continuación:

$$r = \frac{30 * V_t}{N * \pi}$$

$$r = \frac{30 * 59}{3000 * \pi} = 0.187 \text{ m}$$

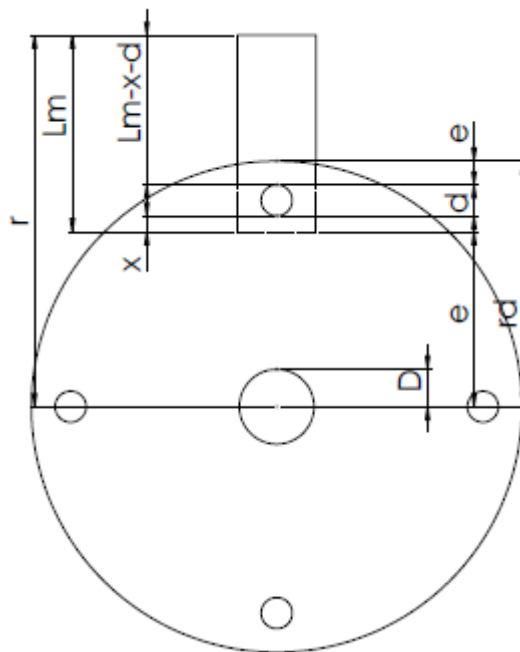


Figura 50 Dimensiones del disco porta ejes

Fuente: Propia

De la figura N° 50 se conoce los valores de r (18.7 cm), x (1.6 cm), Lm (10 cm), e (2 cm) d (1.5 cm), D (1.9 cm) se desea conocer rd que sería el radio del disco. De la figura se infiere que el martillo no debe tocar el eje principal y que se debe cumplir la siguiente expresión:

$$r = rd + L_m - x - d - e \dots Ec. (36)$$

$$18.7 = rd + 10 - 1.6 - 1.5 - 2$$

$$rd = 13.8$$

Según el cálculo el diámetro del disco porta ejes será de 27.6 cm con un espesor de 4.7625 mm.

3.12.5. Selección de separadores de discos

Los separadores de discos desempeñan la ocupación de mantener una distancia apropiada entre los discos permitiendo su adecuado funcionamiento, se construirán con tubos de 38.1 mm de diámetro interno de tal forma que encajen en el eje principal, además estos serán de un espesor bajo para no influir como carga en el equipo, para la selección se usara el catálogo del anexo N° 6.

La longitud de estos está definida por el espesor de los 3 martillos más los 4 separadores, entonces la longitud total está definida según la siguiente ecuación:

$$L_{sd} = 3xe_m + 4xL_s \dots Ec. (37)$$

$$L_{sd} = 3x4.7625 + 4x15 = 74.2875$$

La longitud del separador de discos seleccionado para el molino de martillo es de 74.2875 mm, con diámetro exterior de 42.2 mm y espesor de 2.

3.13. Elaboración de los planos del Molino de martillos

Los planos del molino de martillos, se ubican en el Anexo N° 13. Los planos fueron realizando en función a la cámara de trituración, ya que es el sistema más importante de todo el diseño. En la Tabla N° 23 se enumeran la lista de todos los planos con sus respectivas ubicaciones.

Tabla N°23

Lista de planos

Fuente: Propia

Número de plano	Nombre	Anexo N°13
DMM-A3-01	Vistas Generales	Figura 86
DMM-A3-02	Explotado	Figura 87
DMM-A3-03	Estructura Soporte	Figura 88
DMM-A3-04	Carcasa y tolva	Figura 89
DMM-A3-05	Criba, porta criba y mesa de motor	Figura 90
DMM-A3-06	Partes del mecanismo de molienda	Figura 91

3.14. Estudio económico

Inversión: En la siguiente tabla se puede observar, los gastos realizados y el presupuesto que se necesitara si se desea construir la máquina. El presupuesto para la construcción fue determinado por cotizaciones obtenidas en tiendas virtuales, esto puede ocasionar que los precios varíen dependiendo del lugar donde se encuentre. En la tabla N°24, se da a conocer el costo total del molino de martillos. Incluyendo piezas, accesorios y su construcción.

Ingresos por día

La capacidad de molienda del molino es de 500kg/h; estos datos promedios dependen de las dimensiones de los granos; y sus cualidades del mismo (% de humedad); tamiz; etc.

El valor aproximado de molienda por kg de grano es de 0.06 céntimos de un nuevo sol, por lo tanto:

$$500 \frac{kg}{h} \times 2 \frac{h}{Dias} \times 0.06 = \mathbf{60} \frac{s/.}{Dia}$$

Ingresos al mes:

Trabajando los 7 días al mes.

$$7 \text{ días} \times 90 \frac{s/.}{Dia} = \mathbf{s/. 630}$$

Tabla 24

Financiamiento de la Maquina en su proceso de manufacturación (Continuación en la siguiente página)

Fuente: Propia

FINANCIAMIENTO DEL MOLINO DE MARTILLOS					
ACCESORIOS	Cantidad	Costo Uni. S/.	Costo Total S/.		
Eje del molino	1	S/. 100.00	S/. 100.00		
Martillo de impacto	24	S/. 5.00	S/. 120.00		
Disco de sujeción	4	S/. 40.00	S/. 160.00		
Ejes de Sujeción	4	S/. 30.00	S/. 120.00		
Chaveta para discos y martillos	4	S/. 10.00	S/. 40.00		
Bocinas	1	S/. 120.00	S/. 120.00		
Rodamiento más chumaceras	2	S/. 60.00	S/. 120.00		
Pernos	12	S/. 1.00	S/. 12.00		
Pasador para eje de sujeción	4	S/. 1.00	S/. 4.00		
Polea menor	1	S/. 25.00	S/. 25.00		
Polea mayor	1	S/. 30.00	S/. 30.00		
Base para el molino y el motor	1	S/. 150.00	S/. 150.00		
Fajas en V	3	S/. 22.00	S/. 66.00		
Total			S/.	1,067.0	
SISTEMA ELECTRICO	Cantidad	Costo Uni. S/.	Costo Total S/.		
Motor eléctrico	1	S/. 1,000.00	S/. 1,000.0		
Interruptor General	1	S/. 40.0	S/. 40.0		
Botonera	1	S/. 5.0	S/. 5.0		
Contactador	1	S/. 60.0	S/. 60.0		
Relé Térmico	1	S/. 70.0	S/. 70.0		
Total			S/.	1,175.0	

Egresos (costos fijos)

Consumo mensual de energía:

La potencia de diseño del motor que consume el molino en el eje es 7.5 HP equivalente a 5.593 KW operando a plena carga.

$$\text{Costo de } \frac{\text{kilowatts}}{\text{hora}} = \text{s/. } 0.44 \text{ (información de la empresa distriluz)}$$

Incluyendo cargos, mantenimiento, I.G.V. y otros.

$$\text{Si se trabaja } 2 \frac{\text{Hrs}}{\text{Dia}} \times 5.593 \text{ kw} \times 0,44 \frac{\text{s/}}{\text{kw-Hr}} \times 15 \text{ días} = \text{s/. } \mathbf{73.82} \text{ al mes}$$

Tabla 25*Financiamiento de la Maquina en su proceso de manufacturación**Fuente: Propia*

ESTRUCTURA	Cantidad	Costo Uni. S/.	Costo Total S/.
Tolva	1	S/. 100.0	S/ 100.00
Carcaza superior	1	S/. 150.0	S/ 150.00
Carcaza inferior	1	S/. 150.0	S/ 150.00
Angulo para soportes	1	S/. 150.0	S/ 150.00
criba	2	S/. 150.0	S/ 300.00
Total			S/ 850.00
CONSUMIBLE	Cantidad	Costo Uni. S/.	Costo Total S/.
Pintura	4	S/ 15.00	S/ 60.00
Tiner	1	S/ 15.00	S/ 15.00
Disco de corte	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Disco de desgaste	1	S/ 20.00	S/ 20.00
Total			S/ 115.00
MANO DE OBRA	Cantidad	Costo Uni. S/.	Costo Total S/.
Soldador	2	S/ 70.00	S/ 140.00
Pintor	2	S/ 40.00	S/ 40.00
Total			S/ 180.00
RESUMEN:			MONTOS
ACCESORIOS			S/ 1,067.00
SISTEMA ELECTRICO			S/ 1,175.00
ESTRUCTURA			S/ 850.00
CONSUMIBLE			S/ 115.00
MANO DE OBRA			S/ 180.00
TOTAL			S/ 3,387.00

Costos de mantenimiento:

$$\text{El monto promedio que asumimos} = \text{S/. } 40 \frac{\text{s/.}}{\text{Mes}}$$

Ingreso total anual

Para obtener el ingreso anual, se considera que las épocas de cosechas son en promedio 6 meses anuales por lo tanto el ingreso mensual neto y los egresos.

$$\text{Ingreso anual} = 6 * (630 - (73.82 + 40)) = \text{S/. } 3097.08$$

Evaluación económica

Luego de obtenidos los resultados del presupuesto total de la máquina, las ganancias y egresos periódicamente. Determinaremos el flujo de caja y el tiempo de recuperación de la inversión.

Para ello se escribió un programa en excel, estableciendo la inversión inicial, las ganancias anuales (incluida los gastos de electricidad y mantenimiento), donde se incluye un IGV de 18%, en la tabla N° 26, se determina el año en el que se recuperara la inversión, siendo este 1 año y 5 meses exactamente.

Tabla 26

Datos y Resultados del Flujo de Caja

Fuente: Propia

CÁLCULO DE TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN DESCONTADO					18%
Año	Flujo de fondos (S/)	Flujo de caja al fin de año (S/)	(P/F, 18%, n)	CFj(P/F,18%,n) (\$)	Sum (\$)
0	-3,387.00	-3387	1.00000	-3387	-3387.0000
1	3087.08	3087.08	0.84746	2616.169492	-770.8305
2	3087.08	3087.08	0.71818	2217.092789	1446.2623

Para obtener unas graficas del flujo de caja y el periodo de recuperación de inversión, se empleó el software Matlab, en la figura N°51 y la N°52, se puede verificar los resultados.

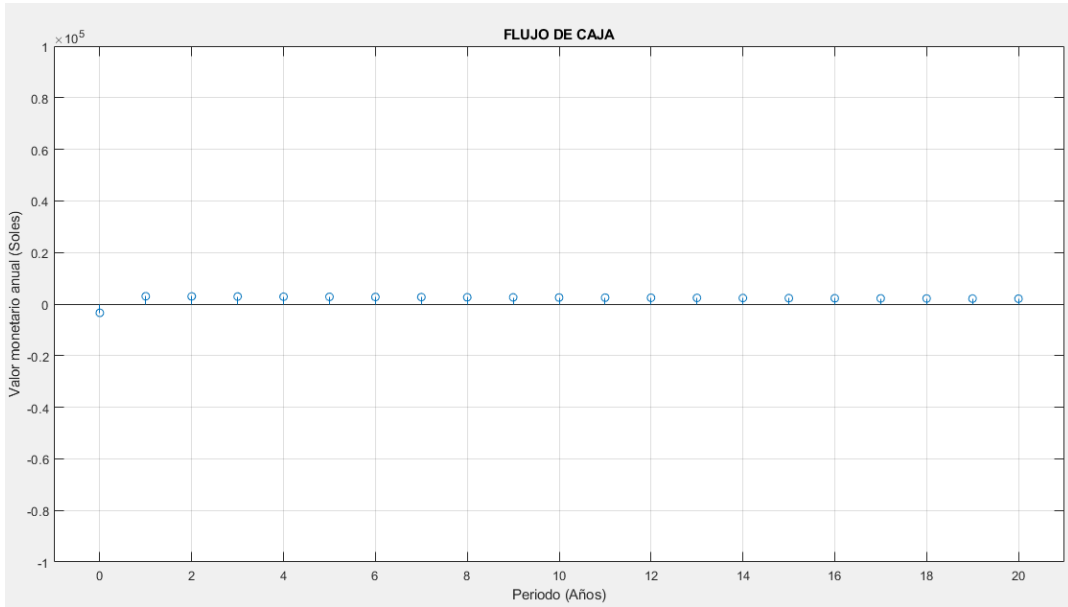


Figura 51 Flujo de caja anual
Fuente: Propia

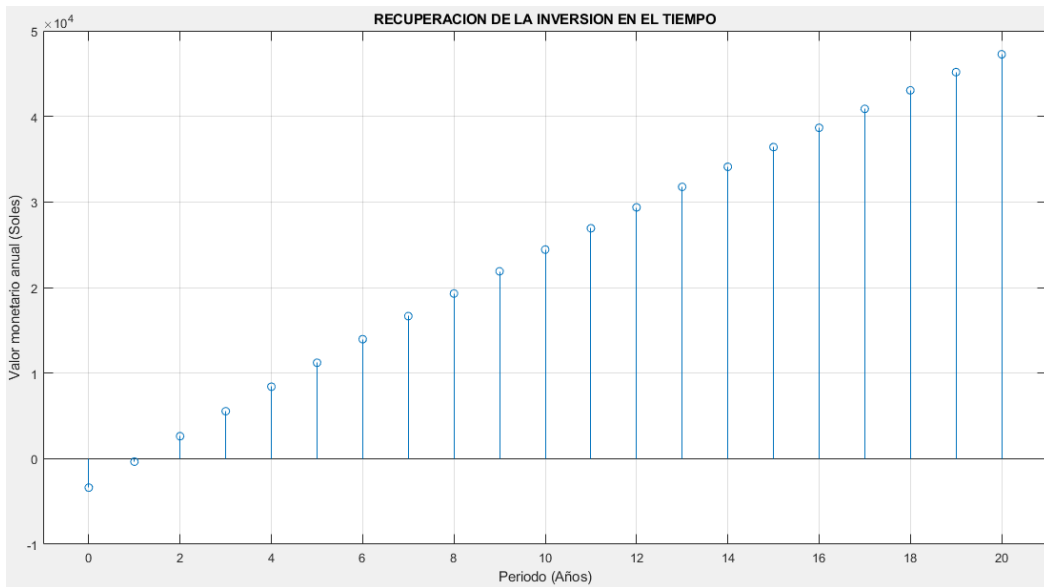


Figura 52 Periodo de recuperación de la inversión
Fuente: Propia

3.15. Plan de mantenimiento del Molino de Martillos.

Se estableció un plan de mantenimiento preventivo para asegurar el correcto funcionamiento de todos sus componentes y accesorios que conforman el equipo, y así prolongar la vida útil y anticipar fallas catastróficas que generen una disminución en la producción y aumentos en costos de operación. La tabla N°27, se da a conocer el tipo de mantenimiento y los periodos para cada parte de la máquina

Tabla 27
Plan de mantenimiento
Fuente: Propia

	COMPONENTE	N°	ACTIVIDAD	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	ANUAL
1	POLEAS Y FAJAS	1	Inspección visual	X				
		2	Ajuste de polea conductora				X	
		3	Ajustes de polea motriz				X	
		4	Cambio de poleas					X
		5	Cambio de fajas en v					X
		6	Revisar tensión de fajas		X			
4	RODAMIENTOS	7	Inspección visual	X				
		8	Engrase en rodamientos			X		
		9	Revisión de vibración				X	
		10	Cambio de rodamientos					X
5		11	Inspección visual	X				

MOTOR ELECTRICO	12	Lubricación en rodamientos			X		
	13	Control de limpieza	X				
	14	Control de desgaste de las escobillas				X	
	15	Inspección de alineación de acoplamiento					X
	16	Inspección de conexiones eléctricas	X				
	17	Cambio de rodamientos					X
	18	Comprobación de tornillos de fijación del motor			X		
	19	Comprobación de los ruidos de funcionamiento	X				
MARTILLOS Y DISCOS	20	Inspección visual	X				
	21	Limpieza del sistema de molienda		X			
	22	Ajuste de tuercas			X		
	23	Cambio de martillos					X

Capitolo IV

4. DISCUSIÓN

Las encuestas realizadas a 42 agricultores del Anexo de Batangrande determinaron las necesidades, estas reportaron las cantidades promedio de producción (15 – 24 toneladas), lo que deben pagar para procesar su producto (50 kg/Soles) y la cantidad de agricultores que contratan el servicio de molienda (100% de los encuestados). En los trabajos de Delmi (2006), Cuadrado Moncayo I. y Rueda Castillo J. (2009) la capacidad de molienda que debe tener el molino depende mucho de la cantidad de producto a procesar de esto la capacidad de 500 kg/h. Asimismo, las recomendaciones de diseño y normativas orientaron a establecer las especificaciones ingenieriles en las cual contiene la capacidad, los limites dimensionales de la máquina, rango de potencia, y materiales. Con la obtención de estos parámetros se pasó a realizar la selección de materiales, dimensionamiento de la máquina y diseño paramétrico.

El diseño conceptual del molino de martillos está basado en los siguientes modelos Pulvex, Tecaliman, 035SAE, Mikro Pulverizer y 2D. Algunos de los conceptos se usaron en trabajos anteriores tales como: Bermeo M. D., Cuadrado M. I. y Rueda C. J. (2009). De estos conceptos se escogió al optimo con ayuda de una matriz ponderada (Eggert, 2010), siendo escogido la opción 1 (molino Pulvex), luego se desarrollaron 3 configuraciones para mejorar el diseño de las cuales la configuración 2 fue la ganadora por su versatilidad y modularidad.

Tomando en cuenta la información de las encuestas realizadas, el criterio ingenieril y las recomendaciones de diseño, se determinaron las dimensiones generales de la máquina: 0.942 m de largo; 1.28 m de altura y 0.386 m de ancho. Estas medidas se basaron en el trabajo de Saravacos G. (2016), quien recomienda dimensiones generales de los equipos, además se consideraron los componentes seleccionados. El material para toda la estructura del equipo es el acero A36, que por su bajo costo es el material idóneo para el desarrollo del proyecto, pero el acero para ejes es el AISI 1010 que fue el resultado del análisis paramétrico.

En el transcurso del desarrollo de la investigación no se encontraron otros trabajos que realicen el diseño paramétrico mediante una interface grafica de usuario

(GUI) con ayuda del software Matlab, esto da gran ventaja al poder corroborar de manera rápida y eficaz el cálculo de escritorio, además de brindar datos de como son los comportamientos de los parámetros estudiados. Del mismo modo sucede para el análisis paramétrico usando el análisis por elementos finitos (FEA) con el software Ansys. Del análisis paramétrico se calculó que una potencia de 7.5 Hp para un martillo de 0.1 m de largo cumplía con los requerimientos estipulados anteriormente (500 Kg/h), el eje con diámetro de 38.1 mm de acero AISI 1010 satisface la carga estructural a la que está sometido la maquina con factores de seguridad de 2.7604 para análisis estático y 1.3422 para análisis de fatiga. De la simulación los factores de seguridad fueron de 2.1306 para análisis estático y 1.2562 para análisis a fatiga, resultando un factor de error de 6.4% para el análisis de fatiga lo que valida mi cálculo de escritorio.

El diseño desarrollado en este trabajo de investigación ha seguido como ejemplo el diseño de ingeniería según Eggert (2005) y Dieter y Bacon (2013), estos son: Determinación de necesidades del cliente, Especificación del Problema mediante características de ingeniería, Diseño Conceptual, Diseño de Configuración, Diseño Paramétrico, Diseño de Selección y Diseño de Detalle. Se puede apreciar que después de realizar cada etapa se puede tomar una decisión clara de ingeniería respecto del objeto de estudio. Hay dos ventajas básicas en lo anterior: la exploración de posibilidades y la mejor de la toma de decisiones en forma sistemática. Este trabajo metodológico de diseño no se encontró en absoluto en los antecedentes revisados como por ejemplo Bermeo (2014), Cuadrado y Rueda (2009), Delmi (2006), Sujit et al (2013), entre otros.

Se desarrolló el análisis económico mediante el método de Periodo de Recuperación de la Inversión, para el cual se ha tenido en cuenta la implementación de los materiales y elementos óptimos. El análisis plantea una inversión inicial de S/. 3,387 este valor encuentra dentro del precio rango asequibles por los agricultores (62.03%). La implementación del proyecto tendría un periodo de retorno de inversión de 1 año y 5 meses con un flujo de caja de S/. 3087.08 (Figura N°51), el cual fue corroborado con los resultados del programa Matlab (Figuras N°52 Y N° 53).

Capítulo V

5.1. CONCLUSIONES

Terminado el trabajo de investigación se tiene como conclusiones lo siguiente:

Determinar las necesidades de los agricultores fue indispensable para iniciar con el diseño del molino de martillos, encontrar las normas o estándares de diseño nos ayudó a consolidar respectivamente la configuración general de la máquina, brindándonos una amplia selección de material para emplear en el diseño. Esto nos brindó una secuencia de rigor adecuado que permitió definir el problema y fue de suma importancia para seguir con los siguientes pasos del diseño: conceptual, de configuración y paramétrico.

La selección del diseño conceptual a través de la matriz de selección pondera de Eggert, nos permitió conocer y evaluar las ventajas y desventajas entre los seis conceptos establecidos. La técnica de esta matriz se efectuó minuciosamente para brindarnos que el concepto 1: Molino de Martillos Tipo Pulvex y configuración (2), que presenta una configuración sencilla, haciendo que la máquina tenga un proceso de fabricación más simple, además de ser muy versátil ya que nos da la posibilidad de reducir los gastos en materia y hacer una disminución notoria en el peso total de la máquina.

El estudio paramétrico (MatLab) de la potencia del motor respecto a la capacidad de producción y la longitud de varios martillos, mostro ser una herramienta muy poderosa para la obtención de una potencia optima (7.5 Hp) en producción y eficiencia. La influencia de estos parámetros que podía inferirse aun en forma intuitiva pudo expresarse en forma cuantitativa siguiendo adecuado rigor matemático. Para el estudio paramétrico del diámetro del eje respecto a su factor de seguridad y el tipo de material, mostro ser eficiente al obtener un diámetro optimo (38.1 mm) en costo. Finalmente, el análisis por elementos finitos (Ansys) permitió verificar y validar los resultados adecuadamente además de brindar una opción muy versátil para acercar las solicitaciones de carga a la realidad.

Se concluye que el proyecto es rentable dado que la inversión (S/. 3087.08) se encuentra en el rango óptimo de adquisición para los agricultores, además el equipó

generara flujos de caja (S/.3087.08) y un periodo de retorno de la inversión de 1 año y 5 meses, lo que demuestra que la inversión sea atractiva.

5.2. RECOMENDACIONES

Se debe realizar un estudio posterior del desgaste de los martillos para el material propuesto.

Se debe incluir en el cálculo de dimensionamiento de eje el criterio de velocidad crítica.

Con software especializado se debe realizar un análisis de resonancia.

6. REFERENCIAS

- Austin, L. (2004) A preliminary simulation model for fine grinding in high speed hammer mills. *Powder Technology* 143– 144 (2004) 240– 252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2004.04.017>
- Bermeo, M. D. (2014). Diseño y Construcción de un molino de martillos triturador de granos para granjas agrícolas. (Tesis de Licenciatura). Universidad de las Fuerzas Armadas. Latacunga – Ecuador.
- Bitra, V. et al. (2009). Direct mechanical energy measures of hammer mill comminution of switchgrass, wheat straw, and corn stover and analysis of their particle size distributions. *Powder Technology* 193 (2009) 32–45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2009.02.010>
- Chevanan, N. (2010). Bulk density and compaction behavior of knike mill chopped switchgrass, wheat straw, and corn stover. *Bioresource Technology* 101 (2010) 207–214. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.083>
- Cuadrado, Rueda, I. (2009). Diseño y Construcción de un Molino de Martillos. (Tesis de Licenciatura). Universidad San Francisco de Quito. Quito – Ecuador.
- Dey, S. (2013). Comminution features in an impact hammer mill. *Powder Technology* 235 (2013) 914–920. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2012.12.003>
- Dirección de Información de la FAO. (2015). Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Roma Italia. World agriculture Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s03.htm>
- Groesbeck, C. et al. (2003) Particle size, mil type, and added fat influence flow ability of ground corn. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports* 0 (203) 10. DOI: <https://doi.org/10.4148/2378-5977.6842>
- Guarín, J. (2011). Maíz Forrajero. Pastos y forrajes. Recuperado de <http://pastosyforrajesfernandomar911.blogspot.com/>
- Metso. (2015). Nordberg NP13 - NP15. Finland. Brochure Recuperado de: [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/F0663FA46331B020C1257C5B002E90C2/\\$File/Nordberg-NP13-NP15-impact-crushers.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/F0663FA46331B020C1257C5B002E90C2/$File/Nordberg-NP13-NP15-impact-crushers.pdf)
- Meghwal, M. y Goswami, T., M. (2014). Comparative study on ambient and cryogenic grinding of fenugreek and black pepper seeds using rotor, ball,

hammer and pin mill. Powder Technology 267 (2014) 245–255. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2014.07.025>

- Niño De Guzman, D. (2006). Diseño de un molino de martillos de doble eje. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú.
- Parraga, C. J. (2016). Diseño Del Sistema Motriz De Un Molino De Martillos Con Capacidad De Procesamiento De 4 Ton/H De Cal Hidratada. (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú.
- Shigley, J. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica. México D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA
- Vanarase, A. et al. (2015). Effects of mil design and process parameters in milling dry extrudates. Powder Technology 278 (2015) 84–93. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2015.02.021>
- Zempoaltecatl, P. M. (2013). Adaptación de una transmisión mecánica a un molino de martillos. (Tesis de Licenciatura). Instituto Politécnico Nacional. México D. F. - México.

ANEXOS



**ENCUESTA PARA LA DETERMINACION DE NECESIDADES DE DISEÑO
PARA UN MOLINO DE MARTILLOS PARA CEREALES Y FORRAJE EN EL
ANEXO DE BATANGRANDE**

Nombre y Apellidos :

D.N.I :

Entrevistador :

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una (√) o en otro caso responder a la interrogante.

CUESTIONARIO

Pregunta 1: ¿ Qué área de terreno posee?

Entre 1 a 2 hectareas

Entre 2 a 3 hectareas

Entre 3 a 4 hectareas

De 4 a mas hectareas

Pregunta 2: ¿Qué cantidad de cereales y forraje obtiene usted en cada cosecha?

Entre 7500 kg - 12000 kg

Entre 15000 kg - 24000 kg

Entre 22500 kg - 36000 kg

Entre 30000 kg - 48000 kg

Pregunta 3: ¿Cómo obtiene usted el triturado de cereales y forrajes de sus productos agrícolas?

Molino Propio Molino Alquilado Molino Prestado Otro medio.....

Pregunta 4: Si la respuesta anterior es “**Posee Uno**”, responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuál es la inversión realizada?

Indicar: S/. _____

Pregunta 5: Si la respuesta a la pregunta N° 2 es “**Alquila**” ¿Cuánto le cuesta la molienda por 1 hora?

Indicar: S/. _____

Pregunta 6: Si la respuesta a la pregunta N° 2 es “**Alquila**” ¿Cuánto **tiempo y dinero** gasta usted en transportar su producto al lugar de la molienda? Explique.

.....
.....

Pregunta 7: ¿Qué tiempo aproximado requiere un molino para la elaborar el triturado de sus productos?

Entre 60-120 min	<input type="checkbox"/>	Entre 120-180 min	<input type="checkbox"/>
Entre 180-240 min	<input type="checkbox"/>	Entre 240 a más	<input type="checkbox"/>

Pregunta 8: ¿Le gustaría que las moliendas de sus productos se elaboren de manera más rápida y eficiente?

Sí No No opina

Pregunta 9: ¿Considera usted que es importante reducir el costo y tiempo de la trituración de los cereales y forrajes?

Sí No No opina

Pregunta 10: ¿Conoce usted la existencia de molinos automáticos para triturar sus productos?

Sí No Comentario:

Pregunta 11: ¿En caso de existir un molino de martillos que este diseñado en función a la producción de su localidad, estaría dispuesto a adquirirla?

Sí

No

Comentario:

Pregunta 12: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el Molino de Martillos destinado a su localidad?

Entre S/.800 - S/.1500

Entre S/.1500 - S/.2500

Entre S/.2500 - S/.4000

Entre S/.4000 - S/.6000

Pregunta 13: ¿Anualmente cuantas veces emplea un molino?

Entre 1 a 2 veces

Entre 3 a 4 veces

Entre 5 a 6 veces

Entre 7 a 8 veces

Pregunta 14: ¿Qué tipo de tamiz normalmente desea en sus productos triturados?

Tamiz para harina

Tamiz para concentrado

Otros:

Pregunta 15: En su opinión ¿Qué características debería poseer un molino de martillos para satisfacer su necesidad?

Dimensiones (Largo, Ancho, altura):

Color:

Capacidad:

Potencia:

Mecanismos (Trituración por: Martillos, bolas, otros):

Otros:

Anexo N°2: Encuesta realizada a agricultores de Batangrande



Anexo N°2

**ENCUESTA PARA LA DETERMINACION DE NECESIDADES DE DISEÑO
PARA UN MOLINO DE MARTILLOS PARA CEREALES Y FORRAJE EN EL
ANEXO DE BATANGRANDE**

Nombre y Apellidos : Sebastian Juarez Gastulo

D.N.I : 17425916

Entrevistador : Gesler Ramos Vásquez

INSTRUCCIONES:

- Lea cuidadosamente cada una de las preguntas, luego proceda a marcar en la respectiva hoja su respuesta.
- A cada pregunta le corresponde solo una alternativa de respuesta.
- Al marcar usted puede utilizar una (X) o una (√) o en otro caso responder a la interrogante.

CUESTIONARIO

Pregunta 1: ¿Qué área de terreno posee?

Entre 1 a 2 hectareas

Entre 2 a 3 hectareas

Entre 3 a 4 hectareas

De 4 a mas hectareas

Pregunta 2: ¿Qué cantidad de cereales y forraje obtiene usted en cada cosecha?

Entre 7500 kg - 12000 kg

Entre 15000 kg - 24000 kg

Entre 22500 kg - 36000 kg

Entre 30000 kg - 48000 kg

Pregunta 3: ¿Cómo obtiene usted el triturado de cereales y forrajes de sus productos agrícolas?

Molino Propio

Molino Alquilado

Molino Prestado

Otro medio.....

Pregunta 4: Si la respuesta anterior es "Posee Uno", responder esta pregunta, de lo contrario pasar a la siguiente; ¿Cuál es la inversión realizada?

Indicar: \$/ - -

Pregunta 5: Si la respuesta a la pregunta N° 2 es "Alquila" ¿Cuánto le cuesta la molienda por 1 hora?

Indicar: \$/ 30.00

Pregunta 6: Si la respuesta a la pregunta N° 2 es "Alquila" ¿Cuánto tiempo y dinero gasta usted en transportar su producto al lugar de la molienda? Explique.

Me toma 20 minutos y pago 5/1.00 por cada saca de 50 Kg

Pregunta 7: ¿Qué tiempo aproximado requiere un molino para la elaborar el triturado de sus productos?

Entre 60-120 min

Entre 120-180 min

Entre 180-240 min

Entre 240 a más

Pregunta 8: ¿Le gustaría que las moliendas de sus productos se elaboren de manera más rápida y eficiente?

Sí

No

No opina

Pregunta 9: ¿Considera usted que es importante reducir el costo y tiempo de la trituración de los cereales y forrajes?

Sí

No

No opina

Pregunta 10: ¿Conoce usted la existencia de molinos automáticos para triturar sus productos?

Sí

No

Comentario:

Pregunta 11: ¿En caso de existir un molino de martillos que este diseñado en función a la producción de su localidad, estaría dispuesto a adquirirla?

Sí

No

Comentario:

Pregunta 12: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el Molino de Martillos destinado a su localidad?

Entre S/.800 - S/.1500

Entre S/.1500 - S/.2500

Entre S/.2500 - S/.4000

Entre S/.4000 - S/.6000

Pregunta 13: ¿Anualmente cuantas veces emplea un molino?

Entre 1 a 2 veces

Entre 3 a 4 veces

Entre 5 a 6 veces

Entre 7 a 8 veces

Pregunta 14: ¿Qué tipo de tamiz normalmente desea en sus productos triturados?

Tamiz para harina

Tamiz para concentrado

Otros:

Pregunta 15: En su opinión ¿Qué características debería poseer un molino de martillos para satisfacer su necesidad?

Dimensiones (Largo, Ancho, altura): 1.55 m / 80 cm / 1.42 m

Color: Azul

Capacidad: 1 Tonedel / hora

Potencia: 30 hp

Mecanismos (Trituración por: Martillos, bolas, otros): Martillos

Otros: — —

Anexo N°3: Diagramas de porcentajes de los resultados de las preguntas

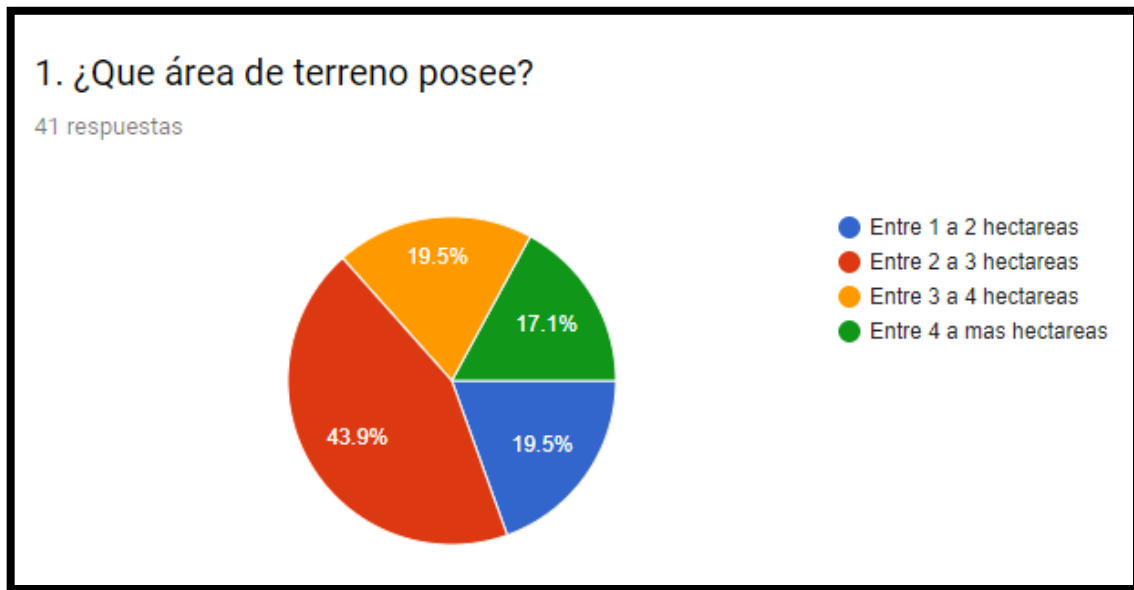


Figura 53 Diagrama de porcentaje de terreno que poseen los agricultores

Fuente: Propia

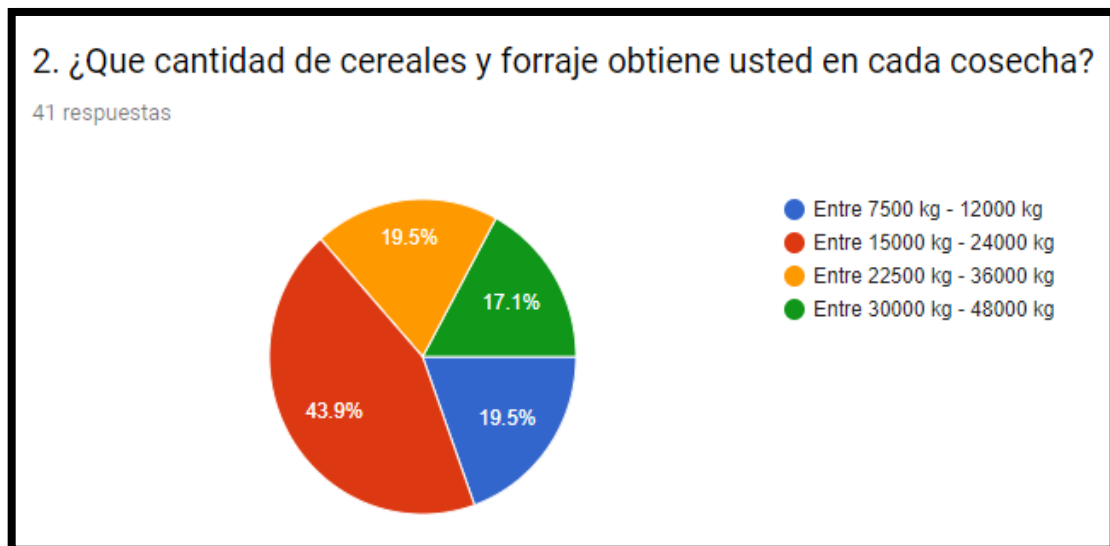


Figura 54 Diagrama de la cantidad de producción de cereales y forrajes

Fuente: Propia



Figura 55 Diagrama de como se obtiene el triturado de sus productos

Fuente: Propia

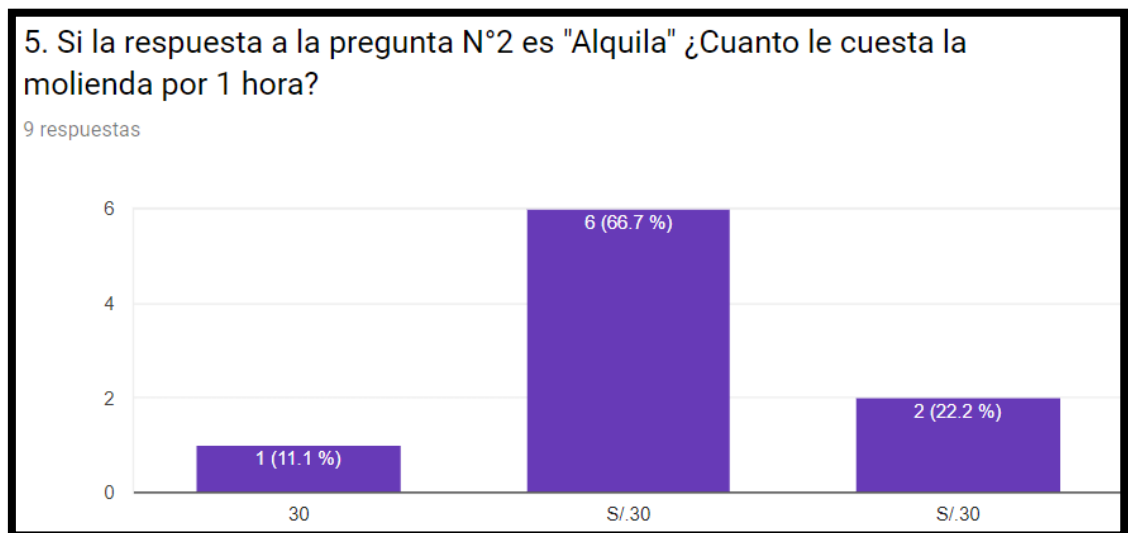


Figura 56 Grafico del costo de alquiler por 1 hora de uso

Fuente: Propia

7. ¿Que tiempo aproximado requiere un molino para la elaborar el triturado de sus productos?

41 respuestas

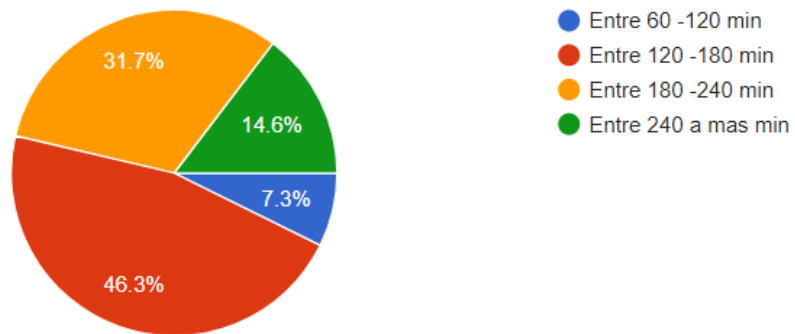


Figura 57 Tiempos que toman los agricultores en moler sus productos

Fuente: Propia

8. ¿ Le gustaría que las moliendas de sus productos se elaboren de manera mas rápida y eficiente

40 respuestas

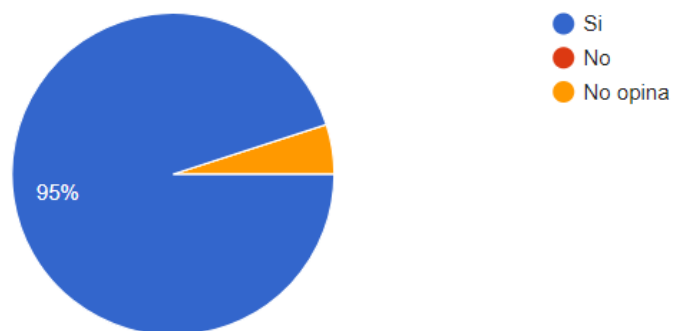


Figura 58 Diagrama de aprobación de mejora en rapidez y eficiencia de los molinos.

Fuente: Propia

9. ¿Considera usted que es importante reducir el costo y tiempo de la trituration de los cereales y forrajes?

41 respuestas

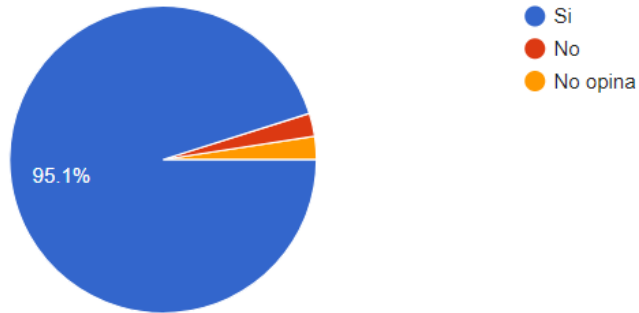


Figura 59 Diagrama de aprobación de reducción de costo y tiempo en la trituration.

Fuente: Propia

10. ¿Conoce usted la existencia de molinos automáticos para triturar sus productos?

41 respuestas

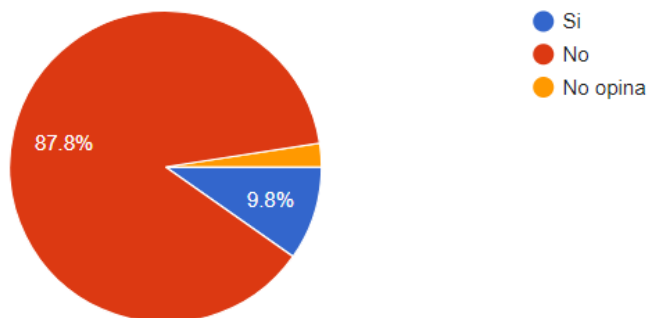


Figura 60 Diagrama que demuestra el mayor porcentaje de personar que desconocen.

Fuente: Propia

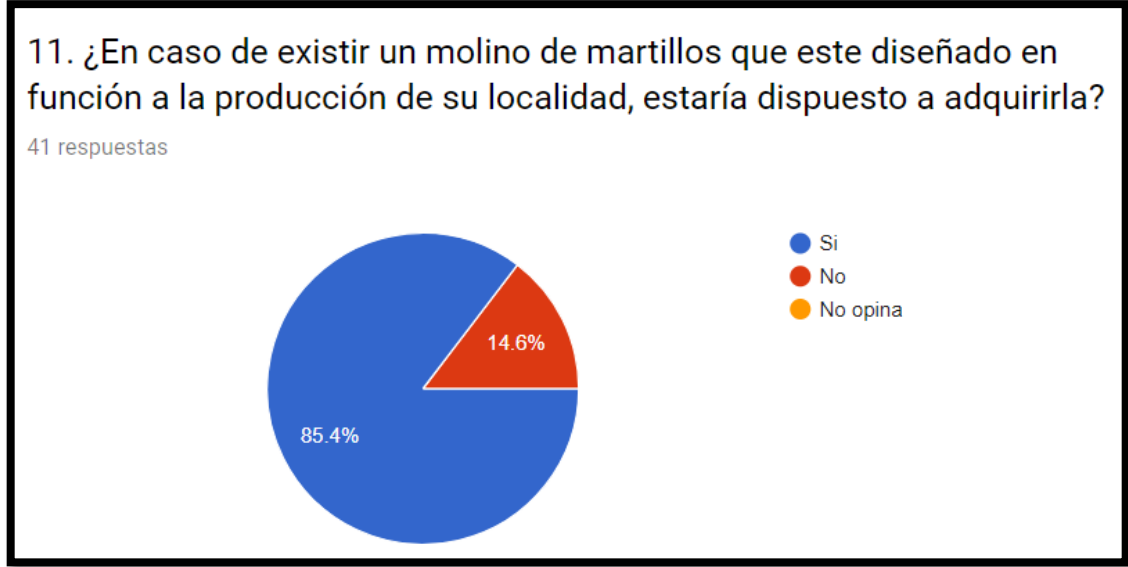


Figura 61 Porcentaje de encuestados que estarían dispuestos a comprar nuestro Molino de Martillos.

Fuente: Propia

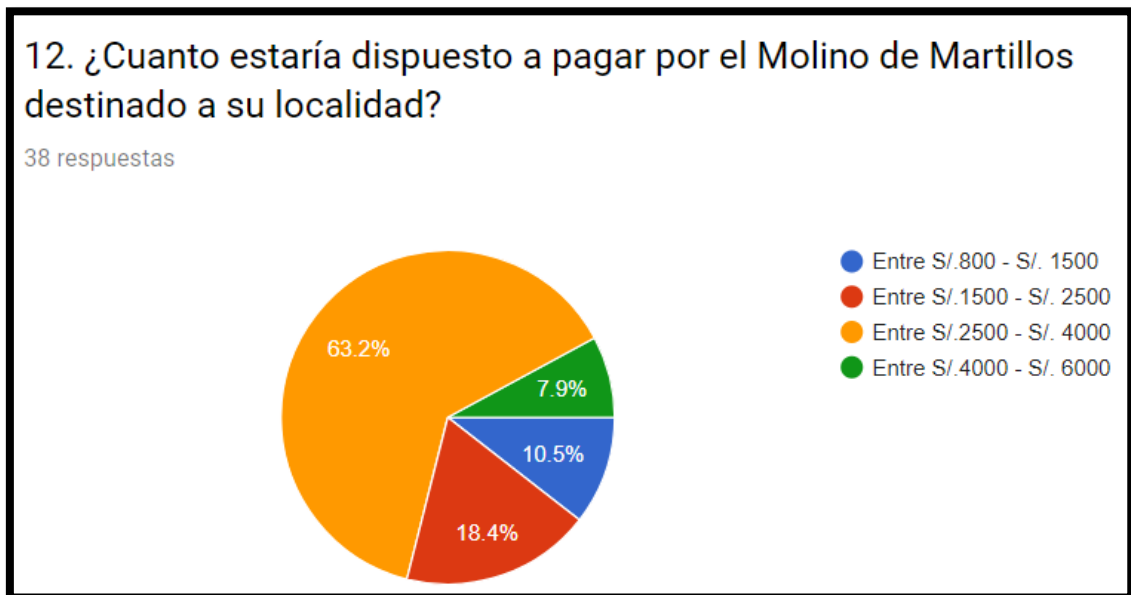


Figura 62 Cantidad de dinero que pagaría por un molino de martillos

Fuente: Propia

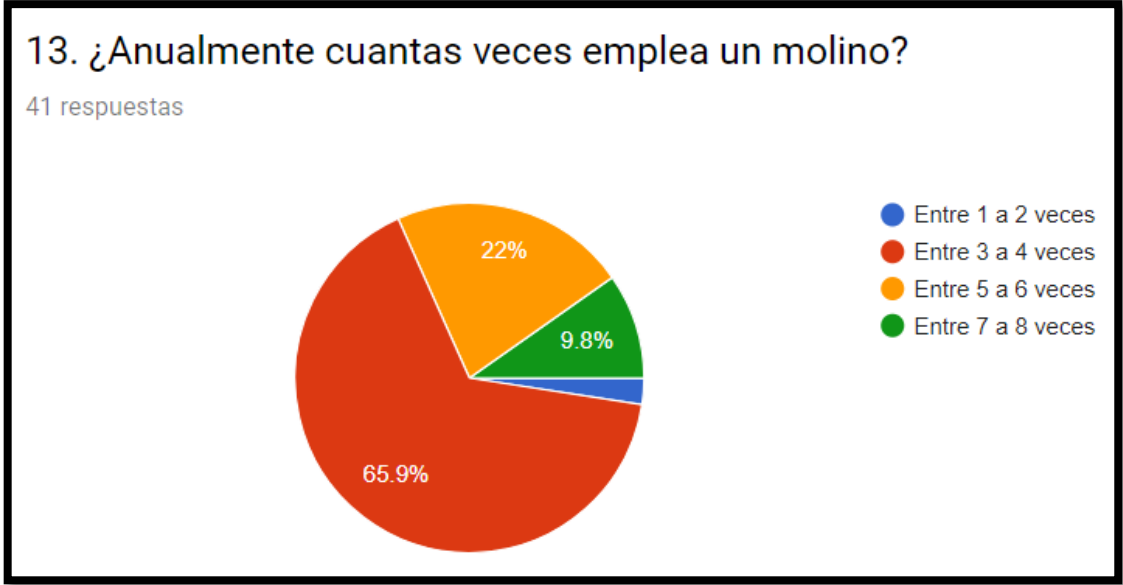


Figura 63 Diagrama del porcentaje de número de veces que se emplea el molino a nivel comercial.

Fuente: Propia

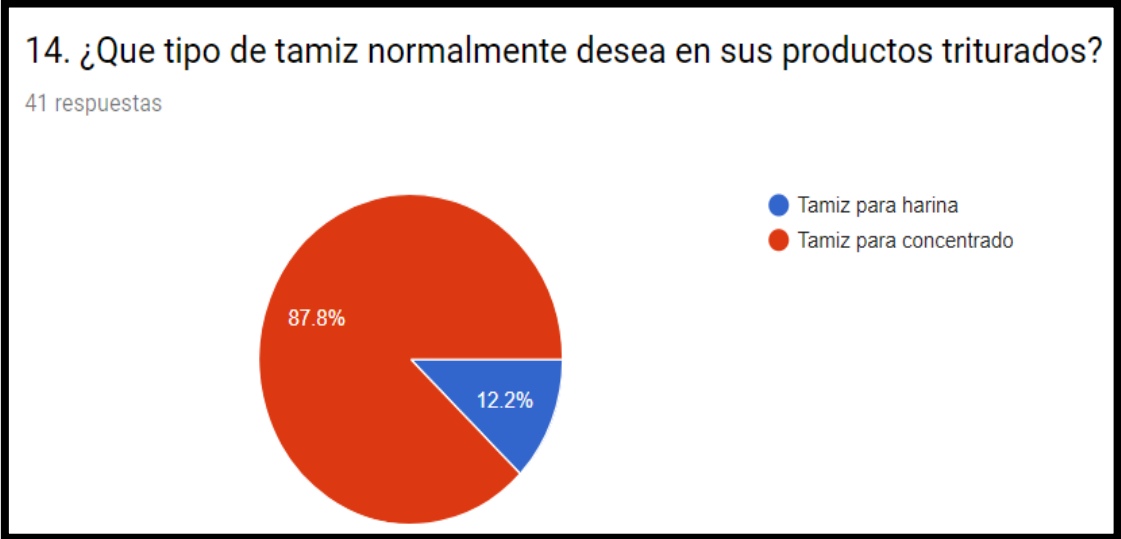


Figura 64 Diagrama que demuestra cual es el tamiz más común

Fuente: Propia

15. En su opinión ¿Que características debería poseer un molino de martillos para satisfacer su necesidad?

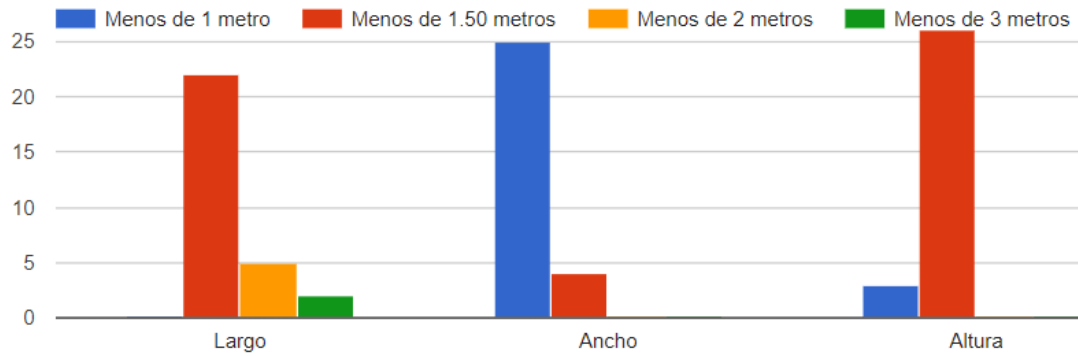


Figura 65 configuraciones geométricas que desean los agricultores.

Fuente: Propia

Tipo de Mecanismo de Trituración del Molino.

36 respuestas

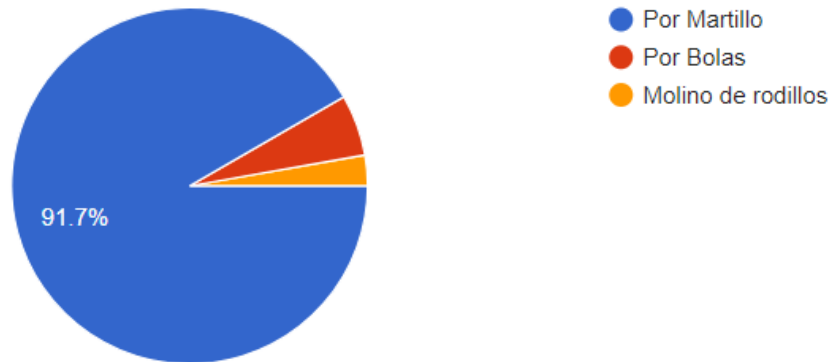
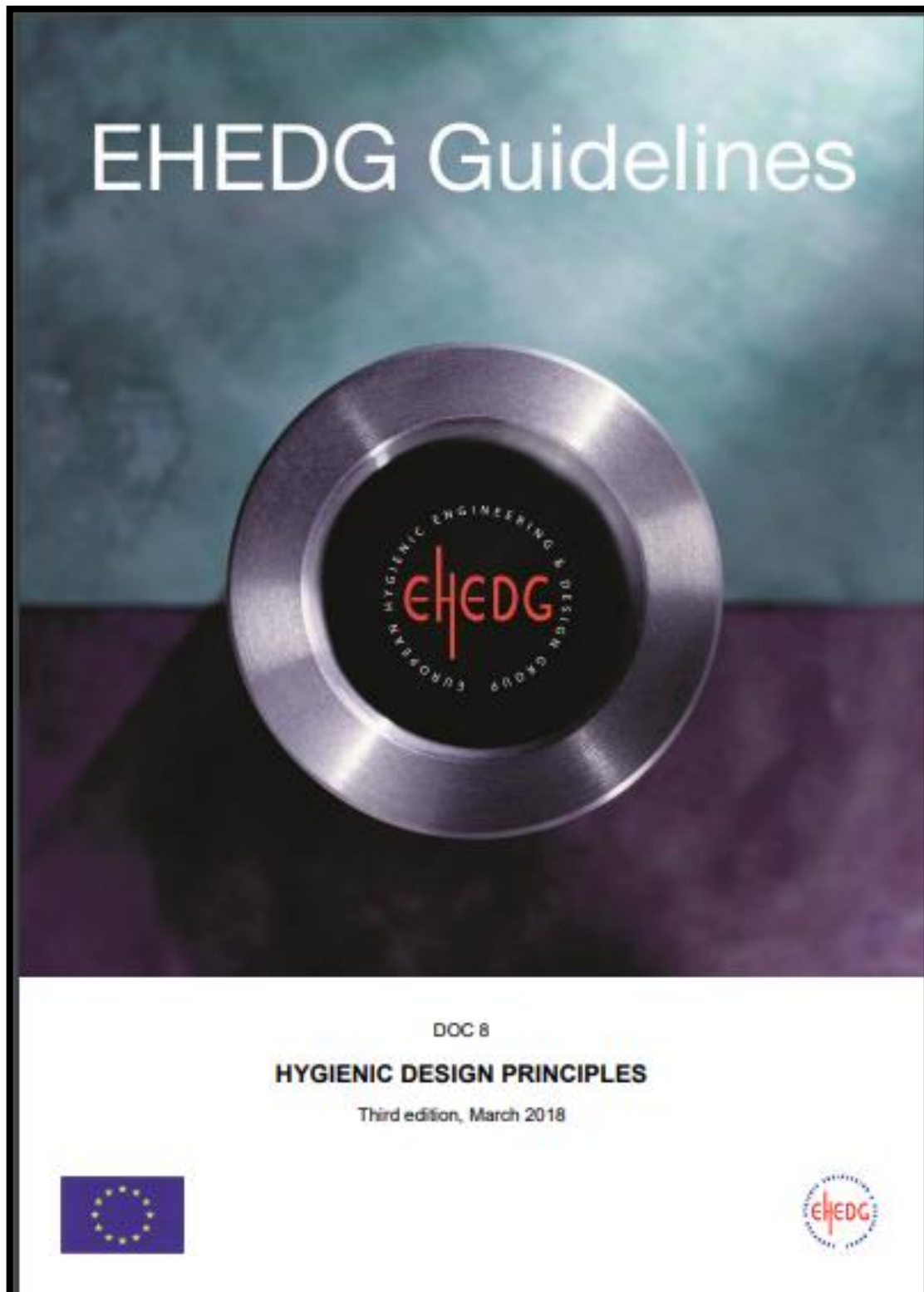


Figura 66 Interés de los encuestados en optar por un molino de martillos.


Fuente: Propia




Anexo N°5: Catálogo de motores trifásicos Siemens

Totalmente cerrados con ventilación exterior
 Montaje: Horizontal con patas (F-1)
 Aislamiento clase F
 Diseño NEMA B según Norma MG-1
 33°C temp. ambiente a una altitud de 2300 msnm
 40°C temp. ambiente a una altitud de 1000 msnm
 Factor de servicio:
 1.15 Motores GP10 y SD10

Descripción				Modelo	
Potencia en HP	Velocidad en RPM	Tensión a 60Hz en Volts	Tamaño Armazón NEMA	GP10 Uso General Catálogo Spiridon	SD10 Uso Severo Catálogo Spiridon
0.5	900	208-230/460	143T	A7B10000048458	no disponible
0.75	1800	208-230/460	143T	A7B10000048472	A7B10000048469
	1200	208-230/460	143T	A7B10000048459	A7B10000048474
	900	208-230/460	145T	A7B10000048490	A7B10000048475
1	3600	208-230/460	143T	A7B10000012670	A7B10000047493
	1800	208-230/460	143T	A7B10000012675	A7B10000047514
	1200	208-230/460	145T	A7B10000012678	A7B10000047515
	900	208-230/460	182T	A7B10000048088	A7B10000048042
1.5	3600	208-230/460	143T	A7B10000012671	A7B10000048041
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012676	A7B10000047516
	1200	208-230/460	182T	A7B10000012683	A7B10000048043
	900	208-230/460	184T	A7B10000048499	A7B10000048044
2	3600	208-230/460	145T	A7B10000012672	A7B10000048045
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012677	A7B10000047517
	1200	208-230/460	184T	A7B10000012684	A7B10000048046
	900	208-230/460	213T	A7B10000048089	A7B10000048047
3	3600	208-230/460	182T	A7B10000012679	A7B10000048048
	1800	208-230/460	182T	A7B10000012681	A7B10000047518
	1200	208-230/460	213T	A7B10000012689	A7B10000048049
	900	208-230/460	215T	A7B10000048090	A7B10000048050
5	3600	208-230/460	184T	A7B10000012680	A7B10000048051
	1800	208-230/460	184T	A7B10000012682	A7B10000047519
	1200	208-230/460	215T	A7B10000012690	A7B10000048052
	900	208-230/460	254T	A7B10000048091	A7B10000048054
7.5	3600	208-230/460	213T	A7B10000012685	A7B10000048055
	1800	208-230/460	213T	A7B10000012687	A7B10000047520
	1200	208-230/460	254T	A7B10000012697	A7B10000048066
	900	208-230/460	256T	A7B10000048092	A7B10000048067
10	3600	208-230/460	215T	A7B10000012686	A7B10000048068
	1800	208-230/460	215T	A7B10000012688	A7B10000048030
	1200	208-230/460	256T	A7B10000012699	A7B10000048069
15	3600	208-230/460	254T	A7B10000012692	A7B10000048071
	1800	208-230/460	254T	A7B10000012695	A7B10000048031
20	3600	208-230/460	256T	A7B10000012694	A7B10000048072
	1800	208-230/460	256T	A7B10000012696	A7B10000048032



Anexo N°6: Catálogo de rodamientos SKF

										
Dimensiones principales				Capacidad de carga básica		Capacidades de carga de fatiga		Velocidades nominales		Designación
				dinámica	estática			Velocidad de referencia	Velocidad límite	Bearing
d	D	B	C	C	C ₀	P ₀				
mm				kN		kN	r/min			
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
36	72	17		27.5	22	0.93	17000	8000		207-ZZ
36	72	17		22.1	15.3	0.655		6000	▶	W 6207-2RS1
36	55	10		10.8	7.8	0.325		7500	▶	61907-2RS1
36	72	17		27.5	22	0.93		10000		207-Z
36	55	10		9.36	7.65	0.325	26000	13000		W 61907 R-ZZ
36	47	7		3.71	3.35	0.14		6500		W 61807-2RS1
38.1	82.56	19.05		30.7	19	0.8	18000	11000		RLS 12
38.1	95.25	23.812		42.3	24	1.02	17000	11000		RMS 12
40	68	15		14.6	11.4	0.49		6300	▶	W 6008-2RS1
40	80	18		25.1	17.6	0.75	20000	10000	▶	W 6208-ZZ
40	68	15		17.8	11	0.49	22000	14000		6008-RZ
40	90	23		55.9	45	1.9	12000	6700		4308 ATN9
40	52	7		4.49	3.75	0.16	26000	16000	▶	61808
40	68	15		17.8	11	0.49		6300	▶	6008-2RS1
40	110	27		63.7	36.5	1.53	14000	9000		6408 N
40	68	15		17.8	11	0.49	22000	14000		6008 NR
40	62	12		11.9	9.8	0.425	24000	14000		W 61908 R
40	90	23		42.3	24	1.02	17000	11000	▶	6308
40	90	23		42.3	24	1.02		5000	▶	6308-RSH
40	90	23		42.3	24	1.02		5000		6308-RS1
40	80	18		33.6	27	1.16	15000	9500		208
40	68	15		17.8	11.6	0.49		6300		6008-RS1
40	90	23		42.3	24	1.02	17000	8500	▶	6308-ZZ
40	68	15		14.6	11.4	0.49	22000	14000		W 6008
40	80	18		35.8	20.8	0.88	18000	11000		6208 ETN9

Tubo LAC ASTM A500

PARA ESTRUCTURAS

DENOMINACIÓN:

TNM RED ND A500, TNM RED OD A500, TGM RED ND A500,
TGM RED OD A500, TNM CUA A500, TNM REC A500, TGM CUA A500,
TGM REC A500.

DESCRIPCIÓN:

Tubo fabricado con acero al carbono laminado en caliente (LAC), utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Las secciones de fabricación son redondas, cuadradas y rectangulares.

USOS:

Diversas estructuras livianas y pesadas, carrocerías, tijerales, postes, etc.

NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN:

Las dimensiones, pesos y espesores se fabrican según la norma ASTM A500—A y B.

PRESENTACIÓN:

- Longitud :
 - Redondos: 6.40 m y 6 m.
 - Cuadrados y rectangulares: 6 m.
 - Otras longitudes a pedido.
- Acabado de extremos: Refrentado (plano), limpios de rebordes.
- Recubrimiento :
 - Negro.
 - Galvanizado.
 - (mínimo de 120 gr/m²).

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m:

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPEORES (mm)								
		1.5	1.8	2	2.5	3	4	4.5	6	
REDONDO NOMINAL	1/2"	21.3	0,866	0,932	1,159					
	3/4"	26,7	1,105	1,218	1,492					
	1"	33,4	1,403	1,549	1,909	2,249				
	1 1/4"	42,2	1,793	1,983	2,448	2,900				
	1 1/2"	48,3	2,064	2,284	2,824	3,391				
	2"	60,3	2,597	2,876	3,564	4,239				
	2 1/2"	73,0		3,902	4,347	5,179				
	3"	88,9		4,285	5,327	6,355				
CUAD L.E.	25x25	1,051		1,460						
	30x30	1,300		1,700						
	40x40	1,770		2,244		3,320				
	50x50	2,250		3,122	3,872	4,316				
	2"	50,8		3,122	3,872	4,316				
	75x75			4,500	5,560	6,810				
	100x100			6,165	7,675	9,174	12,133	13,994	16,980	

■ Negro y Galvanizado

DESIGNACIÓN NOMINAL	DIMENSIÓN EXTERIOR (mm)	ESPEORES (mm)								
		1.5	1.8	2	2.5	3	4	4.5	6	
RECT L.E.	20x40	1,334		1,700						
	25x50	1,650		2,261						
	40x60	2,260		3,033	3,600	4,250				
	40x80	2,710		3,660	4,390	5,150				
	50x75					5,423				
	50x100				4,500	5,560	6,600	8,590		
	50x150				6,165	7,676	9,174	11,790		

■ Negro y Galvanizado

PROPIEDADES MECÁNICAS (ASTM A500/A500M GRADOS A y B)

SECCIÓN	GRADO	LÍMITE DE FLUENCIA (MPa)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (MPa)
REDONDO	A	230	310
CUADRADO Y RECTANGULAR	A	270	310
	B	315	400

MATERIA PRIMA:

Acero laminado en caliente calidad estructural.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES

(Referidas a los valores nominales):

Espesor : + / - 10%
Longitud : +12.7 / -6.4 mm

Sección:

1.- Redondo:

DÍAMETRO NOMINAL (pulg)	TOLERANCIA DIMENSIONAL + / - (pulg)
Menores 1 1/2" incl.	0.5 %
Mayores 2"	0.75 %

2.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / - (pulg)
Menores 1 1/2" incl.	0.020
2 1/2" a 3 1/2" incl.	0.025
3 1/2" a 4 incl.	0.030

3.- Cuadrados y Rectangulares:

LADO EXTERIOR DEL TUBO (pulg)	VARIACIÓN MÁXIMA + / - (pulg)
Menores a 63.5 incl.	0.51
63.5 a 88.9 incl.	0.64
88.9 a 139.7 incl.	0.76
Mayores a 139.7	0.01 veces el largo de la dimensión plana

Anexo N°7: Factores de servicio para poleas, Intermecc



FACTORES DE SERVICIO TÍPICOS

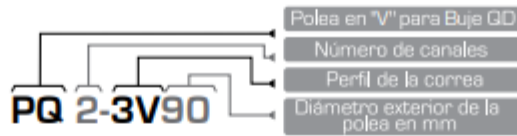
TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
<ul style="list-style-type: none"> Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradoras Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza 	1.1	1.2	1.3
<ul style="list-style-type: none"> Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de más de 10 caballos de fuerza 	1.2	1.3	1.4
<ul style="list-style-type: none"> Maquinaria para aserríos y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo 	1.4	1.5	1.6
<ul style="list-style-type: none"> Trituradoras (giratorias-mandíbula-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Malacates 	1.5	1.6	1.8

Anexo N°8: Tabla de capacidad de transmisión en poleas, Intermec

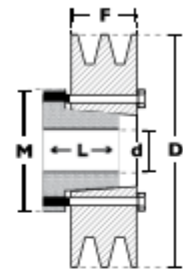
TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)										CORREAS TIPO 3V
Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)										RPM del Eje más Rápido
115	120	125	135	140	150	165	175	200	270	
0.37	0.40	0.43	0.47	0.50	0.55	0.61	0.65	0.78	1.07	100
0.70	0.75	0.81	0.88	0.95	1.04	1.15	1.23	1.48	2.04	200
1.01	1.10	1.17	1.27	1.37	1.50	1.66	1.80	2.14	2.95	300
1.30	1.40	1.52	1.64	1.77	1.94	2.15	2.32	2.78	3.84	400
1.60	1.72	1.85	2.00	2.17	2.37	2.63	2.84	3.40	4.70	500
1.80	1.95	2.10	2.28	2.46	2.70	3.00	3.22	3.86	5.32	575
1.87	2.02	2.18	2.37	2.55	2.80	3.10	3.35	4.00	5.53	600
2.10	2.30	2.47	2.68	2.89	3.17	3.25	3.80	4.54	6.26	690
2.14	2.32	2.50	2.70	2.93	3.20	3.56	3.84	4.60	6.34	700
2.20	2.40	2.58	2.80	3.02	3.30	3.67	3.96	4.74	6.54	725
2.40	2.60	2.80	3.05	3.30	3.60	4.00	4.32	5.18	7.13	800
2.60	2.80	3.03	3.30	3.55	3.90	4.32	4.66	5.58	7.67	870
2.67	2.90	3.12	3.40	3.66	4.00	4.45	4.80	5.74	7.90	900
2.80	3.04	3.27	3.55	3.84	4.20	4.67	5.03	6.02	8.28	950
2.93	3.17	3.42	3.72	4.00	4.40	4.88	5.26	6.30	8.65	1000
3.18	3.45	3.72	4.04	4.36	4.78	5.30	5.72	6.84	9.37	1100
3.33	3.60	3.90	4.23	4.57	5.00	5.56	6.00	7.16	9.80	1180
3.43	3.72	4.00	4.36	4.70	5.16	5.72	6.17	7.37	10.07	1200
3.67	3.98	4.30	4.67	5.04	5.53	6.13	6.60	7.90	10.75	1300
3.90	4.25	4.58	4.98	5.37	5.90	6.53	7.03	8.40	11.40	1400
3.97	4.30	4.65	5.05	5.45	5.98	6.63	7.14	8.52	11.56	1425
4.15	4.50	4.86	5.28	5.70	6.24	6.82	7.45	8.86	12.02	1500
4.38	4.75	5.13	5.57	6.00	6.60	7.30	7.86	9.36	12.62	1600
4.60	5.00	5.40	5.86	6.32	6.93	7.68	8.26	9.82	13.20	1700
4.72	5.13	5.53	6.00	6.48	7.10	7.86	8.46	10.05	13.46	1750
4.83	5.25	5.66	6.15	6.63	7.26	8.04	8.65	10.27	13.73	1800
5.05	5.50	5.92	6.43	6.93	7.60	8.40	9.03	10.70	14.24	1900
5.27	5.72	6.17	6.70	7.22	7.90	8.75	9.40	11.13	14.72	2000
5.48	5.95	6.42	6.97	7.50	8.22	9.10	9.76	11.53	15.16	2100
5.70	6.18	6.66	7.23	7.80	8.52	9.42	10.10	11.92	15.57	2200
5.90	6.40	6.90	7.50	8.06	8.82	9.74	10.45	12.30	15.94	2300
6.10	6.62	7.13	7.74	8.33	9.10	10.05	10.77	12.65	16.28	2400
6.30	6.83	7.36	7.98	8.60	9.40	10.35	11.10	13.00	16.58	2500
6.50	7.04	7.58	8.22	8.85	9.66	10.64	11.40	13.30	16.84	2600
6.67	7.24	7.80	8.45	9.10	9.92	10.92	11.68	13.60	17.08	2700
6.86	7.44	8.01	8.68	9.33	10.17	11.18	11.96	13.90	17.23	2800
6.95	7.54	8.10	8.80	9.45	10.30	11.30	12.10	14.02	17.30	2850
7.04	7.63	8.22	8.90	9.56	10.42	11.44	12.22	14.15	17.36	2900
7.20	7.82	8.42	9.10	9.80	10.66	11.70	12.47	14.40	17.45	3000
7.55	8.18	8.80	9.52	10.20	11.10	12.15	12.93	14.80	17.48	3200
7.87	8.52	9.16	9.89	10.60	11.50	12.55	13.33	15.15	17.32	3400
7.95	8.60	9.24	9.90	10.70	11.60	12.65	13.42	15.22	17.24	3450
8.17	8.84	9.50	10.24	10.96	11.87	12.90	13.67	15.40	16.94	3600
8.46	9.14	9.80	10.56	11.28	12.20	13.20	13.95	15.54	—	3800
8.72	9.40	10.08	10.85	11.57	12.46	13.46	14.16	15.58	—	4000
8.96	9.66	10.34	11.10	11.82	12.70	13.65	14.30	15.52	—	4200
9.18	9.90	10.56	11.32	12.03	12.87	13.78	14.37	15.35	—	4400
9.37	10.08	10.75	11.50	12.20	13.00	13.85	14.37	15.08	—	4600
9.55	10.25	10.92	11.65	12.32	13.08	13.85	14.30	14.65	—	4800
9.70	10.40	11.05	11.76	12.40	13.10	13.78	14.12	—	—	5000
9.82	10.50	11.15	11.83	12.43	13.08	13.64	13.87	—	—	5200
9.92	10.60	11.20	11.86	12.42	13.00	13.43	13.54	—	—	5400
10.00	10.65	11.24	11.85	12.35	12.84	13.14	—	—	—	5600
10.04	10.68	11.23	11.80	12.24	12.63	12.77	—	—	—	5800
10.06	10.67	11.20	11.70	12.08	12.36	—	—	—	—	6000
10.05	10.62	11.10	11.56	11.86	12.02	—	—	—	—	6200
10.01	10.55	10.98	11.36	11.58	11.60	—	—	—	—	6400
9.94	10.43	10.82	11.12	11.25	—	—	—	—	—	6600
9.84	10.30	10.60	10.86	10.86	—	—	—	—	—	6800
9.71	10.10	10.36	10.50	—	—	—	—	—	—	7000

Anexo N°9: Catalogo de poleas de 2 canales, Intermecc

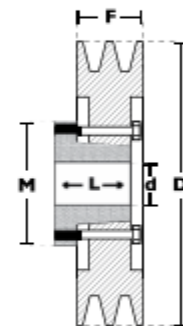
Nomenclatura para poleas con Buje GD



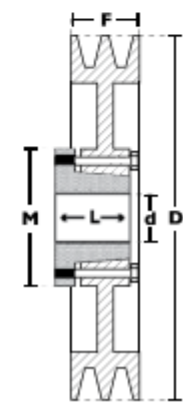
2 CANALES									
Ancho (F) = 27,8 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Hueco máximo con cuñero estándar (d)		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
2.2	55	PQ 2-3V55	JA	25.4	1	27	50	T1	0.9
2.3	60	PQ 2-3V60	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
2.5	65	PQ 2-3V65	JA	25.4	1	27	50	T1	1.2
2.6	67	PQ 2-3V67	JA	25.4	1	27	50	T1	1.3
2.8	70	PQ 2-3V70	JA	25.4	1	27	50	T1	1.4
3.0	75	PQ 2-3V75	JA	25.4	1	27	50	T1	1.6
3.1	80	PQ 2-3V80	JA	25.4	1	27	50	T1	1.8
3.3	85	PQ 2-3V85	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.0
3.6	90	PQ 2-3V90	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.4
3.9	100	PQ 2-3V100	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.6
4.1	105	PQ 2-3V105	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.7
4.3	110	PQ 2-3V110	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.8
4.5	115	PQ 2-3V115	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.9
4.7	120	PQ 2-3V120	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.1
5.0	125	PQ 2-3V125	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	3.6
5.1	130	PQ 2-3V130	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	4.3
5.3	135	PQ 2-3V135	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	4.5
5.6	140	PQ 2-3V140	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	5.0
6.0	150	PQ 2-3V150	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	5.5
6.3	160	PQ 2-3V160	SH	34.9	1-3/8	33	70	T2	5.8
6.5	165	PQ 2-3V165	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.2
6.7	170	PQ 2-3V170	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.4
6.9	175	PQ 2-3V175	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.6
7.0	180	PQ 2-3V180	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.7
7.5	190	PQ 2-3V190	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T2	6.8
8.0	200	PQ 2-3V200	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	7.0
9.0	230	PQ 2-3V230	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	7.9
9.9	250	PQ 2-3V250	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	8.7
10.6	270	PQ 2-3V270	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	10.0
11.0	280	PQ 2-3V280	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	10.4
11.8	300	PQ 2-3V300	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	13.5
12.5	320	PQ 2-3V320	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	14.3
13.7	350	PQ 2-3V350	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	15.7
14.0	355	PQ 2-3V355	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	16.0
15.7	400	PQ 2-3V400	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	18.0
19.0	485	PQ 2-3V485	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	25.0
25.0	635	PQ 2-3V635	SF	57.1	2-1/4	52	120	T3	28.0



Modelo T1

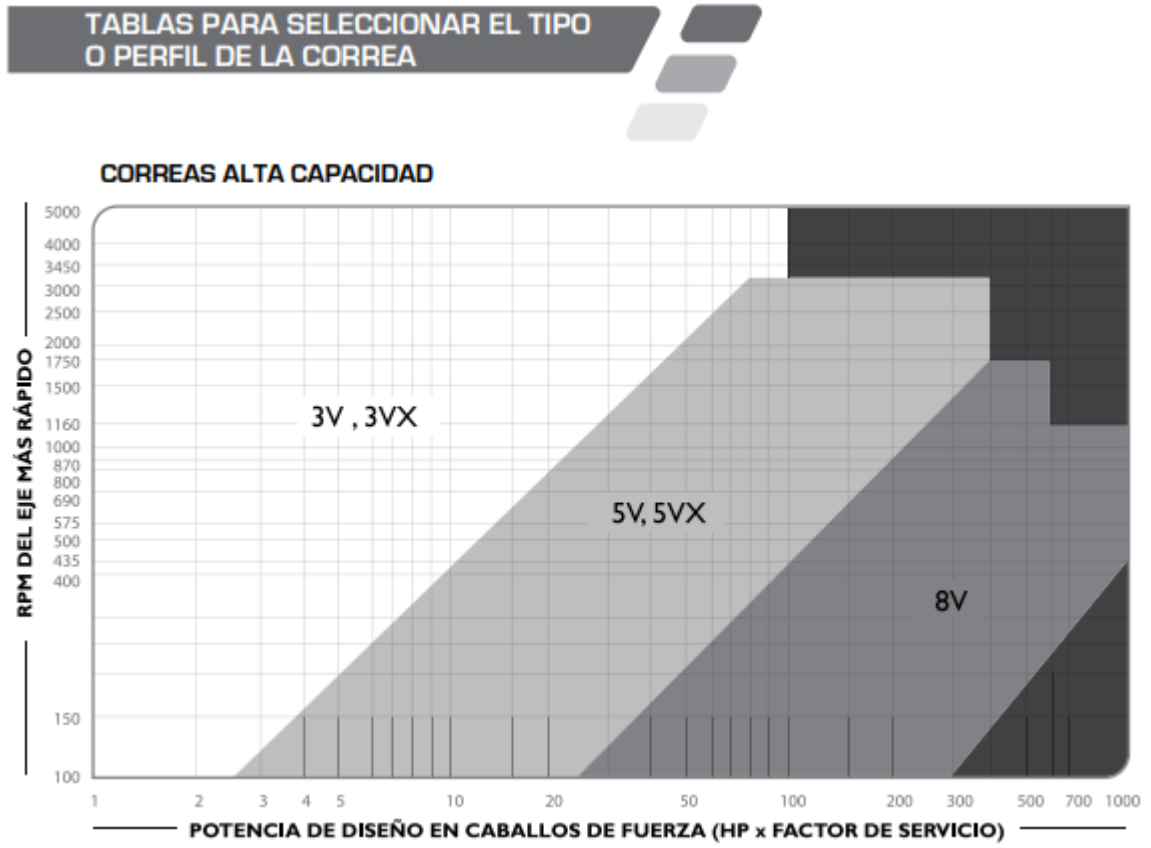


Modelo T2



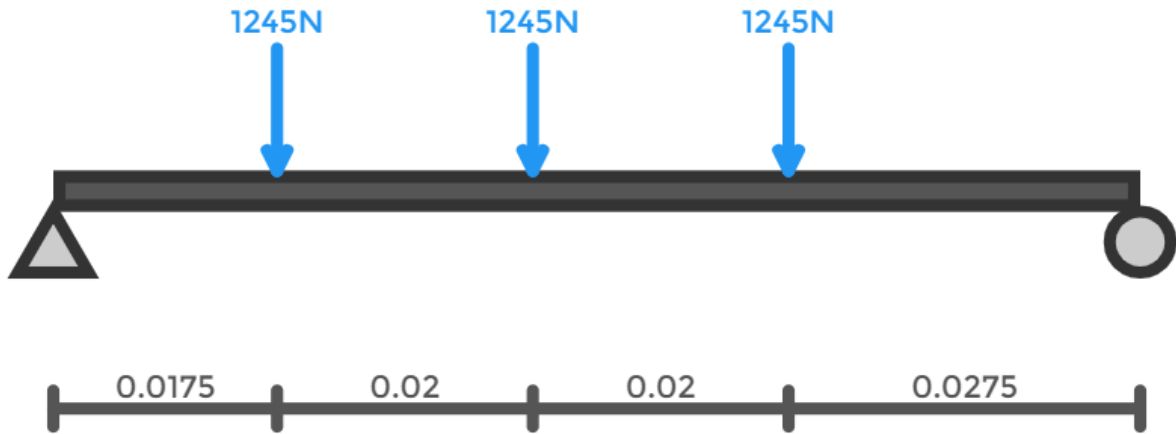
Modelo T3

Anexo N°10: Tabla para selección del tipo y perfil de fajas, Intermecc



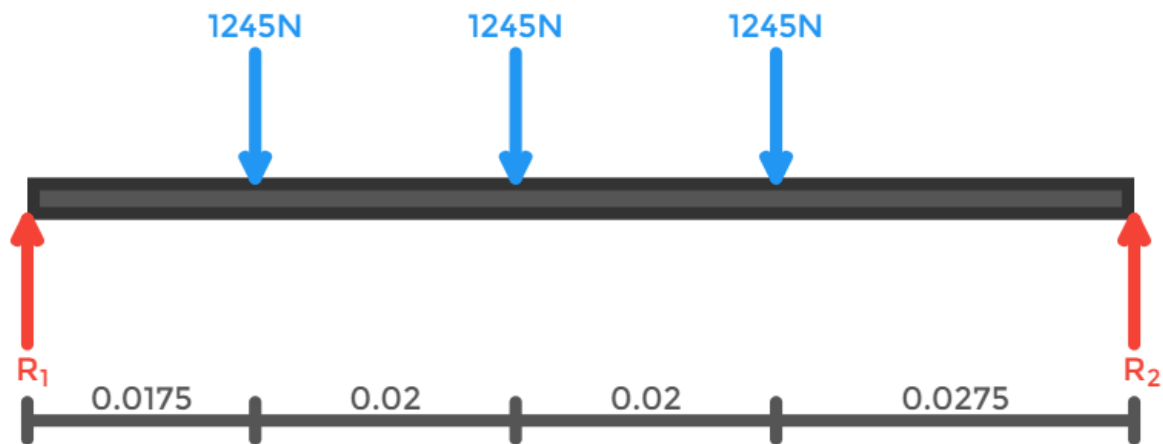
Anexo N°11: Cálculo de reacciones, fuerzas de corte y momentos flectores en el eje secundario

En el siguiente diagrama se muestra todas las cargas que soportara el eje



*Figura 67 Cargas sobre el eje secundario
Fuente: Propia.*

CALCULO DE REACCIONES



*Figura 68 Diagrama de cuerpo libre de una sección del eje secundario
Fuente: Propia.*

Calculando el equilibrio de fuerzas verticales, uno encuentra que:

$$\sum F_y = 0$$

$$F_1 + F_2 + F_3 - R_1 - R_2 = 0$$

$$R_1 + R_2 = 3735 \text{ N}$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$0.085 (R_2) = 1245 \times 0.0175 + 1245 \times 0.0375 + 1245 \times 0.0575$$

$$R_2 = 1647.7941 \text{ N}$$

$$R_1 = 2087.2059 \text{ N}$$

CALCULO DE FUERZAS DE CORTE y MOMENTOS FLECTORES

Sección 1 ($0 \leq x \leq 0.0175$)

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección

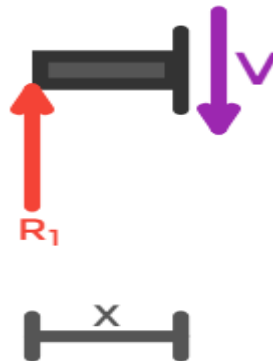


Figura 69 Diagrama de cuerpo libre sección 1
Fuente: Propia.

Para fuerza de corte

$$-R_1 + V_{(x)} = 0$$

$$V_{(x)} = 2087.2059$$

Para momento flector

$$-R_1 x + M_{(x)} = 0$$

$$M_{(x)} = 2087.2059 x$$

Sección 2 ($0.0175 \leq x \leq 0.0375$)

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección

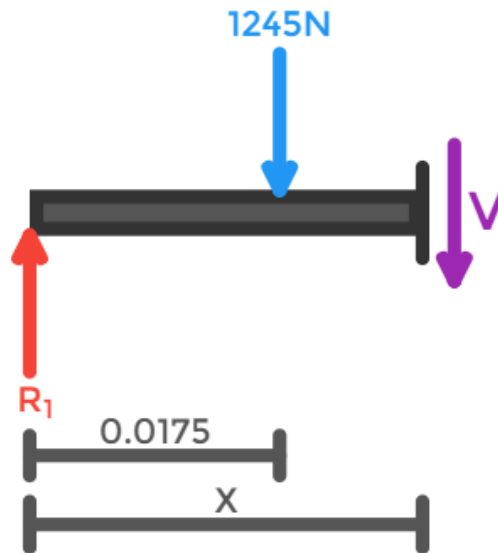


Figura 70 Diagrama de cuerpo libre sección 2
Fuente: Propia.

Para fuerza de corte

$$F_1 - R_1 + V_{(x)} = 0$$

$$V_{(x)} = 842.2059$$

Para momento flector

$$F_1(x - 0.0175) - R_1 x + M_{(x)} = 0$$

$$M_{(x)} = 842.2059x + 21.7875$$

Sección 3 ($0.0375 \leq x \leq 0.0575$)

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección

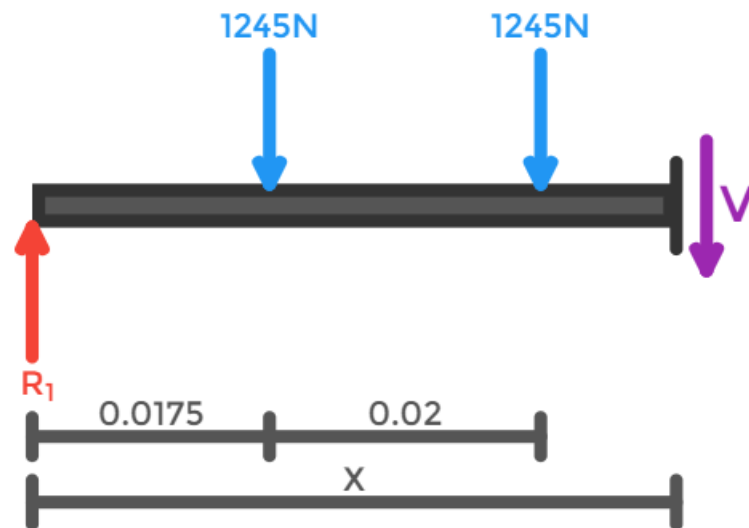


Figura 71 Diagrama de cuerpo libre sección 3
Fuente: Propia.

Para fuerza de corte

$$F_1 + F_2 - R_1 + V_{(x)} = 0$$

$$V_{(x)} = -402.7941$$

Para momento flector

$$F_1(x - 0.0175) + F_2(x - 0.0375) - R_1 x + M_{(x)} = 0$$

$$M_{(x)} = -402.7941x + 68.475$$

Sección 4 ($0.0575 \leq x \leq 0.085$)

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección

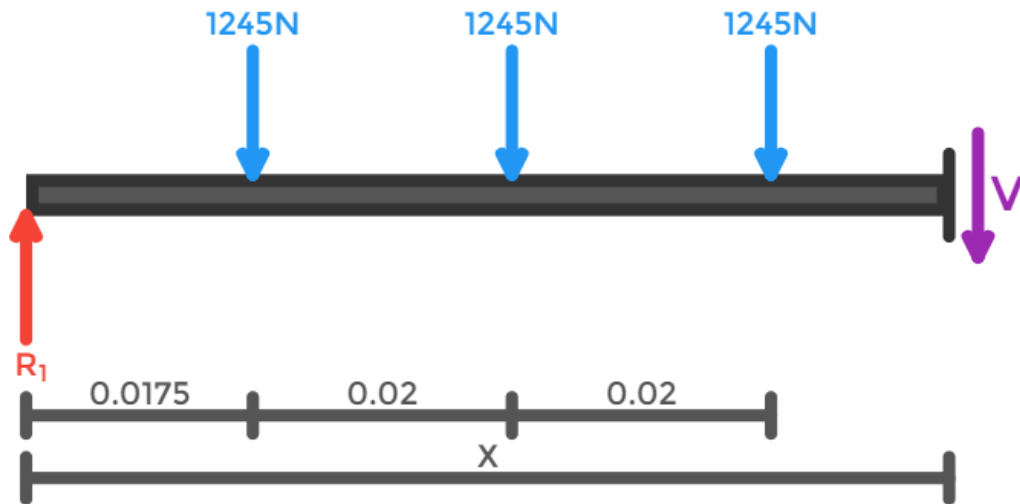


Figura 72 Diagrama de cuerpo libre sección 4
Fuente: Propia.

Para fuerza de corte

$$F_1 + F_2 + F_3 - R_1 + V_{(x)} = 0$$

$$V_{(x)} = -1647.7941$$

Para momento flector

$$F_1(x - 0.0175) + F_2(x - 0.0375) + F_3(x - 0.0575) - R_1 x + M_{(x)} = 0$$

$$M_{(x)} = -1647.7941x + 140.0625$$

Calculadas todas las secciones se procede a graficar los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores como se observa a continuación:

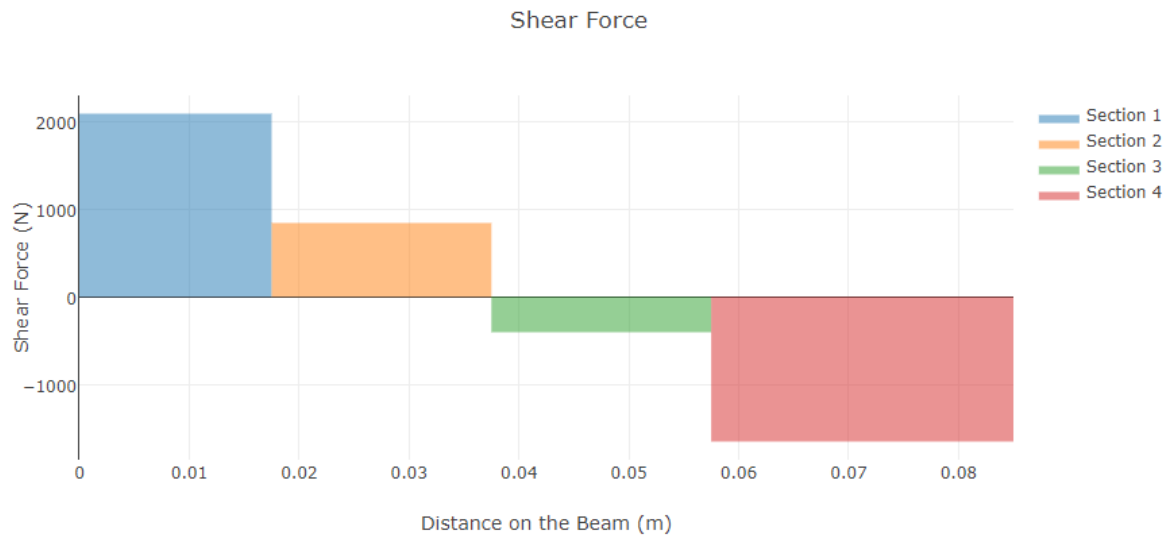


Figura 73 Diagrama de fuerzas cortantes
Fuente: Propia.

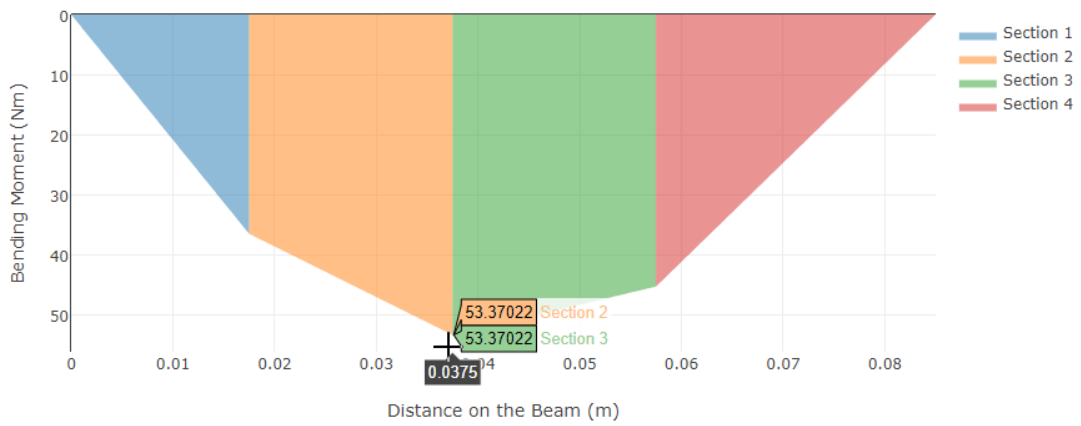


Figura 74 Diagrama de momentos flectores
Fuente: Propia.

Anexo N°12: Calculo de reacciones, fuerzas de corte y momentos flectores en el eje principal

En el siguiente diagrama se muestra todas las cargas que soportara el eje. Donde F_1 , F_2 , F_3 y F_4 son las cargas de diseño del eje principal

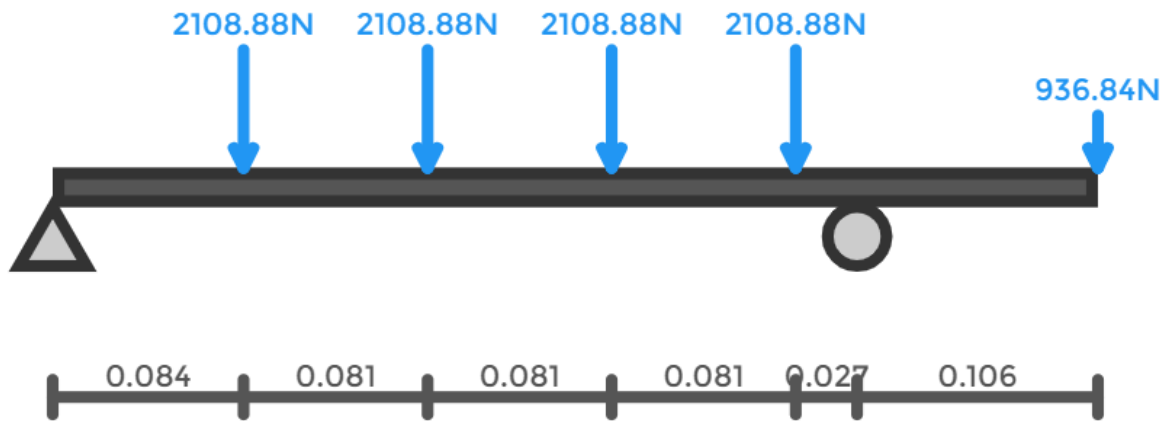


Figura 75 Cargas sobre el eje principal
Fuente: Propia.

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4$$

$$F_1 = F_{md} + R_d$$

Donde:

F_{md} = Fuerza de la maza de los discos

R_d = Reacción del disco

$$R_d = 2087.20 \text{ N}$$

$$F_{md} = volxpxg$$

$$F_{md} = \pi(0.138)^2(4.7 \times 10^3)(7860)(9.81)$$

$$F_{md} = 21.68 \text{ N}$$

Para calcular el F_5 que es la fuerza que ejerce el motor, ay que determinar el torque que produce.

$$F_1 = 21.68 + 2087.2\text{N}$$

$$F_1 = 2108.88\text{ N}$$

$$F_5 = \left(\frac{\frac{P_{motor}}{\omega}}{\frac{d}{2}} \right)$$

$$P_{motor} = 7.5\text{ hp} \rightarrow 5592.75\text{ N}^m/s$$

ω = Velocidad angular en RPM

$$\omega = 3000\text{ Rpm} \rightarrow 314.16\text{ Rad}/s$$

$$d = 0.038\text{ m}$$

Reemplazando en la ecuación

$$F_5 = \left(\frac{\frac{5592.75}{314.16}}{\frac{0.038}{2}} \right)$$

$$F_5 = 936.84$$

CALCULO DE REACCIONES

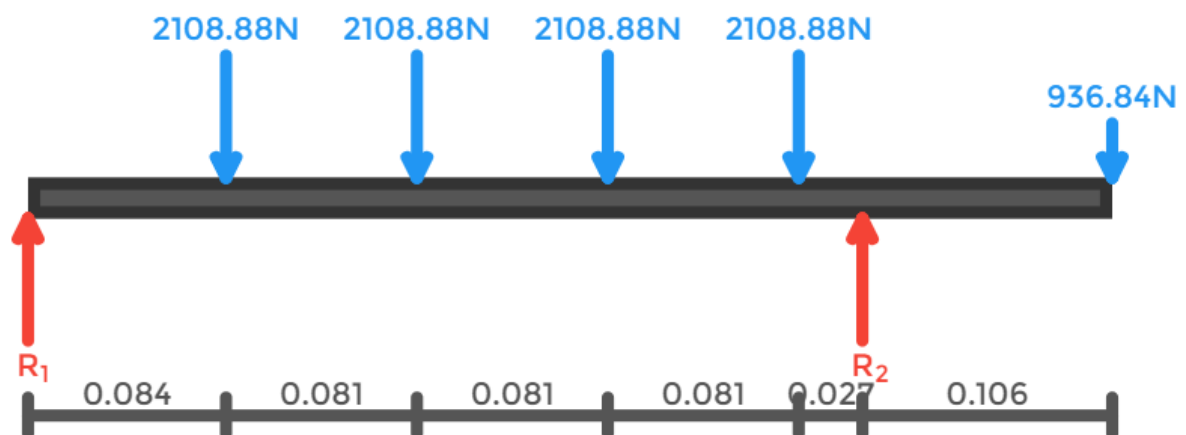


Figura 76 Diagrama de cuerpo libre del eje principal
Fuente: Propia.

Calculando el equilibrio de fuerzas verticales, uno encuentra que:

$$\sum Fy = 0$$

$$F_1 + F_2 + F_3 - R_1 - R_2 = 0$$

$$R_1 + R_2 = 9372.36 \text{ N}$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$0.354xR_2 = 2108.88x0.084 + 2108.88x0.165 + 2108.88x0.246 + 2108.88x0.327 + 936.84x0.46$$

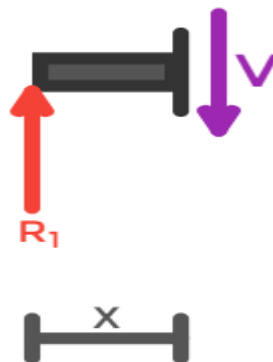
$$R_2 = 6114.2536 \text{ N}$$

$$R_1 = 3258.1064 \text{ N}$$

CALCULO DE FUERZAS DE CORTE y MOMENTOS FLECTORES

Sección 1 ($0 \leq x \leq 0.084$)

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección



*Figura 77 Diagrama de cuerpo libre sección 1
Fuente: Propia.*

Para fuerza de corte

$$-R_1 + V_{(x)} = 0$$

$$V_{(x)} = 3258.1064$$

Para momento flector

$$-R_1 x + M_{(x)} = 0$$

$$M_{(x)} = 2087.2059 x$$

Sección 2 ($0.084 \leq x \leq 0.165$)

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección

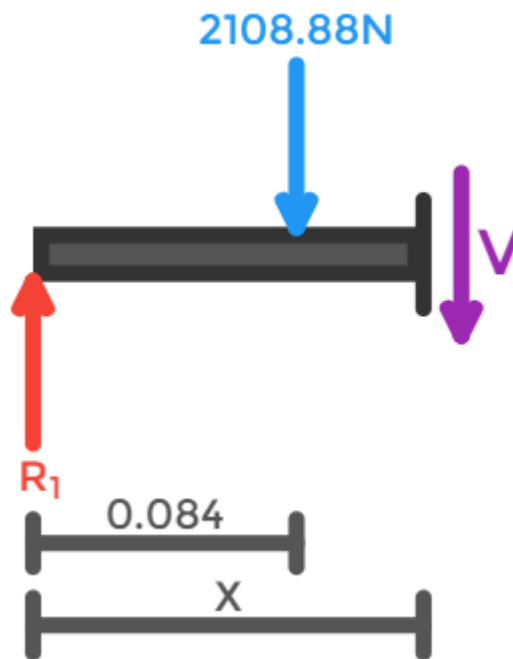


Figura 78 Diagrama de cuerpo libre sección 2
Fuente: Propia.

Para fuerza de corte

$$F_1 - R_1 + V_{(x)} = 0$$

$$V_{(x)} = 1149.2264$$

Para momento flector

$$F_1(x - 0.084) - R_1 x + M_{(x)} = 0$$

$$M_{(x)} = 1149.2264x + 177.1459$$

Sección 3 ($0.165 \leq x \leq 0.246$)

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección

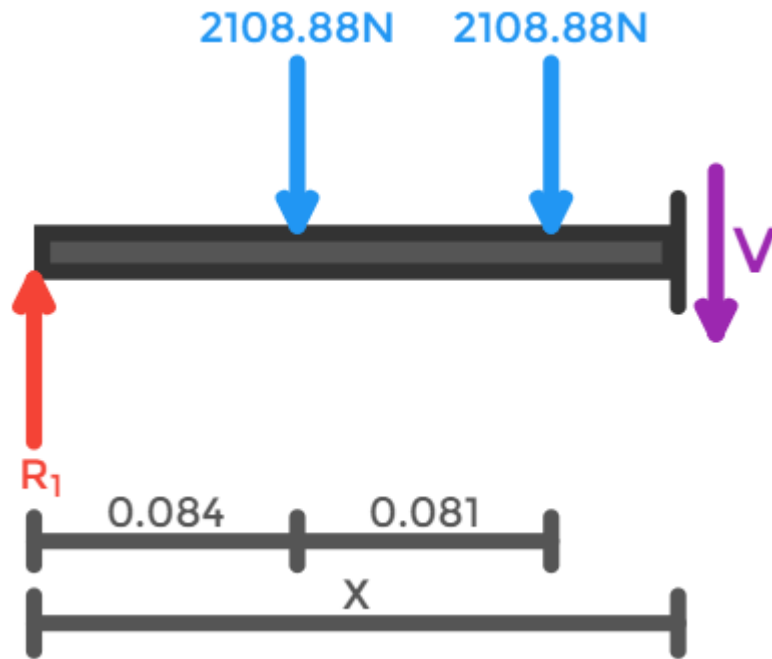


Figura 79 Diagrama de cuerpo libre sección 3
Fuente: Propia.

Para fuerza de corte

$$F_1 + F_2 - R_1 + V_{(x)} = 0$$

$$V_{(x)} = -959.6536$$

Para momento flector

$$F_1(x - 0.084) + F_2(x - 0.165) - R_1 x + M_{(x)} = 0$$

$$M_{(x)} = -959.6536x + 525.1111$$

Sección 4 (0.246 ≤ x ≤ 0.327)

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección

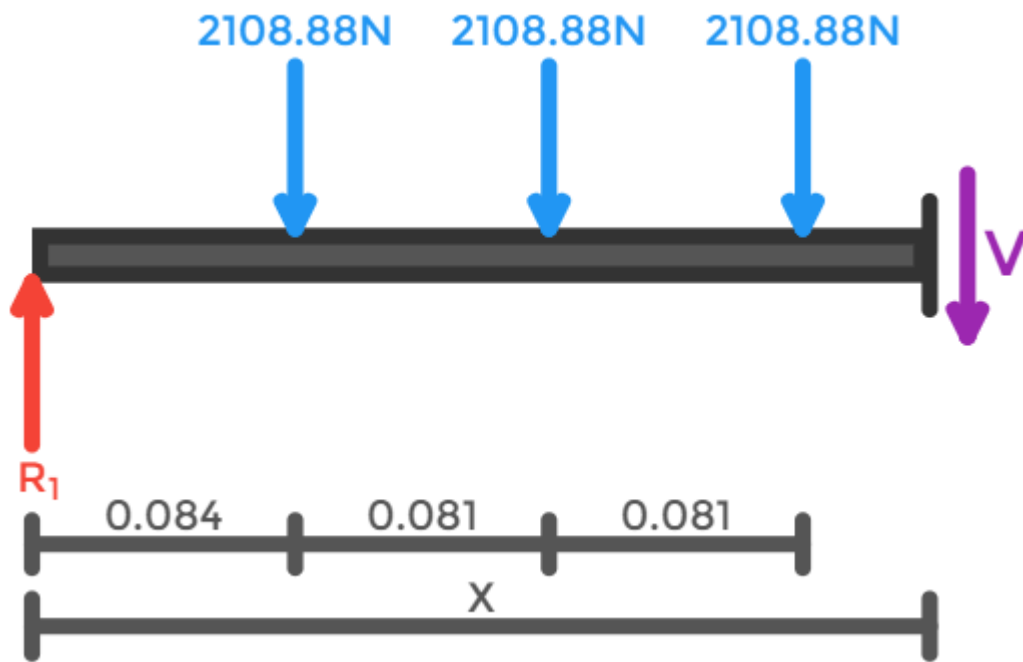


Figura 80 Diagrama de cuerpo libre sección 4
Fuente: Propia.

Para fuerza de corte

$$F_1 + F_2 + F_3 - R_1 + V_{(x)} = 0$$

$$V_{(x)} = -3086.5336$$

Para momento flector

$$F_1(x - 0.084) + F_2(x - 0.165) + F_3(x - 0.246) - R_1 x + M_{(x)} = 0$$

$$M_{(x)} = -3068.5336x + 1043.8956$$

Calculadas todas las secciones se procede a graficar los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores como se observa a continuación:

Sección 5 ($0.327 \leq x \leq 0.354$)

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección

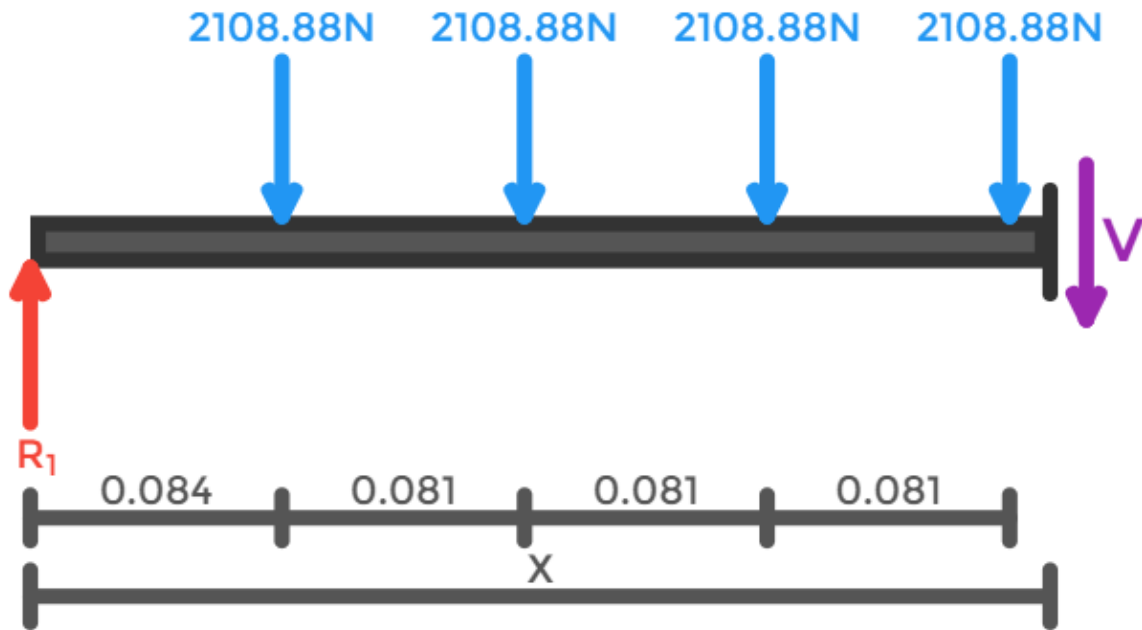


Figura 81 Diagrama de cuerpo libre sección 5
Fuente: Propia.

Para fuerza de corte

$$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - R_1 + V_{(x)} = 0$$

$$V_{(x)} = -5177.4136$$

Para momento flector

$$F_1(x - 0.084) + F_2(x - 0.165) + F_3(x - 0.246) + F_4(x - 0.327) - R_1 x + M_{(x)} = 0$$

$$M_{(x)} = -5177.4136x + 1733.4994$$

Sección 6 ($0.354 \leq x \leq 0.46$)

Resolviendo el equilibrio de fuerzas en la sección

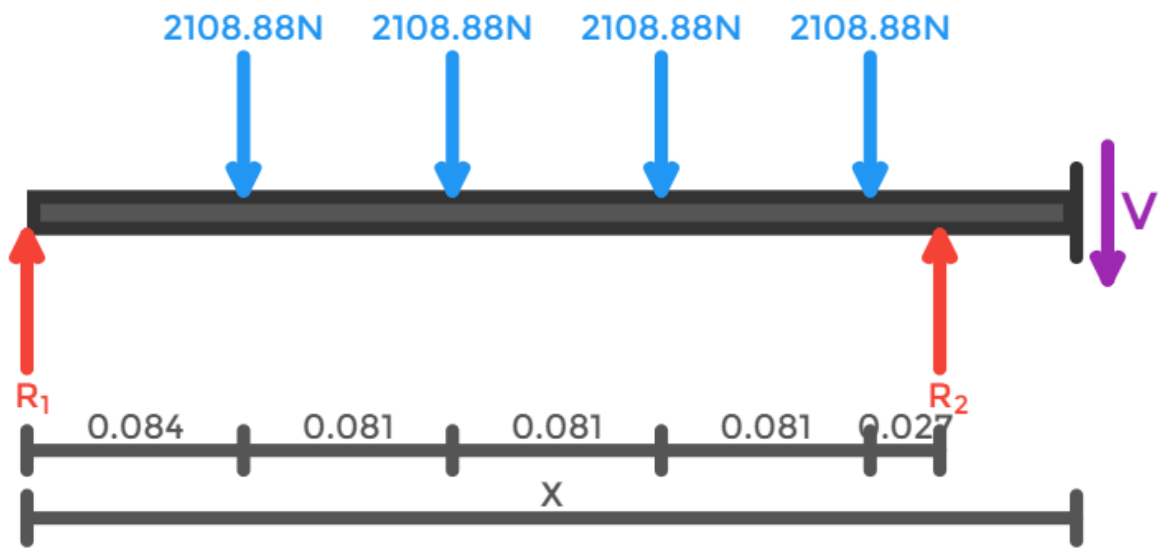


Figura 82 Diagrama de cuerpo libre sección 6
Fuente: Propia.

Para fuerza de corte

$$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 - R_1 - R_2 + V_{(x)} = 0$$

$$V_{(x)} = 936.84$$

Para momento flector

$$F_1(x - 0.084) + F_2(x - 0.165) + F_3(x - 0.246) + F_4(x - 0.327) - R_1x - R_2(x - 0.354) + M_{(x)} = 0$$

$$M_{(x)} = -936.84x - 430.9464$$

Calculadas todas las secciones se procede a graficar los diagramas de fuerzas cortantes y momentos flectores como se observa a continuación:

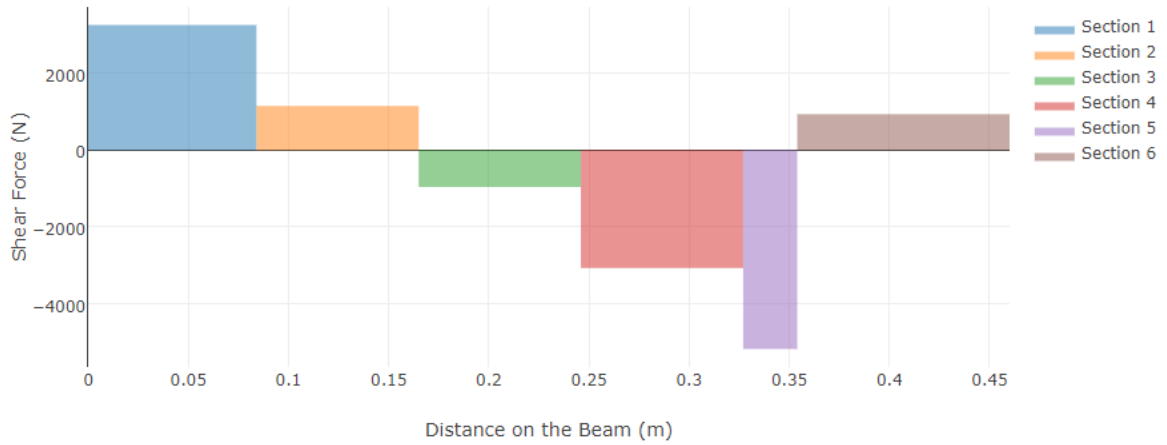


Figura 83 Diagrama de fuerzas cortantes
Fuente: Propia.

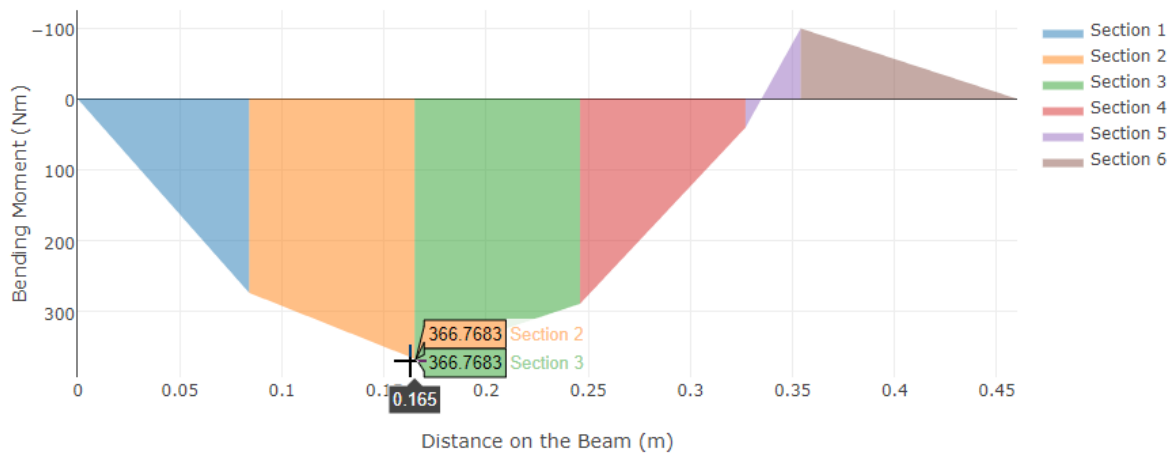


Figura 84 Diagrama de momentos flectores
Fuente: Propia.

Anexo N°13: Planos del molino de martillos

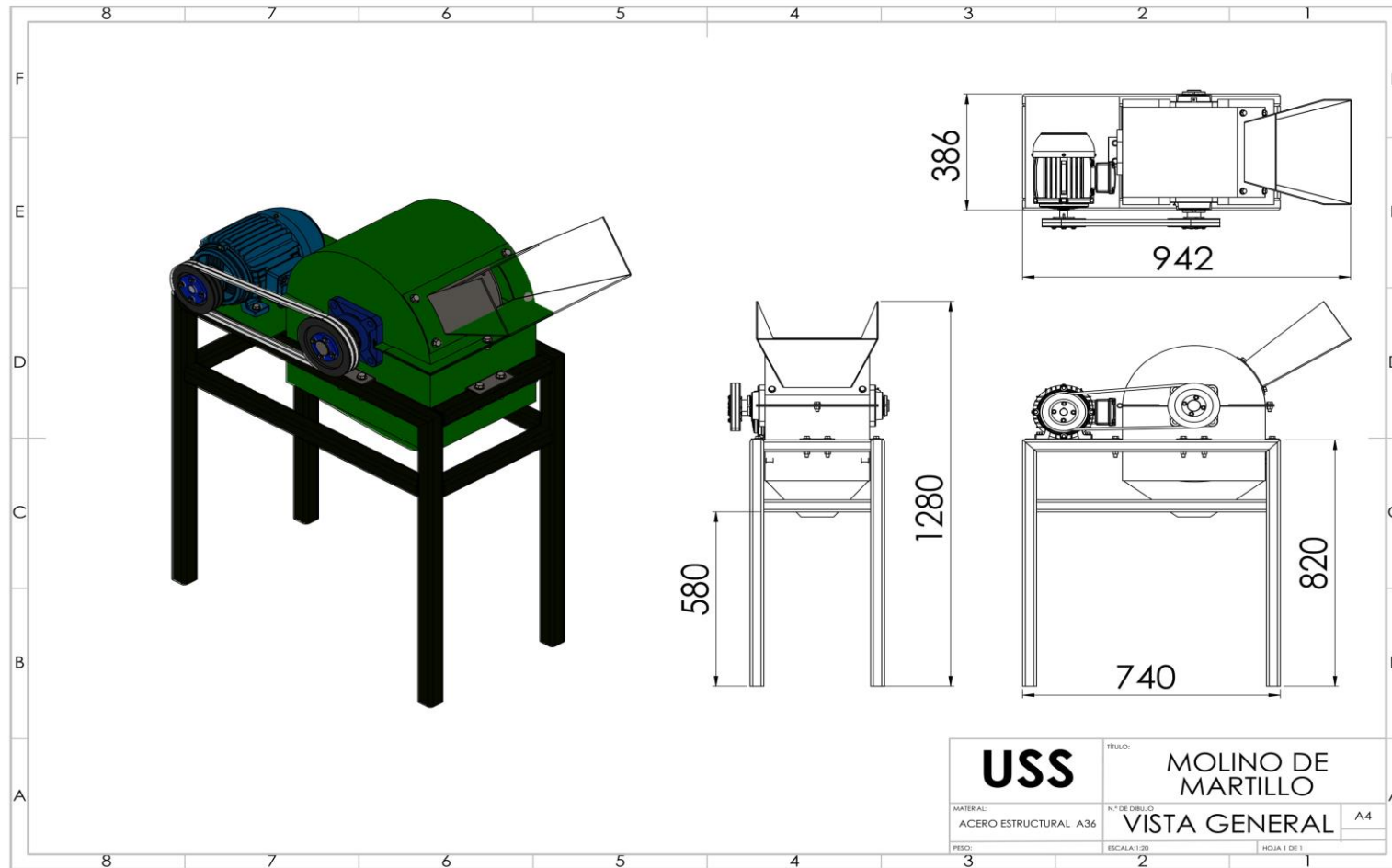


Figura 85 Vista General
Fuente: Propia.

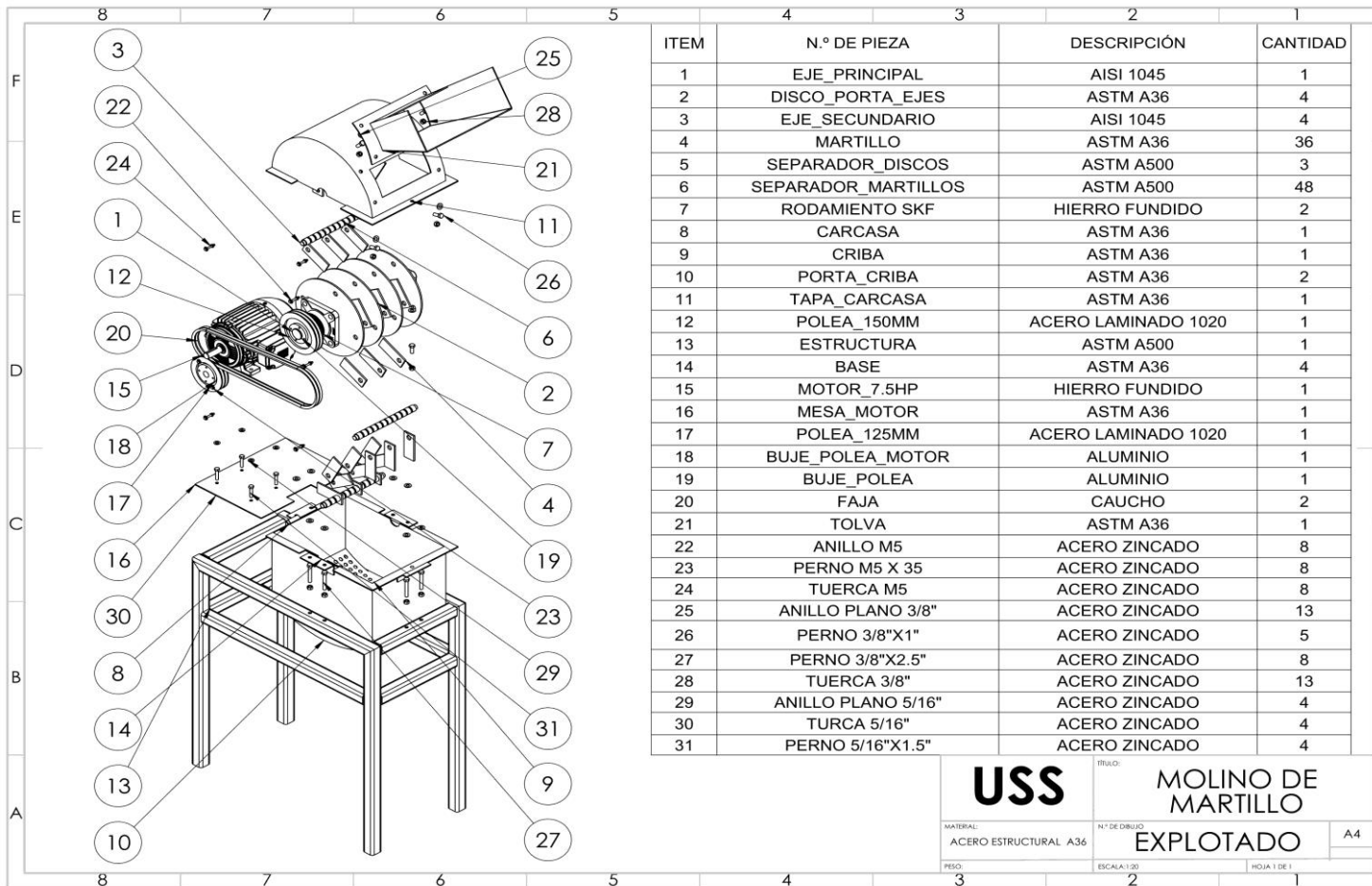


Figura 86 Vista Explotada
Fuente: Propia

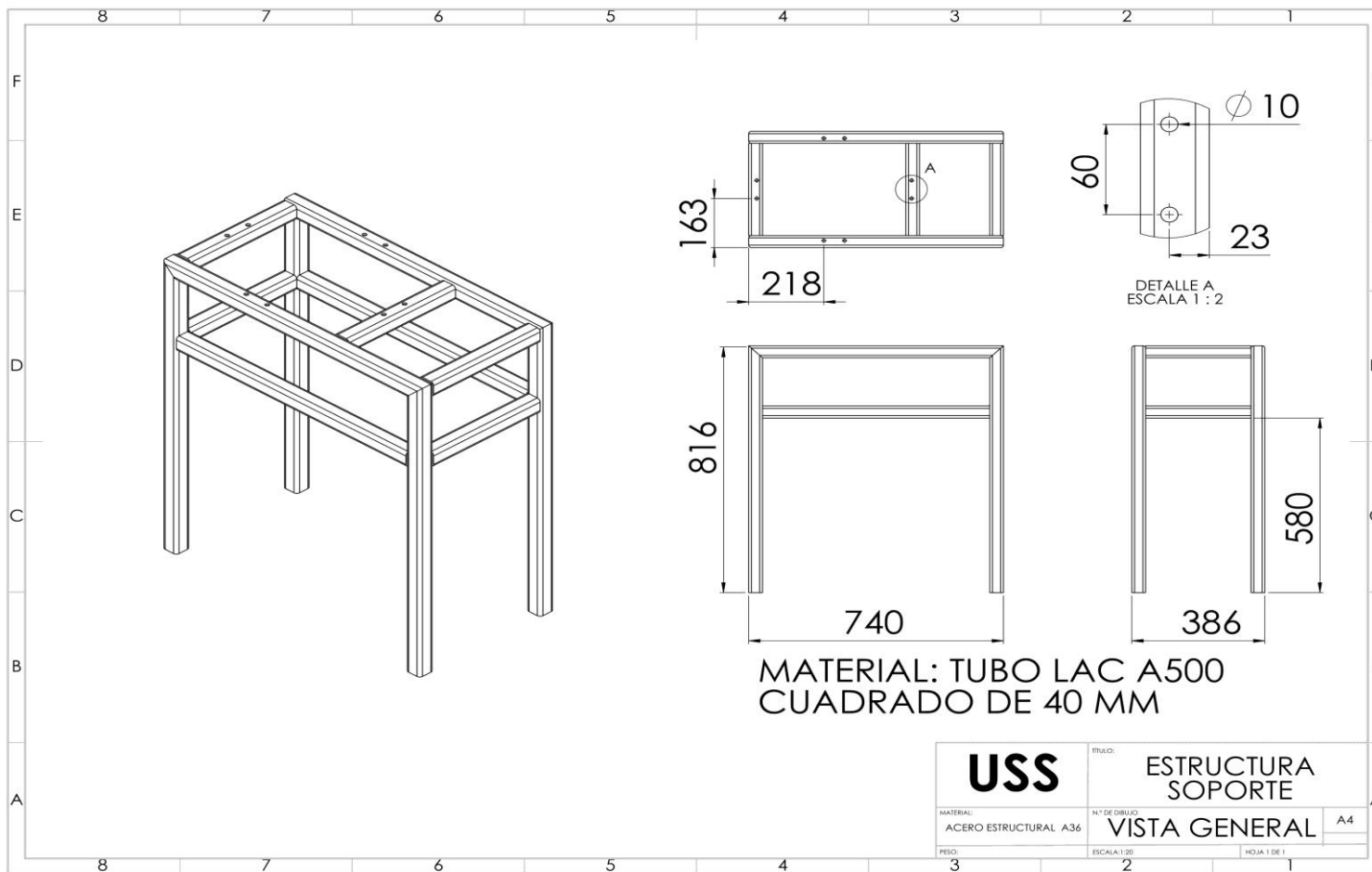


Figura 87 Planos de estructura de soporte
Fuente: Propia.

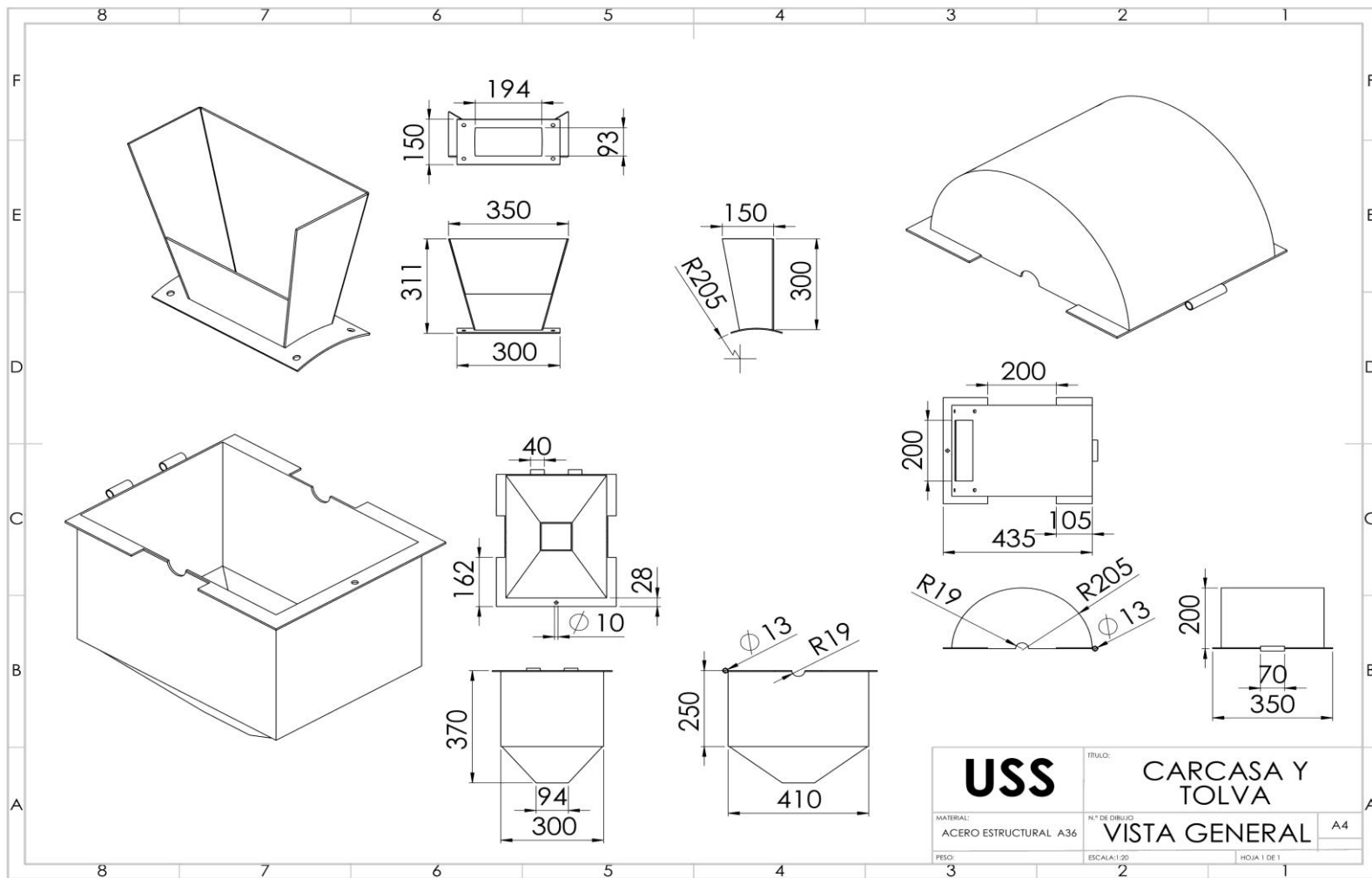


Figura 88 Planos carcasa y tolva
Fuente: Propia.

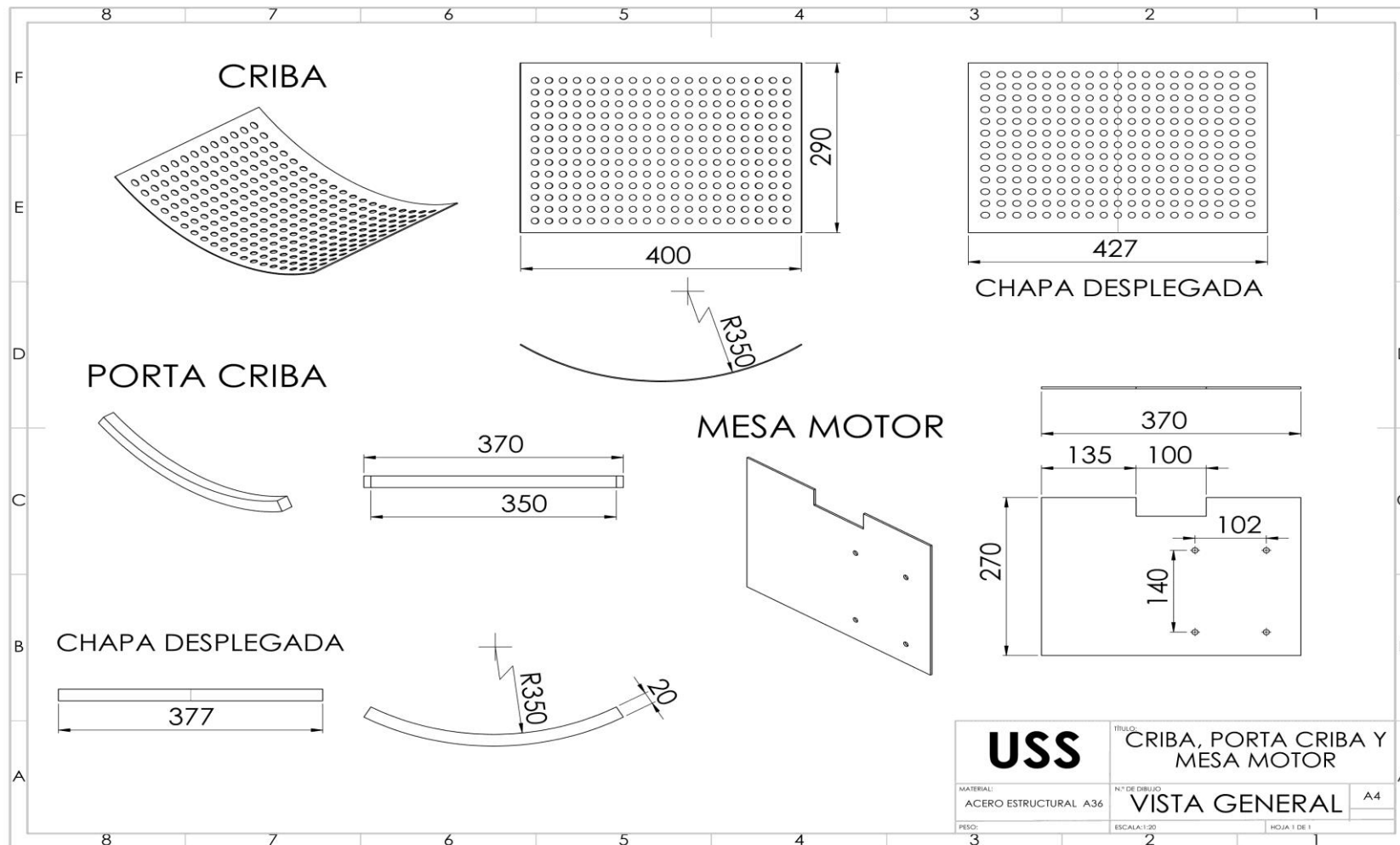


Figura 89 Planos Criba, porta criba y mesa de motor
Fuente: Propi

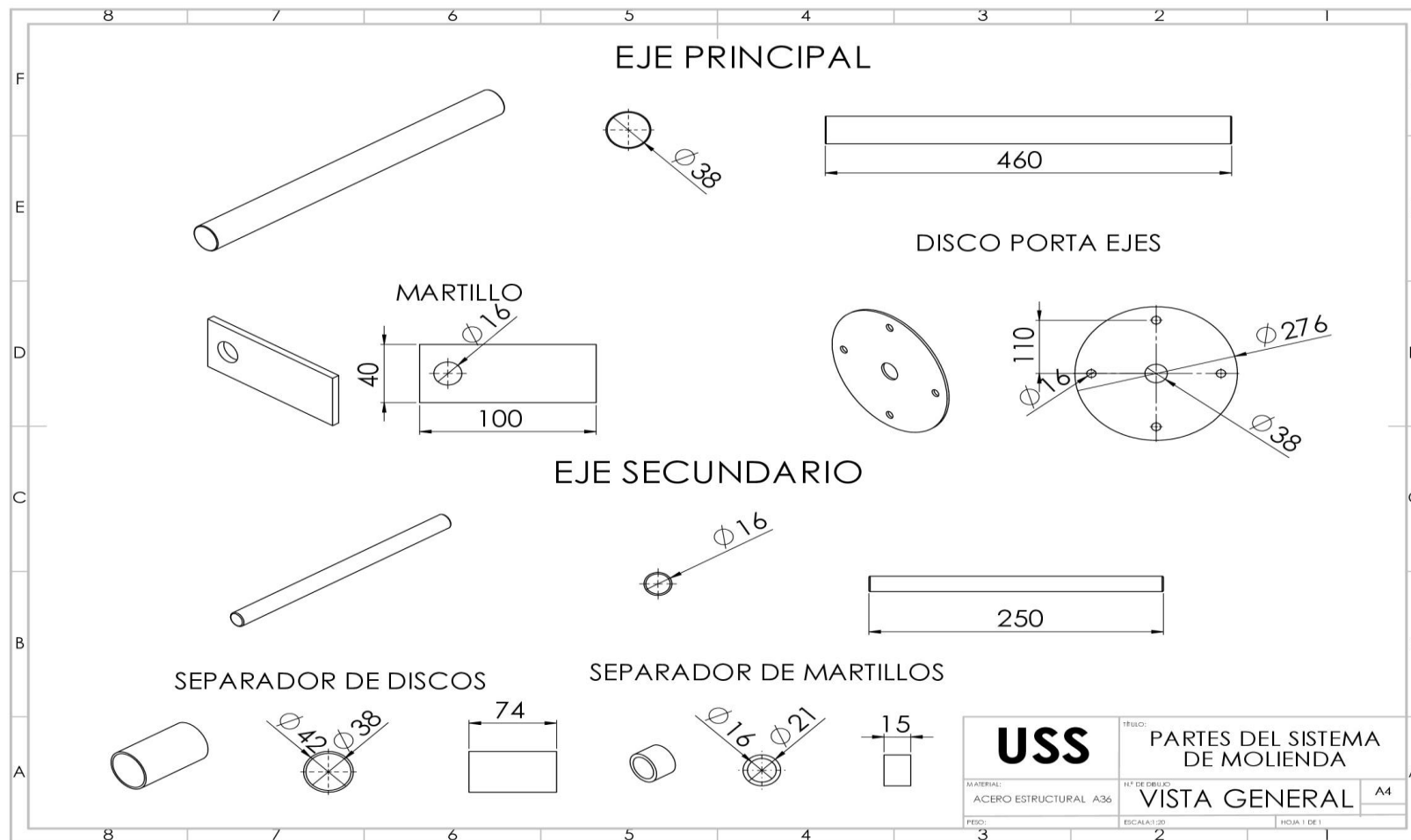


Figura 90 Planos de partes del sistema de molienda
Fuente: Propia.

Anexo N°14: Zonas de análisis de soldadura

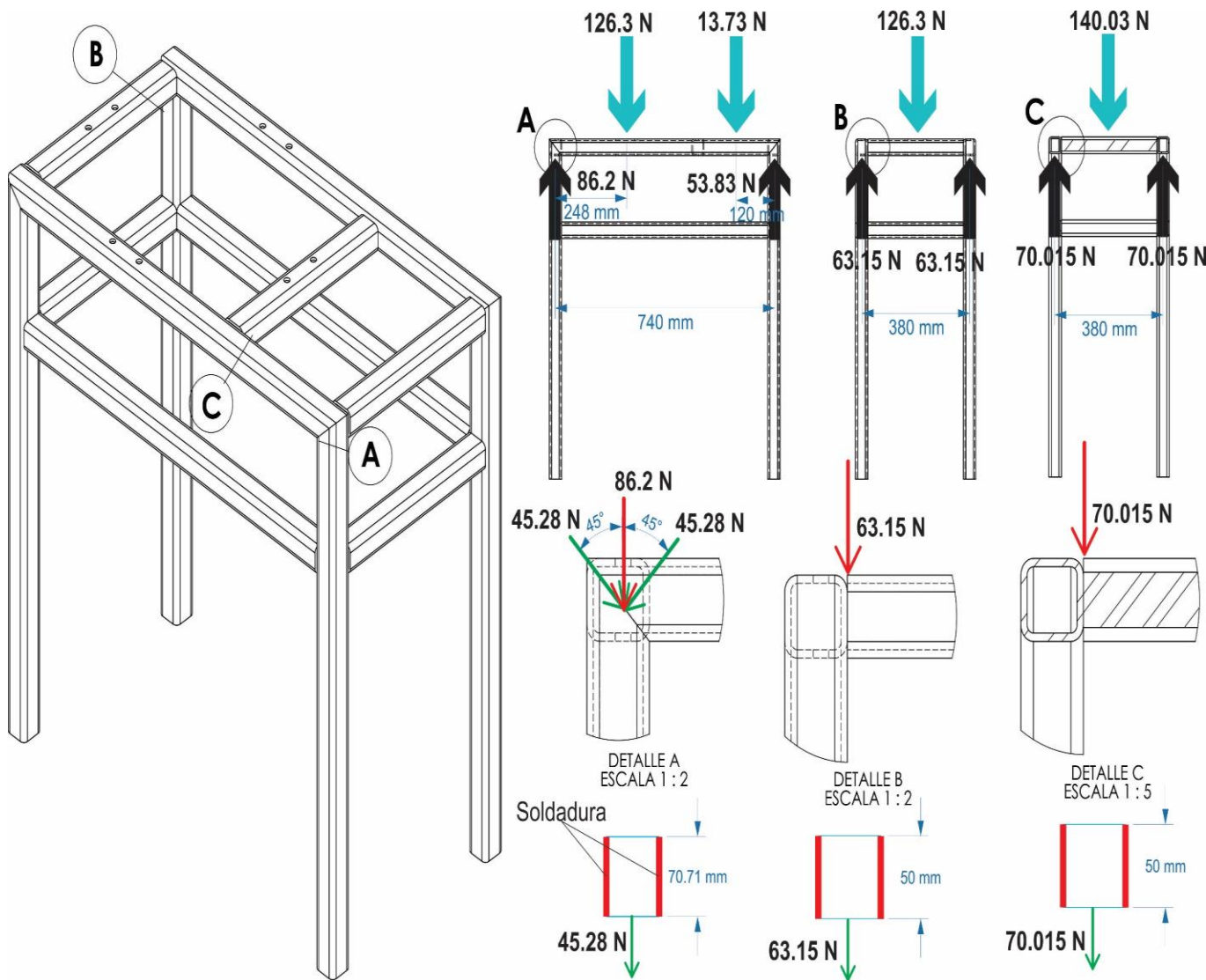


Figura 91 Zonas de análisis de soldadura, Detalle A: DCL y Cargas de la viga principal, Detalle B: DCL y Cargas de la viga Lateral, Detalle C: DCL y Cargas de la viga media
Fuente: Propia.

Anexo N°15: Tablas de Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de

Filete

Programa A: carga permisible para varios tamaños de soldadura de filete								Programa B: tamaño mínimo de soldadura		
Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)										
	60*	70*	80	90*	100	110*	120			
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial										
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0			
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal										
$f =$	12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h			
Tamaño del cateto h, pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal								Espesor del material de la parte unida más gruesa, pulg	Tamaño de la soldadura, pulg
1	12.73	14.85	16.97	19.09	21.21	23.33	25.45	*Hasta $\frac{1}{4}$ inclusive	$\frac{1}{8}$	
7/8	11.14	12.99	14.85	16.70	18.57	20.41	22.27	Mayor que $\frac{1}{4}$ Hasta $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$	
3/4	9.55	11.14	12.73	14.32	15.92	17.50	19.09	Mayor que $\frac{1}{2}$ Hasta $\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	
5/8	7.96	9.28	10.61	11.93	13.27	14.58	15.91	† Mayor que $\frac{3}{4}$ Hasta $1\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$	
1/2	6.37	7.42	8.48	9.54	10.61	11.67	12.73	Mayor que $1\frac{1}{2}$ Hasta $2\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	
7/16	5.57	6.50	7.42	8.35	9.28	10.21	11.14	Mayor que $2\frac{1}{4}$ Hasta 6	$\frac{1}{2}$	
3/8	4.77	5.57	6.36	7.16	7.95	8.75	9.54	Mayor que 6	$\frac{5}{8}$	
5/16	3.98	4.64	5.30	5.97	6.63	7.29	7.95		1	
1/4	3.18	3.71	4.24	4.77	5.30	5.83	6.36			
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77			
1/8	1.59	1.86	2.12	2.39	2.65	2.92	3.18			
1/16	0.795	0.930	1.06	1.19	1.33	1.46	1.59			

*En realidad, las soldaduras de filete fueron ensayadas por el AWS-AWS Task Committee.
 $f = 0.707 h \tau_{perm}$

Fuente: Adaptada de Omer W. Blodgett (ed.), *Stress Allowables Affect Weldment Design*, D412, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland, mayo de 1970.
 Reproducido con autorización de Lincoln Electric Company.

Anexo N°16: Propiedades mecánicas del acero AISI 1010



AISI 1010 Steel, cold drawn

Categories: [Metal](#) / [Ferrous Metal](#) / [Carbon Steel](#) / [AISI 1000 Series Steel](#) / [Low Carbon Steel](#)

Material Notes: Used widely in low strength applications. Good formability, fair machinability, can be hardened by cyaniding. Suitable for magnet core applications

Key Words: UNS G10100

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	105	105	
Hardness, Knoop	123	123	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	60	60	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	108	108	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	365 MPa	52900 psi	
Tensile Strength, Yield	305 MPa	44200 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	In 50 mm
Reduction of Area	40 %	40 %	
Modulus of Elasticity	205 GPa	29700 ksi	Typical for steel
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical For Steel
Machinability	55 %	55 %	Based on AISI 1212 steel, as 100% machinability. Group I bar, rod, and wire products machinability can be improved by cold drawing.
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity	0.000143 ohm-cm	0.000143 ohm-cm	condition unknown
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear 	12.2 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 100 °C	6.78 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 212 °F	
	13.5 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 300 °C	7.50 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 572 °F	
	14.2 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 500 °C	7.89 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 932 °F	
Specific Heat Capacity 	0.448 J/g-°C @Temperature >=100 °C	0.107 BTU/lb-°F @Temperature >=212 °F	condition unknown
	0.498 J/g-°C @Temperature 150 - 200 °C	0.119 BTU/lb-°F @Temperature 302 - 392 °F	
	0.519 J/g-°C @Temperature 200 - 250 °C	0.124 BTU/lb-°F @Temperature 392 - 482 °F	
	0.536 J/g-°C @Temperature 250 - 300 °C	0.128 BTU/lb-°F @Temperature 482 - 572 °F	
	0.565 J/g-°C @Temperature 300 - 350 °C	0.135 BTU/lb-°F @Temperature 572 - 662 °F	
	0.590 J/g-°C @Temperature 350 - 400 °C	0.141 BTU/lb-°F @Temperature 662 - 752 °F	
	0.649 J/g-°C @Temperature 400 - 450 °C	0.155 BTU/lb-°F @Temperature 752 - 842 °F	
	0.729 J/g-°C @Temperature 450 - 500 °C	0.174 BTU/lb-°F @Temperature 842 - 932 °F	
0.825 J/g-°C @Temperature 650 - 700 °C	0.197 BTU/lb-°F @Temperature 1200 - 1290 °F		
Thermal Conductivity	49.8 W/m-K	346 BTU-in/hr-ft ² -°F	Typical steel
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.080 - 0.13 %	0.080 - 0.13 %	
Iron, Fe	99.10 - 99.62 %	99.10 - 99.62 %	As remainder
Manganese, Mn	0.30 - 0.60 %	0.30 - 0.60 %	
Phosphorous, P	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Sulfur, S	<= 0.050 %	<= 0.050 %	

Anexo N°17: Propiedades mecánicas del acero AISI 1018


AISI 1018 Steel, cold drawn

Categories: [Metal](#), [Ferrous Metal](#), [Carbon Steel](#), [AISI 1000 Series Steel](#), [Low Carbon Steel](#)

Material Notes: Medium low-carbon steel, has good weldability and slightly better machinability than the lower carbon steels.

Key Words: carbon steels, AMS 5069, ASTM A108, UNS G10180, AS 1442 K1018 (Australia), AS 1443 K1018, CSN 12020 (Czech), CSN 12022, AFNOR NF A33-101, AF42C20, DIN 1.0453, DIN C16.8, DGH B-301 1018 (Mexico), COPANT 331 1018 (Pan America), COPANT 333 1018, MST.T (Russia), ST.20A, ST.3, ST.3T, GOST M18S, GOST 23570 18ps, GOST 23570 18sp, GOST 5520 18K, GOST 5521 S, NBN 629 D37-2 (Belgium), NBN 630 E37-1, NBN 630 E37-2, NBN A21-221 C17KD, BDS 9801 S (Bulgaria), GB 716 ML3 (China), TS 302 Fe35.2 (Turkey), TS 346 Fe35, BS 970 080A17, DEF STAN95-1-1 C1018

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	126	126	
Hardness, Knoop	145	145	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	71	71	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	131	131	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	440 MPa	63800 psi	
Tensile Strength, Yield	370 MPa	53700 psi	
Elongation at Break	15 %	15 %	In 50 mm
Reduction of Area	40 %	40 %	
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Bulk Modulus	159 GPa	23100 ksi	Estimated from elastic modulus
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical for steel
Machinability	70 %	70 %	Based on AISI 1212 steel, as 100% machinability
Shear Modulus	78.0 GPa	11300 ksi	Estimated from elastic modulus
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity 	0.000159 ohm-cm @Temperature 0.000 °C	0.000159 ohm-cm @Temperature 32.0 °F	annealed condition
	0.000219 ohm-cm @Temperature 100 °C	0.000219 ohm-cm @Temperature 212 °F	annealed condition
	0.000293 ohm-cm @Temperature 200 °C	0.000293 ohm-cm @Temperature 392 °F	annealed condition
Thermal Properties	Metric	English	Comments
Specific Heat Capacity	0.486 J/g-°C @Temperature >>100 °C	0.116 BTU/lb-°F @Temperature >>212 °F	annealed
Thermal Conductivity	51.9 W/m-K	360 BTU-in/hr-ft ² -°F	estimated based on similar materials
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.14 - 0.20 %	0.14 - 0.20 %	
Iron, Fe	98.81 - 99.26 %	98.81 - 99.26 %	As remainder
Manganese, Mn	0.60 - 0.90 %	0.60 - 0.90 %	
Phosphorous, P	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Sulfur, S	<= 0.050 %	<= 0.050 %	

Anexo N°18: Propiedades mecánicas del acero AISI 1020

AISI 1020 Steel, cold rolled

Categories: [Metal](#); [Famous Metal](#); [Carbon Steel](#); [AISI 1000 Series Steel](#); [Low Carbon Steel](#)




Material Notes: 1020 steel responds well to cold work and heat treating. Weldability is fair.

Applications: Shafts, lightly stressed gears, hard wearing surfaces, pins, chains and case hardened parts where core strength is not critical.

1020 is suitable for case hardened parts where core strength is not critical.

Key Words: UNS G10200, AMS 5032, AMS 5045, ASTM A29, ASTM A108, ASTM A510, ASTM A519, ASTM A29, A108, A510, A512, A513, A519, A544, A575 M10120, A576, A635, A659, A827, A830, BS 970 040A20, 050A20 (En2C), 050A20 (En2D), 060A20, BS 970 Part 1 070M20, DEF STAN95-1-1 C1020, SAE J412, SAE J414, DIN 1.0402, AFNOR CC 20, UNI C 20, SS14 1450 (Sweden), SAE J403

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.87 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	121	121	
Hardness, Knoop	140	140	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	68	68	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	126	126	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	420 MPa	60900 psi	
Tensile Strength, Yield	350 MPa	50800 psi	
Elongation at Break	15 %	15 %	In 50 mm
Reduction of Area	40 %	40 %	
Modulus of Elasticity	186 GPa	27000 ksi	
Bulk Modulus	148 GPa	21500 ksi	calculated from elastic modulus and Poisson's ratio
Poissons Ratio	0.29	0.29	
Machinability	65 %	65 %	Based on AISI 1212 steel, as 100% machinability
Shear Modulus	72.0 GPa	10400 ksi	calculated from elastic modulus and Poisson's ratio
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity 	0.0000159 ohm-cm @Temperature 0.000 °C	0.0000159 ohm-cm @Temperature 32.0 °F	condition unknown
	0.0000219 ohm-cm @Temperature 100 °C	0.0000219 ohm-cm @Temperature 212 °F	condition unknown
	0.0000292 ohm-cm @Temperature 200 °C	0.0000292 ohm-cm @Temperature 392 °F	condition unknown
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear 	11.7 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 100 °C	6.50 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 212 °F	
	12.8 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 300 °C	7.11 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 572 °F	
	13.9 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 500 °C	7.72 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 932 °F	
Specific Heat Capacity 	0.486 J/g-°C @Temperature >=100 °C	0.116 BTU/lb-°F @Temperature >=212 °F	condition unknown
	0.519 J/g-°C @Temperature 150 - 200 °C	0.124 BTU/lb-°F @Temperature 302 - 392 °F	
	0.599 J/g-°C @Temperature 350 - 400 °C	0.143 BTU/lb-°F @Temperature 662 - 752 °F	
Thermal Conductivity	61.9 W/m-K	360 BTU-in/hr-ft ² -F	Typical steel
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.17 - 0.23 %	0.17 - 0.23 %	
Iron, Fe	99.08 - 99.53 %	99.08 - 99.53 %	As remainder
Manganese, Mn	0.30 - 0.60 %	0.30 - 0.60 %	
Phosphorous, P	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Sulfur, S	<= 0.050 %	<= 0.050 %	

Anexo N°19: Propiedades mecánicas del acero AISI 1045


AISI 1045 Steel, cold drawn, 19-32 mm (0.75-1.25 in) round

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [Carbon Steel](#); [AISI 1000 Series Steel](#); [Medium Carbon Steel](#)

Material Notes: Medium-carbon steel, can be hammer forged. Can be heat treated, flame or induction hardened, but not recommended for carburizing or cyaniding. AISI cross reference for JIS S45C and KS SMM45C.

Key Words: AFNOR NF A35-553 XC45, AFNOR NF A35-554 XC48, DIN 1654 1.1192, DIN 1654 Cq45, DIN 17200 1.0503, AFNOR XC42, AFNOR XC42TS, AFNOR XC48TS, AFNOR NF A33-101 AF65C45, AFNOR NF A35-552 XC48H1, UNS G10450, ASTM A29, ASTM A108, ASTM A266 Class 3, ASTM A304, ASTM A311, ASTM A510, ASTM A519, AS 1442 K1045 (Australia), AS 1442 S1046, AS 1443 K1046, AS 1443 S1046, AS 1446 K1046, AS 1446 S1046, ASTM A568, ASTM A576, ASTM A682, ASTM A827, ASTM A830, FED QQ-S-635, FED QQ-S-700, FED QQ-W-461, MIL S-24093, MIL S-3039, BDS 6354 45G2A, BDS 6354 45G2K2, BDS 6354 45G2K3, GB 3078 45 (China), GB 3088 45, GB 699 45, YB 6 45B, DIN 17200 1.1191, DIN 17200 1.1201, DIN 17200 C45, DIN 17200 CK45, DIN 17200 Cm45, DIN 17200 GS-CK45, DIN 17212 1.1193, MIL S-46070, SAE J1397, SAE J403, SAE J412, BS 970 Part 1 060A47 (U.K.), BS 970 Part 1 080A47, BS 970 Part 1 080M46, NBN 253-02 C45-3, NBN 253-06 C46, BDS 3492 45LI (Bulgaria), BDS 3492 45LII, BDS 3492 45LIII, BDS 5785 45, BDS 6354 45G2, ONORM M3108 C45SW (Austria), ONORM M3110 RC45, ONORM M3161 C46, NBN 253-02 C45-1 (Belgium), NBN 253-02 C45-2

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties			
	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	179	179	
Hardness, Knoop	200	200	Converted from Brinell
Hardness, Rockwell B	88	88	Converted from Brinell
Hardness, Vickers	188	188	Converted from Brinell
Tensile Strength, Ultimate	625 MPa	90600 psi	
Tensile Strength, Yield	530 MPa	76900 psi	
Elongation at Break	12 %	12 %	In 50 mm
Reduction of Area	35 %	35 %	
Modulus of Elasticity	206 GPa	29900 ksi	
Bulk Modulus	163 GPa	23600 ksi	Estimated from elastic modulus
Poissons Ratio	0.29	0.29	Typical for steel
Machinability	55 %	55 %	Based on AISI 1212 steel, as 100% machinability
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Estimated from elastic modulus
Electrical Properties			
	Metric	English	Comments
Electrical Resistivity 	0.000162 ohm-cm @Temperature 20.0 °C	0.000162 ohm-cm @Temperature 32.0 °F	annealed specimen
	0.000223 ohm-cm @Temperature 100 °C	0.000223 ohm-cm @Temperature 212 °F	annealed specimen
Thermal Properties			
	Metric	English	Comments
CTE, linear 	11.5 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 100 °C	6.39 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 212 °F	
	13.0 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 300 °C	7.22 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 572 °F	
	14.0 µm/m-°C @Temperature 0.000 - 500 °C	7.78 µin/in-°F @Temperature 32.0 - 932 °F	
Specific Heat Capacity 	0.486 J/g-°C @Temperature >=100 °C	0.116 BTU/lb-°F @Temperature >=212 °F	annealed
	0.519 J/g-°C @Temperature 150 - 200 °C	0.124 BTU/lb-°F @Temperature 302 - 392 °F	
	0.586 J/g-°C @Temperature 350 - 400 °C	0.140 BTU/lb-°F @Temperature 662 - 752 °F	
Thermal Conductivity	49.8 W/m-K	346 BTU-in/hr-ft ² -°F	Typical steel
Component Elements Properties			
	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.42 - 0.50 %	0.42 - 0.50 %	
Iron, Fe	99.51 - 99.99 %	99.51 - 99.99 %	As remainder
Manganese, Mn	0.60 - 0.90 %	0.60 - 0.90 %	
Phosphorous, P	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Sulfur, S	<= 0.050 %	<= 0.050 %	

Anexo N°20: Código de GUI para diseño a fatiga del eje principal

```
function varargout = GUI_A_FATIGA(varargin)
% GUI_A_FATIGA MATLAB code for GUI_A_FATIGA.fig
%   GUI_A_FATIGA, by itself, creates a new GUI_A_FATIGA or raises the
existing
%   singleton*.
%
%   H = GUI_A_FATIGA returns the handle to a new GUI_A_FATIGA or the
handle to
%   the existing singleton*.
%
%   GUI_A_FATIGA('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the
local
%   function named CALLBACK in GUI_A_FATIGA.M with the given input
arguments.
%
%   GUI_A_FATIGA('Property','Value',...) creates a new GUI_A_FATIGA or
raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs
are
%   applied to the GUI before GUI_A_FATIGA_OpeningFcn gets called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property
application
%   stop. All inputs are passed to GUI_A_FATIGA_OpeningFcn via
varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help GUI_A_FATIGA

% Last Modified by GUIDE v2.5 12-Jul-2018 12:30:42

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @GUI_A_FATIGA_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @GUI_A_FATIGA_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before GUI_A_FATIGA is made visible.
function GUI_A_FATIGA_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
```

```

% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to GUI_A_FATIGA (see VARARGIN)

% Choose default command line output for GUI_A_FATIGA
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes GUI_A_FATIGA wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = GUI_A_FATIGA_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
M=get(handles.edit1, 'String');
T=get(handles.edit2, 'String');
ka=get(handles.edit3, 'String');
kb=get(handles.edit4, 'String');
kc=get(handles.edit5, 'String');
kd=get(handles.edit6, 'String');
ke=get(handles.edit9, 'String');
kf=get(handles.edit7, 'String');
Kf=get(handles.edit8, 'String');
Kfs=get(handles.edit10, 'String');
Sy1=get(handles.edit11, 'String');
Sy2=get(handles.edit12, 'String');
Sy3=get(handles.edit13, 'String');
Sy4=get(handles.edit14, 'String');
Su1=get(handles.edit15, 'String');
Su2=get(handles.edit16, 'String');
Su3=get(handles.edit17, 'String');
Su4=get(handles.edit18, 'String');
M=str2double(M);
T=str2double(T);
ka=str2double(ka);
kb=str2double(kb);
kc=str2double(kc);
kd=str2double(kd);
ke=str2double(ke);
kf=str2double(kf);
Kf=str2double(Kf);
Kfs=str2double(Kfs);

```

```

Sy1=str2double(Sy1);
Sy2=str2double(Sy2);
Sy3=str2double(Sy3);
Sy4=str2double(Sy4);
Su1=str2double(Su1);
Su2=str2double(Su2);
Su3=str2double(Su3);
Su4=str2double(Su4);
Sy=[Sy1 Sy2 Sy3 Sy4];
Su=[Su1 Su2 Su3 Su4];
F=0:0.1:10;
%CALCULO DE PARAMETRIZACION
axes(handles.axes1)
for k=1:length(Sy)
    Se_prim=0.5*Su(k);
    Se=ka*kb*kc*kd*ke*kf*Se_prim; %Ec. 6-18, Shingley, 8 Ed
% CRITERIO DE FALLA POR ASME ELIPTICA
    Ta=0;
    Mm=0;

D=((16*F/pi)*((4*(Kf*M/(Se*10^6))^2)+(3*(Kfs*Ta/(Se*10^6))^2)+(4*(Kf*Mm/(
Sy(k)*10^6))^2)+(3*(Kfs*T/(Sy(k)*10^6))^2)).^(1/2)).^(1/3); %Ec.7-12,
Shigey, 8 Ed
    plot(D,F)
        hold on
            xlabel('Diametro del eje(m)')
            ylabel('Factor de seguridad(Adm)')
            title('Diseño Parametrico a Fatiga')
            legend('Acero AISI 1010','Acero AISI 1018','Acero AISI 1020','Acero
AISI 1045')
        end
    hold off
    grid on
    [x,y]=ginput(1);
    D=x;
    F=y;
    gtext({num2str(D),num2str(F)})
    set(handles.edit21,'String',D)
    set(handles.edit22,'String',F)

```

Anexo N°20: Código de GUI para selección de potencia del motor

```
function varargout = Pot_motor(varargin)
% POT_MOTOR MATLAB code for Pot_motor.fig
% POT_MOTOR, by itself, creates a new POT_MOTOR or raises the
existing
% singleton*.
%
% H = POT_MOTOR returns the handle to a new POT_MOTOR or the handle
to
% the existing singleton*.
%
% POT_MOTOR('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the
local
% function named CALLBACK in POT_MOTOR.M with the given input
arguments.
%
% POT_MOTOR('Property','Value',...) creates a new POT_MOTOR or
raises the
% existing singleton*. Starting from the left, property value pairs
are
% applied to the GUI before Pot_motor_OpeningFcn gets called. An
% unrecognized property name or invalid value makes property
application
% stop. All inputs are passed to Pot_motor_OpeningFcn via varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
one
% instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help Pot_motor

% Last Modified by GUIDE v2.5 12-Jul-2018 15:19:31

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name', mfilename, ...
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Pot_motor_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @Pot_motor_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...
                  'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Pot_motor is made visible.
function Pot_motor_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject handle to figure
```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin command line arguments to Pot_motor (see VARARGIN)

% Choose default command line output for Pot_motor
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Pot_motor wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Pot_motor_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
Fc = get(handles.edit1, 'String');
Lm = get(handles.edit2, 'String');
Er = get(handles.edit4, 'String');
mg = get(handles.edit3, 'String');
dm = get(handles.edit5, 'String');
d1 = get(handles.edit6, 'String');
d2 = get(handles.edit8, 'String');
%db = get(handles.edit14, 'String');
R = get(handles.edit10, 'String');
f = get(handles.edit7, 'String');
n = get(handles.edit11, 'String');
nm = get(handles.edit12, 'String');
k = get(handles.edit13, 'String');
fm = get(handles.edit14, 'String');
Fc=str2double(Fc);
Lm=str2double(Lm);
Er=str2double(Er);
mg=str2double(mg);
dm=str2double(dm);
d1=str2double(d1);
d2=str2double(d2);
%db=str2double(db);
R=str2double(R);
f=str2double(f);
n=str2double(n);
nm=str2double(nm);
k=str2double(k);
fm=str2double(fm);
Lm1=get(handles.edit15, 'String');
Lm2=get(handles.edit16, 'String');

```

```

Lm3=get(handles.edit18,'String');
Lm4=get(handles.edit17,'String');
Lm1=str2double(Lm1);
Lm2=str2double(Lm2);
Lm3=str2double(Lm3);
Lm4=str2double(Lm4);
em=0.0047; % (m) Espesor del martillo
P=4444.45; % Cantidad de granos en un kg
Fmax=0:10:600; % (kg/h) Capacidad maxima de molienda
N = 3000;
% OPERACIONES
Lm = [Lm1 Lm2 Lm3 Lm4];
alfa=((N*2*pi)/60).^2/(2*2*pi); % (rad/s^2) Aceleracion angular del
martillo
mm=(3*Fc)./(alfa*Lm); % Masa del martillo
M=Fc*Lm; % (N.m) Momento o Torque
I=(1/3)*mm.*Lm.^2; % (kg.m^2) Momento de inercia de masa
Mm=(3*Fc*120)./(N*Lm); % Momento de inercia del martillo
Vt=sqrt(2*Er/mg); % (rad/s) Velocidad tangencial
r=(30*Vt)./(N*pi); % (m) Radio de giro
a=mm./(dm*Lm*em); % (m) Ancho del martillo
i=d1/d2; % (Adim) Grado de desmenuzamiento
for c=1:length(Lm)
Ps=((3*Fc)./((((N*2*pi)/60).^2/(2*2*pi))*Lm(c)))*((R)^2)*(N^3)*(((Fmax*P
)/(N*60))*i))*f/(8*100000*n*nm); % (HP) Potencia necesaria sin carga
Pt=(Fmax/100)*k*fm*((1/(d2*100)-(1/(d1*100)))); % (HP) Potencia necesaria
con carga
PT = (Ps+Pt);
plot(Fmax,PT)
hold on
xlabel('Capacidad de Molienda (Kg/h)')
ylabel('Potencia (HP)')
title('Diseño Parametrico')
legend(['Longitud del martillo ', num2str(Lm1)] ,['Longitud del
martillo ', num2str(Lm2)],['Longitud del martillo ', num2str(Lm3)]...
,['Longitud del martillo ', num2str(Lm4)],'Location','northwest')
end
hold off
grid
[x,y] = ginput(1);
Fmax=x;
PT=y;
gtext({num2str(Fmax),num2str(PT)})
set(handles.edit19, 'String', Fmax);
set(handles.edit20, 'String', PT);

```

Anexo N°21: Código de GUI para diseño a carga estática del eje principal

```
function varargout = analisis_estatico(varargin)
% ANALISIS_ESTATICO MATLAB code for analisis_estatico.fig
%   ANALISIS_ESTATICO, by itself, creates a new ANALISIS_ESTATICO or
raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = ANALISIS_ESTATICO returns the handle to a new
ANALISIS_ESTATICO or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   ANALISIS_ESTATICO('CALLBACK', hObject, eventData, handles,...) calls
the local
%   function named CALLBACK in ANALISIS_ESTATICO.M with the given
input arguments.
%
%   ANALISIS_ESTATICO('Property','Value',...) creates a new
ANALISIS_ESTATICO or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs
are
%   applied to the GUI before analisis_estatico_OpeningFcn gets
called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property
application
%   stop. All inputs are passed to analisis_estatico_OpeningFcn via
varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help analisis_estatico

% Last Modified by GUIDE v2.5 11-Jul-2018 16:30:23

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @analisis_estatico_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @analisis_estatico_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before analisis_estatico is made visible.
```

```

function analisis_estatico_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to analisis_estatico (see VARARGIN)

% Choose default command line output for analisis_estatico
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes analisis_estatico wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = analisis_estatico_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
M = get(handles.edit1, 'String');
T = get(handles.edit2, 'String');
Sy1 = get(handles.edit3, 'String');
Sy2 = get(handles.edit4, 'String');
Sy3 = get(handles.edit5, 'String');
Sy4 = get(handles.edit6, 'String');
M = str2double(M);
T = str2double(T);
Sy1 = str2double(Sy1);
Sy2 = str2double(Sy2);
Sy3 = str2double(Sy3);
Sy4 = str2double(Sy4);
%CALCULOS DE ANALISIS ESTATICO
axes(handles.axes1)
F = 0:0.1:10;
Sy = [Sy1 Sy2 Sy3 Sy4];%(Pa) Esfuerzos de fluencia
for k=1:length(Sy)
    D=(( (F/ (Sy(k)*10^6)).^2)*(((32*M)/pi)^2+3*(16*T/pi)^2)).^(1/6)
    plot(D,F)
    hold on
    xlabel('Diametro del eje(m)')
    ylabel('Factor de seguridad(Adm)')
    title('Diseño paramétrico por carga estática')
    legend('Acero AISI 1010', 'Acero AISI 1018', 'Acero AISI 1020', 'Acero
    AISI 1045')

```



```
end
hold off
grid on
[x,y] = ginput(1);
D = x;
F = y;
gtext({num2str(D), num2str(F)})
set(handles.edit7, 'String', D)
set(handles.edit8, 'String', F)
```