



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

DISEÑO DE UN MOLINO TRITURADOR DE GRANOS

*TESIS PROFESIONAL QUE
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA*

PRESENTA

DAVID SOLÍS BARRERA

ASESOR

M.en I. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO

2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES
de la F.E.S. Cuautitlán.

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Diseño de un molino triturador de granos

Que presenta el pasante: DAVID SOLÍS BARRERA

Con número de cuenta: 31131272-2 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 09 de Octubre de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIERMA
PRESIDENTE	Ing. Otilio Gómez Alcántara	
VOCAL	M. en I. Armando Morales	
SECRETARIO	M. en I. Felipe Díaz Del Castillo Rodríguez	
1er. SUPLENTE	Dr. Rolando Cortés Montes De Oca	
2do. SUPLENTE	Ing. Pedro Leyva Jiménez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco a Dios por darme la dicha de poder enfrentar retos como estos y poder conseguir los resultados que quiero, por darme esa fuerza para lograr todo lo que hice para convertirme en lo que estoy a punto de ser, un Ingeniero.

A mis padres Cristóbal Solís Uribe y Verónica Barrera Moreno, por su amor, sacrificio motivación y apoyo durante todo este tiempo. Por soportar mi mal humor y aun así estar ahí, por aguantar mi rebeldía y seguir motivándome a continuar. Jamás podré pagar todo esto que hicieron por mí. Son los mejores padres del mundo y me siento orgulloso de tenerlos.

A mis hermanos Cristóbal y Daniel, que estuvieron apoyándome en lo que podían, por ayudarme a ser mejor persona, para poder cumplir este reto.

A mis amigos Leonardo Vargas, Cynthia Rodríguez y Jair Torres, por el apoyo incondicional en mi estancia dentro de la Facultad, por hacer los momentos difíciles no tan cansados.

A mi asesor Felipe Díaz del Castillo Rodríguez, quien a lo largo de la carrera, hizo despertar el amor y la pasión por la ingeniería, a través de esa enseñanza tan buena y peculiar que solo tiene el, por sus grandes consejos y su gran disposición para lograr esto.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por permitirme desarrollarme de manera intelectual y profesional a lo largo de mi estancia en la misma. Me siento orgulloso de ser egresado de esta facultad.

David Solís Barrera

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVO GENERAL:	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	3

CAPÍTULO 1

PANORAMA GENERAL

1.1	¿Qué es un Molino?.....	4
1.2	Tipos de Molinos.....	4
1.2.1	Molino de Viento	4
1.2.2	Molino de Rodillos.....	5
1.2.3	Molino de martillos	6
1.2.4	Partes Constitutivas de un Molino de Martillos	7
1.3	Máquinas trituradoras de grano en el mercado	8
1.3.1	Tritrador de grano seco mod. PD65RM Cuello de Ganso.....	8
1.3.2	Tritradora y picadora de forraje o molino de granos con motor Briggs and Stratton de 6 hp	9

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1	Marco Teórico.....	11
2.1.1	Generalidades	11
2.1.2	Etapas de Trituración	12
2.1.3	Tamaños de Partículas.....	12
2.2	Planteamiento del problema	13
2.2.1	Definición del problema.....	13
2.2.2	Especificaciones del proyecto	13

CAPÍTULO 3

DISEÑO CONCEPTUAL

3.1	Análisis funcional.....	16
3.1.1	Interfaz Hombre-máquina	17
3.1.2	Sistema de admisión de grano	17
3.1.3	Sistema de corte	18
3.1.4	Sistema de tracción.....	18
3.1.5	Sistema de alimentación.....	18
3.2	Metodología de diseño	18
3.2.1	Generación de alternativas	18
3.2.2	Alternativas generadas	20
3.2.3	Alternativas seleccionadas	288

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE MATERIALIZACIÓN

4.1	Capacidad de Molienda.....	299
4.2	Diseño de los martillos.....	333
4.2.1	Energía Potencial.....	333
4.2.2	Energía cinética.....	366
4.2.3	Cálculo de radio de giro	377
4.3	Diseño de Disco porta martillo.....	388
4.4	Diseño del separador de martillo.....	40
4.5	Diseño del perno.....	411
4.6	Diseño del separador de discos	422
4.7	Diseño del eje.....	433
4.7.1	Momento de torsión	433
4.7.2	Esfuerzo cortante.....	433

4.7.3	Dimensión del cuñero.....	444
4.7.4	Cálculo de las masas de los elementos de la máquina.....	454
4.7.5	Momento flexionante	466
4.7.6	Esfuerzo Flexionante:.....	476
4.7.7	Potencia del motor:.....	487
4.8	Selección de rodamientos.....	499
4.9	Diseño de las paredes	50
4.10	Selección de bandas	51

CAPÍTULO 5

DIBUJOS DE DETALLE

5.1.	Principio de funcionamiento	52
------	-----------------------------------	----

CONCLUSIONES	82
---------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	83
---------------------------	----

ANEXOS	84
---------------------	----

INTRODUCCIÓN

La técnica de la molienda ha tomado en la industria, desde hace algunos años, una importancia cada vez más grande. Numerosos productos, que anteriormente podían ser utilizados en estado bruto o fragmentado, son hoy en día finamente pulverizados antes de ser tratados.

Además, la molienda se ha convertido en una fase cuyo control resulta esencial por el impacto tan favorable que puede tener sobre factores tan importantes en un proceso productivo como son la calidad del producto terminado, el aumento de la productividad y la disminución de los costos de producción.

Dentro de la gran diversidad de industrias que requieren para su funcionamiento tratar con productos triturados (industrias que abarcan desde el ramo de la construcción hasta el alimentario), la molienda toma una especial importancia en el ramo de la fabricación de materiales cerámicos para la construcción.

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

Durante el proyecto se abordaran subtemas diferentes relacionados al diseño de la máquina como son el diseño conceptual, de materialización y validación de componentes. En dichos capítulos se explicará los objetivos a cumplir, justificación, metodología de diseño, cálculo de esfuerzos, etc.

En este trabajo se presenta el diseño de un molino triturador de grano capaz de triturar hasta 18 ton/ día, dato que parte de la necesidad de ranchos en México y personas dedicadas a la engorda de ganado. Dicha máquina contará con diferentes cribas o rendijas con el fin de regular el tamaño del producto triturado.

JUSTIFICACIÓN

Dada la situación que se presenta en muchos negocios y ranchos dedicados a la engorda del ganado, es evidente la falta de inversión en maquinaria con el fin de aumentar la producción. Muchas veces pueden tener máquinas rudimentarias u obsoletas, sin embargo las personas dedicadas a esto se empiezan a ver en la necesidad de invertir en procesos más sofisticados, así como maquinaria nueva.

La realización de este proyecto se justifica desde el punto de vista ingenieril, ya que el diseño de un molino requiere criterios y parámetros de diseño importantes que son necesarios para el óptimo funcionamiento. De igual manera porque una de las maneras de mejorar la producción y aumentar la competencia en el mercado, es llevar a cabo dicha renovación.

Por lo mencionado, la importancia de este proyecto es alta, ya que por un lado se reafirman y aplican conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera, así como el cliente que disponga de este molino, optimizará el proceso de trituración de grano y por ende aumentando la producción del ganado.

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar un molino triturador de grano para grado alimenticio ocupado en negocios y ranchos dedicados a la engorda del ganado con la finalidad de aumentar la producción del mismo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Diseñar una tolva de admisión que permita agregar el producto a triturar de manera adecuada.
- Diseñar cortadores adecuados, capaces de poder triturar con facilidad el maíz, sorgo, trigo, y los demás granos utilizados para la alimentación del ganado.
- Diseñar discos porta cortadores capaces de soportar los esfuerzos provocados por los cortadores.
- Diseñar un mecanismo de control adecuado para transmitir el movimiento y así poder darle tracción a la máquina.
- Diseñar una estructura capaz de soportar los esfuerzos generados.

CAPÍTULO 1

PANORAMA GENERAL

1.1 ¿Qué es un Molino?

Según la definición del diccionario de la Real Academia de la Lengua, un molino es “una máquina o artefacto que sirve para moler granos por medio de cierta fuerza producida por el viento, hombre o animales.

Entre sus utilidades está no solo la de molienda de granos, sino la de mover agua y producir electricidad, entre las más importantes”.

1.2 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 que se utilizan hoy en día están:

1.2.1 Molino de Viento

El molino movido por el viento tiene orígenes muy antiguos. Se dice que ya en el siglo XII de la era cristiana se encontraban algunos de estos en las ciudades persas. La particularidad de este molino radicaba en que la rueda que sujetaba las aspas era horizontal y estaba soportada sobre un eje vertical. Cinco siglos después, aparecen los primeros molinos en Europa (Francia e Inglaterra), pero con ciertas particularidades. Este nuevo tipo de molino de viento 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 el de transformar el viento en energía útil o aprovechable (figura 1.1). Este tipo de molino posee aspas oblicuas (generalmente de entre 3 y 9 metros de longitud), que están unidas a un eje común, la fuerza del viento hace que dichas aspas giren a cierta velocidad produciendo energía. El eje común se conecta a ciertos sistemas de engranajes y estos a su vez a unas piedras, que son los encargados de triturar los diferentes granos.



Figura 1.1. Molino de viento

1.2.2 Molino de Rodillos

El molino de rodillos es uno de los más usados en la actualidad. Su sistema está formado por dos rodillos, generalmente contruidos de hierro fundido o de acero colado. Los rodillos tienen las superficies estriadas, giran en sentido contrario el uno del otro a velocidades reducidas.

Los rodillos son regulables a precisión, con esto poco a poco se reduce la separación entre los rodillos para de esta manera ir reducci3n el tamaño del grano. Todo el proceso de molienda consiste en hacer pasar el grano a través de una serie de molinos en sucesión.

Generalmente esta sucesión está formada por 10 molinos de rodillos (figura 1.2). 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 o cualquier tipo de grano.

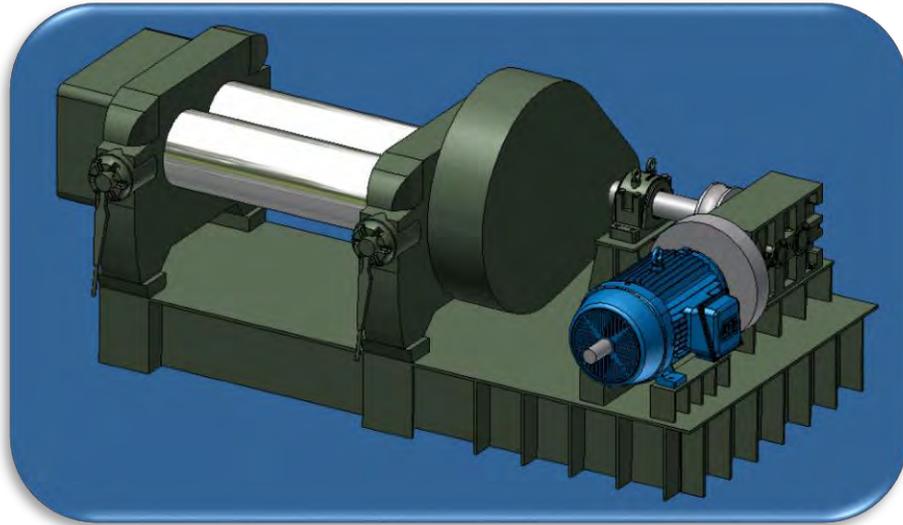


Figura 1.2. Molino de rodillos

1.2.3 Molino de martillos

El primer molino de martillos se desarrolló a partir de la machacada a mano. Este constaba de un mortero que presionaba el grano sobre una superficie que generalmente era una piedra. Con el pasar del tiempo el mortero se lo cambio por un martillo más pesado. En la actualidad los molinos de martillo, han remplazado el martillo de madera por una serie de martillos de metal, ubicados horizontalmente sobre un eje que rota.

La fractura del maíz no se produce por frotamiento, sino por el choque y corte entre los martillos y los granos enteros o trozos de ellos. El grano de maíz absorbe la energía potencial del martillo en la caída, dicha energía es la necesaria para triturar el grano. El material molido sale a través de orificios ubicados abajo del molino.



Figura 1.3. Molino de martillos

El molino de martillos (figura 1.3) es una máquina destinada para procesos como trituración y molienda, es un tipo de molino de impacto o percusión, tienen la ventaja de ser capaz de procesar muchos tipos de materiales, así como la producción de partículas de diversos tamaños, simplemente cambiando la criba de salida.

1.2.4 Partes Constitutivas de un molino de martillos

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

El sistema de trituración se muestra en la figura 1.4 el cual consta del alma del molino y está formado por 4 discos porta martillos, 4 ejes secundarios, 36 herramientas de percusión y el eje principal, este conjunto de elementos es accionado por un motor eléctrico.

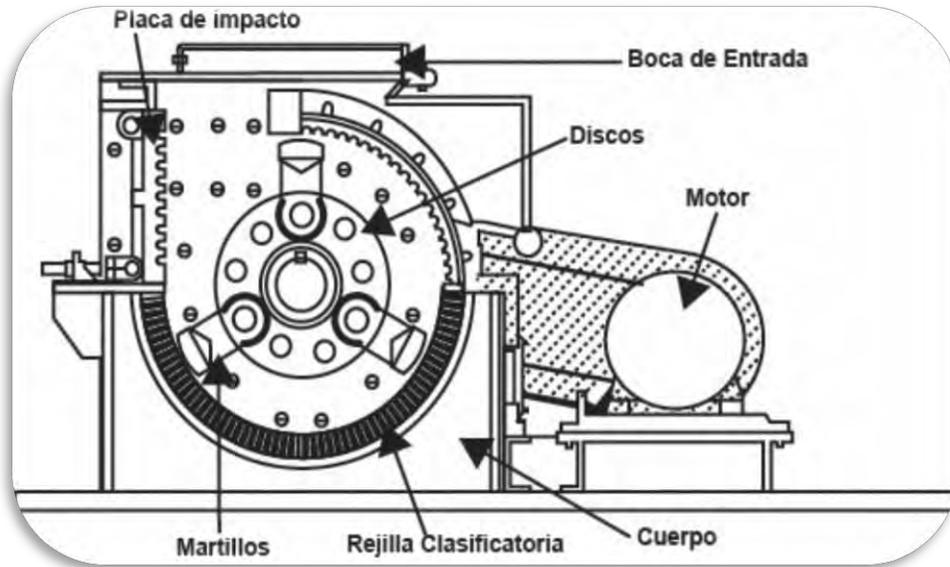


Figura 1.3. Partes constitutivas de un molino de martillos

1.3 Máquinas trituradoras de grano en el mercado

1.3.1 Triturador de grano seco mod. PD65RM Cuello de Ganso

(BOMERI, 2017) Esta máquina presenta las siguientes características:

Esta picadora es ideal para medianos productores a donde su cuello de ganso ayuda a llevar el forraje verde a distancias altas, con la versatilidad de que la pueden utilizar en el corral o en la parcela, esto debido a que cuenta con ruedas tipo carretilla y manubrios para facilitar el transporte.

Características principales

Verde 1500 kg/hora.

Seco 450 kg/hora.

Grano 850 kg/hora.

Equipada con:

1 Criba para molienda de grano (3/16").

2 Cribas para molienda seco, capacidad de molienda grano (1/2" y 1").

- Cuchillas Especiales, Aceradas y Templado con doble vida.
- 10 Martillo Escalonados flotantes con 4 vidas cada uno.
- Contra - Cuchillas movibles para un picado fino de hasta 3 mm y un grueso de 1.5 mm
- 2 tolvas de alimentación amplia.
- 2 dosificadores para granos.
- Rotor balanceado y vanguardista; permite aparte de una velocidad pronta, una molienda eficiencia.
- Criba para que el forraje salga molido un 75% aprox. de acuerdo a la criba que se le coloque



Figura 1. 4. Triturador de grano seco Mod. PD65RM cuello de ganso

Otra máquina disponible en el mercado es:

1.3.2 Trituradora y picadora de forraje o molino de granos con motor Briggs and Stratton de 6 hp

(Casa Matus, 2012) Trituradora de granos (molino de martillos) y picadora para forraje verde o seco en base a cuchillas laterales ya sea con motor eléctrico de 2 hp o con motor a gasolina de 5.5 hp (no trae los dos) o escoge el de gasolina o el eléctrico el precio es el mismo.

Motor Eléctrico: 2 hp SIEMENS O WEG

Motor a Gasolina: 6 hp BRIGGS AND STRATTON

Peso: 60 kg

Dim/Cm: 110x108x88

Rend. Aprox: 650 kg/h

Se surte con dos cribas, una para grano y otra CIEGA

Trae dos Bocas para fácil producción



Figura 1.6. Molino de granos con motor Briggs and Stratton de 6 hp

Como se puede ver, estas máquinas presentan características específicas, sin embargo no se comparan con la que se está a punto diseñar en relación a costo y eficiencia.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Teórico

Una vez que se han presentado algunas máquinas en el mercado, se procede a describir la teoría basada en el trabajo, dicha información es obtenida del libro “La técnica de la molienda” (Romero, 2009) el cual habla de la molienda de rocas y minerales, a pesar de que la máquina estará diseñada para granos, tomaremos estos principios para el diseño, ya que los estándares no cambian.

2.1.1 Generalidades

Para el tratamiento industrial de rocas y minerales, es necesario practicar una preparación de los mismos y dentro de esa preparación normalmente se requiere efectuar una reducción de tamaño. Las operaciones mediante las que se efectúan dichas reducciones de tamaño por medios físicos se denominan trituración y molienda. Estas operaciones son de aplicación habitual en los procesos industriales, tal como puede observarse en el proceso de fabricación del cemento.

Las operaciones citadas se realizan con el objeto de facilitar el transporte de los materiales, las operaciones físicas (tales como mezclado, dosificación, aglomeración o disolución) y facilitar o permitir las reacciones químicas (como consecuencia de que la velocidad de reacción es función de la superficie de las partículas y es tanto más grande cuanto mayor es su grado de subdivisión).

Si bien no existe una diferencia clara entre la trituración y la molienda, en general se habla de trituración cuando se fragmentan partículas de tamaños superiores a 1 pulgada (1") y de molienda cuando se tratan partículas de tamaños inferiores a 1" (1" = 2.54 cm).

NOTA: Se utilizarán unidades métricas e inglesas pues es común en el desarrollo de la materia la utilización de manuales y catálogos con valores expresados en unidades inglesas.

La trituración es también denominada desintegración y las máquinas que la producen se conocen según diversos autores como trituradoras, desintegradoras, quebrantadoras o machacadoras.

2.1.2 Etapas de Trituración

La desintegración se realiza en distintas etapas y en una gran diversidad de máquinas. Se identifica como etapa de trituración primaria cuando el material extraído de la cantera se trata en una trituradora. Si de allí el material producido pasa a una segunda trituradora, en esta se efectuara la trituración secundaria. Si sigue triturándose en otra máquina, la terciaria, y así sucesivamente.

2.1.3 Tamaños de Partículas

Tanto el mineral o roca extraído de cantera como el que a sufrió una o más etapas de reducción, se puede clasificar de acuerdo a su tamaño. En general, se clasifican de la siguiente forma:

- Material grueso: trozos de un tamaño mayor a 75 cm (30").
- Material mediano: trozos de un tamaño de 10 a 75 cm (4" a 30").
- Material fino: trozos de un tamaño menor a 10 cm (4")

Por otra parte, según el tamaño que tienen las partículas a la salida de las máquinas de desintegración, se pueden distinguir las distintas etapas de trituración y molienda.

Seguidamente se detallan las mismas:

a) Trituración (desintegración grosera)

- Trituración gruesa – tamaños de partículas de salida: 15 cm (6").
- Trituración mediana – tamaños de partículas de salida: entre 3 y 15 cm (1¼" a 6").
- Trituración fina – tamaños de partículas de salida: entre 0.5 y 3 cm (1/5" a 1¼").

b) Molienda (desintegración fina)

- Molienda grosera – tamaños de partículas de salida: entre 0.1 y 0.3 mm.
- Molienda fina – tamaños de partículas de salida: menores de 0.1 mm.

La trituración grosera, mediana y fina corresponden, prácticamente, a la primera, segunda y tercera etapa de trituración; mientras que la molienda grosera y fina corresponden a las etapas primaria y secundaria de la molienda.

Los tamaños de partículas se establecen en base a los diámetros de las mismas.

Para un trozo de material se puede determinar, midiendo el ancho, espesor y largo del mismo, la media aritmética o geométrica del diámetro de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$\text{Diámetro de partícula: } \frac{\text{ancho} + \text{espesor} + \text{largo}}{3}$$

$$\text{Diámetro de partícula: } \sqrt[3]{\text{ancho} * \text{espesor} * \text{largo}}$$

Ec. 2.1

2.2 Planteamiento del problema

En los siguientes puntos se tratará a detalle la problemática que se tiene que resolver, así como las especificaciones y consideraciones que se realizaron.

2.2.1 Definición del problema

Se requiere el diseño de una máquina desintegradora de grano con el fin de triturar el alimento del ganado para así lograr una mejor asimilación del mismo. Debe tener la capacidad suficiente de abastecer desde un pequeño negocio, hasta un rancho que oscile hasta las 1000 cabezas (consideraremos reses, ya que son los animales con mayor capacidad alimenticia).

El producto que se obtendrá es de grado alimenticio, por lo que el diseño debe aprobar las normas estipuladas para este producto (Norma oficial mexicana, 1995).

Para el desarrollo del trabajo, se plantearon ciertas especificaciones con el fin de poder satisfacer las necesidades del proceso de producción. A continuaciones se presenta cada una de ellas.

2.2.2 Especificaciones del proyecto

1. Dimensiones ergonómicas.

Las dimensiones de la máquina no deben exceder los 2 m de base y los 2 m de altura debido a que se podrá instalar en un corral, donde se tiene convencionalmente hasta 3 m de altura, hasta en un rancho, el cual puede tener una bodega con mayor altura, lo cual no será un problema.

2. Transportable.

La máquina deberá poder desplazarse con facilidad dentro de un cuarto por una persona, sin necesidad de maquinaria especial.

3. De fácil mantenimiento, desarmable.

La máquina debe poder desarmarse fácilmente por personas que no cuentan con una preparación técnica especializada. La máquina podrá ser instalada en cualquier parte de la república, por lo cual deberá tener piezas fáciles de reemplazar.

4. Capacidad de granos de hasta 15 mm de diámetro y 50 mm de longitud.

La máquina estará diseñada para triturar granos con una medida máxima ya mencionada, esto es debido a que los granos de maíz, son los más utilizados e importantes en la alimentación del ganado, es por eso que tomaremos como base la trituration del grano de maíz, sin embargo podrá triturrarse cualquier otro tipo de producto con una eficiencia menor.

5. Peso de máquina menor que 150 kg.

La máquina no podrá sobrepasar dicho peso, ya que la fuerza de una persona no podrá moverla o maniobrarla con facilidad.

6. Alimentación monofásica (127V, 60 Hz).

La máquina no requiere alimentación trifásica, ya que las líneas de transmisión en la mayor parte de la república son comúnmente a dicho voltaje y frecuencia.

7. Los granos triturados serán de hasta 0.01 mm, denotados por la criba.

Tamaño final del producto será regulado por una malla o criba, la cual tendrá la medida denotada por la norma NTC 1522 de granulometría.

8. La operación de la máquina será de manera manual por un usuario.

Esto se debe a las intenciones que se tienen de proporcionar un modo de funcionamiento útil para el mantenimiento y diagnóstico de fallas. Accionar la máquina manualmente, se piensa que será benéfico al respecto.

9. La máquina debe ser competitiva en funcionalidad y costo ante máquinas existentes en el mercado.

La trituración del grano debe ser de igual o mejor calidad que la producida por un molino industrial. Si el cliente tuviera los recursos para invertir en una máquina comercial, se pensaría en primera instancia en adquirir una de ellas.

Para solventar la situación, la funcionalidad de la máquina debe ser igual o mejor a las comerciales, así como el costo, debido a que el cliente arriesga su dinero en un trabajo de investigación.

A continuación se presentan las consideraciones planteadas:

- La máquina podrá triturar cualquier tipo de grano (seco o húmedo).
- Cumplir con los estándares en el proceso del diseño señalados en la norma oficial mexicana NOM-026-ZOO-1994, “Características y especificaciones zoosanitarias para las instalaciones, equipo y operación de establecimientos que fabriquen productos químicos, farmacéuticos y biológicos para uso en animales”.
- Las condiciones de velocidad de triturado serán proporcionadas por el diseño.
- La máquina debe contar con una vida útil de funcionamiento larga que justifique la inversión inicial.
- El equipo debe contar con los elementos necesarios para ofrecer seguridad física al operador.

CAPÍTULO 3

DISEÑO CONCEPTUAL

3.1 Análisis funcional

El primer paso para la generación del diseño conceptual fue el dividir todo el sistema de la maquina en los subsistemas que cumplen con cierta función específica dentro del proceso de trituración de granos.

Para el análisis funcional de la máquina, se elaboró un diagrama de caja negra que se muestra en la figura 3.1 en el cual se muestran las entradas y salidas del sistema.

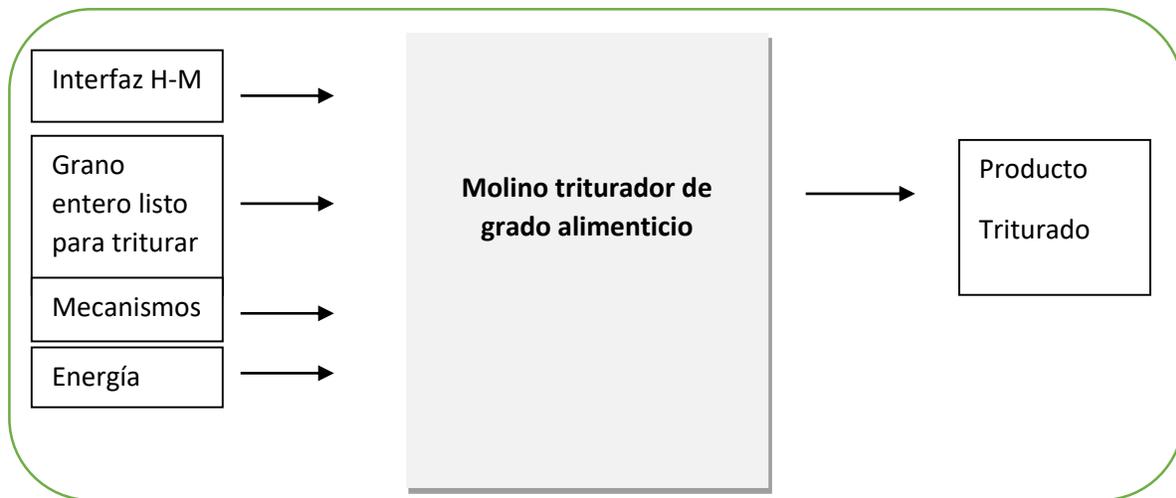


Figura 3.1. Caja negra de entradas y salidas del proyecto

Como se puede observar, se tiene como entrada el grano entero el cual será triturado. Otra entrada son los mecanismos, es decir, los sistemas que tendrán que interactuar dentro de la máquina para el funcionamiento de la misma. La energía también será parte de entrada, ya que será necesario saber cómo será la alimentación de la máquina. Finalmente la interfaz H-M permitirá al usuario ingresar el maíz entero para ser triturado.

Una vez teniendo claras las entradas que son: la interfaz H-M, el material a triturar, los mecanismos y la energía, se puede dar claridad a la caja negra, con el fin de saber las áreas funcionales y los sistemas a desarrollar y diseñar.

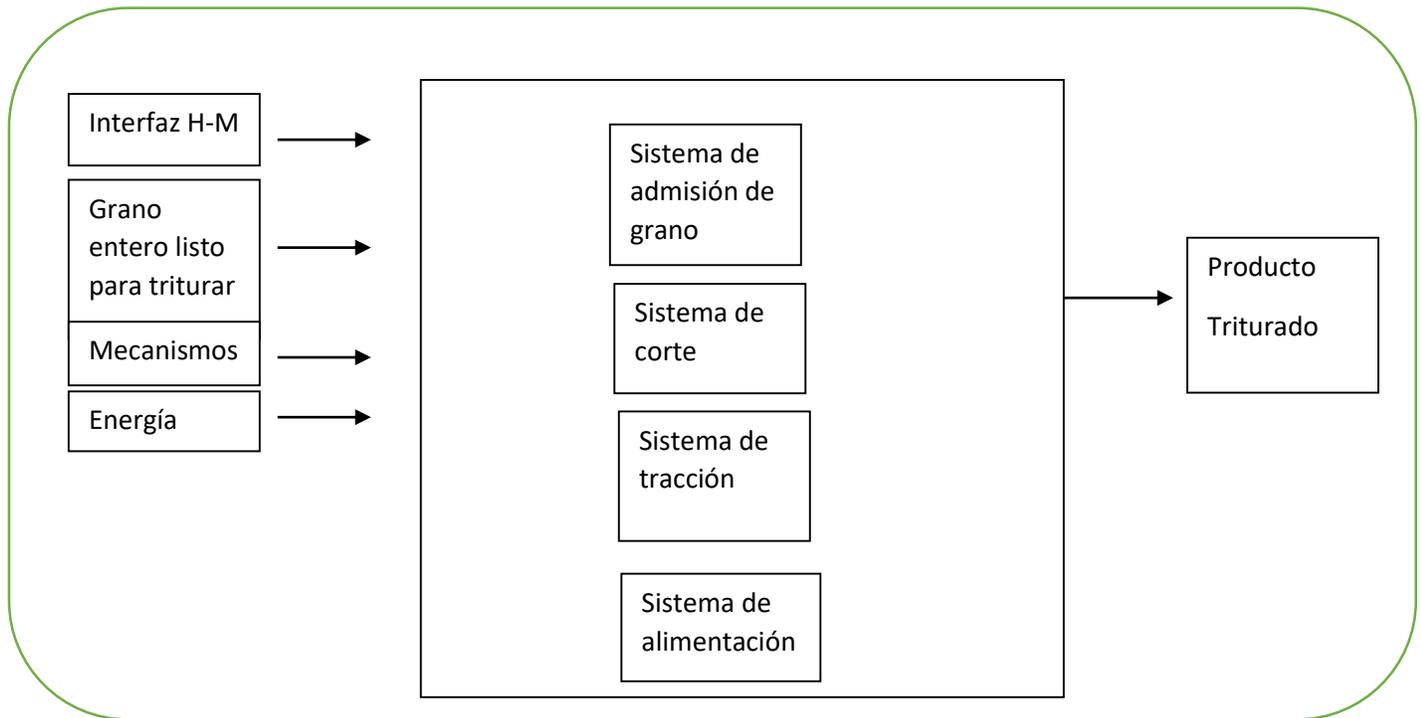


Figura 3.2. Estructura funcional

En la figura 3.2 se podemos apreciar la transparencia de la caja, se visualizan las divisiones de las áreas funcionales de la máquina, las cuales se describirán brevemente.

3.1.1 Interfaz hombre-máquina

Esta área se encarga de la comunicación entre el operador y la máquina. Como ya se mencionó anteriormente, en la interfaz H-M permite al operador accionar el funcionamiento de la máquina mediante un botón, una vez realizado, la máquina estará en marcha. Cabe mencionar que contará con un fusible como medio de protección ante posibles sobrecargas en la máquina.

3.1.2 Sistema de admisión de grano

En esta área se diseñara un contenedor de forma que al ser ingresado el grano pueda comenzar a ser triturado de inmediato, es decir, tendrá la geometría para que con facilidad pueda fluir el grano en la máquina, cabe mencionar que el diseño debe ser seguro para el operador, ya que la admisión del grano será manual.

3.1.3 Sistema de corte

En esta área se diseñaran cortadores del producto, adecuado para poder triturar el grano de manera rápida y eficaz.

3.1.4 Sistema de tracción

Esta área será diseñada de manera que se tenga la suficiente fuerza en el eje donde irán instaladas los cortadores para triturar los granos con la menor pérdida de potencia.

3.1.5 Sistema de alimentación

En esta área se seleccionara el tipo de alimentación adecuada para la máquina así como el medio por el cual se le dará movimiento al sistema de tracción.

3.2 Metodología de diseño

La ingeniería concurrente, la cual es una filosofía orientada a integrar sistemáticamente y en forma simultánea el diseño de productos y procesos (Robert, 2005), es la guía en cada una de las fases que se han fijado en el diseño, como lo son el diseño conceptual y funcional y diseño de detalle; todo esto con el fin de que se tengan en cuenta los requerimientos, piezas, funciones, fabricación y todo lo que conlleve a un diseño muy acercado a la realidad y por ende poder en el momento de la construcción materializar las ideas que en este se proponen.

La metodología elegida para su implementación parcial en el trabajo fue la de análisis de valor (CGV, 2015), ya que es utilizada para diseñar un producto o servicio. Esta asegura como mínimo, todas las funciones que el cliente desea y está dispuesto a pagar, con todas las exigencias requeridas y no más. Asimismo está relacionado con otras herramientas, como son la lluvia de ideas, la recolección y el análisis de datos, el diagrama de flujo y la matriz de planificación. Ahora bien se muestra el desarrollo de la metodología descrita.

3.2.1 Generación de alternativas

Para la elaboración del diseño conceptual se han tomado en cuenta varias propuestas de solución para cada estación. Estas opciones deben llevar a cabo su función de la manera más eficiente, tomando en cuenta las especificaciones indicadas.

Se ha realizado un análisis de diferentes opciones, esto fue con ayuda de diferentes modelos de trituradoras que existen en el mercado y con la información ya redactada.

En la tabla 3.1 se muestran las diferentes áreas funcionales que conforman al proyecto y las diversas opciones con las que se pretende cumplir el funcionamiento de cada área.

Tabla 2.1. Opciones de solución para cada área funcional

Funciones Principales	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Sistema de admisión de grano	Manual	Banda transportadora		
Sistema de corte	Martillos	Cuchillas	Rodillos	Disco de corte
Sistema de tracción	Bandas y poleas	Tren de engranajes	Cadenas con catarinas	Moto-Reductor
Sistema de alimentación	Un motor eléctrico	Dos motores eléctricos	Manual (manivela)	

A continuación se da una breve descripción de las opciones contempladas en el análisis morfológico.

3.2.1.1 Sistema de admisión:

- Manual: El operador introducirá el producto de forma manual de manera segura, mientras la máquina está en funcionamiento.
- Banda transportadora: Es una banda alimentada por un moto reductor, la cual transporta el producto desde un contenedor hacia la trituradora.

3.2.1.2 Sistema de corte:

- Rodillos: Elementos de corte con diseño adecuado para triturar el material de manera funcional.
- Cuchillas: Elementos de corte delgados, los cuales presentan un muy eficaz filo, sin embargo son poco resistentes al desgaste.
- Martillos: Elementos de corte, los cuales son accionados por un eje o árbol de modo que golpean el tipo de material que se requiere cortar.
- Disco de corte: Elementos de corte de línea.

3.2.1.3 Sistema de tracción:

- Cadenas con catarinas: Se acopla a un motor un engrane, dicho engrane trasmite la potencia a otro mediante una cadena con el fin de transmitir la potencia entre los ejes.
- Poleas y bandas: Un motor se acopla a una polea, la cual produce tracción mediante una banda hacia el otro eje.
- Tren de engranajes: Se encuentra acoplado un motor el cual trasmite la potencia directamente con un ajuste de “tiempo” con el fin de no perder la sincronía.
- Moto-Reductor: Se conecta un moto reductor al eje trasmitiendo la potencia directamente a la máquina.

3.2.1.4 Sistema de alimentación:

- Un motor: Un motor se acopla a uno de los ejes, este a su vez transmitirá la potencia mediante alguna de las opciones mencionadas.
- Dos motores: Se utilizan dos motores, uno en cada eje respectivamente.
- Manual: Se utiliza una manivela conectada al eje o flecha de la máquina.

3.2.2 Alternativas generadas

Una vez que se han generado las alternativas de solución, se realizó el método de selección por criterios ponderados el cual se muestra a continuación. En él se pueden observar los criterios de evaluación utilizados para cada estación. A continuación describiremos brevemente cada uno de los criterios.

Los criterios considerados para la selección de alternativas fueron:

- A. Facilidad de manufactura: Relaciona a las máquinas-herramientas necesarias en la fabricación, precio de las operaciones, materiales, no. de piezas requeridas y tiempo necesario para la fabricación.
- B. Confiabilidad: Relacionado con el nivel de incertidumbre de que los sistemas cumplirían con su función.
- C. Gasto energético: relacionado con el motor utilizado, las fricciones, esfuerzos y pesos que los mecanismos provocan.
- D. Desarmable: Facilidad que tienen los mecanismos de poder armarse y desarmarse dentro de las dimensiones de la estructura.
- E. Precio: Relaciona el costo de cada uno de los elementos de la máquina.
- F. Facilidad de mantenimiento: Relaciona la disponibilidad de piezas utilizadas, duración y desgaste de los elementos de las máquinas.

En el análisis por criterios ponderados que se presentara a continuación, las calificaciones se basan en los criterios de la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Escala de ponderación de los criterios considerados por el análisis.

Criterio	Calificación
Su función la realiza de manera óptima	10
Tiene algunas deficiencias en la realización de su función, pero se puede minimizar	8
Presenta deficiencias al momento de realizar su función, que no es fácil de minimizar	6

Una vez hecho esto, se procede a describir cada uno de los sistemas con la respectiva ponderación en los criterios ya mencionados.

➤ **Sistema de admisión**

En la tabla 3.3, se muestran las ponderaciones obtenidas para cada uno de los criterios de selección y a su vez la calificación correspondiente al criterio en base a la posible alternativa.

Tabla 3.3 Criterios ponderados

No.	Criterio	Manual	Banda transportadora
1	Facilidad de manufactura	8	6
2	Confiabilidad	8	8
3	Gasto energético	8	6
4	Desarmable	10	8
5	Precio	10	8
6	Mantenimiento	10	8

En la tabla 3.4 se muestra la ponderación de los criterios, esto se basa en cuál de los dos criterios tiene mayor importancia, denotados por un 1 o 0 según corresponda.

Tabla 3.4 Matriz de criterios ponderados para el sistema de admisión

	A	B	C	D	E	F	$\sum x$	Ponderación
A		0	1	1	0	0	3	0.187
B	1		0	1	0	0	2	0.125
C	0	1		1	0	1	3	0.187
D	0	0	0		0	1	1	0.0625
E	1	1	1	1		1	5	0.3125
F	1	1	0	0	0		2	0.125
						$\sum y$	16	1

En la tabla 3.5 se muestra la selección del sistema de admisión más conveniente.

Tabla 3.5 Selección del sistema de admisión por el método de criterios ponderados

		<i>Manual</i>		<i>Banda transportadora</i>	
<i>Criterio</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Calificación</i>	<i>Valor</i>	<i>Calificación</i>	<i>Valor</i>
a)Manufactura	0.187	8	0.1496	6	0.1122
b)Confiability	0.125	8	0.1	8	0.1
c) Gasto Energético	0.187	8	0.1496	6	0.1122
d)Desarmable	0.0625	10	0.0625	8	0.05
e)Precio	0.3125	10	0.3125	8	0.25
f)Mantenimiento	0.125	10	0.125	8	0.1
Total			89.92%		72.44%

Los resultados nos muestran que la alternativa más adecuada para el sistema de admisión es hacerlo de manera manual.

➤ **Sistema de corte**

En la tabla 3.6, se muestran las ponderaciones obtenidas para cada uno de los criterios de selección y a su vez la calificación correspondiente al criterio en base a la posible alternativa.

Tabla 3.6 Criterios ponderados

No.	Criterio	Martillos	Cuchillas	Rodillos	Discos de Corte
1	Facilidad de manufactura	8	6	10	8
2	Confiability	8	8	8	6
3	Gasto energético	8	6	6	8
4	Desarmable	8	8	10	10
5	Precio	10	8	6	8
6	Facilidad de mantenimiento	10	8	8	6

En la tabla 3.7 se muestra la ponderación de los criterios, esto se basa en cuál de los dos criterios tiene mayor importancia, denotados por un 1 o 0 según corresponda.

Tabla 3.7 Matriz de criterios ponderados para el sistema de corte

	A	B	C	D	E	F	$\sum x$	Ponderación
A		0	1	1	0	0	3	0.187
B	1		0	1	0	0	2	0.125
C	0	1		1	0	1	3	0.187
D	0	0	0		0	1	1	0.0625
E	1	1	1	1		1	5	0.3125
F	1	1	0	0	0		2	0.125
							$\sum y$	16
								1

En la tabla 3.8 se muestra la selección del sistema de corte más conveniente.

Tabla 3.8 Selección del sistema de corte por el método de criterios ponderados

Criterio	Ponderación <i>n</i>	Martillos		Rodillos		Cuchillas		Discos de corte	
		Calificación <i>n</i>	Valor	Calificación <i>n</i>	Valor	Calificación <i>n</i>	Valor	Calificación <i>n</i>	Valor
Facilidad de manufactura	0.187	8	0.1496	6	0.1122	10	0.187	8	0.1496
Confiabilidad	0.125	8	0.1	8	0.1	8	0.1	6	0.075
Gasto energético	0.187	8	0.1496	6	0.1122	6	0.1122	8	0.1496
Desarmable	0.0625	8	0.05	8	0.05	10	0.0625	10	0.0625
Precio	0.3125	10	0.3125	8	0.25	6	0.1875	8	0.25
Facilidad de mantenimiento	0.125	10	0.125	8	0.1	8	0.1	6	0.075
		Total	88.67 %		72.44 %		74.92 %		76.17 %

Los resultados nos muestran que la alternativa más adecuada para el sistema de corte es emplear un sistema de martillos acoplados adecuadamente.

➤ **Sistema de tracción**

En la tabla 3.9, se muestran las ponderaciones obtenidas para cada uno de los criterios de selección y a su vez la calificación correspondiente al criterio en base a la posible alternativa.

Tabla 3.9 Criterios ponderados

No.	Criterio	Bandas y poleas	Tren de engranajes	Cadenas con catarinas	Moto-Reductor
1	Facilidad de manufactura	10	6	8	10
2	Confiabilidad	10	8	8	10
3	Gasto energético	8	8	8	8
4	Desarmable	10	8	10	8
5	Precio	10	8	8	6
6	Facilidad de mantenimiento	8	8	8	8

Ahora en la tabla 3.10 se muestra la ponderación de los criterios, esto se basa en cuál de los dos criterios tiene mayor importancia, denotados por un 1 o 0 según corresponda.

Tabla 3.10 Matriz de criterios ponderados para el sistema de tracción

	A	B	C	D	E	F	$\sum x$	Ponderación
A		1	1	0	0	0	2	0.133
B	0		0	1	0	1	2	0.133
C	0	1		1	1	1	4	0.266
D	1	0	0		0	0	1	0.066
E	1	1	0	1		1	4	0.266
F	1	0	0	1	0		2	0.133
						$\sum y$	15	1

En la tabla 3.11 se muestra la selección del sistema de tracción más conveniente.

Tabla 3.11 Selección del sistema de tracción por el método de criterios ponderados

Criterio	Ponderación	Bandas y poleas		Tren de engranajes		Cadenas con catrinas		Moto-reductor	
		Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor
Facilidad de manufactura	0.133	10	0.133	6	0.0798	8	0.1064	10	0.133
Confiabilidad	0.133	10	0.133	8	0.1064	8	0.1064	10	0.133
Gasto energético	0.266	8	0.2128	8	0.2128	8	0.2128	8	0.2128
Desarmable	0.066	10	0.066	8	0.0528	10	0.066	8	0.0528
Precio	0.266	10	0.266	8	0.2128	8	0.2128	6	0.1596
Facilidad de mantenimiento	0.133	8	0.1064	8	0.1064	8	0.1064	8	0.1064
Total			91.72		77.10		81.08		79.76
			%		%		%		%

Los resultados nos muestran que la alternativa más adecuada para el sistema de tracción es emplear un sistema de poleas con bandas.

➤ **Sistema de alimentación**

En la tabla 3.12, se muestran las ponderaciones obtenidas para cada uno de los criterios de selección y a su vez la calificación correspondiente al criterio en base a la posible alternativa.

Tabla 3.12 Criterios ponderados

No.	Criterio	Un motor eléctrico	Dos motores eléctricos	Manual (manivela)
1	Facilidad de manufactura	8	8	10
2	Confiabilidad	8	10	6
3	Gasto energético	10	8	10
4	Desarmable	10	8	8
5	Precio	8	6	10
6	Facilidad de mantenimiento	10	8	8

En la tabla 3.13 se muestra la ponderación de los criterios, esto se basa en cuál de los dos criterios tiene mayor importancia, denotados por un 1 o 0 según corresponda.

Tabla 3.13 Matriz de criterios ponderados para el sistema de alimentación

	A	B	C	D	E	F	$\sum x$	Ponderación
A	1	0	0	0	0	1	3	0.2
B	0	1	0	1	0	1	2	0.133
C	0	1	1	1	1	1	4	0.266
D	1	0	0	1	0	0	1	0.066
E	1	1	0	1	1	1	4	0.266
F	0	0	0	1	0	1	1	0.066
						$\sum y$	15	1

En la tabla 3.14 se muestra la selección del sistema de tracción más conveniente.

Tabla 3.14 Selección del sistema de alimentación por el método de criterios ponderados

Criterio	Ponderación	Un motor eléctrico		Dos motores eléctricos		Manual (manivela)	
		Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor
Facilidad de manufactura	0.2	8	0.16	8	0.16	10	0.2
Confiabilidad	0.133	8	0.1064	10	0.133	6	0.0798
Gasto energético	0.266	10	0.266	8	0.2128	10	0.266
Desarmable	0.066	10	0.066	8	0.0528	8	0.0528
Precio	0.266	10	0.266	6	0.1596	10	0.266
Facilidad de mantenimiento	0.066	10	0.066	8	0.0528	8	0.0528
Total				92.72%		77.15%	90.74%

Los resultados nos muestran que la alternativa más adecuada para el sistema de alimentación es emplear un motor solamente.

3.2.3 Alternativas seleccionadas

Una vez que ya se han generado todas las alternativas de solución mediante el método por criterios ponderados, en la tabla 3.15 se muestran las opciones elegidas para cada estación.

Tabla 3.15. Alternativas seleccionadas

Funciones Principales	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
Sistema de admisión de grano	Manual	Banda transportadora		
Sistema de corte	Martillos	Cuchillas	Rodillos	Disco de corte
Sistema de tracción	Bandas y poleas	Tren de engranajes	Cadenas con catarinas	Moto-Reductor
Sistema de alimentación	Un motor eléctrico	Dos motores eléctricos	Manual (manivela)	

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE MATERIALIZACIÓN

4.1 Capacidad de Molienda

La capacidad de molienda es el primer parámetro que se requiere para la molienda. Este valor lo vamos a tomar mediante la investigación de la producción de un rancho en México promedio. Dicha cifra fue de 1000 cabezas (reses). Tomaremos como parámetro a las reses debido a que son los animales con más capacidad alimenticia, sin embargo puede ser para cualquier otro tipo de animal (borrego, gallina, puerco, etc.). Investigando el consumo alimenticio de las reses en engorda y por experiencia propia obtuvimos el dato que consume 18 kg/día aproximadamente. Si necesitamos saber la capacidad de molienda en la ecuación 4.1 tendremos:

$$18 \frac{kg}{dia} * 1000 \frac{reses}{rancho} * 1 \frac{dia}{8 horas} * \frac{1 hora}{60 min.} * 1 \frac{grano}{0.005g} = 7500 \frac{granos}{min}$$

Ec. 4.1

Para este cálculo se consideran 8 horas en un día, debido a que se le dedica un turno de trabajo a la alimentación del mismo, el otro turno se utiliza para la limpieza de los corrales y el tercer turno solo se cuidan los animales mientras duermen.

Ahora bien, la cifra obtenida es un poco elevada para lo cual las recomendaciones de los molinos de esa capacidad, oscilan entre 3000-3600 rpm, por lo que se usarán las 3600 para la capacidad de molienda esto es con el fin efectuar una buena eficiencia en la máquina. Entonces en la ecuación 4.2 tenemos:

$$\frac{7500 \frac{granos}{min}}{3600 rev/min} = 2.302 \frac{granos}{rev}$$

Ec. 4.2

Como se evidencia del cálculo anterior se obtiene aproximadamente el número de granos que deberá golpear cada martillo por revolución, dado que estos cálculos se hacen con base de suposiciones se debe multiplicar este valor por un factor de seguridad que garantice evitar futuros atascamientos y bajo rendimiento de la máquina, para este caso en específico se le da un valor de $n = 2$ como factor de seguridad (R.Mott, 2006).

Un dato importante es que la máquina tomará como parámetro las características del maíz esto es debido a que es uno de los granos más duros y más utilizados e importantes en la alimentación del ganado, por lo cual será el punto de partida.

Ahora bien, se requiere la energía de ruptura necesaria para poder garantizar el principio de funcionamiento. Esto se lleva a cabo a cabo con una prueba empírica como se muestra en la figura 4.1 en la cual se somete a compresión un grano de maíz con el fin de saber la fuerza necesaria para su ruptura.



Figura 4.1 Momento aplicado a un grano

Al realizar la prueba de esta manera, nos encontramos con un problema, debido a que al tratar de ejercer un momento mediante la pinza y la fuerza de la mano, no contábamos con un eje de apoyo suficiente para lograr triturar el grano de maíz.

Así que se modificó la idea de triturados de forma que comprimimos el maíz al borde de la ruptura como se muestra en la figura 4.2.



Figura 4.2 Compresión en un grano

Esto se hizo hasta poder lograr fracturar el grano de maíz como se muestra en las figuras 4.3 y 4.4



Figuras 4.3 y 4.4 Ruptura de grano por fuerza de compresión

Dicha prueba se llevó a cabo en 10 granos de maíces diferentes con el fin de poder obtener un resultado aproximado y confiable. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.1

Tabla 4.1 resultados de las pruebas de compresión

Prueba	Peso (kg)
1	19.8
2	21.3
3	20.5
4	20.9
5	19.7
6	22.1
7	23.1
8	20.5
9	20.8
10	19.9

Ahora con estos resultados se calcula el promedio.

$$F = \frac{\sum n}{n} = \frac{19.8 + 21.3 + 20.5 + 20.9 + 19.7 + 22.1 + 23.1 + 20.5 + 20.8 + 19.9}{10} = 20.86$$

$$F = 20.86 \text{ kg}$$

Con este valor se inició el diseño de los diferentes componentes de la máquina.

4.2 Diseño de los martillos

El diseño de los martillos juega un papel importante en el molino, debido a que serán los encargados de fracturar los granos al momento del choque.

La primer consideración para el diseño será que el espesor del martillo debe ser igual o mayor al espesor del grano. Haciendo la medición de muestras de 50 granos encontramos diámetros de 5mm hasta 10mm por lo cual pudimos considerar un promedio de 7.5 mm.

Con esta consideración utilizaremos martillos con la mitad de espesor del grano, es con el fin de que el peso de la máquina no sea muy elevado y se evite la pérdida de torque del motor, por lo cual se utilizarán 2 martillos separados por una rondana o arandela como se muestra en la figura 4.5 y así poder cubrir el área de contacto del grano.

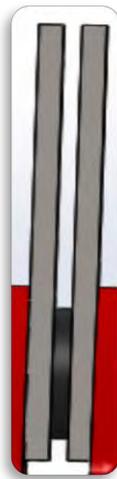


Figura 4.5 Vista frontal del acoplamiento de martillo-arandela

4.2.1 Energía Potencial

Es la energía asociada con la posición del objeto. Para el diseño la energía potencial será la que tiene el martillo al estar girando y chocar con el grano. Debido a que no se cuentan con datos técnicos se hará un experimento con el fin de saber la energía de ruptura necesaria para triturar un grano; se utilizó maíz ya que es uno de los granos más duros utilizados para alimentar ganado, este a su vez será golpeado con un objeto de acero (simulando un martillo), a la distancia necesaria para moler el maíz.

Para calcular la energía potencial (R.C., 2004) se requiere de la ecuación 4.3 por lo cual se tiene:

$$E_p = m * g * h$$

Ec. 4.3

Donde:

m= masa del objeto

g= constante de gravedad

h= altura

Para el experimento utilizaremos una masa de 5kg, habrá que determinar la altura necesaria para moler completamente el maíz como se muestra en las figuras 4.6 y 4.7.



Figuras 4.6 y 4.7. Experimento para conocer la energía potencial

Haciendo las pruebas necesarias se determinó una altura de 30 cm, entonces se puede sustituir:

$$E_p = m * g * h = (5kg) \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) (0.3 m)$$

$$E_p = 14.71 Nm$$

Con la prueba que se realizó para determinar la energía de ruptura del grano de maíz se evidenció que el material tenía que ser golpeado de 2 a 4 veces para dar el tamaño granulométrico deseado, el número de martillos es igual al número de granos por revolución este valor será multiplicado por 3, valor intermedio seleccionado del experimento realizado de lo cual se obtiene la ecuación 4.4:

$$N_{\text{martillos}} = \frac{\text{granos triturado}}{\text{rev}} * \text{no. de impactos} * \text{F. S.}$$

Ec. 4.4

$$N_{\text{martillos}} = 2 \frac{\text{granos}}{\text{rev}} * 4 \text{ impactos} * 2$$

$$N_{\text{martillos}} = 16 \text{ martillos}$$

Tamaño inicial de alimentación: 10 mm (diámetro promedio del grano de maíz de la muestra).
 Tamaño final del producto entre mallas: # 50 y # 100 que son respectivamente .297mm .149mm aproximado 0,5mm teniendo el ensayo de granulometría realizado según la norma NTC 1522.

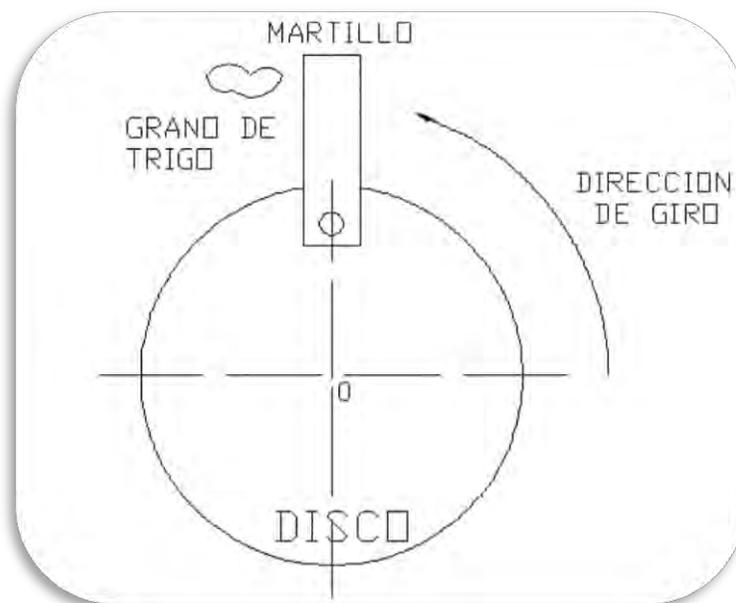


Figura 4.8 Funcionamiento del martillo contra el producto

4.2.2 Energía cinética

Es la energía que poseen los cuerpos que están en movimiento.

La energía cinética será la que posee el objeto de acero que será como nuestro martillo así que tendremos que calcularla con la siguiente ecuación (R.C., 2004):

$$E_c = \frac{1}{2} m * v^2$$

Ec. 4.5

Donde:

m = masa del grano

v = velocidad tangencial del objeto de golpeo (martillo)

La masa del grano no se conoce como dato técnico, por lo cual tomaremos 50 muestras de granos de maíz para poder saber la masa de los mismos. Debido a que estuvieron en un rango de 4gr a 6gr tomaremos un promedio de 5 gr para cada grano. Ahora bien debido a que no tenemos la velocidad del martillo, igualaremos las ecuaciones de la E_p y la E_c (R.C., 2004), como se puede ver en la ecuación 4.6 con el fin de poder calcular dicha velocidad de modo que nos queda:

$$m_{objeto} * g * h = \frac{1}{2m_{grano}} * v^2$$

Ec. 4.6

Dicha velocidad será la necesaria para los martillos entonces despejando a la velocidad:

$$v = \sqrt{\frac{m_{objeto} * g * h}{\frac{m_{grano}}{2}}} = \sqrt{\frac{(5kg) * \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) (0.3 m)}{\frac{0.005 kg}{2}}}$$

Ec. 4.6 Igualación de E_p y E_c .

$$v = 76.72 \frac{m}{s}$$

4.2.3 Cálculo de radio de giro

En la figura 4.9 se puede observar la manera en que funcionarán los martillos con respecto del disco, así que tomando en cuenta que la velocidad angular (R.Mott, 2006) del motor es de 3600 rpm se puede obtener la ecuación 4.7:

$$v = w * r$$

Ec. 4.7

Donde:

v= velocidad tangencial

w=velocidad angular

r= radio de giro

Despejando al el radio de giro (r) :

$$r = \frac{v}{w} = \frac{76.72 \frac{m}{s}}{3600 \text{ rpm} \left(2\pi \frac{\text{rad}}{\text{rev}} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right)}$$

$$r = 0.2254 \text{ m} \approx 230 \text{ mm}$$

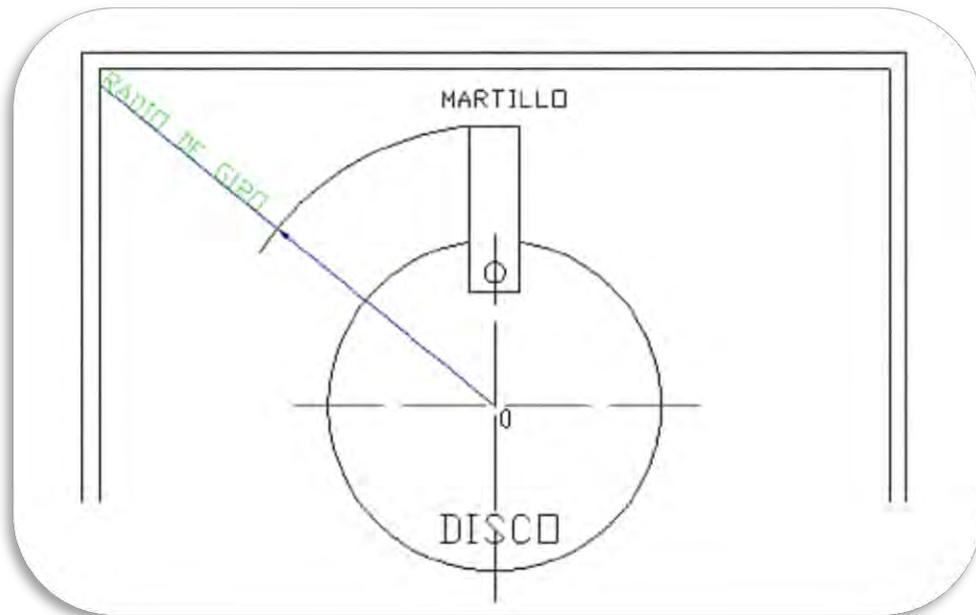


Figura 4.9 Interpretación del radio de giro diseñado

La longitud del martillo está dada por la observación de algunos diseños, la cual oscila entre 100 y 120 mm, nosotros tomaremos 100. También se empleará un perno como medio de sujeción por lo que barrenaremos el martillo al ancho del perno. En el mercado encontramos uno con 20 mm de diámetro, que será el que utilizaremos. De modo que las dimensiones del martillo quedan como se muestra en la figura 4.10.

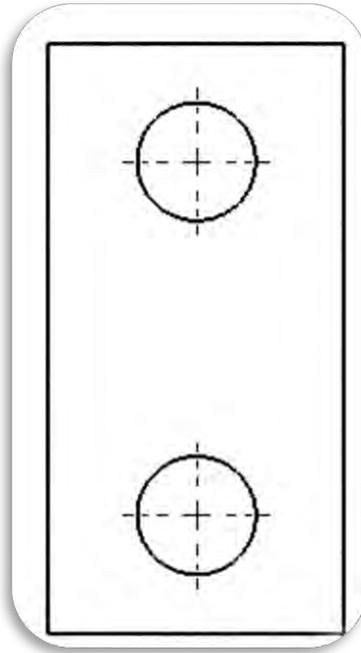


Figura 4.10 Vista frontal del martillo

El espesor ya se mencionó, será de 4 mm. Colocando dos barrenos de la misma medida del perno, esto con el fin de alargar la vida del martillo y poder cambiarlo de posición cuando un agujero este muy holgado se pueda utilizar el otro.

4.3 Diseño de disco porta martillo

Con el diseño de los martillos que se realizó anteriormente, algunas de las medidas para el disco se han obtenido, como por ejemplo:

El disco será circular, porque presenta algunas ventajas con relación a otras configuraciones como por ejemplo a la cuadrangular o triangular.

Las ventajas y desventajas que presenta el disco circular se detallan a continuación:

Ventajas:

- La fuerza radial en todo momento, coloca a los martillos en posiciones de 90° entre sí, la zona de esfuerzos es más larga, por lo tanto el esfuerzo normal por tracción es menor.
- Mejores condiciones para el balanceo dinámico, ya que es circular.

Desventajas:

- Ligeramente más pesado que otras configuraciones.
- Requiere mayor número de martillos, 4 por cada disco. En la configuración triangular por ejemplo, solo se necesitarían 3 martillos por cada disco.

A continuación se exponen algunos datos para el disco.

- Diámetro del disco → D= 330 mm
- 12 agujeros (por donde pasarán los pernos porta martillos), de diámetro de 20 mm (dato obtenido a priori, que más adelante se justificará), esto con el fin de aumentar la vida útil de los discos y así poder cambiarlos de posición.
- 1 agujero en el centro del disco de 1 3/8 pulgadas para el eje del molino. Se ha tomado este valor del diámetro del eje calculado. (Más adelante se explica).

Lo único que falta determinar para el diseño del disco, es el espesor que tendrá el mismo, dicho espesor se lo calculará por medio de la ecuación 4.8 (Robert, 2005):

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Ec. 4.8

Donde:

F= fuerza que ejerce el disco

A= área de contacto (en este caso será el espesor del disco)

Debido a que será construido de acero Inoxidable AISI 430 (debido a sus propiedades mecánicas anexo 1) se tiene que el máximo esfuerzo de este material es de 862 MPa, así que haciendo la conversión (Hashemi, 2006) al sistema métrico se obtiene:

$$862 * 10^6 \frac{N}{m^2} * \frac{1 \text{ kgf}}{9.81 N} * \frac{1 m^2}{100 cm^2} = 8786 \frac{\text{kgf}}{cm^2}$$

Así que despejando el área:

$$A = \frac{F}{\sigma} = \frac{5400 \text{ kgf}}{8786 \frac{\text{kgf}}{cm^2}} = 0.61 \text{ cm}^2$$

$$A = 6.1 \text{ mm}^2$$

Se utiliza un espesor de 6 mm, la configuración se muestra en la figura 4.11.

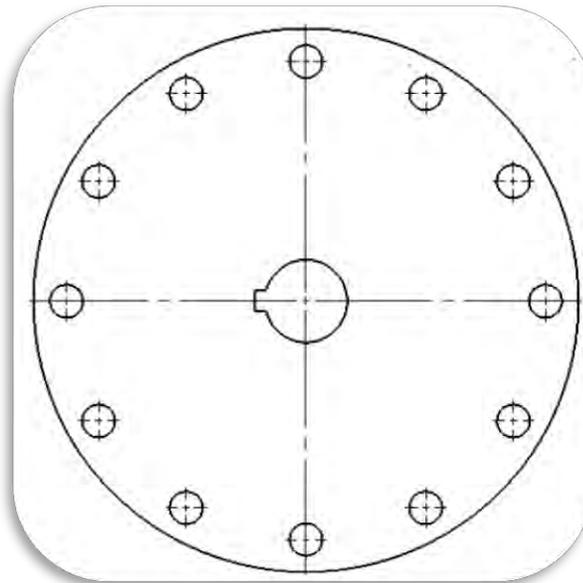


Figura 4.11 Vista frontal del disco portamartillos.

El diseño final queda presentado adelante.

4.4 Diseño del separador de martillo

Como quedó estipulado anteriormente los martillos están separados por medio de una arandela. Esta tendrá un grosor de 3mm, porque se la puede hacer a partir de la plancha de la misma dimensión de acero inoxidable AISI 430, que se encuentra fácilmente en el mercado. El diámetro exterior de esta arandela será de 30mm y el interior de 20mm, como se muestra en la figura 4.12:

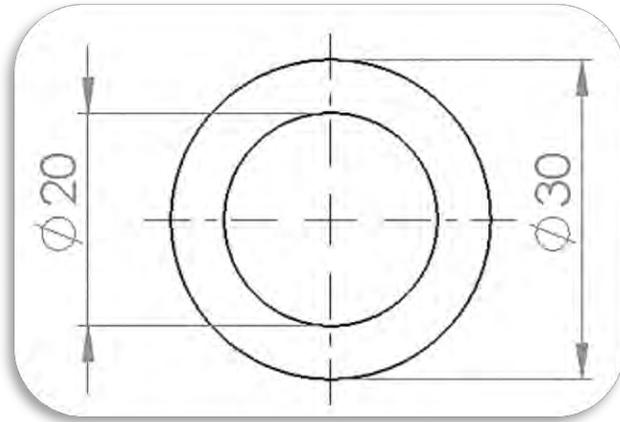


Figura 4.12 Vista frontal de la arandela

Al final se muestra el dibujo de detalle.

4.5 Diseño del perno

Para que los martillos se sostengan en el disco existe un perno que pasará entre ambos, el diámetro de este perno se definió en el diseño de los martillos y es de 20mm, con cabeza hexagonal, y una tuerca de 10mm de espesor, todo estos implementos serán construidos con acero inoxidable 430 al igual que los demás elementos.

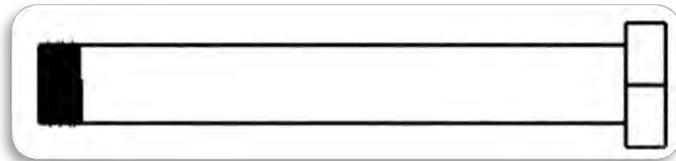


Figura 4.13 Vista superior del perno

De esta manera quedarían ensamblados el perno con los martillos y las arandelas, figura 4.14.

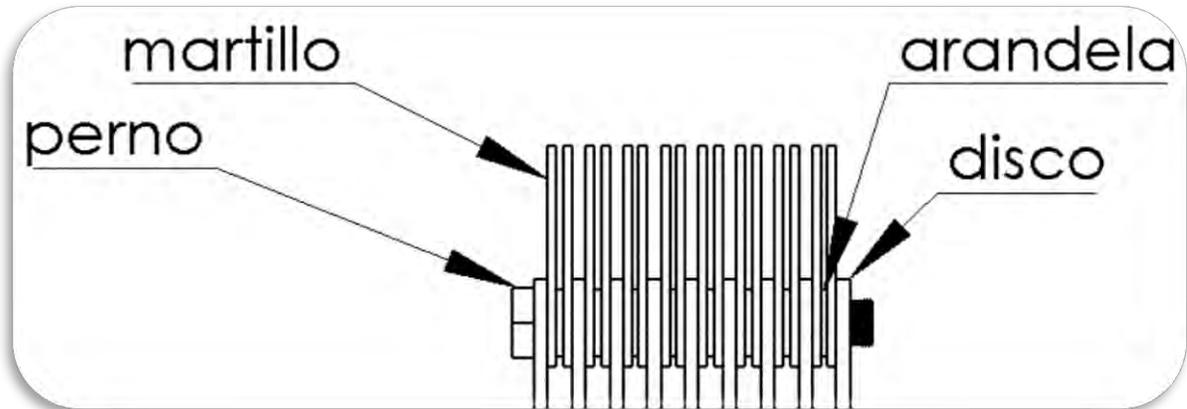


Figura 4.14 Acoplamiento del perno con el disco, martillos y arandelas.

4.6 Diseño del separador de discos

Una vez que se ha diseñado los martillos con su respectiva arandela, se necesita dimensionar el separador de discos. Anteriormente quedó determinado que el grosor de los martillos, así como el grosor de la arandela que los separa la cual será de 11 mm, (ver dibujo de detalle). El diámetro de este separador será de 100 mm, que es un diámetro que se lo consigue si ningún problema en el mercado nacional, por lo que el grosor será de 11 mm. En el centro tendrá un agujero con el mismo diámetro del eje (1 3/8 in adelante se justifica).



Figura 4.15 Vista frontal del separador

4.7 Diseño del eje

El diseño partirá de todos los esfuerzos involucrados en el eje. Para esto necesitaremos realizar algunos cálculos.

4.7.1 Momento de torsión

Debido a que se tiene el radio de giro necesario para la molienda y la fuerza necesaria para triturar el maíz se puede continuar con el cálculo el momento de torsión (Shigley, 2005) . Esto será con el fin de saber los esfuerzos que se presentaran.

$$Mt = F * d$$

Ec. 4.8

$$Mt = (20.86 \text{ kg}) * \left(2 \frac{\text{granos}}{\text{rev}}\right) * \left(8 \frac{\text{martillos}}{\text{eje}}\right) * (4 \text{ ejes}) * (2.3 \text{ cm})$$

Nota: Como se puede observar se multiplica por 8 martillos, debido a que el espesor de los martillos fue diseñado para que el grano se golpee mediante 2 martillos en vez de uno más.- grueso. Se toma el valor de capacidad de molienda y el número de ejes. Entonces queda:

$$Mt = 3070.6 \text{ kg} * \text{cm}$$

4.7.2 Esfuerzo cortante

El esfuerzo de cálculo según ASME para árboles y flechas de acero (Anexo tabla 1.1) se calcula de la siguiente manera (Juvinall, 2013):

$$\tau_{cal} = 0.135 * \sigma_{max}$$

Ec. 4.9

Donde:

σ_{max} = resistencia maxima del material

Debido a que se está utilizando un acero inoxidable 430 se tiene que la resistencia máxima del material es de 862 MPa que equivale a 8786 kg/cm². Así que se utiliza 8800 kg/cm² como resistencia máxima, por lo que se obtiene:

$$\tau_{cal} = 0.135 * 8800 = 1188 \frac{kg}{cm^2}$$

Conociendo este valor utilizaremos la fórmula del esfuerzo de corte por torsión (R.Mott, 2006) que es:

$$\tau = \frac{16 * Mt}{\pi * D^3}$$

Ec 4.10

Donde:

Mt= momento de torsión

D=diámetro de la barra

Debido a que estamos diseñando el eje, este está sometido a cargas con impacto moderado por lo que utilizaremos un factor de seguridad. Según las normas ANSI-ASME el Factor de Seguridad será de 3 (véase anexos tabla 1.3). Así que despejando el diámetro y sustituyendo los valores ya calculados tenemos:

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 * Mt}{\pi * \tau}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 * 3070 \frac{kg}{cm^2} * 3}{\pi * 1188 \frac{kg}{cm^2}}}$$

$$D = 3.40 \text{ cm}$$

La longitud del eje está dada por la necesidad de la máquina, la cual será de 500 mm.

4.7.3 Dimensión del cuñero

Con ayuda de la figura 2.1 y tabla 1.4 (véase anexos de las últimas páginas) tablas seleccionar el cuñero (Castillo, 2009), el cual tiene forma cuadrada.

La longitud del cuñero está determinada por el espesor de los discos porta martillos y los separadores de discos.

4.7.4 Cálculo de las masas de los elementos de la máquina

Para el cálculo de las masas (M., 2002) tenemos la fórmula:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Ec. 4.12

Así que despejando la masa se tiene:

$$m = \rho * v$$

Donde la ρ del acero inoxidable 430, es obtenido de la tabla 1.6. Esta es igual a 7700 kg/m³

Martillo:

$$m = \rho * v = 7700 \frac{kg}{m^3} * (.05m * .1m * 0.004m)$$

$$m = 0.154 kg$$

Disco porta martillo:

$$m = \rho * v = 7700 \frac{kg}{m^3} * (\pi * .165m^2 * 0.006m)$$

$$m = 3.95 kg$$

Separador de discos:

$$m = \rho * v = 7700 \frac{kg}{m^3} * ((\pi * 0.03^2) - (\pi * 0.05^2)) * 0.011 m)$$

$$m = 1.99 kg$$

Arandela:

$$m = \rho * v = 7700 \frac{kg}{m^3} * ((\pi * 0.03^2) - (\pi * 0.02^2)) * 0.003 m)$$

$$m = 0.036 kg$$

Pernos:

La masa de los pernos por dato de fabricante es de 0.5 kg

Sumando las masas de todos los componentes se obtienen los resultados mostrados en la tabla 4.1:

Tabla 4.1 Masa total de los elementos de la máquina.

Objeto	Cantidad	Masa del objeto (kg)	Masa total (kg)
Martillo	64	.154	9.856
Arandela	32	0.036	1.16
Disco portamartillos	9	3.95	35.96
Separador	8	1.99	15.92
Pernos	4	0.5	2
Total			64.89 kg

Obteniéndose una masa total de 64.89 kg

4.7.5 Momento flexionante

Para este momento es necesario conocer la masa de los componentes de la máquina para poder usar la fórmula de la fuerza (R.C., 2004):

$$F = ma$$

Ec. 4.13

Donde:

F=fuerza

m=masa

a=aceleración de la gravedad

Por lo tanto:

$$F = 64.89 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 637.65 \text{ N}$$

Ahora bien el momento flexionante será:

$$Mf = F * d$$

Ec. 4.14

Donde:

F= fuerza

D= distancia media del eje

$$Mf = 637.65 \text{ N} * \frac{1 \text{ kgf}}{9.81 \text{ N}} * 0.25 \text{ m}$$

$$Mf = 16.25 \text{ kgf} * \text{m}$$

4.7.6 Esfuerzo Flexionante:

De (Robert, 2005) tenemos que:

$$\sigma = \frac{Mf * C}{I}$$

Ec. 4.15

Donde:

Mf = momento flexionante

C = centroide

I = momento de inercia

De aquí tenemos que C e I es obtenido de la tabla 2.1 (véase anexo):

$$C = \frac{d}{2} \quad e \quad I = \frac{\pi * d^4}{64}$$

Ec. 4.16 y 4.17

Sustituyendo ambas ecuaciones:

$$\sigma = \frac{32 * Mf}{\pi * d^3} = \frac{32 * 16.25 \text{ kg} * \text{m} * \frac{100 \text{ cm}}{\text{m}}}{\pi * 3.4^3 \text{ cm}}$$

$$\sigma = 421.13 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

4.7.7 Esfuerzo de corte por torsión.

Como anteriormente vimos la fórmula del esfuerzo de corte por torsión, ahora se pueden sustituir los valores:

$$\tau = \frac{16 * Mt}{\pi * d^3} = \frac{16 * 3070}{\pi * 3.4^3}$$

$$\tau = 397.8 \frac{kg}{cm^2}$$

4.7.8 Potencia del motor:

Primero, se igualan momentos:

$$M1 = M2$$

$$F1d1 = F2d2$$

$$F2 = \frac{F1d1}{d2} = \frac{3070}{.17} = 18058 \text{ kgf}$$

Calculando la aceleración tangencial:

$$a_t = \frac{F2}{m} = \frac{18058}{80} = 225.72 \frac{m}{s^2}$$

También se sabe que la aceleración tangencial es:

$$a_t = \omega^2 r$$

Ec. 4.18

Despejando a ω se obtiene:

$$\omega = \sqrt{\frac{a_t}{r}} = \sqrt{\frac{225 * \frac{1}{2\pi} * 60^2}{.17}} = 870 \frac{rev}{min}$$

Se emplean entonces 900 rpm. Teniendo esto se calcula la potencia del motor (Juvinal, 2013):

$$Pot = \frac{Mt * n}{71600}$$

Esta fórmula es únicamente para el sistema métrico, así que meteremos los valores directamente sin hacer conversiones. Entonces:

$$Pot = \frac{2.86 * 4 * 2.3 * 870}{71600} = 2.3 CV$$

Aplicando un factor de seguridad de 2 y convirtiendo los cv a HP para poder buscar el motor en catálogo se tiene:

$$4.6 CV = 5 hp$$

Con esto es posible encontrar de manera sencilla el motor en el catálogo SIEMENS.

4.8 Selección de rodamientos

Para la selección de los rodamientos debemos conocer la fuerza que actuara sobre ellos:

Tabla 4.1 Masa total de los elementos de la máquina.

Objeto	Cantidad	Masa del objeto (kg)	Masa total (kg)
Martillo	64	.154	9.856
Arandela	32	0.036	1.16
Disco portamartillos	9	3.95	35.96
Separador	8	1.99	15.92
Pernos	4	0.5	2
Total			64.89

Como ya lo vimos dicha fuerza de 65kg será distribuida en 2 ya que serán dos rodamientos. Esta carga se multiplicara por 9.81 m/s² para obtener la fuerza en Newtons. Esto nos da 637 N divididos entre 2 nos da una fuerza de 318.5 N. Revisando el catalogo seleccionaremos:

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones ¹⁾	Rodamiento de emparejamiento universal	Rodamiento de diseño básico	
d	D	B	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite					
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	–			
30	62	16	24	15,6	0,655	14 000	14 000	0,2	* 7206 BECBM	–	–	
	62	16	24	15,6	0,655	14 000	14 000	0,2	* 7206 BECBP	–	–	
	62	16	23,8	15,6	0,655	13 000	13 000	0,2	* 7206 BECBy	–	–	
	62	16	22,5	14,3	0,61	13 000	13 000	0,2	–	–	7206 BEP	
	62	16	24	15,6	0,655	14 000	14 000	0,2	* 7206 BECBPH	–	–	
	72	19	35,5	21,2	0,9	13 000	13 000	0,34	* 7306 BECBM	–	–	
	72	19	35,5	21,2	0,9	13 000	13 000	0,34	* 7306 BECBP	–	–	
	72	19	34,5	21,2	0,9	12 000	12 000	0,34	* 7306 BECBy	–	–	
	72	19	32,5	19,3	0,815	12 000	12 000	0,34	–	–	7306 BEP	
	72	19	35,5	21,2	0,9	13 000	13 000	0,34	* 7306 BEGAPH	–	–	
	35	72	17	31	20,8	0,88	12 000	12 000	0,28	* 7207 BECBPH	–	–
		72	17	31	20,8	0,88	12 000	12 000	0,28	* 7207 BECBM	–	–
		72	17	31	20,8	0,88	12 000	12 000	0,28	* 7207 BECBP	–	–
		72	17	29,1	19	0,815	11 000	11 000	0,28	* 7207 BECBy	–	7207 BEP
80		21	41,5	26,5	1,14	11 000	11 000	0,45	* 7307 BECBM	–	–	
80		21	41,5	26,5	1,14	11 000	11 000	0,45	* 7307 BECBP	–	–	
80		21	39	24,5	1,04	10 000	10 000	0,45	* 7307 BECBy	–	7307 BEP	
80		21	41,5	26,5	1,14	11 000	11 000	0,45	* 7307 BEGAPH	–	–	

Figura 4.1 Selección del rodamiento en base a la carga estática y dinámica.

Debido a que este rodamiento cumple con las necesidades de la maquina en cuanto a carga estática y dinámica y en cuanto a revoluciones, se puede utilizar el rodamiento señalado.

4.9 Diseño de las paredes

Para la dimensión final tanto de largo, ancho y altura de las paredes se tomó en cuenta la medida de las cámaras armadas, es decir, se armó los ejes con sus discos martillos y demás componentes y a esa medida se aumentó 3 cm para ancho y largo, porque como se ha mencionado anteriormente, las paredes también ayudan a la trituración del grano, es por eso que, se necesita que estas estén lo más cerca a los martillos. Para esto se tomó consulta de otros diseños de máquinas.

En los dibujos de detalle se encuentran los planos de las paredes para entender de mejor forma. Las paredes laterales son de un grosor de 1/2 pulgada, al igual que las frontales.

Todas las paredes han sido unidas mediante pernos, para tener la facilidad de desmontar cuando se haga mantenimiento preventivo en la máquina. El polvo generado por la molienda no tiene por donde fugar, ya que las paredes se encuentran muy bien unidas y selladas, en todo caso si existiera una mínima fuga, esta es imperceptible.

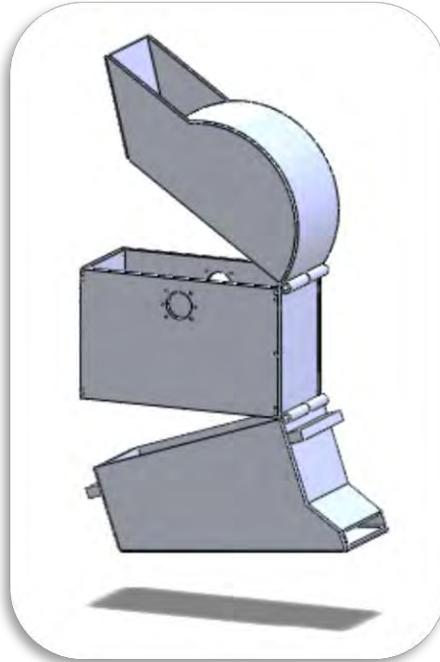


Figura 4.3. Ensamble completo de la carcasa del molino

4.10 Selección de bandas

Esta parte fue seleccionada por medio de tablas (véase anexo).

El procedimiento de diseño consta de los pasos siguientes:

1. Se calcula la potencia de diseño a partir de la potencia nominal y un factor de servicio.
2. Se selecciona la sección de la banda adecuada con ayuda, empleando para ello la tabla 9.
3. Se calcula la relación de transmisión.
4. Se selecciona el diámetro de paso para la polea conductora con ayuda de la tabla 10 y se calcula el diámetro de paso para la potencia conducida.
5. Se calculan o se fijan la distancia entre centros de las flechas a conectar.

CAPÍTULO 5

DIBUJOS DE DETALLE

5.1 Principio de funcionamiento

El componente principal de trabajo del molino de martillo es el rotor que está compuesto por el eje, el disco, eje principal pasador y cabeza de martillo. El rotor motivado por el motor el cual hace revolución de la alta velocidad en la cavidad de trituración. El producto entra en la máquina desde la entrada superior y son aplastados, impactados, cortadas y molidas a los polvos por el martillo de alta velocidad. Por debajo del rotor, se encuentra la placa de tamiz, el cual denota el tamaño del producto final. Finalmente por la tolva inferior caerá por gravedad el producto terminado.

Ahora bien, se hará mención de los elementos que componen a la máquina a detalle:

Martillo: como se observa en el dibujo 5.1, es uno de los elementos principales de la máquina ya que es el encargado de dar trituración al producto. Como se puede observar en los dibujo, está diseñado para triturar granos con un diámetro máximo de 11 mm y también está diseñado para que su vida de uso se alargue debido a la doble barrenación que presenta.

Arandela: en el dibujo 5.2, se observa el elemento encargado de dar una separación entre martillos, debido a que los martillos debían estar diseñados a un espesor de 11 mm, que es el diámetro máximo de los granos, sin embargo se implementó el uso de la arandela con el fin de aminorar el costo de la máquina, así como el peso de la máquina y a su vez la pérdida de torque del motor.

Perno sujetador: como se observa en el dibujo 5.8 está el elemento encargado de sujetar y posicionar la configuración de martillo-arandela; este está sometido a tratamiento térmico con el fin de soportar los esfuerzos que se presentaran al estar la máquina en operación.

Disco porta martillos: en el dibujo 5.3 se observa el elemento encargado de darle rotación a los martillos; está diseñado con 12 barrenos diferentes con el fin de usar hasta 3 posiciones diferentes con el fin de alargar su vida útil cuando éste presente desgaste en las posiciones.

Separador de discos: En el dibujo 5.6 se observa el elemento encargado de separar los discos porta martillos, para evitar un posible choque entre los martillos dentro de la cámara de trituración. Está diseñado con el espesor suficiente para que exista una holgura adecuada entre la configuración de los mismos.

Eje principal: en el dibujo 5.4 se observa el elemento encargado de sujetar lo que vendría siendo el rotor de la máquina; es una de las piezas principales ya que será el encargado de soportar todos los esfuerzos que se generen en el proceso de trituración, por lo cual también se someterá a tratamiento térmico.

Tope: en el dibujo 5.10, se observa el Elemento encargado de anular el juego o un posible movimiento axial del rotor con respecto del eje principal. Es una parte que no presenta mucho desgaste por lo cual será un material en crudo.

Rodamiento: 5.7 Elemento encargado de dar facilidad al movimiento radial que presentara la máquina cuando este en operación. Dicho rodamiento está seleccionado en base a la carga o fuerza a la que será sometido cuando esté trabajando.

Soporte de rodamiento: 5.9 Este soporte se diseñó con el fin evitar cualquier fuga o cualquier contacto del producto con el exterior, y a su vez para no perder la concentricidad del eje con respecto a las paredes de la máquina. Dicho soporte está diseñado con el espesor adecuado para que el rodamiento se pueda alojar de manera correcta. Cabe mencionar que cuenta con pernos de fijación para que la posición de toda la configuración de la máquina sea la adecuada para su funcionamiento.

Polea: en el dibujo 5.23, se observa el elemento para transmitir potencia del motor mediante una banda.

Tolva Superior: en el dibujo 5.21, se observa la tolva encargada de admitir el producto a triturar; está diseñada con la geometría adecuada para que la circulación del producto sea lo más eficiente posible sin que exista ningún daño posible hacia el operador cuando esté utilizándola. Se encuentra unida con soldadura por lo cual no puede tener fugas de productos.

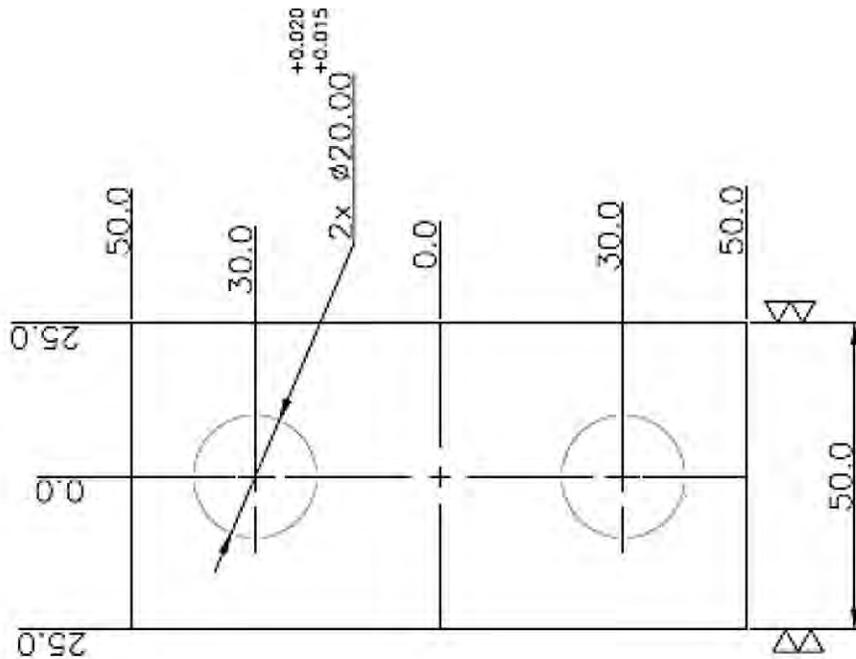
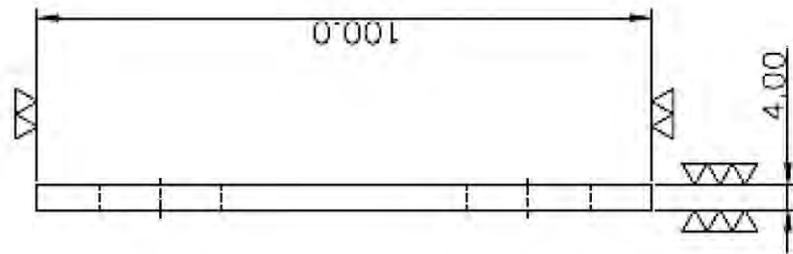
Tolva principal: en el dibujo 5.17, se observa la tolva encargada de soportar los impactos del producto cuando la máquina esté en funcionamiento; está diseñada con un espesor de pared adecuado a los impactos y esfuerzos generados en la cámara de trituración. Esta ensamblada con tornillos y pernos de fijación, con el fin de no perder posición de los elementos y a su vez tener facilidad de mantenimiento cuando se requiera.

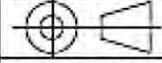
Tolva inferior: en el dibujo 5.14, se observa la tolva encargada de recibir el producto terminado el cual estará determinado por la criba en uso; la geometría de la tolva está diseñada para que el producto caiga por gravedad y pueda ser recolectado para su uso. Las paredes tienen unión por soldadura para así evitar cualquier posible fuga.

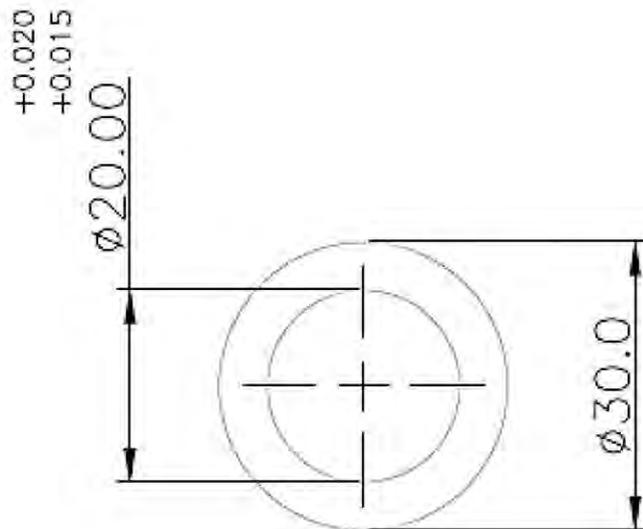
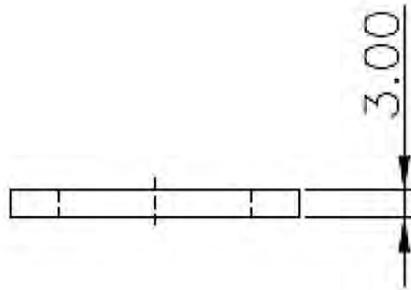
Estructura: en el dibujo 5.24, se observa la tolva encargada de soportar el peso de la máquina y los esfuerzos que se generen cuando esté operando. Está diseñada con la geometría adecuada y cuenta con dos ruedas en la parte delantera para que tenga una mejor movilidad.

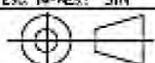
Recomendaciones

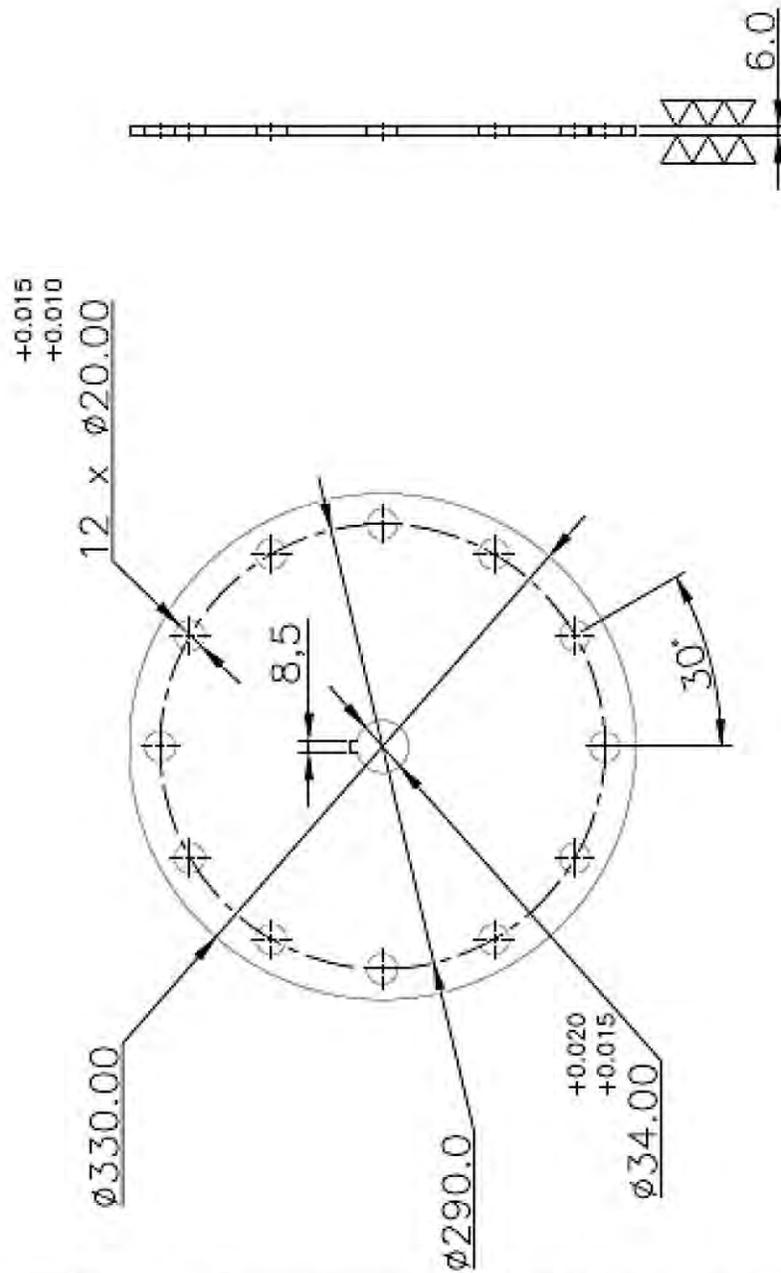
- Para que la productividad y rendimiento del molino no disminuya, se recomienda estar atento al desgaste de los componentes internos, principalmente de los martillos.
- Se recomienda hacer un mantenimiento preventivo, principalmente con lo referente a bandas y engrase de los rodamientos.
- Cada semana hay que hacer una limpieza de la cámara de triturado, para que el material triturado fluya constantemente y sin problemas.
- Se recomienda estar atento al desgaste de las piezas internas del molino, ya que esto puede provocar que el molino se desalíe o desbalance produciendo daños.
- Los operarios del molino deben trabajar con protectores auditivos, ya que el ruido que produce el motor supera altísimamente los valores estipulados para el ser humano, lo que puede provocar serios problemas auditivos
- Si por cualquier razón se necesita detener y abrir el molino, hacerlo después de que este se encuentre completamente en reposo, el contacto de cualquier parte humana con los martillos en movimiento puede causar una lesión grave.

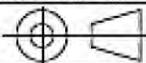


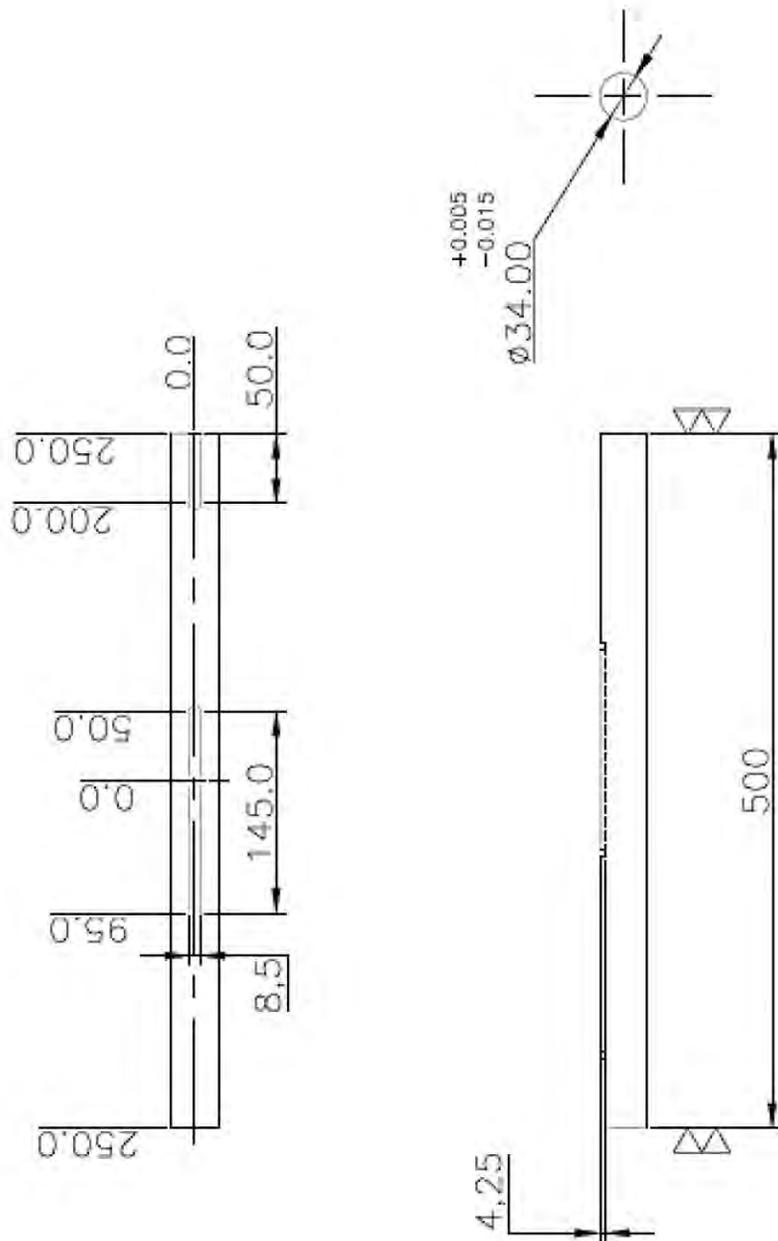
ACOT: MM	TOL. NO ESP		NOMBRE	FECHA	 FES CUAUTLAN <small>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO</small>
ESC. DIBUJO: 1:1	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLÍS	14/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.001-0.003	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR MARTILLO-(64PIEZAS)
	0.0004-0.003	APROB. :	ING. F. DIAZ	14/05/18	
	0.00001-0.0008	AUTORIZO:	-	-	
D. DE TRABAJO No:	HÓJA : 1	E.M.P. No:	TYM-RC-INOX-430		DIB. No: 5.1
TM-01	DE : 26	E.T.T. No:	TYM-TEMPY3REV-58RC		



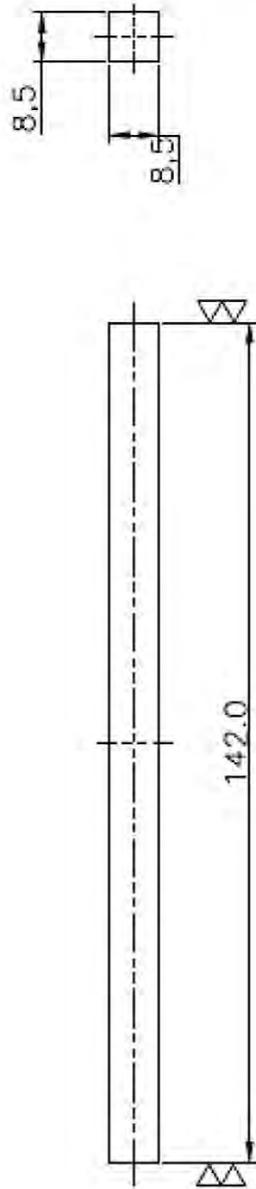
ACOT:	MM	TOL. NO ESP	NOMBRE	FECHA	FES CUAUTITLAN	
ESC. DIBUJO:	2:1	0.04 → 0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	16/06/18	 <small>UNIVERSIDAD</small> <small>ESTADOS UNIDOS MEXICANOS</small>
ESC. IMPRES:	SIN	0.00 → 0.03	REVISO :	-	-	
		0.0004 → 0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	17/05/18	MOLINO-TRITURADOR ARANDELA-(32-PIEZAS)
		0.0000 → 0.0003	AUTORIZO:	-		
		FRACCIONAL → 1/64	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		
D. DE TRABAJO No:	TM-01	HÓJA :	2	E.T.T. No:	SIN	DIB. No: 5.2
		DE :	26			

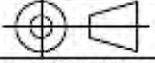


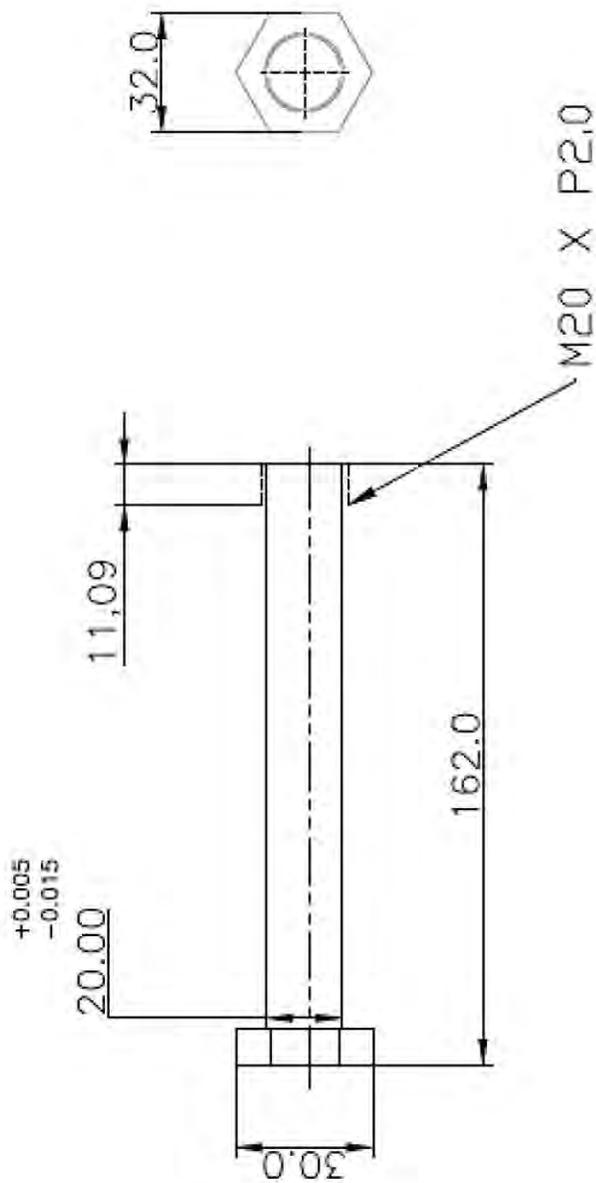
ACOT: MM	TOL. NO. ESP		NOMBRE	FECHA	 FES CUAUTTLAN <small>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO</small>
ESC. DIBUJO: 1:5	0.01 - 0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	16/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 - 0.003	REVISO :	-	-	<small>SEMPRE ED 8031</small>
	0.0004 - 0.003	APROB. :	ING. F. DIAZ	17/05/18	
	0.0000 ± 0.0008	AUTORIZO:	-	-	MOLINO-TRITURADOR DISCO-PORTAHERRILLAS (8 MEZAS)
ANGULAR ±15°	FRACCIONAL ±1/34	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-430		
O. DE TRABAJO No:	HOJA : 3	E.T.T. No:	SIN		DIB. No: 5.3
TM-01	DE : 26				

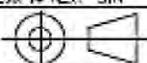


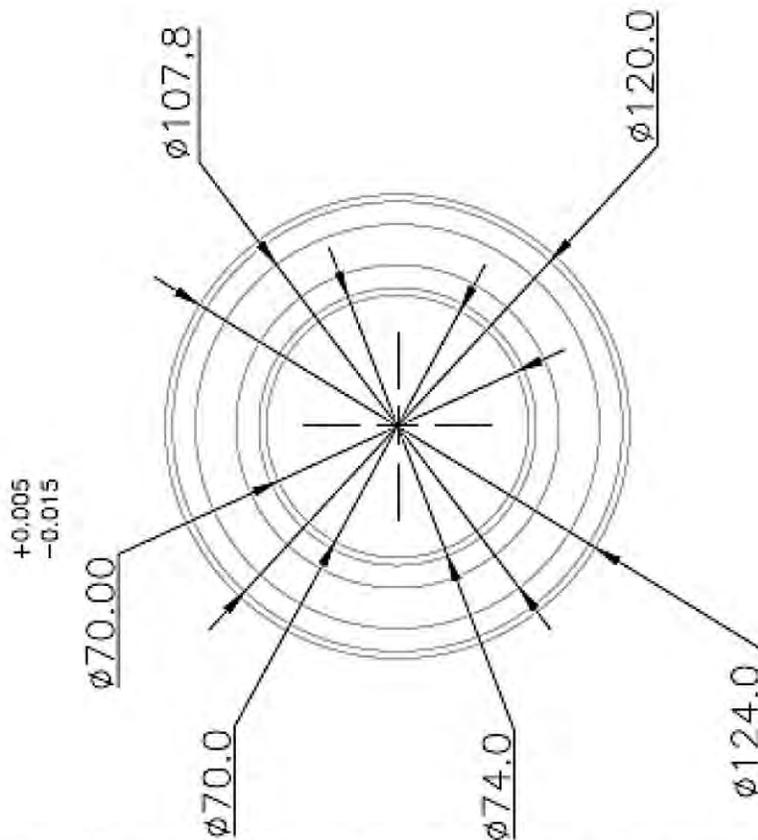
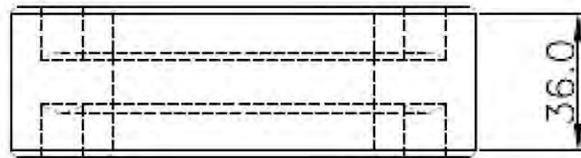
ADOT: MM	TOL. NO. ESP.	NOMBRE	FECHA	FES CURUTILAN	
ESC. DIBUJO: 1:2	0.04-0.1	DIBUJO : DAVID SOLIS	22/05/18	SISTEMA ISO 9001	
ESC. IMPRES: SIN	0.05 +0.002	REVISO : -	-		
	0.0004-0.002	APROB. : ING. F. DIAZ	23/05/18	MOLINO-TRITURADOR E.E-PRINCIPAL	
	0.0000-0.0005	AUTORIZO: -	-		
O. DE TRABAJO No: TM-01	HOJA : 7	E.M.P. No: TYM-AC-INOX-430		DIB. No: 5.4	
	DE : 26	E.T.T. No: TYM-TEMPY3REV-56RC			



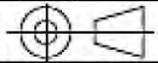
ACOT: MM	TOL. NO ESP		NOMBRE	FECHA	 FES CDMX <small>SISTEMA ISO 9001</small>
ESC. DIBUJO: 1:1	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	21/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 +0-0.02	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR CURA-1
	0.0004-0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	22/05/18	
	0.00001-0.0005	AUTORIZO:	-	-	
O. DE TRABAJO No:	HOJA : 5	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-430		DIB. No: 5.5
TM-01	DE : 26	ETT. No:	SIN		

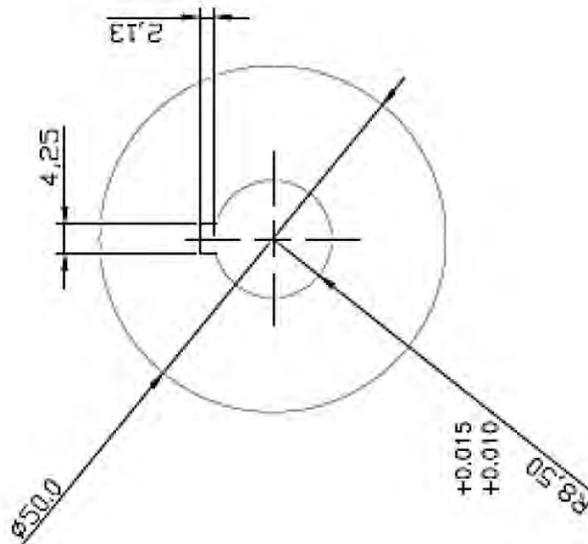
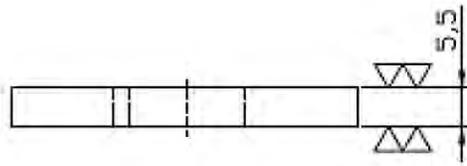


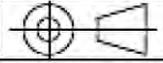
ACOT: MM	TOL. NO ESP		NOMBRE	FECHA	 PES CUAUTTLAN <small>REVISOR SO 0001</small>
ESC. DIBUJO: 1:1	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLÍS	21/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 +0.00	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR PERNO-FLAJADOR-(4.PIEZAS)
	0.0004-0.003	APROB. :	ING. F. DIAZ	22/05/18	
	0.00004-0.0005	AUTORIZO:	-	-	
D. DE TRABAJO No:	HOJA : 6	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-430		DIB. No: 5.6
TM-01	DE : 26	E.T.T. No:	TYM-TEMPY3REV-58RC		



NOTA: MATAR FILDS A R2.0

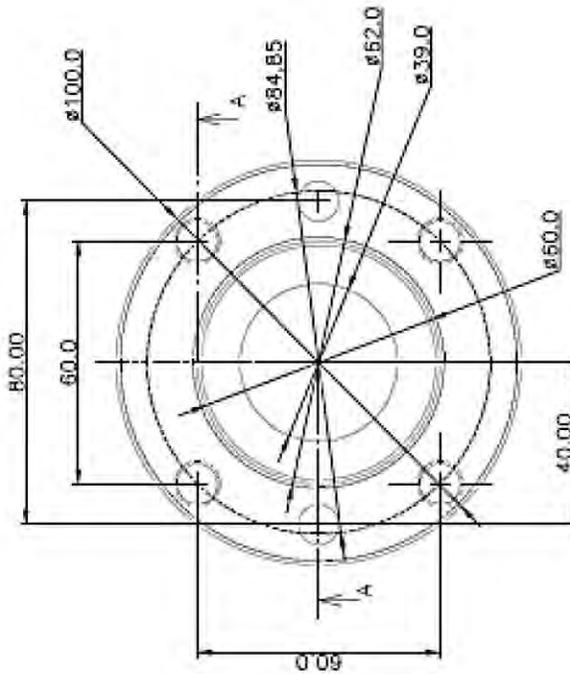
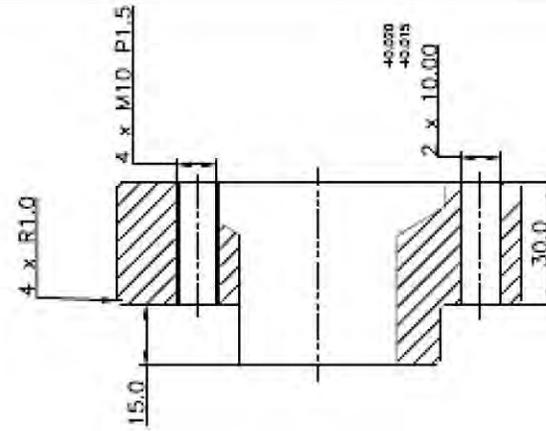
ADOT: MM	TOL. NO. ESP		NOMBRE	FECHA	 RES CUAUTLAN <small>Simba 50 8201</small>
ESC. DIBUJO: 1:1	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	21/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 +0.02	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR RODAMIENTO
	0.0004-0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	22/05/18	
	0.00001-0.0005	AUTORIZO :	-	-	
O. DE TRABAJO No:	FRACCIONAL $\pm 1/64$	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.7
TM-01	ANGULAR $\pm 10'$	E.T.T. No:	SIN		

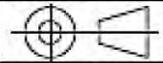


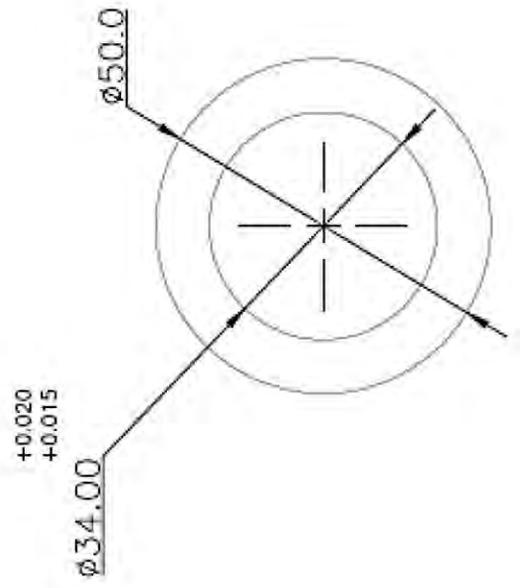
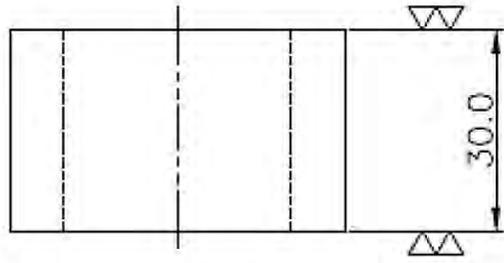
ADOT: MM	TOL. NO. ESP		NOMBRE	FECHA	 RES. CUAUTILAN <small>MEXICO 50 9331</small>
ESC. DIBUJO: 1:2	0.01-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	22/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 ±0.03	REVISO :	-	-	
	0.0004-0.003	APROB. :	ING. F. DIAZ	23/05/18	MOLINO-TRITURADOR SEPARADOR-DISCOS-(B-REZAS)
	0.0000 ±0.0028	AUTORIZO:	-		
O. DE TRABAJO No:	FRACCIONAL ±1/64	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.8
TM-01	ANGULAR ±15°	E.T.T. No:	SIN		
	HOJA : 5				
	DE : 26				

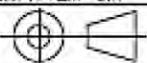
NOTA: MATAR FILDS A R1.0

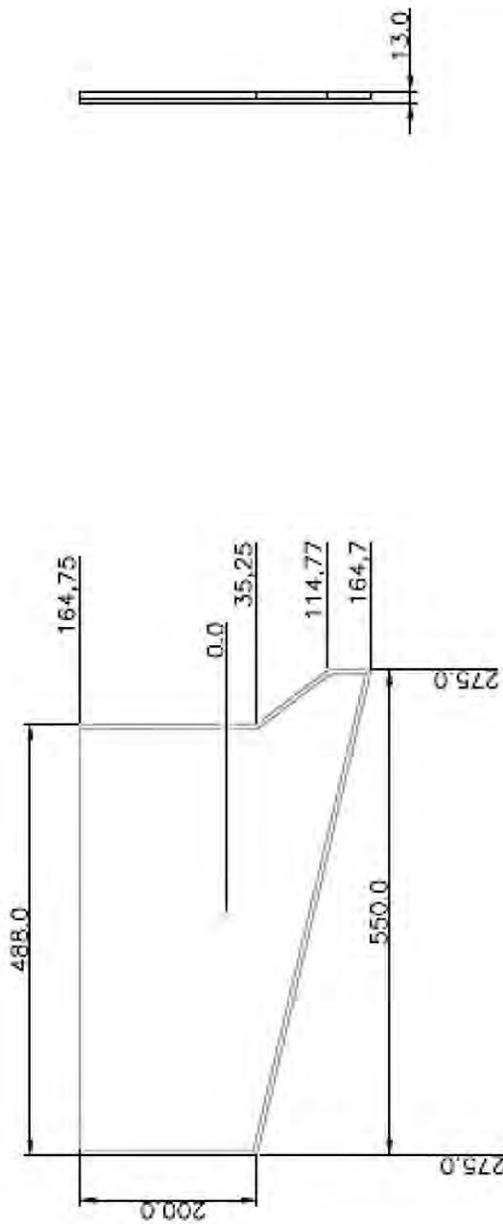
CORTE A-A



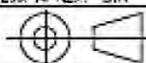
ACOT: MM	TOL. NO. ESP.		NOMBRE	FECHA	 RES CUAUTILAN <small>SEMPRE EN SUZU</small>
ESC. DIBUJO: 1:1	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	22/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 ±-0.02	REVISO :	-	-	
	0.0004-0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	23/05/18	MOLINO-TRITURADOR SCORTE-RODAVIENTO E PIEZAS
	0.0001-0.0005	AUTORIZO :	-	-	
FRACCIONAL ±1/4	ANGULAR ±15°	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		
O. DE TRABAJO No:	HOUA : 9	E.T.T. No:	SIN		
TM-01	DE : 26				

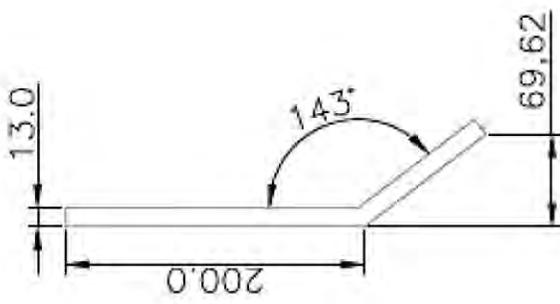
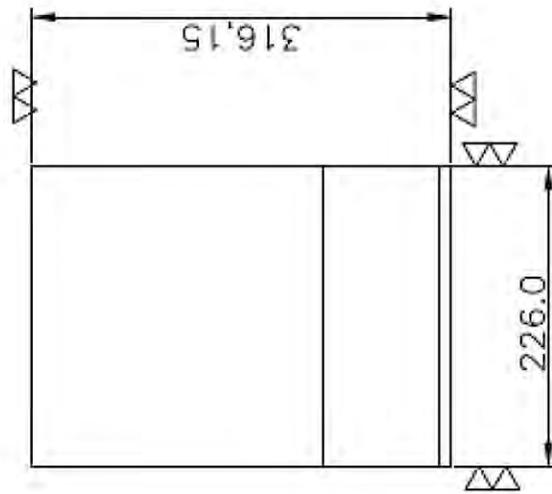


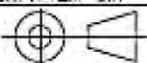
ACOT: MM	TOL. NO ESP		NOMBRE	FECHA	 PES CUAUTLAN <small>ESTADO DE PUEBLA</small>
ESC. DIBUJO: 1:1	0.04 - 0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	23/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.004 - 0.008	REVISO :	-	-	
	0.0004 - 0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	24/05/18	MOLINO-TRITURADOR TOPE-(2-PIEZAS)
	0.00004 - 0.00008	AUTORIZO:	-		
D. DE TRABAJO No:	FRACCIONAL $\pm 1/64$	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.10
TM-01	ANGULAR $\pm 15'$	DE :	26	E.T.T. No: SIN	

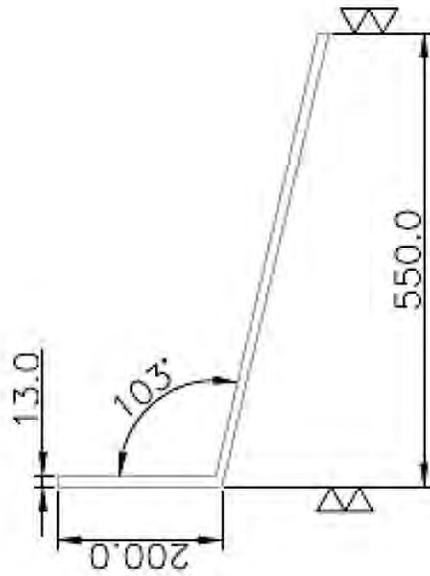
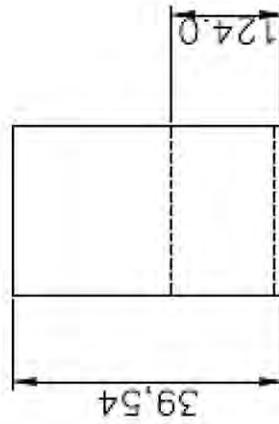


NOTA: MATAR TODOS LOS FILOS A R10

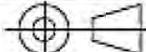
ACOT: MM	TOL. NO ESP	NOMBRE		FECHA	 PES CUAUTILAN <small>ESTADO DE QUERÉTARO</small>
ESC. OBJETO: 1:1	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	24/05/18	
ESC. IMPRES.: SIN	0.00 ±0.03	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR TOLVA-INF-TAPA-FRONTAL-(2.PIEZAS)
	0.0004-0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	24/05/18	
	0.00001-0.0005	AUTORIZO:	-	-	DIB. No: 5.11
FRACCIONAL ±1/64	HOJA : 11	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		
ANGULAR ±15°	DE : 26	E.T.T. No:	SIN		
O. DE TRABAJO No:					
TM-01					

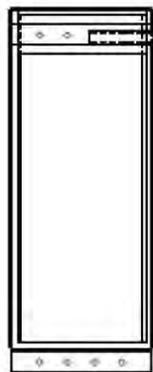
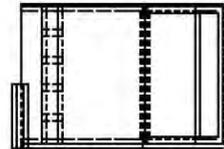
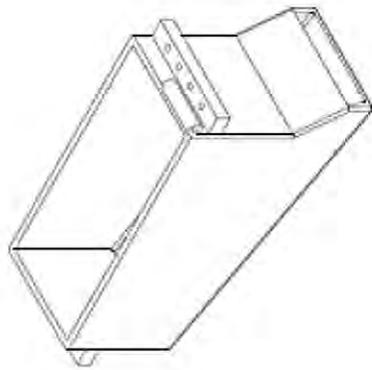


ACOT: MM	TOL. NO ESP		NOMBRE	FECHA	 FES CUAUTILAN <small>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPÁN</small>
ESC. DIBUJO: 1:5	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	26/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.02 +0.03	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR TOLVA-INFITPA-LATERAL-GER.
	0.004-0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	27/05/18	
	0.0003-0.0008	AUTORIZO:	-	-	
	FRACCIONAL ±1/32	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.12
O. DE TRABAJO No:	HOJA : 12	E.T.T. No:	SIN		
TM-01	DE : 26				



NOTA: MATAR FILDS A R1.0

ACOT: MM	TOL. NO ESP	NOMBRE		FECHA	 PES CUAUTILAN <small>Simbol EO 8021</small>
ESC. DIBUJO: 1:5	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	26/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 ±-0.02	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR TOLVA-NFTAPA-LATERAL-120.
	0.0004-0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	26/05/18	
	0.00004-0.0008	AUTORIZO:	-	-	
O. DE TRABAJO No:	FRACCIONAL ±1/64	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.13
TM-01	ANGULAR ±15°	E.T.T. No:	SIN		

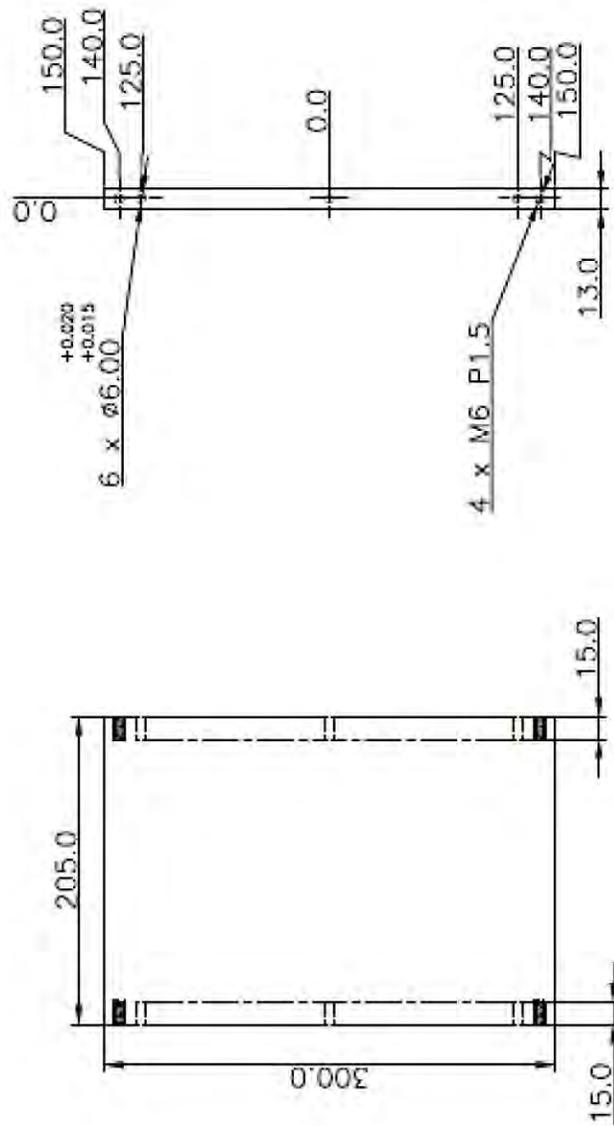


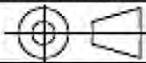
SOLDADURA A TOPE E308
EN TODAS LAS UNIONES

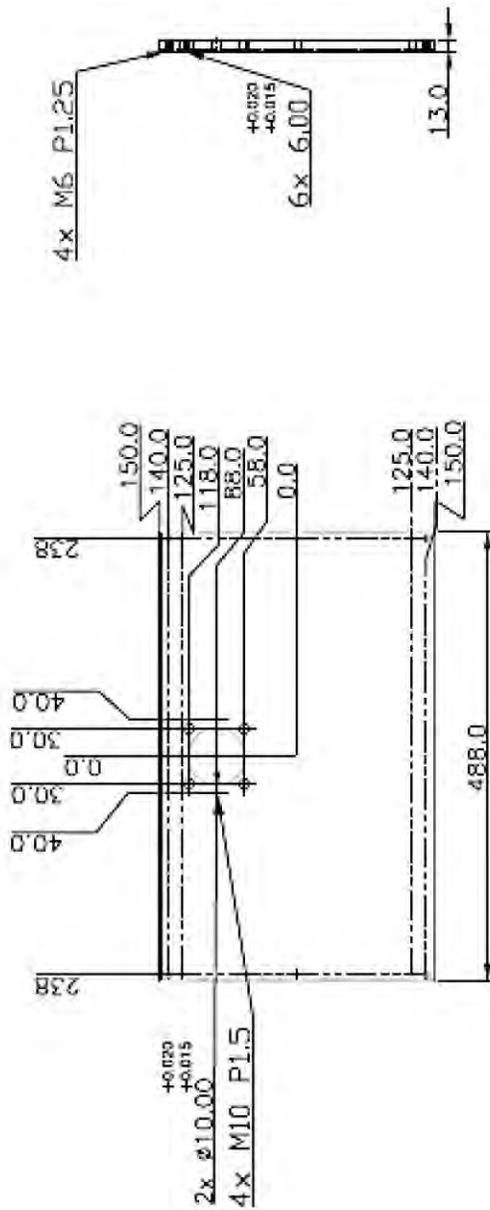


NOTA: MATAR FILDOS A TODAS LAS ESQUINAS RLD

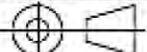
ACOT: MM	TOL. NO ESP	NOMBRE		FECHA	 FES CUAUTITLAN <small>SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA</small>
ESC. DIBUJO: 1:5	0.04 - 0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	26/05/18	
ESC. IMPRES.: SIN	0.00 ± 0.03	REVISO :	-	-	<small>SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA</small> MOLINO-TRITURADOR ENSAMBLE-TOLVA-PIE
 	0.0004 - 0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	26/05/18	
	0.0000 ± 0.0005	AUTORIZO:	-	-	
D. DE TRABAJO No:	HÓJA : 14	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.14
TW-01	DE : 26	E.T.T. No:	SIN		

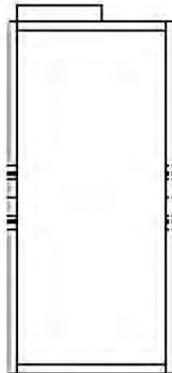
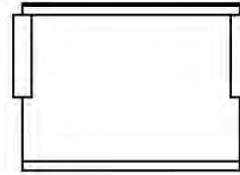
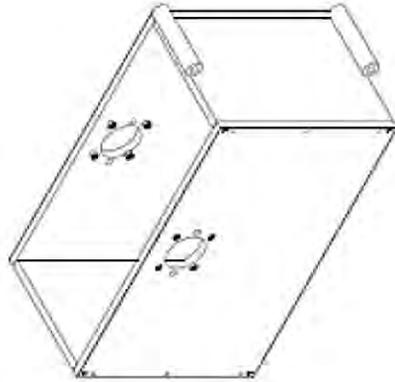


ACOT: MM	TOL NO ESP	NOMBRE		FECHA	 FES CUAUTITLAN <small>SISTEMA BD 8001</small>
ESC. DIBUJO: 1:5	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	25/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 ±0.02	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR TOLVA-FRONTAL-TAPA-LATERAL 2-PIEZAS
	0.0004-0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	26/05/18	
	0.0000 ±0.0008	AUTORIZO:	-	-	
O. DE TRABAJO No:	HÓJA : 15	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.15
TM-01	DE : 26	E.T.T. No:	SIN		

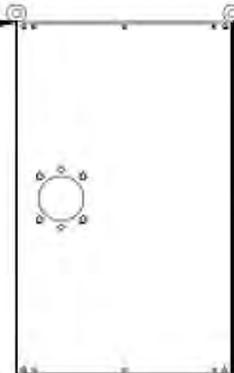


NOTAR MATAR FILDS A TODAS LAS ESQUINAS RLD

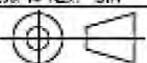
ACOT: MM	TOL NO ESP	NOMBRE		FECHA	 PES CUAUTILAN <small>NUMER. 50 8001</small>
ESC. DIBUJO: 1:5	0.04 - 0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	26/05/18	
ESC. IMPRES.: SIN	0.00 ± 0.03	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR TOLVA-FRONTAL-TAPA-FRONTAL 2-PE245
	0.0004 - 0.003	APROB. :	ING. F. DIAZ	27/05/18	
	0.0000 ± 0.0003	AUTORIZO:	-	-	
FRACCIÓNAL ± 1/64	ANGULAR ± 15'	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.16
O. DE TRABAJO No:	HOJA : 16	E.T.T. No:	SIN		
TM-01	DE : 26				

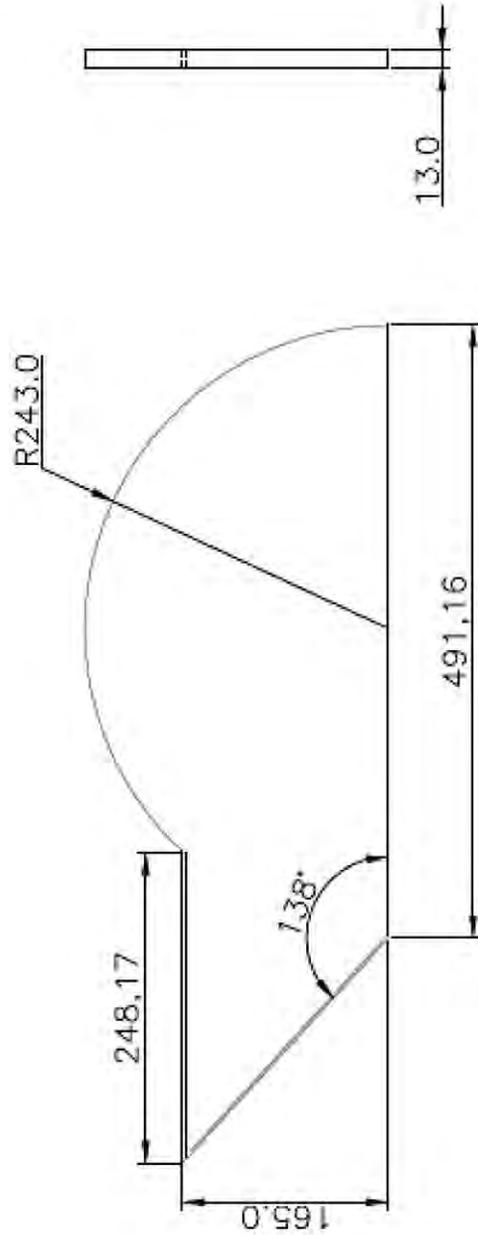


SOLDADURA A TOPE E308



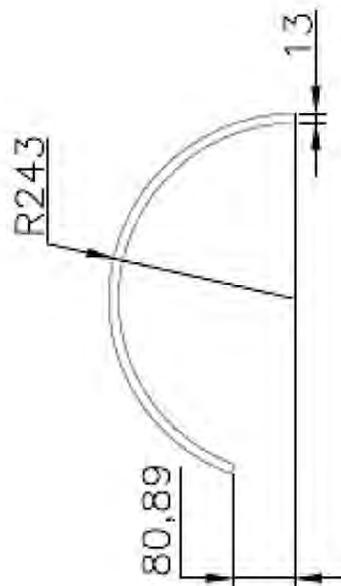
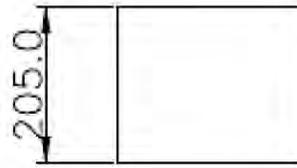
NOTA: LA TORNILLERÍA SE ESPECIFICA EN EL DIBUJO DE DETALLES DE CADA TAPA

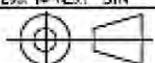
ACOT: MM	TOL. NO ESP	NOMBRE		FECHA	 FES CUAUTITLAN <small>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO</small>
ESC. OBLI: 1:10	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	26/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 ±0.03	REVISO :	-	-	 FES CUAUTITLAN <small>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO</small>
	0.0004-0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	27/05/18	
	0.0000 ±0.0005	AUTORIZO:	-	-	
O. DE TRABAJO No:	FRACCIONAL ±1/64	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		MOLINO-TRITURADOR TOLVA-FRONTAL-ENSAMBLADA
TM-01	ANGULAR ±15°	E.T.T. No:	SIN		
	HOJA : 17				DIB. No: 5.17
	DE : 26				

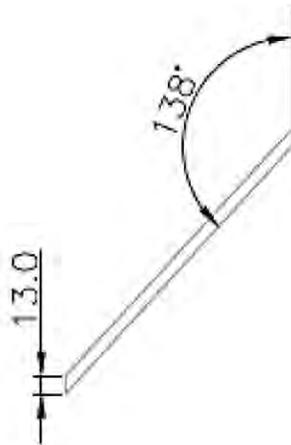
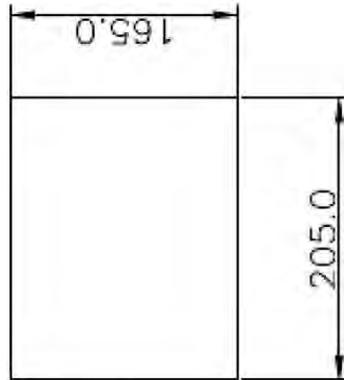


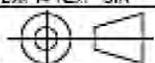
NOTA: MATAR TODOS LOS FILOS R1.0

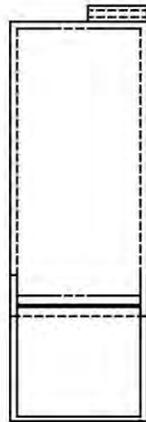
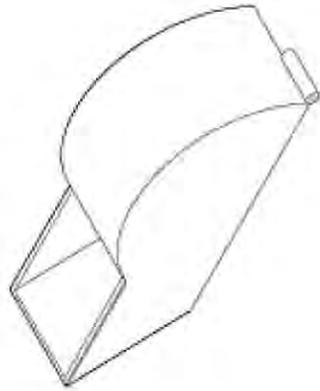
ACOT: MM	TOL. NO ESP		NOMBRE	FECHA	 FES CUAUTITLAN <small>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO</small>	
ESC. OBWO: 1:5	0.04 - 0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	28/05/18		
ESC. IMPRES: SIN	0.00 ± 0.03	REVISO :	-	-	 SIMON <small>BO 9021</small>	
	0.0004 - 0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	29/05/18		
	0.0000 ± 0.0005	AUTORIZO:	-		MOLINO-TRITURADOR TOLVA-SUP TARA-FRONTAL 2-PIECAS	
	FRACCIONAL ± 1/64	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304			
O. DE TRABAJO No:	ANGULAR ± 15°	DE :	26	E.T.T. No:	SIN	DIB. No: 5.16
TM-01						



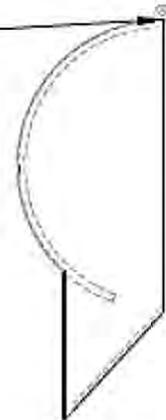
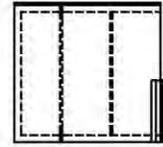
ACOT: MM	TOL. NO ESP		NOMBRE	FECHA	 FES CUAUTITLAN <small>SIMBOL. SO 0001</small>
ESC. DIBUJO: 1:10	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	28/05/18	
ESC. IMPRES.: SIN	0.00 ±0.03	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR TOLVA-SUP.TAPA-LATERAL-DEZ.
	0.0004-0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	28/05/18	
	0.0000 ±0.0009	AUTORIZO:	-		
	FRACCIONAL ±1/64	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.19
	ANGULAR ±15°	E.T.T. No:	SIN		
O. DE TRABAJO No:	HOJA : 19				
TM-01	DE : 26				



ACOT: MM	TOL. NO ESP		NOMBRE	FECHA	 FES CUAUTLAN <small>UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO</small>
ESC. ORIG: 1:5	0.04 - 0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	28/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 ± 0.03	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR TOLVA-SUTAPA-LATERAL-IZQ.
	0.0004 - 0.002	APROB. :	ING. F. DIAZ	28/05/18	
	0.0000 ± 0.0005	AUTORIZO:	-		
	FRACCIONAL ± 1/MM	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.20
	ANGULAR ± 15'	E.T.T. No:	SIN		
O. DE TRABAJO No:	HOJA : 20				
TM-01	DE : 26				

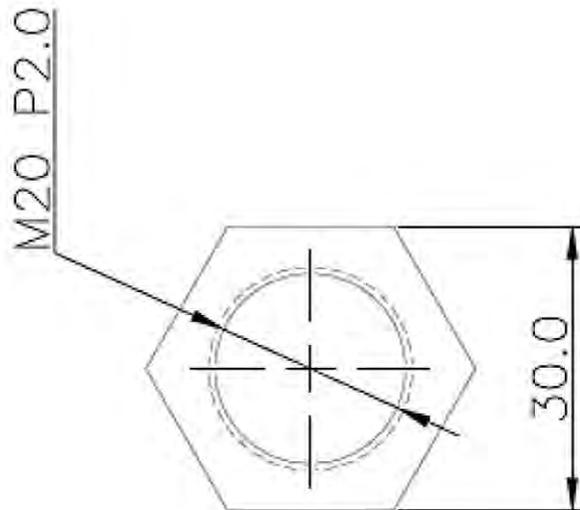
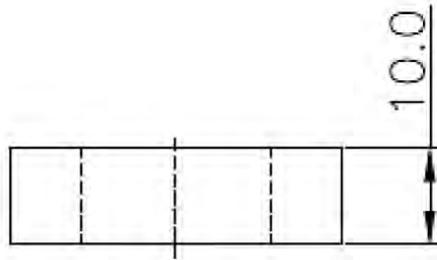


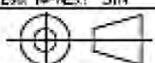
SOLADURA A TOPE
EN LAS ESQUINAS E308

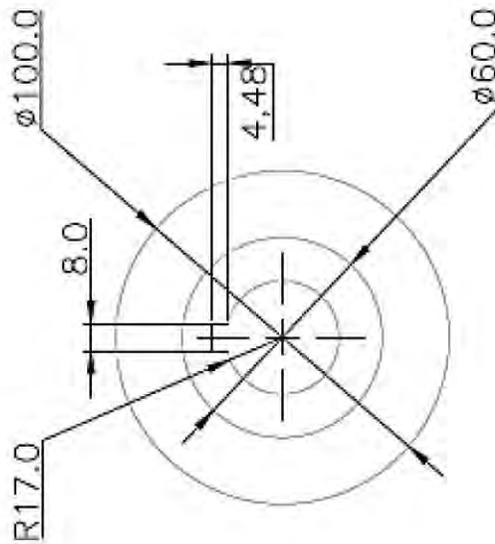
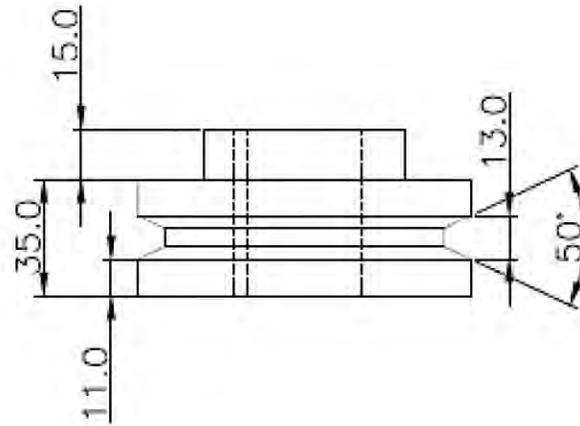


MATAR TODOS LOS FILDS R1.0

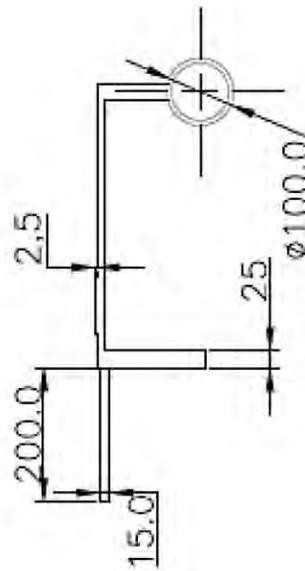
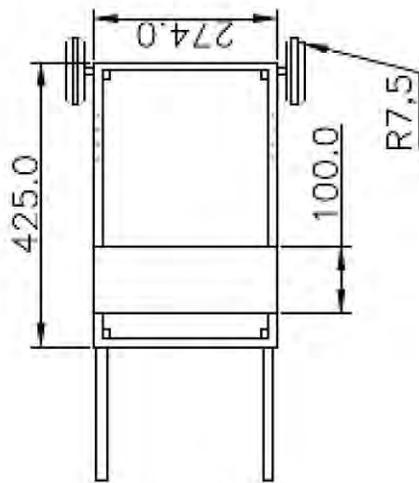
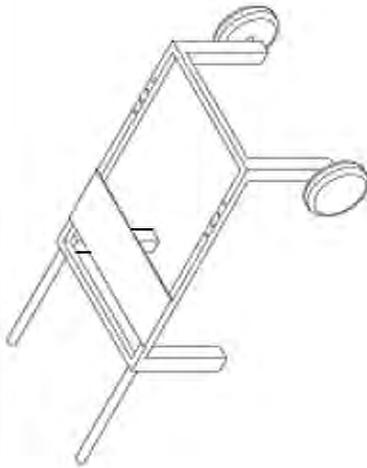
ACOT: MM	TOL. NO ESP		NOMBRE	FECHA	 PES CUAUTILAN <small>simon 50 8031</small>
ESC. DIBUJO: 1:10	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	28/05/18	
ESC. IMPRES.: SIN	0.00 +0.03	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR TOLVA-SUPERIOR-ENSAMBLADA
 	0.0004-0.003	APROB. :	ING. F. DIAZ	29/05/18	
	0.0001-0.0005	AUTORIZO:	-	-	
O. DE TRABAJO No:	FRACCIONAL +1/64	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.21
TM-01	ANGULAR +15°	E.T.T. No:	SIN		



ACOT: MM	TOL. NO ESP	NOMBRE		FECHA	 FES CUAUTILAN <small>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO</small>
ESC. DIBUJO: 1:1	0.04 - 0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	29/05/18	
ESC. IMPRES.: SIN	0.00 ± 0.03	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR TUERCA-PERNO-(4-PIEZAS) <small>simon 50 001</small>
	0.0004 - 0.003	APROB. :	ING. F. DIAZ	30/05/18	
	0.0000 ± 0.0008	AUTORIZO:	-	-	
O. DE TRABAJO No:	FRACCIÓNAL ±1/64	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.22
TM-01	ANGULAR ±15°	DE :	26	E.T.T. No: SIN	

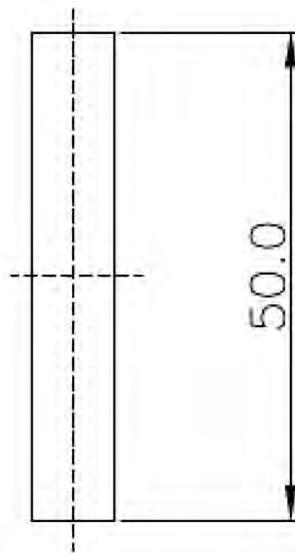
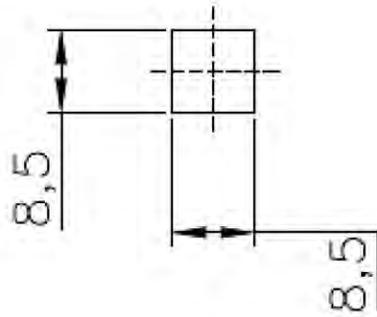


ACOT: MM	TOL. NO EXP		NOMBRE	FECHA	 FES CUAUTITLAN <small>UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUÉRETLA</small>
ESC. DIBUJO: 1:1	0.04 - 0.1	DIBUJO :	DAVID SOLÍS	28/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.02 - 0.03	REVISO :	-	-	<small>Norma ISO 8031</small> MOLINO-TRITURADOR PCLEA
	0.0504 - 0.032	APROB. :	ING. F. DIAZ	29/05/18	
	0.0000 - 0.0008	AUTORIZO:	-		
	FRACCIONAL $\pm 1/64$	E.M.P. No:	TYM-AC-1018		
	ANGULAR $\pm 15'$	E.T.T. No:	SIN		
O. DE TRABAJO No:	HOJA : 23				DIB. No: 5.23
TM-01	DE : 26				



NOTA: TODAS LAS UNIONES ESTAN SOLDADAS A TOPE
6013

ACOT: MM	TOL. NO ESP	NOMBRE	FECHA	 PES CUAUTLAN <small>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL ESTADO DE QUERÉTARO</small>
ESC. GRUPO: 1:10	0.04-0.1	DIBUJO : DAVID SOLIS	20/06/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 ±0.03	REVISO : -	-	DIB. No: 5.24 <small>ESTRUCTURA</small>
 	0.0004-0.003	APROB. : ING. F. DIAZ	21/06/18	
D. DE TRABAJO No: TM-01	FRACCIONAL ±1/64	AUTORIZO: -		
	ANGULAR ±15°	E.M.P. No: TYM-JC-PTR		
	HORA : 24	E.T.T. No: SIN		
	DE : 26			



ACOT: MM	TOL. NO ESP	NOMBRE		FECHA	 FES CUAUTILAN <small>SUTSA 155 8301</small>
ESC. DIBUJO: 1:1	0.04-0.1	DIBUJO :	DAVID SOLIS	21/05/18	
ESC. IMPRES: SIN	0.00 +0.00	REVISO :	-	-	MOLINO-TRITURADOR CUÑA-2
	0.0004-0.003	APROB. :	ING. F. DIAZ	22/05/18	
	0.00001-0.0005	AUTORIZO:	-	-	
O. DE TRABAJO No:	FRACCIONAL +1/64	E.M.P. No:	TYM-AC-INOX-304		DIB. No: 5.25
TM-01	ANGULAR +15°	E.T.T. No:	SIN		
	HOJA : 25				
	DE : 26				

CONCLUSIONES

Después del trabajo realizado se pueden establecer las conclusiones siguientes:

- La selección de materiales aplicadas en el diseño y cálculo se encuentra fácilmente en el mercado de ésta región, por lo tanto se garantiza su adquisición para la construcción y puesta en marcha de la máquina, además el reemplazo y reparación de algunas piezas mecánicas del sistema.
- De acuerdo con las teorías de diseño mecánico y validación de componentes mediante el cálculo de esfuerzos, se pudo evidenciar la eficiencia de los materiales seleccionados para el diseño ya que los factores de seguridad son mayores que 1.
- Este Diseño es de gran importancia teniendo en cuenta que con la optimización del mismo se puede exponer en un mercado que tenga necesidad de triturar o moler facilitando el trabajo y mejorando la producción.
- El molino está apegado a las normas internacionales de alimentos, porque ha sido construido principalmente con acero Inoxidable.
- En el diseño del molino se ha tratado de optimizar al máximo el tamaño del mismo, para que al momento de instalarlo con todos los demás componentes que tiene el molino no requiera un espacio físico grande.
- La elaboración de este trabajo me ayudó a comprender como se realiza el diseño de una máquina así como todo lo que conlleva este proceso. Este trabajo es el resultado del desarrollo académico dentro de la Facultad de estudios Superiores Cuautitlán, por lo cual se encontrará una nueva bibliografía de consulta dentro de la institución.

BIBLIOGRAFÍA

1. *BOMERI*. (30 de NOVIEMBRE de 2017). Obtenido de <https://www.bomeri.com/pd65-cuello-ganso>
2. *Casa Matus*. (Septiembre de 2012). Obtenido de http://casamatus.com/index.php?products_id=31¤cy=USD&sort=4d
3. *Castillo, I. F.* (2009). *Apuntes profe Felipe*.
4. *CGV, C. p.* (2015). *Metodología del analisis del valor*. Obtenido de <http://cgv.iat.es/metodologia-del-analisis-del-valor/>
5. *Hashemi, J.* (2006). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería*. McGraw-Hill.
6. *Juvinall, Robert. C.* (2013). *Diseño de elementos de máquinas*. Limusa.
7. *M., Gere. James.* (2002). *Mecánica de Materiales*. Limusa.
8. *R.C., Hibbleler.* (2004). *Mecánica Vectorial para Ingenieros: Dinámica*. Pearson.
9. *R.Mott.* (2006). *Diseño de Elementos de máquinas* . Pearson.
10. *Robert, L. N.* (2005). *Diseño de maquinaria*. En L. N. Robert. McGraw-Hill.
11. *Romero, A.* (2009). *La técnica de la Molienda*. México : Mc.Graw-Hill.
12. *Shigley, J. E.* (2005). *El diseño en -ingeniería Mecánica*. McGraw-Hill.
13. www.agma.org
14. www.asme.org
15. www.osbearings.com

ANEXOS

Tabla 1 Propiedades típicas de los materiales más comunes

MATERIAL	RESISTENCIA MÁXIMA		RESISTENCIA A LA FLUENCIA		MODULO DE ELASTICIDAD E	MODULO DE ELASTICIDAD G	α cm/cm.°C (x 10 ⁻⁶)
	kg/cm ²	ksi	kg/cm ²	ksi	kg/cm ²	kg/cm ²	
ACEROS:							
NOM-1018 T.F	4500	64	3800	54	2.1E6	0.808E6	11.8
NOM-1045 T.C	6400	91	5400	77	"	"	11.8
NOM-1060 T.C	6900	98	3800	54	"	"	11.8
NOM-1075 T.C	7300	104	4100	58	"	"	11.8
NOM-4140 T.T	12000	170	11200	159	"	"	11.8
NOM-4340 T.T	12200	173	11500	163	"	"	11.8
INOX 304 REC.	5200	74	2100	30	1.96E6	0.735E6	16.0
INOX 316 REC.	5200	74	2100	30	1.96E6	0.735E6	16.0
ESTRUCTURAL ASTM A-36	4800	68	2250	36	2.1E6	0.808E6	11.8
ALUMINIOS FORJADOS							
2014-T4	4362	62	2885	41	0.741E6	0.281E6	23.1
2024-T4	4785	68	3370	48	"	"	23.1
6061-T6	3166	45	2800	40	"	"	23.1
ALEACIONES DE COBRE							
BRONCE T.F	7030	100	5270	75	1.195E6	0.450E6	18.3
MONEL T.C	6330	90	3520	50	1.82E6	0.68E6	14.0
LATON	3860	54.8	1750	24.8	1.124	0.421E6	20.0
OTROS:							
HIERRO GRIS ASTM-20	1470	20.9			1.05E6	0.422E6	10.8

T.F.- Trabajado en frio

T.C.- Trabajado en caliente

T.T.- Tratado térmicamente

REC.- Recocido

Tabla 2 Esfuerzos cortantes de cálculo, según ASME para arboles y flechas de acero.

<i>Condiciones de carga</i>	<i>Esfuerzo cortante de cálculo (sin cuñero)</i>	<i>Esfuerzo cortante de cálculo (con cuñero)</i>
<i>Flechas sometidas a flexión y torsión</i>	$\tau_{cal} = 0,30 \times \sigma_f$	$\tau_{cal} = 0,225 \times \sigma_f$
	$\tau_{cal} = 0,18 \times \sigma_{max}$	$\tau_{cal} = 0,135 \times \sigma_{max}$
<i>Flechas sometidas a flexión</i>	$\tau_{cal} = 0,6 \times \sigma_f$	$\tau_{cal} = 0,45 \times \sigma_f$
	$\tau_{cal} = 0,36 \times \sigma_{max}$	$\tau_{cal} = 0,27 \times \sigma_{max}$

σ_{max} = Resistencia máxima del material

σ_f = resistencia a la fluencia del material

Tabla 3 Factor de seguridad F.S. para el diseño de flechas según la Norma ANSI-ASME.

<i>Condiciones de carga</i>	<i>Factor de seguridad F.S</i>
<i>Cargas estables</i>	2.0
<i>Cargas con impacto moderado</i>	3.0
<i>Cargas con impacto fuerte</i>	4.0

Tabla 4 Tamaño de cuña contra tamaño de flecha.

DLÁMETRO NOMINAL DE LA FLECHA (Pulg)		Tamaño nominal de la cuña		
		<i>Altura H (Pulg)</i>		
<i>Mas de</i>	<i>Hasta (incluso)</i>	<i>Espesor, W</i>	<i>Cuadrada</i>	<i>Rectangular</i>
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 1/4	1/4	1/4	3/16
1 1/4	1 3/8	5/16	5/16	1/4
1 3/8	1 3/4	3/8	3/8	1/4
1 3/4	2 1/4	1/2	1/2	3/8
2 1/4	2 3/4	5/8	5/8	7/16
2 3/4	3 1/4	3/4	3/4	1/2
3 1/4	3 3/4	7/8	7/8	5/8
3 3/4	4 1/2	1	1	3/4
4 1/2	5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
5 1/2	6 1/2	1 1/2	1 1/2	1
6 1/2	7 1/2	1 3/4	1 3/4	1 1/2
7 1/2	9	2	2	1 1/2
9	11	2 1/2	2 1/2	1 3/4
11	13	3	3	2
13	15	3 1/2	3 1/2	2 1/2
15	18	4		3
18	22	5		3 1/2
22	26	6		4
26	30	7		5

Nota.- No se recomienda el uso de los valores que aparecen en las áreas sombreadas.

Tabla 5 Propiedades mecánicas de aceros inoxidables.

Propiedades mecánicas de algunas aleaciones de acero inoxidable							
Datos de INCO.* Valores aproximados. Consulte a los fabricantes de los materiales para información más precisa							
Aleación de acero inoxidable	Estado	Límite elástico a la tensión (convencional al 2%)		Resistencia máxima a la tensión		Elongación en 2 in	Dureza Brinell o Rockwell
		kpsi	MPa	kpsi	MPa	%	
Tipo 301	recocido en tira	40	276	110	758	60	85HRB
	laminado en frío	165	1 138	200	1 379	8	41HRC
Tipo 302	recocido en hojas	40	276	90	621	50	85HRB
	laminado en frío	165	1 138	190	1 310	5	40HRC
Tipo 304	recocido en hojas	35	241	85	586	50	80HRB
	laminado en frío	160	1 103	185	1 276	4	40HRC
Tipo 314	laminado en barra	50	345	100	689	45	180HB
Tipo 316	recocido en hojas	40	276	90	621	50	85HRB
Tipo 330	laminado en caliente	55	379	100	689	35	200HB
	recocido	35	241	80	552	50	150HB
Tipo 410	recocido en hoja	45	310	70	483	25	80HRB
	tratamiento térmico	140	965	180	1 241	15	39HRC
Tipo 420	recocido en barra	50	345	95	655	25	92HRB
	tratamiento térmico	195	1 344	230	1 586	8	500HB
Tipo 431	recocido en barra	95	655	125	862	25	260HB
	tratamiento térmico	150	1 034	195	1 344	15	400HB
Tipo 440C	recocido en barra	65	448	110	758	14	230HB
	templado y revenido 600°F	275	1 896	285	1 965	2	57HRC
17-4 PH (AISI 630)	endurecido	185	1 276	200	1 379	14	44HRC
17-7 PH (AISI 631)	endurecido	220	1 517	235	1 620	6	48HRC

* Properties of Some Metals and Alloys, International Nickel Co., Inc., Nueva York.

Tabla 6 Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería

Propiedades físicas de algunos materiales de ingeniería								
Datos provenientes de varias fuentes.* Estas propiedades son esencialmente similares para todas las aleaciones del material específico								
Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Razón de Poisson ν	Peso específico γ	Densidad de masa ρ	Gravedad específica
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa				
Aleación de aluminio	10.4	71.7	3.9	26.8	0.34	0.10	2.8	2.8
Cobre al berilio	18.5	127.6	7.2	49.4	0.29	0.30	8.3	8.3
Latón, bronce	16.0	110.3	6.0	41.5	0.33	0.31	8.6	8.6
Cobre	17.5	120.7	6.5	44.7	0.35	0.32	8.9	8.9
Hierro fundido gris	15.0	103.4	5.9	40.4	0.28	0.26	7.2	7.2
Hierro fundido dúctil	24.5	168.9	9.4	65.0	0.30	0.25	6.9	6.9
Hierro fundido maleable	25.0	172.4	9.6	66.3	0.30	0.26	7.3	7.3
Aleaciones de magnesio	6.5	44.8	2.4	16.8	0.33	0.07	1.8	1.8
Aleaciones de níquel	30.0	206.8	11.5	79.6	0.30	0.30	8.3	8.3
Acero al carbono	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de acero	30.0	206.8	11.7	80.8	0.28	0.28	7.8	7.8
Acero inoxidable	27.5	189.6	10.7	74.1	0.28	0.28	7.8	7.8
Aleaciones de titanio	16.5	113.8	6.2	42.4	0.34	0.16	4.4	4.4
Aleaciones de zinc	12.0	82.7	4.5	31.1	0.33	0.24	6.6	6.6

* Properties of Some Metals and Alloys, International Nickel Co., N.Y., Metals Handbook, American Society for Metals, Materials Park, Ohio.

Tabla 7 Centroides y momentos de inercia para las figura geométricas más comunes .

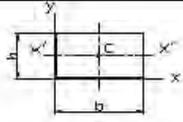
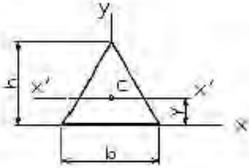
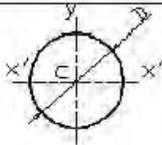
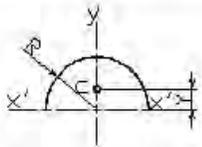
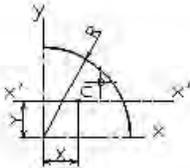
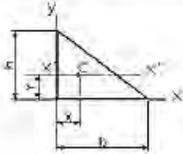
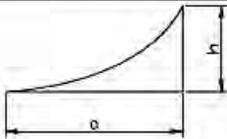
<i>Forma</i>	<i>Área</i>	<i>Centroide</i>	<i>Momento de inercia</i> $I_{x'x'}$
	$A = b * h$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = h/2$	$I = \frac{1}{12}bh^3$
	$A = \frac{b * h}{2}$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = \frac{1}{3}h$	$I = \frac{1}{36}bh^3$
	$A = \frac{1}{4}\pi D^2$ $A = \pi.R^2$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = 0$	$I = \frac{\pi.D^4}{64}$
	$A = \frac{\pi R^2}{2}$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = \frac{4.R}{3\pi}$	$I = 0.11.R^4$
	$A = \frac{\pi.R^2}{4}$	$\bar{x} = \frac{4.R}{3\pi}$ $\bar{y} = \frac{4.R}{3\pi}$	$I = 0.055.R^4$
	$A = \frac{b * h}{2}$	$\bar{x} = \frac{1}{3}b$ $\bar{y} = \frac{1}{3}h$	$I = \frac{1}{36}bh^3$
	$A = \frac{a * h}{3}$	$\bar{x} = \frac{3a}{4}$ $\bar{y} = \frac{3h}{10}$	$I = \frac{8a^3b}{175}$

Tabla 8 Bandas V estándar.

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sección</th> <th>Anchura bo [mm]</th> <th>Altura h [mm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M(Z) / 10</td> <td>10,00</td> <td>6,00</td> </tr> <tr> <td>A / 13</td> <td>13,00</td> <td>8,00</td> </tr> <tr> <td>B / 17</td> <td>17,00</td> <td>11,00</td> </tr> <tr> <td>C / 22</td> <td>22,00</td> <td>14,00</td> </tr> <tr> <td>D / 32</td> <td>32,00</td> <td>19,00</td> </tr> <tr> <td>E / 38</td> <td>38,00</td> <td>25,00</td> </tr> </tbody> </table>	Sección	Anchura bo [mm]	Altura h [mm]	M(Z) / 10	10,00	6,00	A / 13	13,00	8,00	B / 17	17,00	11,00	C / 22	22,00	14,00	D / 32	32,00	19,00	E / 38	38,00	25,00		
	Sección	Anchura bo [mm]	Altura h [mm]																					
M(Z) / 10	10,00	6,00																						
A / 13	13,00	8,00																						
B / 17	17,00	11,00																						
C / 22	22,00	14,00																						
D / 32	32,00	19,00																						
E / 38	38,00	25,00																						

Tabla 9 Características de diseño de algunos tipos de bandas

Sección	Dimensiones (mm)	Potencia máxima Transmisible por banda (kW)	Diámetro mínimo (mm)	Longitudes estándar (mm)
Y, 2L	6 x 4	0.6	20	200 - 500
Z, 3L	10 x 6	2.3	50	400 - 1500
A, 4L	13 x 8	3.3	75	518 - 4100
B, 5L	17 x 11	6.4	125	700 - 7165
C	22 x 14	14.0	200	1070 - 10700
D	32 x 19	32.0	355	2740 - 15200
E	38 x 23	50.0	500	3090 - 16800

Tabla 10 Características de diseño para bandas V estándar.

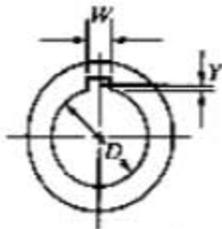
<i>Sección de la banda</i>	<i>Gama de diámetros recomendados</i>		<i>Gama de potencias para una o más bandas</i>	
	<i>Pulg</i>	<i>m</i>	<i>hp</i>	<i>kW</i>
<i>A</i>	3 – 5	0.075 – 0.125	¼ - 10	0.2 – 7.5
<i>B</i>	5.4 – 8	0.137 – 0.20	1 – 25	0.75 – 19
<i>C</i>	8 – 12.4	0.20 - 0.315	15-100	11-75
<i>D</i>	13 – 20.0	0.33 – 0.508	50 –250	38 – 190
<i>E</i>	22.0 – 28.0	0.56 – 0.70	100 y más	75 y más

Tabla 11 Características de cada tipo de rodamiento para poder ser usado en una aplicación específica.

<i>Rodamiento</i>	<i>Dirección de la carga</i>			<i>Relación carga/volumen</i>			<i>Capacidad de desalineación</i>		
	<i>Radial</i>	<i>Axial</i>	<i>Ambas</i>	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>baja</i>
<i>De bolas de ranura profunda</i>	Si		Si		Si			Si	
<i>De rodillos cilíndricos</i>	Si		Algunos		Si				Si
<i>De agujas</i>	Si		Si	Si					Si
<i>De rodillos cónicos</i>	Si	Si	Si		Si				Si
<i>Autoalineante de bolas</i>	Si		Si			Si	Si		
<i>De rodillos esféricos</i>	Si		Si		Si		Si		
<i>De bolas de contacto angular</i>		Si				Si			Si
<i>Axial de bolas</i>		Si			Si				Si

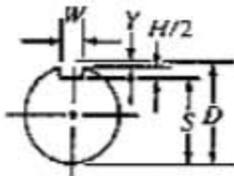
Después de seleccionar el tipo de rodamiento adecuado se debe determinar su tamaño en base a su capacidad de carga estática o su capacidad de carga dinámica. Si el rodamiento está estacionario por largos períodos o gira lentamente y sometido a cargas de impacto, entonces, el procedimiento de selección debe realizarse sobre la base de su capacidad de carga estática. Para operación continua el rodamiento se selecciona sobre la base de su capacidad de carga dinámica.

Tabla 12 Dimensiones de cuñeros



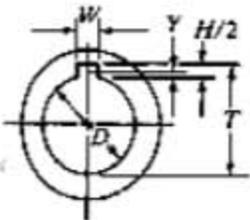
(a) Altura de la cuerda

$$Y = \frac{D - \sqrt{D^2 - W^2}}{2}$$



(b) Profundidad del cuñero del eje

$$S = D - Y - \frac{H}{2} = \frac{D - H + \sqrt{D^2 - W^2}}{2}$$



(c) Profundidad del cuñero de la maza

$$T = D - Y + \frac{H}{2} + C = \frac{D + H + \sqrt{D^2 - W^2}}{2} + C$$

Símbolos

C = Tolerancia

+0.005" de espaciamento para cuñas paralelas

-0.020" de interferencia para cuñas ahusadas

D = Diámetro nominal del eje o interior, pulg

H = Altura nominal de la cuña, pulg

W = Ancho ó espesor nominal de la cuña, pulg

Y = Altura de la cuerda, pulg

Tabla 13 Lista de materiales

21	4	Tuerca del perno	Acero Inox 304	Ferrítico
20	4	Pernos fijador de martillos	Acero Inox 430	Martensítico
19	32	Arandelas	Acero Inox 304	Ferrítico
18	64	Martillos	Acero Inox 430	Martensítico
17	9	Separador de discos	Acero Inox 304	Martensítico
16	8	Disco porta martillos	Acero Inox 430	Martensítico
15	2	Tope del eje	Acero Inox 304	Ferrítico
14	1	Eje Principal	Acero Inox 430	Martensítico
13	1	Estructura	PTR	Soldada a tope
12	1	Motor de 5 HP	Estándar	SIEMENS
11	2	Poleas	Acero 1018	T.F.
10	2	Rodamientos	Estándar	Catálogo SKF
9	2	Soportes de Rodamiento	Acero 1010	T. F.
8	4	Pernos de Fijación M10	Estándar	Catálogo
7	8	Tornillos Cabeza hex. M10 x 25mm	Estándar	Catálogo
6	6	Pernos de fijación M10	Estándar	Catálogo
5	4	Tornillos Cabeza Allen de M12 x 15mm	Estándar	Catálogo
4	2	Pasadores de M12 x 220 mm de long.	Acero 1018	T.F.
3	1	Tolva principal del Molino	Acero Inox	
2	1	Tolva inferior del Molino	Acero Inox.	
1	1	Tolva superior del Molino	Acero Inox.	
No.	Cant.	Descripción	Material	Observaciones

Tabla 14 Formulario

<p><u>Esfuerzo Normal</u></p> $\sigma = \frac{P}{A}$ <p><u>Esfuerzo cortante</u></p> $\tau = \frac{P}{A}$ <p><u>Elongación</u></p> $\delta = \frac{PL}{EA}$ <p><u>Deformación unitaria por corte</u></p> $\gamma = \frac{\epsilon_s}{L}$ <p><u>Módulo de elasticidad al corte</u></p> $G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{E}{2(1+\mu)}$ <p><u>Módulo de elasticidad o de Young (Rigidez del material)</u></p> $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ <p><u>Factor de seguridad</u></p> $F.S = \frac{\sigma_{FLUENCIA}}{\sigma_{ADMISIBLE}}$ <p><u>Factor de seguridad</u></p>	<p>$\sigma_c = \frac{P}{A_c}$</p> <p>$\sigma_c = \frac{P}{n(d*t)}$</p> <p><u>Módulo o relación de Poisson</u></p> $\mu = \left \frac{-\epsilon_y}{\epsilon_x} \right = \left \frac{-\epsilon_z}{\epsilon_x} \right $ <p><u>Esfuerzos térmicos</u></p> $\delta_T = \alpha L(\Delta T)$ $\sigma_T = \alpha E(\Delta T)$ <p><u>Deformación unitaria sobre el eje x (elemento sometido a tensión)</u></p> $\epsilon_x = \frac{\delta_x}{L_x}$ <p><u>Deformación unitaria sobre el eje y</u></p> $\epsilon_y = \frac{-\delta_y}{L_y}$ <p><u>Deformación unitaria sobre el eje z</u></p> $\epsilon_z = \frac{-\delta_z}{L_z}$ <p><u>Esfuerzo y deformación angular en flechas</u></p> $\tau = \frac{\pi R}{J} = \frac{\pi D}{2J}$
<p><u>Esfuerzo cortante directo</u></p> $\tau = \frac{V}{A}$ <p><u>Esfuerzo cortante longitudinal</u></p> $\tau = \frac{VQ}{Ib}$ <p><u>Modulo de sección</u></p> $Z = \frac{I}{C}$	<p><u>Teoría del esfuerzo normal</u></p> $ \sigma \leq \frac{\sigma_{max}}{F.S} \quad y \quad \sigma \leq \frac{\sigma_{max}}{F.S}$ <p><u>Teoría del esfuerzo cortante máximo</u></p> $\sigma_1 \leq \frac{\sigma_f}{F.S} \quad y \quad \sigma_2 \leq \frac{\sigma_f}{F.S}$ $ \sigma_1 - \sigma_2 \leq \frac{\sigma_f}{F.S}$

Tabla 15 Ajustes y Tolerancias

Ajustes:

1. Martillo y perno
2. Arandela y perno
3. Disco porta martillos y perno
4. Disco porta martillos y árbol
5. Disco separador y árbol
6. Rodamientos y árbol
7. Tope y árbol

AGUJERO N°	DIÁMETRO NOMINAL mm	SELECCIÓN	AGUJERO μm	ÁRBOL μm	AGUJERO mm	ÁRBOL mm
1	20	H7/h6	+21 0	0 -30	20.021 20.000	20.000 19.970
2	20	H6/k5	+13 0	+11 +2	20.013 20.000	20.011 20.002
3	20	H7/h6	+21 0	0 -30	20.021 20.000	20.000 19.970
4	34	H9/h8	+62 0	0 -39	34.062 34.000	34.000 33.961
5	34	H6/js 5	+16 0	+4.5 -4.5	34.016 34.000	34.0045 33.9955
6	34	H8/h7	+39 0	0 -21	34.039 34.000	34.000 33.979
7	34	H9/h8	+62 0	0 -39	34.062 34.000	34.000 33.961