



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y
APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA LA
TRITURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS DE
POLIURETANO EN INDUSTRIAS VERTON”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.

Autores:

CUVI ACURIO WALTER OCTAVIO
SÁNCHEZ VILLACIS HENRY FABRICIO

Director:

Ing. ESPINEL CEPEDA CARLOS ALFREDO

LATACUNGA – ECUADOR

2016



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Cuvi Acurio Walter Octavio con número de C.I. 050378887-9 y Sánchez Villacis Henry Fabricio con C.I. 150107875-0, con el Título de Proyecto de Investigación:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA LA TRITURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS DE POLIURETANO EN INDUSTRIAS VERTON”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo tanto, expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 29 de julio de 2016

Para constancia firman:

.....
Paredes Ojeda Jorge Antonio

C.I. 1100425410

LECTOR 1

.....
Moreano Martínez Edwin Homero

C.I. 0502607500

LECTOR 2

.....
Gallardo Molina Cristian Fabián

0502847692

LECTOR 3



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Cuvi Acurio Walter Octavio y Sánchez Villacis Henry Fabricio postulantes a la obtención de título de Ingeniero Electromecánico, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA LA TRITURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS DE POLIURETANO EN INDUSTRIAS VERTON”** siendo el Ing. Espinel Cepeda Carlos Alfredo director del presente trabajo, a la vez eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posible reclamos o acciones legales. Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de investigación, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Cuvi Acurio Walter Octavio
C.I. 0503788879

Sánchez Villacis Henry Fabricio
C.I. 1501078750



AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA LA TRITURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS DE POLIURETANO EN INDUSTRIAS VERTON”**, de Cuvi Acurio Walter Octavio y Sánchez Villacis Henry Fabricio, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnico suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de validación de proyecto que el Honorable Consejo Universitario de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 29 de julio de 2016

El Director

.....
Firma

Ing. Espinel Cepeda Carlos Alfredo

C.I 0502685183



INDUSTRIAS VERTON

Calle de los Tilos N137 y Palmeras /Telf. 3260-641 / Email: contabilidad@verton.com.ec

AVAL DE IMPLEMENTACION

En calidad de gerente propietario de la industria Verton poliuretanos emito la aprobación para la implementación, de un molino de martillos en las instalaciones de la empresa para la trituración de poliuretano a cargo de los postulantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Cuvi Acurio Walter Octavio y Sánchez Villacis Henry Fabricio, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, quienes han desarrollado el diseño y construcción de la máquina, tomando en consideración los requerimientos de la empresa.

Doy fe del presente para su correspondiente estudio y calificación

Quito, 12 de julio del 2016

.....
Sr. Tomas Verbik
Gerente General

.....
Cuvi Walter
Postulante

.....
Sánchez Fabricio
Postulante

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza y sabiduría necesaria para poder culminar uno de mis objetivos más anhelados.

Agradezco de una manera muy especial a mis padres, quienes me han apoyado de una forma incondicional en mi vida personal y académica, también agradezco a mi hermano que siempre confió en mí y supo darme palabras de aliento para seguir adelante.

Mi más grato agradecimiento a Industrias Verton Poliuretanos por la confianza, predisposición y facilidades brindadas para la ejecución del proyecto, de igual forma al Ing. Carlos Espinel director de tesis, por su orientación, enseñanzas, constante apoyo y guía. Para la culminación del presente trabajo de titulación.

A todos ellos mi eterna consideración y gratitud.

Walter

AGRADECIMIENTO

A Dios por la sabiduría y valentía que me ha dado para poder culminar la carrera con satisfacción. Agradezco a mis padres quienes han sido pilar fundamental para poder formarme como una excelente persona y un próspero profesional lleno de valores inculcados en el hogar.

A mi esposa, hija y hermanos quienes con su apoyo y confianza han hecho que sueños sean culminados con éxito en mi vida, y muchas más metas por cumplir.

Agradezco a Industrias Verton Poliuretanos por la aceptación para la ejecución del proyecto y por la apertura en cada una de sus instalaciones de la empresa, también al Ing. Espinel Carlos por la aceptación para colaborar, e impartir conocimientos para poder realizar el presente trabajo de Titulación.

Fabricio

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de grado a mis padres y a mi hermano, fuente fundamental de fortaleza en todos los momentos de mi carrera, por haberme brindado su apoyo incondicional y contingente moral, siendo ellos el pilar fundamental en mi vida, quienes han estado siempre a mi lado. Por haberme impulsado día a día a seguir adelante y ser un profesional.

A cada uno de mis familiares que han estado presentes en cada etapa de mi vida, brindándome su apoyo y confianza.

A mis docentes por todos los conocimientos y consejos impartidos en el aula de clase.

Walter

DEDICATORIA

Le dedico a mi esposa conjuntamente con mi amada hija quien con su esfuerzo, valentía y confianza me llenan de valor para poder salir adelante en cada paso que doy. A mi padre a mi madre, hermanos, y a mi pequeña sobrina quienes formamos una gran familia la cual me han enseñado el valor de la unión, el respeto y los buenos hábitos que cada día se forman dentro del hogar para llenarnos de buenas personas para la sociedad. A los maestros que impartieron sus cátedras en mis aulas de clase para formar a una persona con capacidad de emprender y sobre salir en el campo profesional.

Fabricio

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	4
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
6. OBJETIVOS:	6
6.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
6.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8
8.1. POLIURETANO	8
8.1.1. Espuma rígida de poliuretano	9
8.1.2. Aplicaciones de los poliuretanos	10
8.1.3. Tipos de espumas de poliuretano	10
8.1.3.1. Espumas de poliuretano flexibles de baja densidad.....	10
8.1.3.2. Espumas de poliuretano rígidas de baja densidad.....	11
8.1.3.3. Espumas de poliuretano flexibles de alta densidad.....	12
8.1.4. Propiedades físicas	12
8.1.5. Propiedades mecánicas	13
8.2. MOLINOS.....	13
8.2.1. Molino de martillos	13
8.3. VARIADORES DE FRECUENCIA.....	15
8.4. RELE TÉRMICO	15
8.5. CONTACTOR	16
8.6. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DE PERCUSIÓN – MARTILLOS	16
8.7. CÁLCULO DEL RADIO DE GIRO	18

8.8.	ANÁLISIS DE FUERZAS PRESENTES EN EL MARTILLO.....	20
8.8.1.	Falla Por Rotura En El Martillo.....	21
8.8.2.	Número De Martillos.....	22
8.9.	DISEÑO DEL DISCO PORTA EJES SECUNDARIOS.....	27
8.10.	CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR	30
8.11.	TRANSMISIÓN POR BANDAS	32
8.12.	DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL	34
8.13.	DISEÑO DE RODAMIENTOS.....	40
9.	PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS	42
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	42
11.	ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	42
	HIPOTESIS	49
12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	51
13.	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	52
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
15.	BIBLIOGRAFIA	54
16.	ANEXOS.....	56

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1:	Beneficiarios del proyecto.....	5
Tabla 2:	Actividades Y Sistema De Tareas En Relación A Los Objetivos Planteados	7
Tabla 3:	Propiedades físicas del poliuretano	12
Tabla 4:	Factor f de acuerdo a la velocidad tangencial.	30
Tabla 5:	Factor de material.....	39
Tabla 6:	Factor de tipo de esfuerzo	39
Tabla 7:	Factor de confiabilidad.....	40
Tabla 8:	Duración recomendada para rodamientos.	41
Tabla 9:	Operacionalización de variables	50
Tabla 10:	Tir y Van	51
Tabla 11:	Elementos Mecánicos.....	52

Tabla 12: Elementos Electricos	52
Tabla 13: Gastos Indirectos	53
Tabla 14: Costo Total	53

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Proceso de espumación del poliuretano.....	9
Figura 2: Espumas de poliuretano flexibles de baja densidad	10
Figura 3: Espumas de poliuretano rígidas de baja densidad	11
Figura 4: Molino de martillos	14
Figura 5: Relé térmico.....	15
Figura 6: Posición de la herramienta de percusión	16
Figura 7: Fuerzas presentes en el martillo.....	20
Figura 8: Sección de análisis por rotura	21
Figura 9: Distribución de los martillos.....	23
Figura 10: Fuerzas presentes en el sistema de trituración	23
Figura 11: Diagrama fuerzas presentes en el eje secundario.	24
Figura 12: Diagramas de Fuerzas cortantes del eje secundario	25
Figura 13: Diagrama de Momentos del eje Secundario.	25
Figura 14: Circulo de mohr	26
Figura 15: Disco porta ejes.....	27
Figura 16: Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones	28
Figura 17: Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones	28
Figura 18: Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones	29
Figura 19: Disco porta ejes secundarios.....	29
Figura 20: fuerzas en el sistema de trituración.....	35
Figura 21: Fuerzas que actúan en el eje principal	36
Figura 22: Diagrama de cuerpo libre del eje principal en el plano $y - x$	36
Figura 23: Diagrama de Fuerzas cortantes del eje principal en el plano $y-x$	37
Figura 24: Diagrama de Momentos del eje principal en el plano $y -x$	37
Figura 25: Diagrama de cuerpo libre del eje principal en el plano $z - x$	38
Figura 26: Diagrama de Fuerzas cortantes del eje principal en el plano $z-x$	38
Figura 27: Diagrama de Momentos del eje principal en el plano $z -x$	38

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA LA TRITURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS DE POLIURETANO EN INDUSTRIAS VERTON”

Autores:

Cuvi Acurio Walter Octavio

Sánchez Villacis Henry Fabricio

RESUMEN

En el proceso de utilización de poliuretano para la fabricación de planchas acústicas, y térmicas inyectando poliuretano en la Industria Verton Poliuretanos, genera alrededor de 6 fundas plásticas de 2m de alto*1m diámetro de desperdicios, ya que el proceso de inyección no es compacto y se generan rebabas de dimensiones considerables que son cortadas y desechas a basureros, al encontrarse la Industria Verton ligados a una variedad de reglamentos ambientales donde existen restricciones para la eliminación de los residuos a los basureros comunes, ya que dichos componentes no son amigables con el medio ambiente.

La espuma rígida de poliuretano es una sustancia imputrescible, químicamente neutra. Esto hace que por su composición química afecta al medio ambiente. Por lo tanto, mediante este proyecto de tesis se diseñará e implementara un método que permita la molienda de los residuos existentes de poliuretano, para así poder almacenarlos y en posteriores procesos de producción reutilizar en cantidades considerables, ésto se hará mediante la implementación de un molino de tipo martillos, que tenga una capacidad de volumen aproximado $1.51m^3/h$. El objetivo del molino es la trituration de los residuos de poliuretano. El molino de martillos está formado por diferentes partes como: herramientas de percusión que son las encargadas de realizar la trituration, ejes secundarios, discos, eje principal entre otros elementos y sistemas eléctricos.

De acuerdo al principio de funcionamiento de los molinos de martillo, la principal fuerza presente en el sistema es la fuerza centrífuga. Este nuevo proceso, reducirá la cantidad de desperdicio almacenado en las instalaciones de la empresa contribuyendo con el desarrollo de la industria.

La facilidad con la que se va poder manipular el proceso para la trituration beneficia a los trabajadores de la empresa ya que no presentara un nivel de dificultad para manipularla.

Palabras clave: Poliuretano, molino, centrifuga, martillos, trituration.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES ACADEMIC UNIT

TOPIC: "ELABORATION TO A HAMMER MILL FOR THE PROCESS AND REUSING SOLID RESIDUES TO POLIURETANO IN VERTON ENTERPRISE"

Authors: Cuvi Acurio Walter Octavio

Sánchez Villacis Henry Fabricio

ABSTRACT

In the process of using polyurethane for the manufacture of acoustic boards, and thermal injecting polyurethane Verton Polyurethanes enterprise, makes a lot of waste, and it is generated as the injection process is not compact, and burrs of considerable dimensions are generated that they are cut and cast off to landfills, finding the Industry Verton linked to a variety of environmental regulations where there are restrictions on the disposal of waste to ordinary landfills, since these compounds are not friendly to the environment. The rigid polyurethane foam is a rot-proof, chemically neutral substance. This makes their chemical composition affects the environment. So by this thesis project is to design and implement a method that allows us milling of existing waste polyurethane, and storing and subsequent production processes reuse in considerable quantities, this will be done by implementing a mill hammer type which has a capacity of volume approximate $1.51 \text{ m}^3/\text{h}$. The aim of the mill is crushing waste polyurethane. The hammer mill consists of different parts such as percussive tools that are responsible for performing crushing, secondary axes, disks, the main axis among others. According to the principle of operation of the hammer mill type, the main force in the system is the centrifugal force. This new process will reduce the amount of waste stored on the premises of the company contributing to the development of the industry, improving the company's commitment to the environment. The feasibility that it is able to manipulate the process for crushing workers benefits the company because it does not present a difficulty level for handling.

Keywords: Polyurethane, Mill, Centrifuge, Hammers, Grinding.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **CUVI ACURIO WALTER OCTAVIO Y SANCHEZ VILLACIS HENRY FABRICIO**, cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA LA TRITURACIÓN Y REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS DE POLIURETANO EN INDUSTRIAS VERTON”** lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 2 de Agosto del 2016

Atentamente,

M. Sc. Alison Paulina Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS
C.C. 0501801252

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Implementación de un molino de martillos para la trituración y reutilización de residuos sólidos de poliuretano en Industrias Verton”

Fecha de inicio:

04 de abril del 2016

Fecha de finalización:

20 de septiembre del 2016

Lugar de ejecución:

Dirección: Av. El Inca y calle los Tilos 137, QUITO

Industria Verton Poliuretanos

Unidad Académica que auspicia

Ciencia de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:**Equipo de Trabajo:**

Nombres y Apellidos: Carlos Alfredo Espinel Cepeda

Fecha de Nacimiento: 16 de Abril de 1983

Lugar de Nacimiento: Cotopaxi- Latacunga – La Matriz

Nacionalidad: Ecuatoriana

Ciudad Domicilio: Latacunga – La Matriz

Número Celular: 0984744165

Email: carlos.espinel@utc.edu.ec

Cédula de Identidad: 0502685183

Licencia de Conducir: Tipo B

Estado Civil: Casado

Número de hijos: uno

Tipo Sanguíneo: O+

Educación Primaria: Escuela Simón Bolívar
Educación Secundaria: Técnico Ramón Barba Naranjo
Educación Superior: Universidad Técnica de Cotopaxi
Profesión: Ingeniero Electromecánico

Coordinador del Proyecto

Nombres y Apellidos: Walter Octavio Cuvi Acurio
Fecha de Nacimiento: 24 de julio de 1991
Lugar de Nacimiento: Cotopaxi- Pujili
Nacionalidad: Ecuatoriana
Ciudad Domicilio: Pujili
Dirección Domicilio: Alpamalag de Acurios
Número Celular: 0995563814
Email: walter.cuvi9@utc.edu.ec
Cédula de Identidad: 0503788879
Licencia de Conducir: Tipo B
Estado Civil: Soltero
Número de hijos: Ninguno
Tipo Sanguíneo: A+
Educación Primaria: Escuela Miguel de Cervantes
Educación Secundaria: Colegio Nacional Experimental Provincia de Cotopaxi

Nombres y Apellidos: Henry Fabricio Sánchez Villacis
Fecha de Nacimiento: 23 de octubre de 1992
Lugar de Nacimiento: Tena-Napo
Nacionalidad: Ecuatoriana
Ciudad Domicilio: Tena
Dirección Domicilio: Av. Cesar Augusto Rueda
Teléfono Domicilio: 062-887-231
Número Celular: 0995976578
Email: henry.sanchez0@utc.edu.ec
Cédula de Identidad: 1501078750

Licencia de Conducir: Tipo A/ B
Estado Civil: Unión Libre
Número de hijos: uno
Tipo Sanguíneo: A+
Educación Primaria: Escuela Santo Domingo Savio
Educación Secundaria: Instituto Tecnológico Juan XXVIII

Área de Conocimiento:

El área Científico – Técnico

Línea de investigación:

El proyecto a realizarse este sujeto según los lineamientos de investigación de la universidad al punto “procesos industriales” de acuerdo a la características técnicas y científicas.

Las investigaciones que se desarrollen en esta línea estarán enfocadas a promover el desarrollo de tecnologías y procesos que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido, fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. Así como diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, con el fin de contribuir al desarrollo socioeconómico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona.

Sub líneas de investigación de la carrera:

Equipamiento tecnológico y mantenimiento electromecánico

2. RESUMEN DEL PROYECTO

Al emplear poliuretano en la elaboración de paneles termo acústicos tanto para paredes y techos en la Industria Verton Poliuretanos, se generan desperdicios, ya que el proceso de inyección no es compacto y se generan residuos sólidos de dimensiones considerables de hasta 50*50 cm, la mayoría de residuos son desechados a basureros, apenas un 20% es utilizado para mediante un proceso de corte utilizando espátulas se reduce a tamaños de aproximadamente 10*10 cm, siendo una medida aceptable para poder reutilizar dichos desperdicios.

Por lo tanto, mediante este proyecto de investigación se diseñará e implementara una técnica que permita la molienda de los desperdicios generados de poliuretano en el proceso de fabricación de paneles tipo sandwich, para así poder almacenarlo y en posteriores procesos de producción reutilizar, ésto se hará mediante la implementación de un molino de martillos, que tenga la capacidad requerida por el gerente de la industria, $1.51 m^3$ por hora, siendo el volumen del tanque de almacenamiento con el que cuenta la máquina. El sistema del molino está compuesto por cuatro ejes distribuidos a 90° en 4 discos, permitiendo un equilibrio del sistema. En cada eje se ubican 15 martillos los cuales se encuentran separados por bocines, obteniendo así un sistema adecuado para la trituración.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En los procesos de fabricación donde se emplea material poliuretano, al finalizar se obtiene gran cantidad de desecho sólidos, y en el cual se acumula gran cantidad de dichos residuos que afectan, ocupando un lugar significativo en los puestos donde se ejecutan los procesos de producción. La importancia de implementar un sistema de molino de martillos para la empresa Verton Poliuretanos es de carácter urgente ya que se pretende satisfacer por medio de un sistema que facilite la molienda del material, llegando así a la selección idónea de un sistema de matillos, que efectuará el proceso necesario para la reducción de material y volumen, permitiendo ser reutilizado en producciones posteriores dentro de la empresa.

La meta del presente proyecto de investigación en el diseño y construcción del molino de martillos, es reducir la cantidad de desperdicio almacenados en las instalaciones de la empresa.

La reducción del volumen de poliuretano de forma artesanal, representa tiempo y esfuerzo físico, problemas ergonómicos, siendo esto una manera inadecuada.

La capacidad del molino en base a la cantidad de desperdicio existente, y al tiempo disponible del usuario, debe ser aproximada de un volumen de $1.51 m^3$ por hora, ya que anteriormente en una hora se lograba $0.5 m^3$ por hora, de esta forma la capacidad que tendrá el molino estará de acuerdo con la necesidad y disponibilidad de los operarios de la industria Verton.

Con la implementación de la máquina se busca mejorar el tiempo en la reutilización, para que sea ocupado en posteriores paneles que la empresa ofrece a sus clientes.

Por lo antes expuesto este proyecto, permite desarrollar destrezas, habilidades que se han ido formando en el transcurso de la preparación profesional, obtenido así una máquina de acuerdo a los requerimientos propuestos por gerencia de la empresa beneficiada. Con el fin de obtener material apto para ser nuevamente reutilizado.

La realización del proyecto en su totalidad se lo realizara con el auspicio de la empresa beneficiada mediante un convenio vigente entre la mencionada y la Universidad Técnica de Cotopaxi.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto

DIRECTOS	INDIRECTOS
<ul style="list-style-type: none"> - Tomas Verbik, Propietario Gerente General - Guadalupe de la Torre, sub Gerente - Postulantes: Walter Cuvi Henry Sánchez 	<p>20 empleados de la empresa “Verton poliuretanos”:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 18 hombres - 2 mujeres

Fuente: Industrias Verton

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La espuma rígida de poliuretano tiene un excelente comportamiento frente a los agentes atmosféricos (agua, temperaturas extremas, viento), por lo tanto, al ser expuestos a la intemperie éstos no presentan cambios en su estructura, ya sea en un tiempo superior a los 50 años. En procesos de fabricación a los cuales se dedica la empresa, generan residuos que se acumulan en fundas plásticas de dimensiones 2m×0.80m aproximadamente, obteniendo 6 fundas semanales, tomando en cuenta la producción que se genere en distintas semanas.

Debido a la acumulación de material se almacenan, y posterior son trasladados a lugares de recepción para ser sometidos a rellenos sanitarios. El plástico utilizado tiene un alto costo y a la vez no es utilizado de la mejor manera ya que al llenarlos con material de diferentes dimensiones, los pedazos con formas y tamaños dispares ocupan mayor volumen, llegando a llenarse con poca cantidad de material desecho.

Un porcentaje de poliuretano desecho es nuevamente utilizado en trozos cúbicos pegados en paneles de inyección, que a su vez son cortados manualmente y en parte perjudican a la uniformidad de un panel inyectado de poliuretano.

6. OBJETIVOS:

6.1. Objetivo General

- Diseñar y construir un molino de martillos, que permita el triturado de sobrantes de poliuretano para su reutilización, en la Industria Verton poliuretanos.

6.2. Objetivo Específico

- Compilar información sobre el principio de estructuración y funcionamiento, de las diferentes partes que conforman el molino de martillos.
- Diseñar los diferentes elementos que integran el sistema de desmenuzamiento, determinando la capacidad de trituración de poliuretano.
- Seleccionar los materiales mecánicos, equipos eléctricos idóneos para la construcción del molino.
- Implementar el molino de martillos, verificar la funcionalidad de la máquina para la trituración de poliuretano en la industria Verton.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2: Actividades Y Sistema De Tareas En Relación A Los Objetivos Planteados

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Medios de Verificación
Compilar información sobre el principio de estructuración y funcionamiento, de las diferentes partes que conforman el molino de martillos.	Realizar una investigación bibliográfica	Información científica y técnica sobre molinos de martillos	Datos bibliográficos
Diseñar los diferentes elementos que integran el sistema de desmenuzamiento, determinando la capacidad de trituración de poliuretano.	Búsqueda de características técnicas, científicas de trituración. Y dureza de materiales	Información técnica de los elementos necesarios para la trituración.	Datos bibliográficos
Seleccionar los materiales mecánicos, equipos eléctricos idóneos para la construcción del molino.	Análisis técnicos, elección de materiales en catálogos.	Información técnica de los elementos necesarios para el molino.	Cálculos técnicos
Implementar el molino de martillos, verificar la funcionalidad de la máquina para la trituración de poliuretano en la industria Verton.	Pruebas de funcionamiento del molino de martillos.	Variables de funcionamiento tales como capacidad de trituración.	Investigación experimental, toma de datos.

Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. POLIURETANO

Los sistemas de poliuretano, hoy en día, son muy versátiles y permiten una gama amplia de aplicaciones que forman parte de nuestra vida. Su uso se extiende, por ejemplo, a:

- Colchones y sofás (en forma de relleno)
- Automóviles (volantes, spoilers, alerones, asientos, salpicaderos, como amortiguación de vibraciones y ruidos, etc.)
- Suelas del calzado (sobretudo deportivo)
- Fabricación de muebles
- Pinturas y barnices
- Ventanas
- Ingeniería médica (fabricación de piezas para trasplantes y ortopedias, hemofiltros, etc.)
- Ingeniería aeroespacial
- Industria del frío (tuberías, cámaras frigoríficas, neveras, criogenia, etc.)
- En la edificación, como aislamiento térmico, acústico e impermeabilizante.

Las materias primas proceden de dos productos: el petróleo y el azúcar, para obtener, después de un proceso químico de transformación, dos componentes básicos, llamados genéricamente ISOCIANATO y POLIOL. La mezcla en las condiciones adecuadas de estos dos componentes nos proporcionará, según el tipo de cada uno de ellos y los aditivos que se incorporen, un material macizo o poroso, rígido o flexible, de celdas abiertas o cerradas, etc. | (RIGIDO, 2016)

Un poliuretano puede ser cualquier polímero que contenga un enlace uretano en su cadena principal.

Componente polioliol: Mezcla de polioles con grupos reactivos -OH, conteniendo catalizadores, ignífugantes, expandentes y agentes estabilizadores de la espuma.

Componente isocianato: Isocianato con grupos reactivos -NCO.

8.1.1. Espuma rígida de poliuretano

La mezcla de los dos componentes polioliol e isocianato, es un material que se presenta en fase líquida a temperatura ambiente, produce una reacción química exotérmica. Esta reacción química se caracteriza por la formación de enlaces entre el polioliol y el isocianato, consiguiendo una estructura sólida, uniforme y muy resistente. Si el calor que desprende la reacción se utiliza para evaporar un agente hinchante, se obtiene un producto rígido que posee una estructura celular, con un volumen muy superior al que ocupaban los productos líquidos. Es lo que denominamos espuma rígida de poliuretano.

La espuma rígida de poliuretano de la figura 1, es un material sintético, duro, plástico, altamente reticulado espacialmente y no fusible. En las densidades habituales, para aislamiento térmico, la espuma contiene solamente una pequeña parte del volumen de materia sólida (con una densidad de 35 kg/m^3 , sólo el 3% del volumen es materia sólida). (RIGIDO, 2016)

Estructura celular La espuma rígida de poliuretano presenta una estructura celular predominantemente cerrada. El porcentaje de celdas cerradas se sitúa normalmente por encima del 90 %.

La densidad de la espuma rígida de poliuretano para aislamiento térmico está comprendida, según la aplicación, entre 30 y 100 kg/m^3 , pudiéndose realizar para casos especiales densidades superiores.

Figura 1: Proceso de espumación del poliuretano.



Fuente: Asociación de industrias de poliuretano rígido

8.1.2. Aplicaciones de los poliuretanos

Los poliuretanos son comercialmente utilizados por su dureza, elasticidad y resistencia a la abrasión. Se utilizan como materiales para la fabricación de juguetes, la industria automovilística, en cubierta para cables eléctricos, como ruedas en los elevadores, en palos de golf, como cinturones de seguridad, entre otras. Éstos materiales pueden ser una alternativa por su carácter biodegradable en la agricultura y el embalaje. Actualmente se han ganado una buena posición en la industria médica, pues se están utilizando en la producción de biomateriales, los cuales están presentes en: catetes, bolsas para sangre, prótesis para fijadores ortopédicos, marcapasos, globos intraópticos, apósitos estériles, así como en la preparación de micro esferas de tamaños entre 1 y 100 μm . (GREGORÍ, y otros, 2007)

8.1.3. Tipos de espumas de poliuretano

En términos cuantitativos hay tres tipos de espuma principales:

8.1.3.1. Espumas de poliuretano flexibles de baja densidad

Tienen densidades en el rango de 10 a 80 kg/m^3 , hechas de polímero ligeramente reticulado con estructura de celda abierta. Estos materiales se utilizan principalmente como material de acolchado flexible y resistente para proporcionar un alto nivel de comodidad para el usuario. Se producen como forma de plancha figura 2, que luego se corta a medida, o como cojines moldeados individualmente o almohadillas. También hay variantes semi-rígidas de este material, donde ha sido modificada la química de los bloques de construcción. Éstos últimos se utilizan principalmente en los sistemas de gestión de energía tales como almohadillas de protección en los automóviles.

Figura 2: Espumas de poliuretano flexibles de baja densidad



Fuente: <http://tecno-spuma.com/productos/tecnopur-t-15/>

Las espumas flexibles de poliuretano no deben ser tóxicas por exposición en contacto con la piel y además deben estar libres de olores censurables. Las superficies de las espumas flexibles de poliuretano deben estar libres de cortes, desgarres y pedazos de espumas levantados, cualquiera que sea su presentación: bloques recortados planchas o láminas.

Las espumas flexibles de poliuretano deben ser fabricadas de tal manera que su estructura celular permita el paso de aire, a través de su interior. (INEN, 1995)

8.1.3.2. Espumas de poliuretano rígidas de baja densidad

Son polímeros altamente reticulados con una estructura de celdas esencialmente cerradas y un intervalo de densidad de 28 a 50 kg/m³. Éstos materiales ofrecen una buena resistencia estructural figura 3 en relación con su peso, en combinación con excelentes propiedades de aislamiento térmico. Las células por lo general contienen una mezcla de gases y en función de su naturaleza y las proporciones relativas de las espumas ofrecen diferentes conductividades térmicas. Con el fin de mantener a largo plazo el rendimiento, es necesario que los gases de baja conductividad térmica permanezcan en las células, por consiguiente, más del 90 por ciento de las células necesitan ser cerradas. Recientemente se han desarrollado espumas rígidas de celdas completamente abiertas desarrollados específicamente para aplicaciones de paneles de vacío. (SRL, 2008)

Figura 3: Espumas de poliuretano rígidas de baja densidad



Fuente: <http://www.poliuretanos.com/productos/planchas/pur-d70.html>

8.1.3.3. Espumas de poliuretano flexibles de alta densidad

Los elastómeros pueden considerarse como espumas flexibles, pero con valores altos de densidad, usualmente superiores a 100 kg/m^3 ; se destacan principalmente los materiales microcelulares con densidades entre 400 y 800 kg/m^3 . Estos elastómeros normalmente contienen celdas cerradas y se utilizan principalmente en partes de vehículos como los timones o para la fabricación de suelas de zapatos.

8.1.4. Propiedades físicas

Aunque es evidente que las propiedades físicas dependen mucho del proceso de fabricación aquí hay ejemplos de ciertos compuestos.

Tabla 3: Propiedades físicas del poliuretano

Densidad	D-1622	Kg. /m ³	32	40	48
Resistencia Compresión	D-1621	Kg. /cm ²	1.7	3.0	3.5
Módulo compresión	D-1621	Kg. /cm ²	50	65	100
Resist. Tracción	D-1623	Kg. /cm ²	2.5	4.5	6
Resist. Cizallamiento	C-273	Kg. /cm ²	1.5	2.5	3
Coef Conductividad	C-177	Kcal/m. h°C	0.015	0.017	0.02
Celdas cerradas	D-1940	%	90/95	90/95	90/95
Absorción de agua	D-2842	g/m ²	520	490	450

Fuente: (<http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/PU/poliuretano.htm>)

8.1.5. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas dependen de la medida de su peso volumétrico; a medida que este aumenta, aumenta su propiedad de resistencia. Los pesos volumétricos más usuales se hallan comprendidos entre 30 y 100 kg/m³, dentro de estos límites se obtienen los siguientes valores:

- Resistencia a la tracción entre 3 y 10 (Kp. /cm²)
- Resistencia a la compresión entre 1,5 y 9 (Kp. /cm²)
- Resistencia al cizallamiento entre 1 y 5 (Kp. /cm²)
- Módulo de elasticidad entre 40 y 200 (Kp. /cm²) (Plásticos, 2011)

8.2. MOLINOS

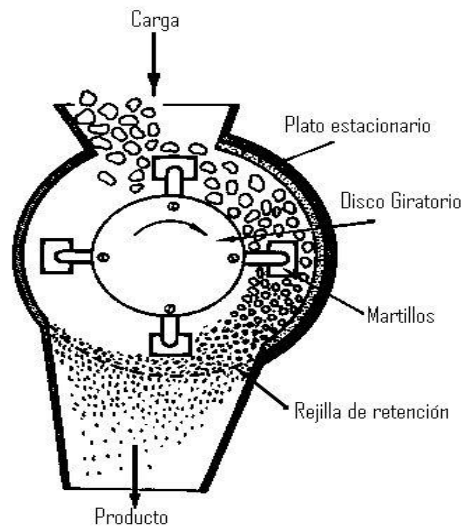
Es una máquina que se encuentra diseñando para moler granos, por medio de aplicación de una fuerza producida ya sea por el viento, hombre, animal o mediante motores eléctricos. En la industria, para la producción de concentrado o harina mediante granos, se encuentran distintas máquinas de molienda como son los molinos de viento, de rodillos, de martillos.

8.2.1. Molino de martillos

El molino de martillos es un molino de impacto que utiliza un disco giratorio de alta velocidad, al que se han fijado un cierto número de martillos o barras que son dirigidos hacia afuera por las fuerzas centrífuga, como se observa en la figura 4. El material a tratar se introduce por la parte superior o por el centro, es lanzado hacia afuera por la fuerza centrífuga, y se tritura al ser golpeado por los martillos o al chocar contra las placas fijas alrededor de la periferia de la carcasa cilíndrica. El material es golpeado hasta que su tamaño es suficientemente pequeño como las barras o martillos son articulados, la presencia de un material duro no causa ningún daño al aparato. Las barras gastadas se substituyen fácilmente. Este equipo resulta adecuado para la trituración de materiales frágiles y de materiales fibrosos. El molino de martillos es adecuado para materiales, pero como se produce una gran cantidad de finos, es aconsejable utilizar lubricación a presión en los rodamientos para evitar la entrada de polvo. El tamaño del producto se regula por el tamaño del tamiz y por la velocidad de rotación.

(CHARA NAVEROS LOURDES, 2015)

Figura 4: Molino de martillos



Fuente: <http://taninos.tripod.com/molinosmartillo.htm>

Los molinos de martillos son los más polivalentes y muy utilizados, el material o producto se desmenuza por percusión, es decir, la ruptura del grano se consigue al chocar los martillos contra los granos que producen en primer lugar la deformación plástica del grano seguida la ruptura por estallido, la trituración continúa hasta que las partículas son capaces de atravesar los orificios de una rejilla. (Bermeo, 2014)

Ventajas

- Las principales ventajas del molino de martillos son:
- Bajo costo de los repuestos
- Disponibilidad de una amplia gama de tamaños
- Larga duración de los martillos
- Su eficiencia no se reduce mientras se encuentra en funcionamiento
- Bajo riesgo de que se produzca daños, debido a la introducción de objetos extraños duros
- Fácil mantenimiento
- Operan en un sistema cerrado reduciendo el riesgo de explosión y contaminación

Desventajas

- No produce una molienda uniforme
- Elevadas temperaturas en la cámara de molienda

8.3. VARIADORES DE FRECUENCIA

(NAVA, 2008) indica que: Un variador de frecuencia o variador de velocidad es un dispositivo de electrónica de potencia que puede controlar la velocidad síncrona, el par mecánico o torque y la dirección de rotación de un motor de inducción tipo rotor jaula de ardilla de C. A., empleando un arranque suave y paro suave.

8.4. RELE TÉRMICO

El relé térmico figura 5 es un mecanismo que sirve como elemento de protección del motor. Pero no todos los relés térmicos sirven para todos los motores, es por esto que hay que tener en cuenta ciertos parámetros básicos para su elección y regulación.

Figura 5: Relé térmico



Fuente: <http://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/composicion-seleccion-regulacion-rele-termico-motores/>

Su misión, consiste en desconectar el circuito cuando la intensidad consumida por el motor, supera durante un tiempo corto, a la permitida por este, evitando que el bobinado del motor se quemara. De esta manera protege a los motores contra sobrecargas, fallo de alguna fase y diferencias de carga excesiva entre fases. (Rodríguez, 2013)

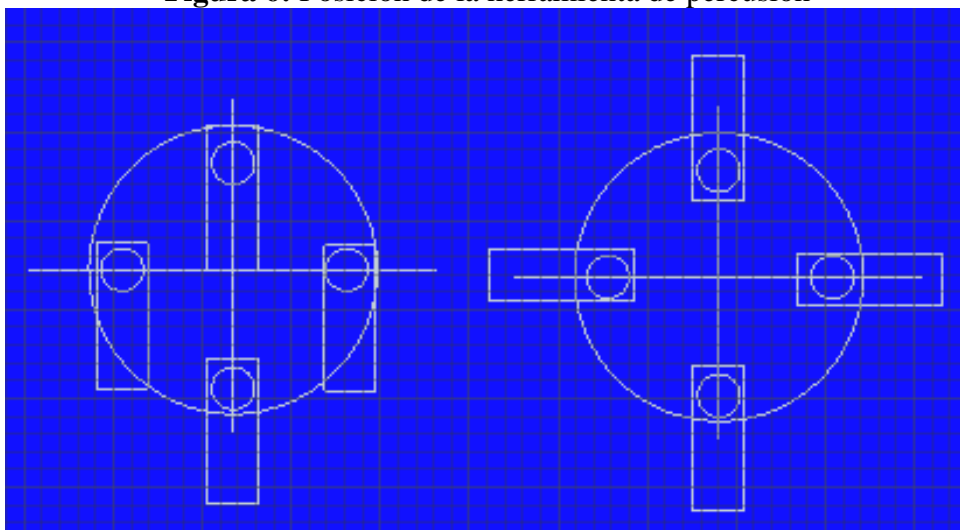
8.5. CONTACTOR

Es un dispositivo de maniobra cuya función es establecer e interrumpir repetidamente un circuito de energía con un poder limitado de cierre y corte en cortocircuito, para aplicaciones con maniobras frecuentes de hasta más de 1 millón de ciclos. Los contactores al vacío son especialmente adecuados para maniobras frecuentes de motores, pues, en la mayoría de los casos, no se producen sobretensiones inadmisibles durante su operación normal. Los contactores estándar para arrancar motores industriales son operados bajo la influencia de un imán y se mantienen cerrados por el efecto de éste, característica que contribuye a la simplicidad del diseño mecánico y aumenta la vida mecánica del contactor. Estos dispositivos suelen no requerir ajustes o reparación mecánica durante muchos años, sobre todo por su simplicidad mecánica y robustez. Asimismo, operan electromecánicamente y utilizan una pequeña corriente de control con el propósito de abrir y cerrar el circuito; es decir, los dispositivos electromecánicos hacen el trabajo, no interviene de manera directa con el equipo la “mano del hombre”, como en el caso de un controlador manual o una cuchilla. (Oliveira, 2015)

8.6. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DE PERCUSIÓN – MARTILLOS

Para el diseño del martillo es importante tomar en cuenta que la herramienta tiene 2 posiciones:

Figura 6: Posición de la herramienta de percusión



a: Posición inicial b: Posición de trabajo

Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Nota: El análisis mecánico para el diseño se realizará en la posición de trabajo.

El martillo se encuentra girando a la velocidad angular del rotor (ω) con respecto al centro de giro, al chocar con los pedazos de poliuretano este genera un momento (M) debido a la fuerza con la que choca el martillo con el poliuretano, el momento generado está dado por la ecuación (1).

$$M = F_c * L \quad \text{ec.(1)}$$

El momento de inercia del martillo está dado por:

$$M = I * \alpha \quad \text{ec. (2)}$$

La inercia del martillo (I) que gira con respecto a su extremo está representada por la ecuación (3).

$$I = \frac{1}{3} * m_m * L^2 \quad \text{ec. (3)}$$

La masa del martillo está representada por la ecuación 4.

$$m_m = \frac{F_c * 3}{\alpha * L} \quad \text{ec.(4)}$$

En donde:

$F_c \equiv$ Fuerza necesaria para provocar la ruptura del grano.

$m_m \equiv$ Masa del martillo.

$L \equiv$ Longitud del martillo

$\alpha \equiv$ Aceleración angular del martillo.

Para el cálculo de la aceleración angular se tiene:

Aceleración angular

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2 \alpha * (\theta - \theta_0) \quad \text{ec.(5)}$$

Si ω_0^2 y $\theta_0 = 0$

$$\alpha = \frac{314.159^2 \text{rad}^2/\text{s}^2}{2 * 6.28 \text{ rad}}$$

$$\alpha = 7853.96 \text{ rad/s}^2$$

La fuerza de corte (F_c) del poliuretano se obtuvo a partir de la densidad y dureza que se observa en el anexo 16 para lo cual se establece una dureza de 88N.

8.7. CÁLCULO DEL RADIO DE GIRO

La energía necesaria para romper un pedazo de poliuretano, es un dato que se ha obtenido experimentalmente basándose en la ley Charpy. Se dejó caer un objeto con masa (8.5 Kg) desde una altura conocida (2.5 m) el pedazo de poliuretano de masa aproximada de 68 gr se fragmenta.

La energía necesaria para que el pedazo de poliuretano pueda fragmentarse, es la energía potencial que adquiere la masa de prueba y se calcula con la ecuación 6.

$$E_{ruptura} = m_{prueba} * g * h \quad \text{ec. (6)}$$

En el borde del martillo se presenta una velocidad tangencial que es transmitida al pedazo de poliuretano, para encontrar esta velocidad se tiene:

$$E_{ruptura} = \frac{1}{2} m_{poliuretano} * v_t^2 \quad \text{ec. (7)}$$

$$v_t = \sqrt{\frac{2 * 8500 \text{ gr} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 2.5 \text{ m}}{68 \text{ gr}}}$$

$$v_t = 78 \text{ m/s}$$

La velocidad tangencial se calcula en base a la velocidad angular y radio de giro.

$$v_t = \frac{W_{RPM} * 2\pi * Rg}{60}$$

$$Rg = \frac{78 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 60}{300 \text{ rev/min} * 2\pi}$$

$$Rg = 0.25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

En base al radio de giro calculado y longitudes recomendadas por fabricantes, se establece una longitud del martillo $L = 12 \text{ cm}$.

Una vez conocidos los datos se determinará la masa necesaria que debe tener el martillo para provocar la fractura aplicando la ecuación 4.

$$m_m = \frac{88N \cdot 3}{7853.96 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \cdot 0.12 m}$$

$$m_m = 0.28 \text{kg}$$

A partir de la masa calculada y la geometría establecida del martillo, se determinarán sus medidas.

$$m_m = P \cdot V \quad \text{ec. (8)}$$

$$m_m = \delta \cdot L \cdot a \cdot e \quad \text{ec. (9)}$$

En donde:

$\delta \equiv$ Densidad del material del martillo

$V \equiv$ Volumen del martillo

$A \equiv$ Ancho del martillo

$e \equiv$ Espesor del martillo

El espesor del martillo es el que va a golpear el pedazo de poliuretano, los mismos que tienen un ancho promedio de 6mm, Para la construcción de los martillos, por la geometría antes seleccionada lo más conveniente es utilizar platina.

La densidad del acero es 7850 Kg/ m^3 .

Con estos datos despejando el ancho del martillo

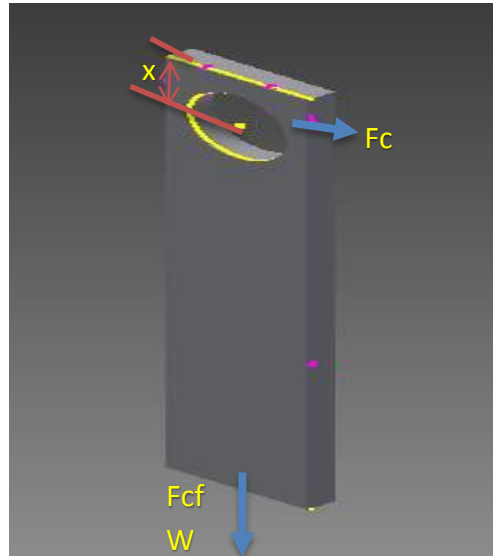
$$a = \frac{0.28 \text{kg}}{7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.006 m \cdot 0.12 m}$$

$$a = 0.49 \text{m} = 5 \text{ cm}$$

obtenidas las dimensiones y masa del martillo, se procede a analizar los esfuerzos a los que estará sometida la herramienta.

8.8. ANÁLISIS DE FUERZAS PRESENTES EN EL MARTILLO

Figura 7: Fuerzas presentes en el martillo



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

El martillo está sometido a un esfuerzo normal por tracción, por presencia de la fuerza centrífuga y el peso del martillo, como se ve en la figura 7, éste esfuerzo está dado por la ecuación 10:

Esfuerzo normal por tracción

$$\sigma = \frac{F_y}{A} \quad \text{ec. (10)}$$

$\sigma \equiv$ Esfuerzo normal

$A \equiv$ Es el área que se encuentra sometida a tracción por la fuerza centrífuga

Fuerza Centrífuga

$$F_{cf} = \omega^2 * m_m * (L - x) \quad \text{ec. (11)}$$

$$F_{cf} = \frac{314.159^2 \text{ rad}^2}{\text{s}^2} * 0.28 \text{ Kg} * (0.12 - 0.024) \text{ m}$$

$$F_{cf} = 2652.94 \text{ N}$$

La fuerza centrífuga es mucho mayor que la fuerza tangencial o de corte, esto garantiza que el martillo se mantenga en la posición de trabajo.

$$F_y = F_{cf} + W_m \quad \text{ec. (12)}$$

$$F_y = 2652.94 \text{ N} + 9.8 \text{ m/s}^2 * 0.28 \text{ kg}$$

$$F_y = 2655.68 \text{ N}$$

Reemplazando en la ecuación 10:

$$\bar{\sigma} = \frac{2655.68 \text{ N}}{0.050 \cdot 0.0060 \text{ m}^2}$$

$$\bar{\sigma} = 8.8 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad ecuación 13, se encuentra en función del tipo de material que está construido el martillo y el esfuerzo al que está sometido.

ASTM A 36: $S_y = 250 \text{ MPa}$

$$N = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{ec. (13)}$$

$$N = \frac{250 \text{ MPa}}{8.8 \text{ MPa}}$$

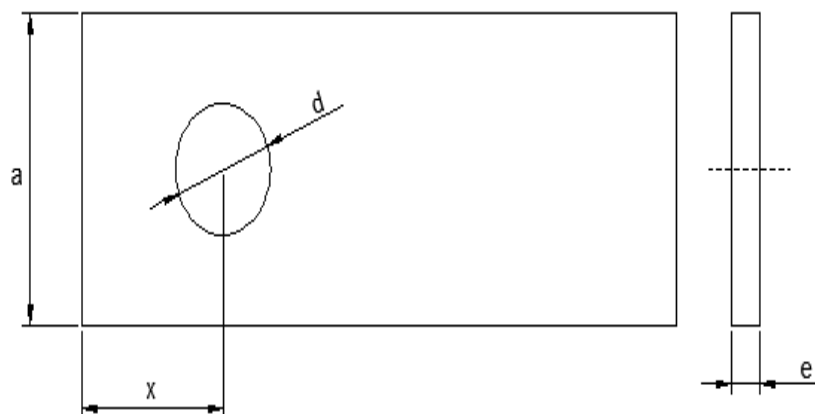
$$N = 28.40$$

8.8.1. Falla Por Rotura En El Martillo

Para analizar la falla por rotura debido a la presencia del orificio del eje secundario, se establece un diámetro de 2.5 cm.

La figura 8 indica la distancia para el análisis por rotura

Figura 8: Sección de análisis por rotura



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Área de rotura A_d

$$A_d = (a - d) * e \quad \text{ec. (14)}$$

$$\tau_c = \frac{F_y}{A_d} \quad \text{ec. (15)}$$

$$\tau_c = \frac{2655.68 \text{ N}}{(0.05 - 0.025) * 0.006 \text{ m}^2}$$

$$\tau_c = 17.70 \text{ MPa}$$

De la ecuación 13:

$$N = \frac{250 \text{ MPa}}{17.70 * 2 \text{ MPa}}$$

$$N = 7.06$$

8.8.2. Número De Martillos

$$i = \frac{D}{d} \quad \text{ec. (16)}$$

$i \equiv$ Grado de desmenuzamiento

$D \equiv$ Diámetro promedio del producto de entrada (120 mm).

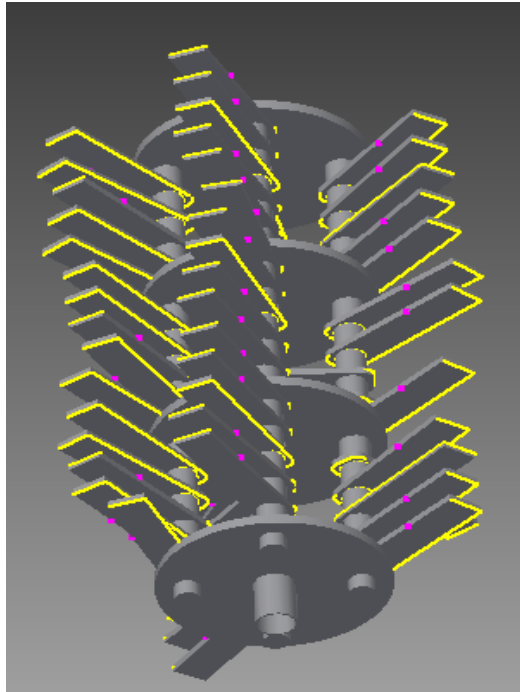
$d \equiv$ Diámetro promedio del producto de salida (2mm)

$$i = \frac{120 \text{ mm}}{2 \text{ mm}} = 60$$

el número de trozos de poliuretano será de 1 trozo de 120mm por revolución

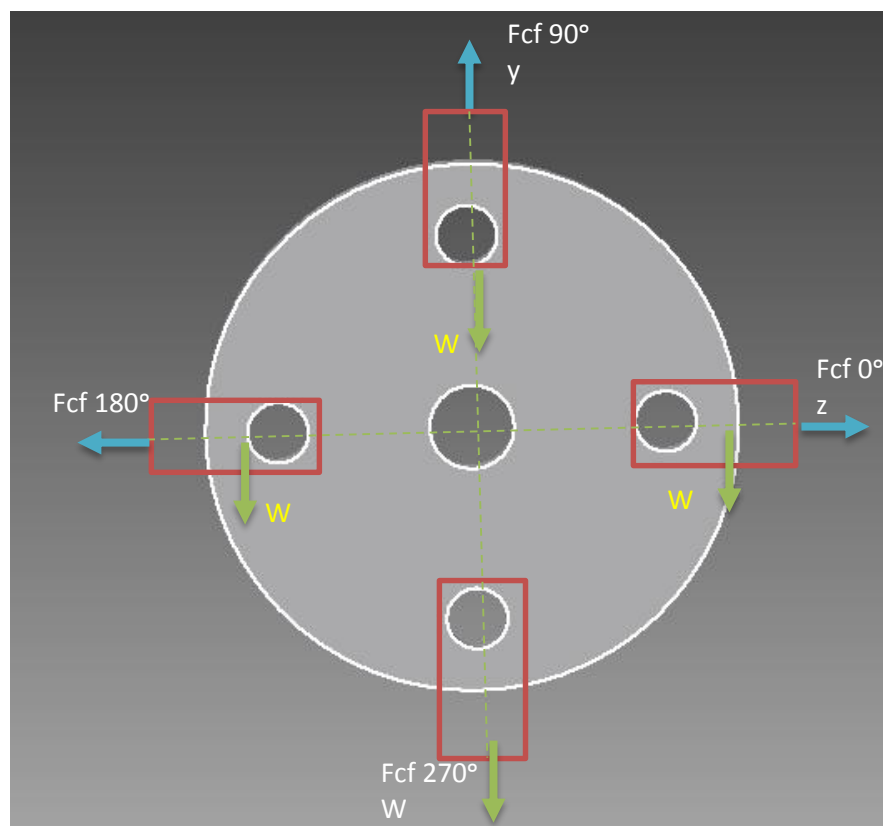
$$\# \text{ martillos} = 1 * 60 = 60 \text{ martillos}$$

Figura 9: Distribución de los martillos



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Figura 10: Fuerzas presentes en el sistema de trituración



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Las fuerzas que actúan en el eje secundario son: la fuerza centrífuga presente en los martillos por la dinámica del molino y el peso de los martillos, como se indica en la figura 10, mientras que los discos que soportan los ejes representan los apoyos.

Plano Y

$$F_{y90^\circ} = F_{cf} - w_m$$

$$F_{y90^\circ} = 2652.94 - 2.744$$

$$F_{y90^\circ} = 2650.196 \text{ N}$$

$$F_{y270^\circ} = F_{cf} + w_m$$

$$F_{y270^\circ} = 2652.94 + 2.744$$

$$F_{y270^\circ} = 2655.684 \text{ N}$$

Plano z

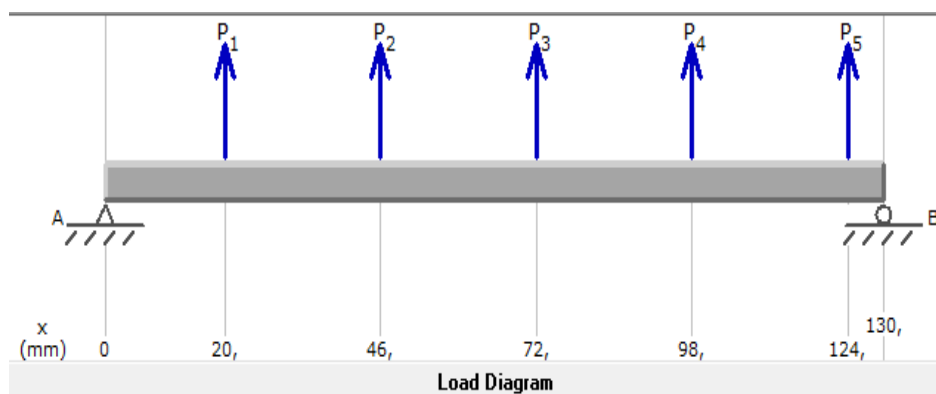
$$F_{z0^\circ} = F_{z180^\circ} = F_{cf}$$

$$F_{z0^\circ} = F_{z180^\circ} = 2652.94 \text{ N}$$

Como se puede observar en la figura 10, el caso más crítico es cuando el eje secundario se encuentra a 270° con respecto al eje de referencia, por lo tanto, se analizará para este caso.

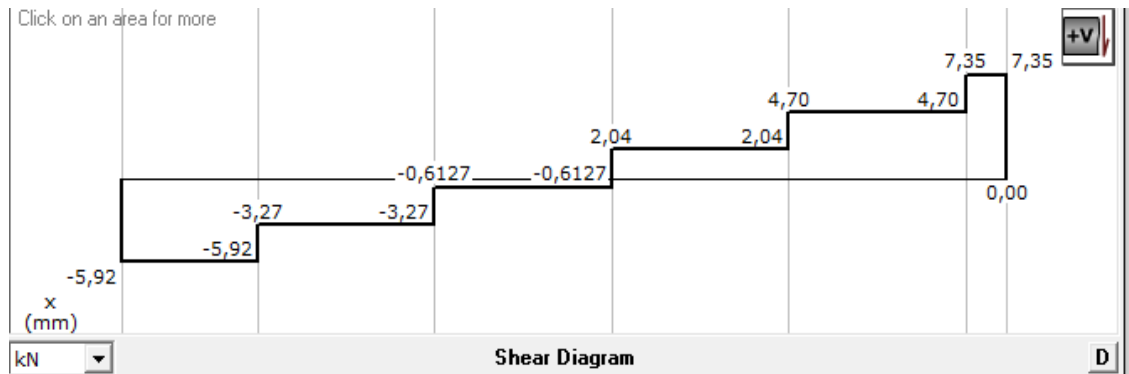
$$F_{y270^\circ} = 2655.684 \text{ N}$$

Figura 11: Diagrama fuerzas presentes en el eje secundario.



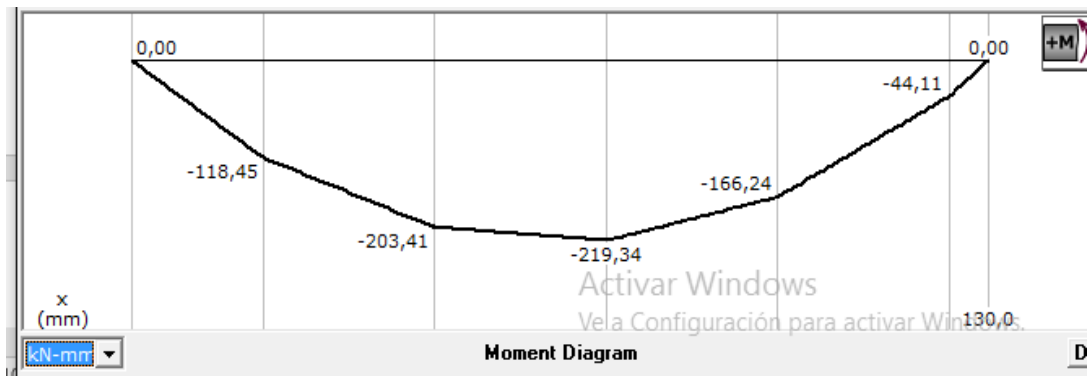
Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Figura 12: Diagramas de Fuerzas cortantes del eje secundario



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Figura 13: Diagrama de Momentos del eje Secundario.



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

En el eje secundario está presente esfuerzos flexionantes y cortantes, para su cálculo se tienen las siguientes ecuaciones:

Esfuerzo por flexión:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{S} \quad \text{ec. (17)}$$

$$S = \frac{32}{\pi * d^3} \quad \text{ec. (18)}$$

$$\tau = \frac{4}{3} * \frac{V}{A} \quad \text{ec. (19)}$$

$$\tau = \frac{16}{3} * \frac{V}{\pi * d^3}$$

El momento máximo según la figura 13 es $M_{max} = 219.34 \text{ N}$, mientras que la fuerza cortante en este punto según la figura 12 es $V = 612.7 \text{ N}$. se establece un eje de diámetro 1 in reemplazando en las ecuaciones 18 y 19 se tiene:

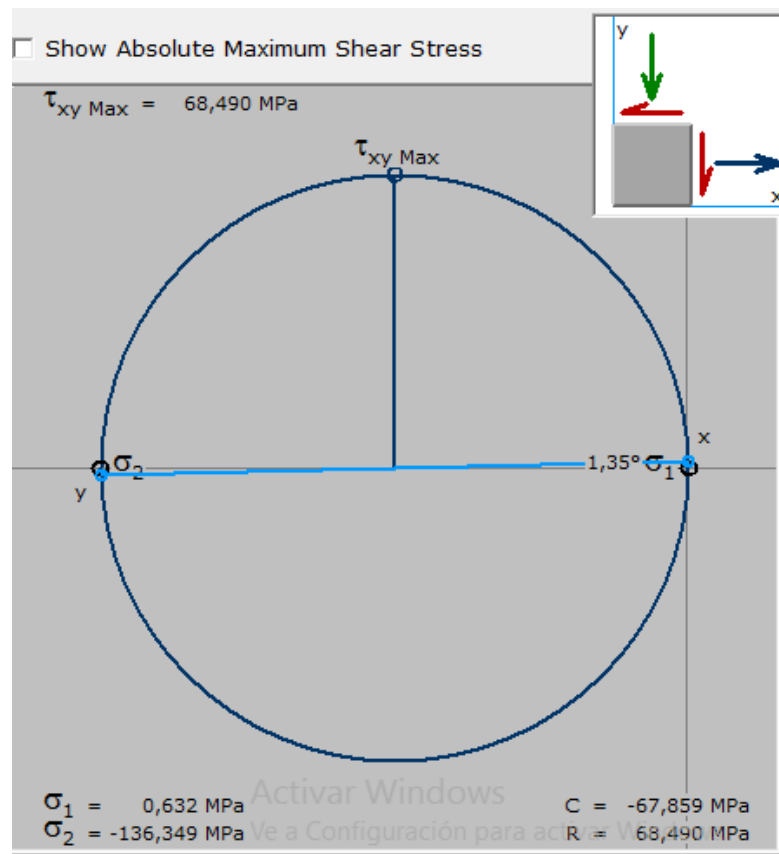
$$\sigma_{max} = \frac{32 * 219.34 \text{ Nm}}{\pi * (0.0254 \text{ m})^3}$$

$$\sigma_{max} = 136.33 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{16}{3} * \frac{612.7 \text{ N}}{\pi * (0.0254 \text{ m})^2}$$

$$\tau = 1.61 \text{ MPa}$$

Figura 14: Circulo de mohr



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Como se tienen esfuerzos combinados se utilizará el método del círculo de Mohr, el mismo que se obtiene en el programa Md Solid y se presenta en la figura 14. Utilizando el método de energía de distorsión, y según los valores obtenidos en la figura 14 se tiene:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 * \sigma_2}$$

$$\sigma = \sqrt{0.632^2 + (-136.349)^2 - ((0.632 * (-136.349)))MPa}$$

$$\sigma = 18.67MPa$$

de la ecuación 13:

$$N = \frac{S_y}{\sigma}$$

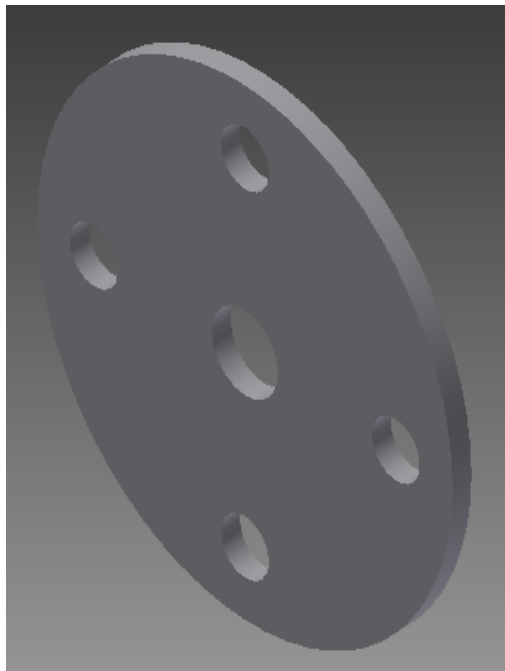
$$N = \frac{370 MPa}{18.67MPa}$$

$$N = 19.8$$

El factor de seguridad es el adecuado, por lo tanto, se utilizará un eje secundario de diámetro 1 in.

8.9. DISEÑO DEL DISCO PORTA EJES SECUNDARIOS

Figura 15: Disco porta ejes

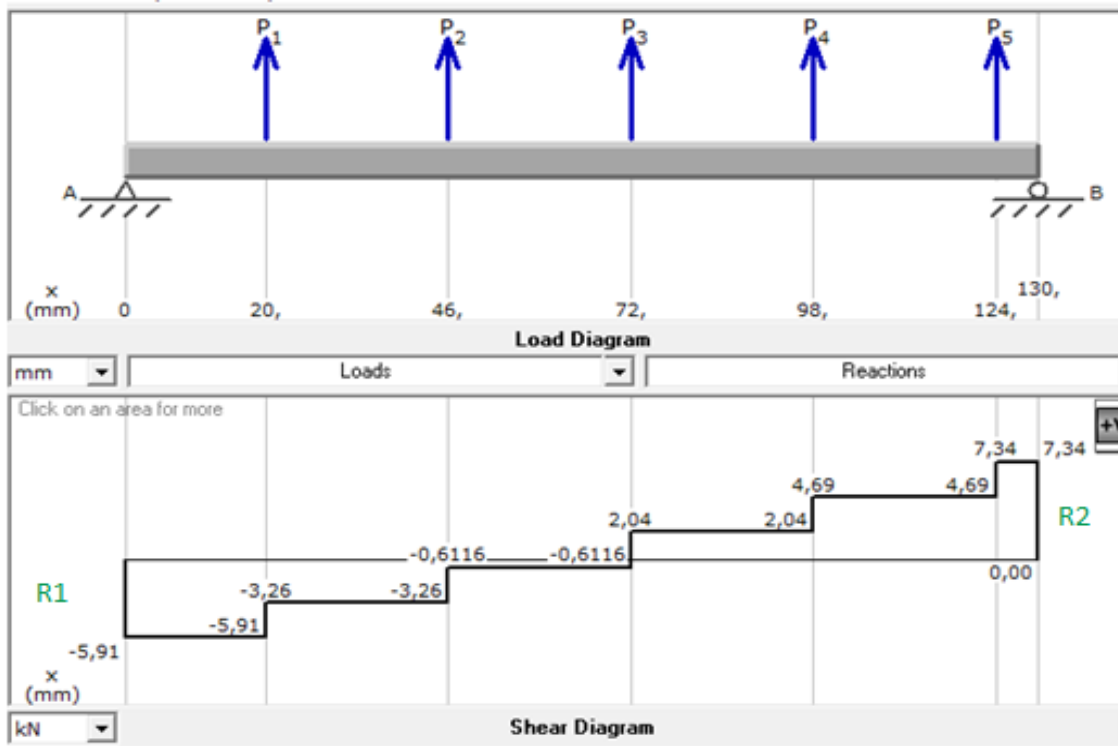


Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

a continuación, se indican las reacciones presentes en los discos.

$$F_{y90^\circ} = 2650.196 N$$

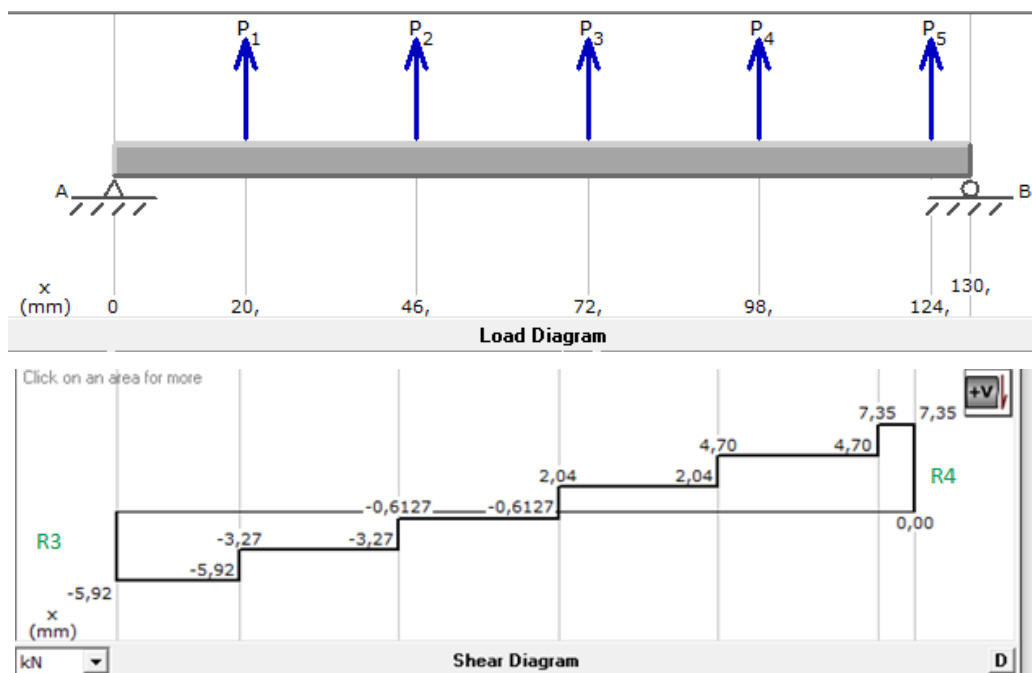
Figura 16: Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

$$F_{y270^\circ} = 2655.684 \text{ N}$$

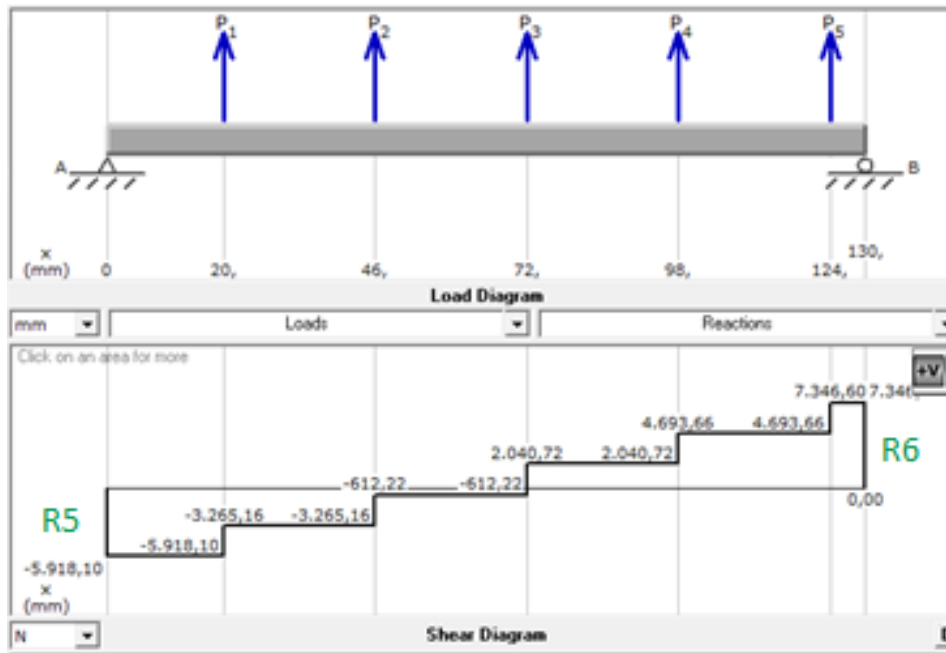
Figura 17: Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

$$F_{z0^\circ} = F_{z180^\circ} = 2652.94 \text{ N}$$

Figura 18: Diagrama de fuerzas cortantes para determinar las reacciones



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

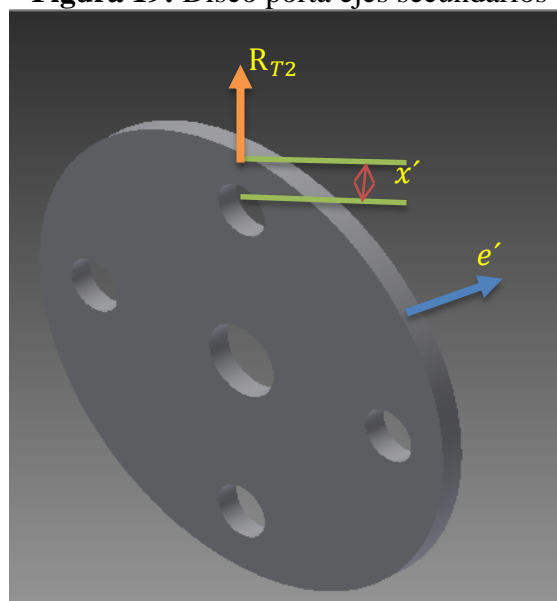
Los 2 discos centrales son el caso más crítico ya que soportan la suma de las reacciones como se indica en la figura 9.

$$R_{T1} = R_1 + R_2 = 13.25 \text{ KN}$$

$$R_{T2} = R_3 + R_4 = 13.27 \text{ KN}$$

$$R_{T3} = R_5 + R_6 = 13.27 \text{ KN}$$

Figura 19: Disco porta ejes secundarios



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

$$A \text{ falla} = e' * x'$$

Igualando la ecuación 13 y 15 se tiene:

$$\frac{R_T}{e' * x'} = \frac{S_y}{2N}$$

$$N = \frac{S_y * e' * x'}{2 * R_T}$$

La construcción del disco se realizará de planchas de acero ASTM A36, y se propone un espesor de 10 mm.

$$N = \frac{250 * 10^6 N * 0.03 m * 0.01 m}{2 * 13270 N}$$

$$N = 2.82$$

El factor de seguridad calculado es el adecuado por lo tanto no existirá falla por rotura por la presencia de los orificios.

8.10. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Para calcular la potencia del motor se tiene:

$$P = \frac{W * R^2 * n^3 * e * f}{8 * 100000 * \eta * \eta_m} \quad \text{ec. (20)}$$

En donde:

P ≡ potencia del motor, en HP

W ≡ peso de un martillo, en Kg

R ≡ diámetro del disco, en m.

e ≡ número de martillos

n ≡ vueltas por minuto del rotor

f ≡ factor dependiente de la velocidad de rotación de los martillos

η ≡ Rendimiento mecánico por transmisión

η_m ≡ Rendimiento del motor.

Tabla 4: Factor f de acuerdo a la velocidad tangencial.

Velocidad tangencial m/s	Factor f
17	0.02200
20	0.01600
23	0.01000
26	0.00800
30	0.00300
40	0.00150

Elaborado: Cuvi
Henry

Walter, Sánchez

Para valores de velocidades mayores a los tabulados, se utiliza $f = 0,00042$.

La velocidad tangencial del martillo se calculó anteriormente.

$$v_t = 78 \text{ m/s}$$

$$P = \frac{0.28 * 0.20^2 * 1750^3 * 60 * 0.00042}{8 * 100000 * 0.85 * 0.8}$$

$$P = 2.7 \text{ HP}$$

P es la potencia en vacío, para encontrar la potencia total es necesario calcular la potencia necesaria para la trituración, para lo cual se utiliza la Ley de Von Rittinger, que se expresa en la siguiente ecuación:

$$E = k * f * \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right) \quad \text{ec. (21)}$$

dónde:

E: Energía necesaria para llevar a cabo el proceso de trituración

k: Constante Rittinger que depende del producto a ser triturado 0,25

f: Factor que depende del tipo de molienda, seca o húmeda. Para molienda seca factor $f = 1,3$.

d_2 y d_1 = Diámetro del producto de entrada y de salida respectivamente.

$$E = 0.25 \frac{\text{Hp} * h * \text{cm}}{\text{Ton}} * 1.3 * \left(\frac{1}{0.1 \text{ cm}} - \frac{1}{30 \text{ cm}} \right)$$

$$E = 3.23 \frac{\text{Hp} * h}{\text{Ton}}$$

Potencia de carga necesaria:

$$P_{carga} = \text{capacidad} * E$$

$$P_{carga} = 0.06 \frac{\text{ton}}{\text{h}} * 3.23 \frac{\text{Hp} * \text{h}}{\text{Ton}} = 0.19 \text{ Hp}$$

$$P \text{ total} = 0.19 \text{ Hp} + 2.7 \text{ Hp}$$

$$P \text{ total} = 2.89 \text{ Hp}$$

De acuerdo a la potencia 2.89 Hp, la velocidad 1750 rpm y factores como costo y disponibilidad en el mercado se selecciona el motor de 3 hp.

8.11. TRANSMISIÓN POR BANDAS

$$P_d = P_{motor} * k \quad \text{ec. (22)}$$

Según Anexo 17 para molinos de martillos servicio intermedio $k = 1, 4$.

$$P_d = 3 * 1.4 \text{ HP}$$

$$P_d = 4.2 \text{ Hp}$$

Distancia entre centros:

Se establece los límites de la distancia entre centros (C), a partir del siguiente intervalo:

$$D < C < 3 * (D + d)$$

$$5 \text{ in} < C < 3 * (5 + 5) \text{ in}$$

$$5 < C < 30 \text{ in}$$

$$12.7 \text{ cm} < C < 76.2 \text{ cm}$$

Para determinar la longitud primitiva de la banda se establece un diámetro de centros tentativo de 50cm que se encuentra dentro del intervalo:

$$L = 2 * C + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 * C} \quad \text{ec. (23)}$$

$$L = 2 * 500 \text{ mm} + 1.57 (127 + 127) \text{ mm}$$

$$L = 1398.78 \text{ mm}$$

Ángulo de contacto

El ángulo de contacto sobre la polea menor se determina con la siguiente ecuación:

$$\alpha = 180 \text{ grado} - 57 \frac{(D-d)}{C} \quad \text{ec. (24)}$$

$$\alpha = 180^\circ$$

número de bandas

$$N_{bandas} = \frac{P_d}{P_{efectiva}} \quad \text{ec. (25)}$$

$$P_{efectiva} = P_{bk} * F_{cl} * F_c \quad \text{ec. (26)}$$

P_{bk} : Potencia corregida de la banda

F_{cl} : Factor de corrección de la longitud de la banda

F_c : Factor de corrección del arco de contacto

El anexo 21 se observa el valor de F_{cl} para diferentes longitudes de banda $L= 54$ no se indica por lo tanto hay que interpolar.

$$F_{cl \ 54 \ in} = 0.93 + \frac{0.95-0.93}{55-51} * (54-51)$$

$$F_{cl \ 54 \ in} = 0.945$$

Según el Anexo 22 para $\alpha = 180^\circ$ se tiene $F_c = 1$

$$P_{bk} = P_b + P_a \quad \text{ec. (27)}$$

P_b : Potencia de la banda

P_a : Potencia adicional por relación de transmisión

Según el 23, la potencia de la banda tipo A es 3,80 que la potencia adicional por relación de transmisión es 0.

en la ecuación 27:

$$P_{bk} = 3.80 \text{ HP}$$

Reemplazando en ecuación 26:

$$P_{efectiva} = 3.80 * 0.945 * 1$$

$$P_{efectiva} = 3.59 \text{ HP}$$

Reemplazando ecuación 25:

$$N_{bandas} = \frac{4.2 \text{ HP}}{3.59 \text{ HP}}$$

$$N_{bandas} = 1.16 = 2$$

8.12. DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL

Las cargas que actúan sobre el eje:

Fuerzas producidas por las tensiones que se presentan en las poleas.

El peso del conjunto de discos, martillos.

Reacciones que producen los cojinetes.

Cálculo de las fuerzas en las poleas:

Para el análisis de las fuerzas en las poleas, es necesario tomar en cuenta que los dos lados de la banda se encuentran en tensión, estas fuerzas dan lugar a la fuerza impulsora neta (FN) sobre las poleas, FN está dada por la siguiente ecuación:

$$F_N = \frac{T}{D/2} \quad \text{ec. (28)}$$

El torque presente en la polea B:

$$T_B = \frac{P_{motor}}{W_B} \quad \text{ec. (29)}$$

$$T_B = \frac{2200 \text{ Nm/s}}{314.16 \text{ rad/s}}$$

$$T_B = 7 \text{ Nm}$$

En la ecuación 28:

$$F_N = \frac{T_B}{D/2}$$

$$F_N = \frac{7 \text{ Nm}}{\frac{0.127}{2} \text{ m}}$$

$$F_N = 110.2 \text{ N}$$

Se necesita hallar la fuerza flexionante (FF) que ejercen las poleas sobre el eje.

$$F_F = 1.5 * F_N \quad \text{ec. (30)}$$

$$F_F = 1.5 * 110.2 \text{ N}$$

$$F_F = 165.3 \text{ N}$$

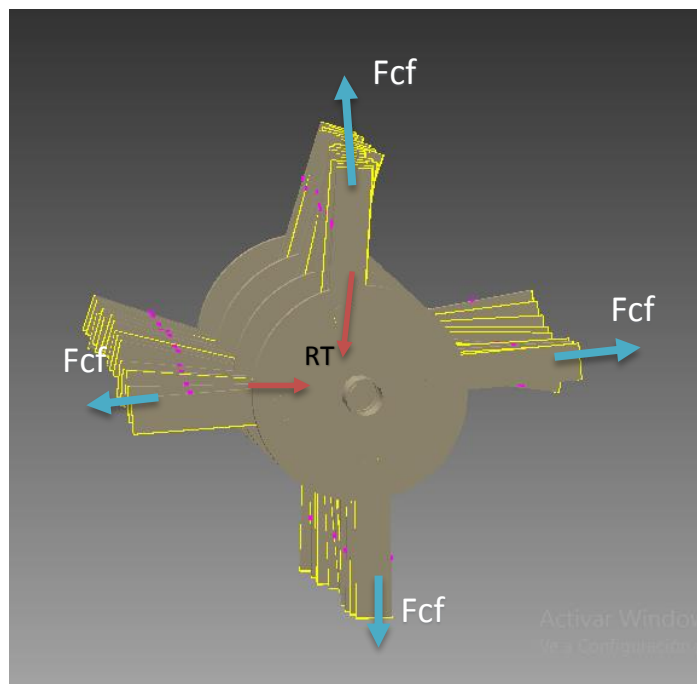
Las componentes de la fuerza flexionante dependen del ángulo al que se coloque la banda con respecto al eje. Se establece un ángulo de 45° .

$$F_{Fz} = \cos(45) * 165.3 \text{ N}$$

$$F_{Fy} = \text{sen}(45) * 165.3 \text{ N}$$

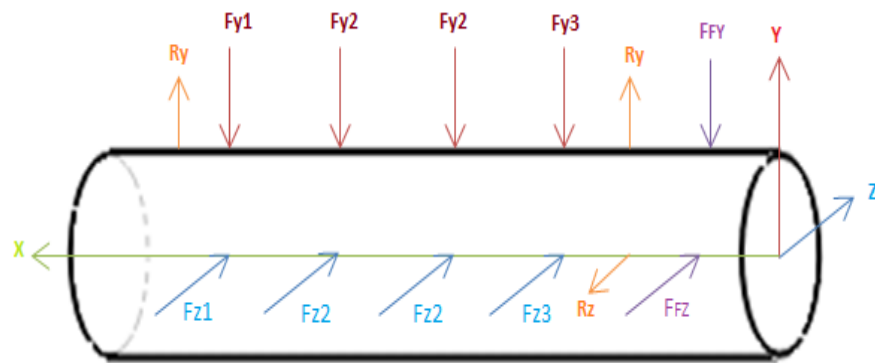
$$F_{Fz} = F_{Fy} = 116.88 \text{ N}$$

Figura 20: fuerzas en el sistema de trituración



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

El eje está sometido a fuerzas en el eje y, y en el eje z como se indica en la figura 21, por lo tanto, se realiza el análisis en el plano y-x, z-x de forma independiente.

Figura 21: Fuerzas que actúan en el eje principal

Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Análisis de las fuerzas en el plano Y-X

Las fuerzas aplicadas en el eje principal plano y – x son: F_{Fy} que es la fuerza presente por el sistema de transmisión, y las fuerzas correspondientes al sistema de trituración F_{F1} F_{F2} F_{F3} .
Figura 22.

$$F_{y1} = R_3 + W_{disco}$$

$$F_{y1} = (5920 + 29.20) \text{ N} = 5949.2 \text{ N}$$

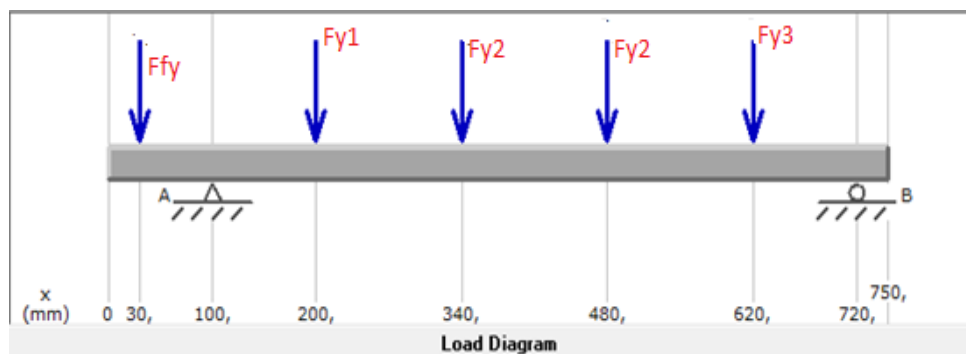
$$F_{y2} = R_3 + R_4 + W_{disco}$$

$$F_{y2} = (5920 + 7350 + 29.20) \text{ N} = 13299.2 \text{ N}$$

$$F_{y3} = R_4 + W_{disco}$$

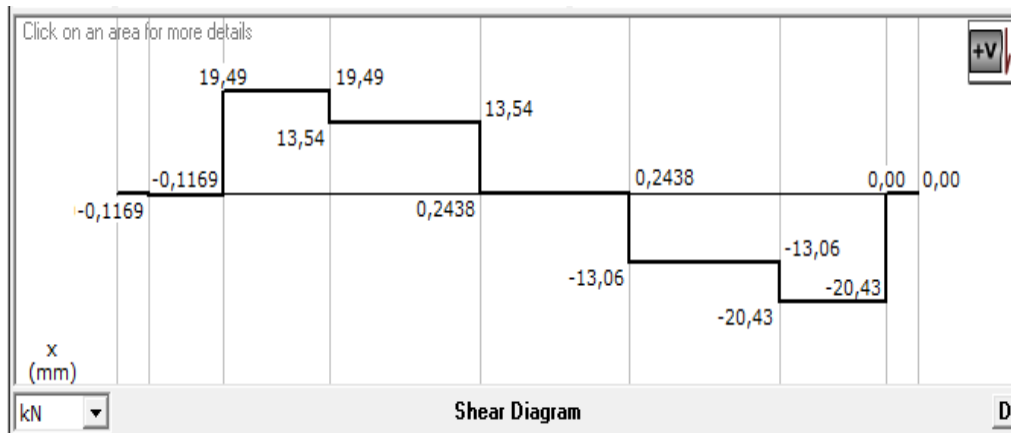
$$F_{y3} = (7350 + 29.20) \text{ N} = 7379.2 \text{ N}$$

Mediante el software MdSolid se obtienen los diagramas de fuerzas cortantes y momentos.

Figura 22: Diagrama de cuerpo libre del eje principal en el plano y – x.

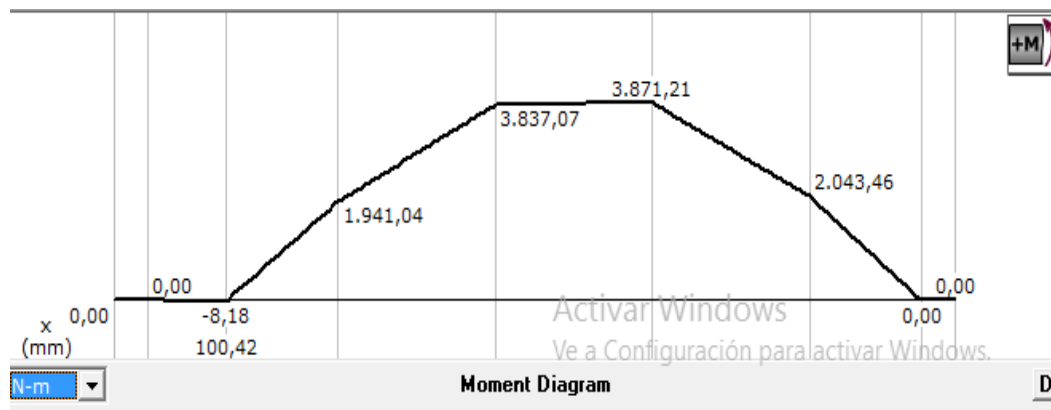
Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Figura 23: Diagrama de Fuerzas cortantes del eje principal en el plano y-x.



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Figura 24: Diagrama de Momentos del eje principal en el plano y-x.



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Análisis de las fuerzas en el plano Z-X

Las fuerzas aplicadas en el eje principal plano z - x son: F_{Fz} que es la fuerza por el sistema de transmisión, y las fuerzas correspondientes al sistema de trituración como se ve en la figura 25.

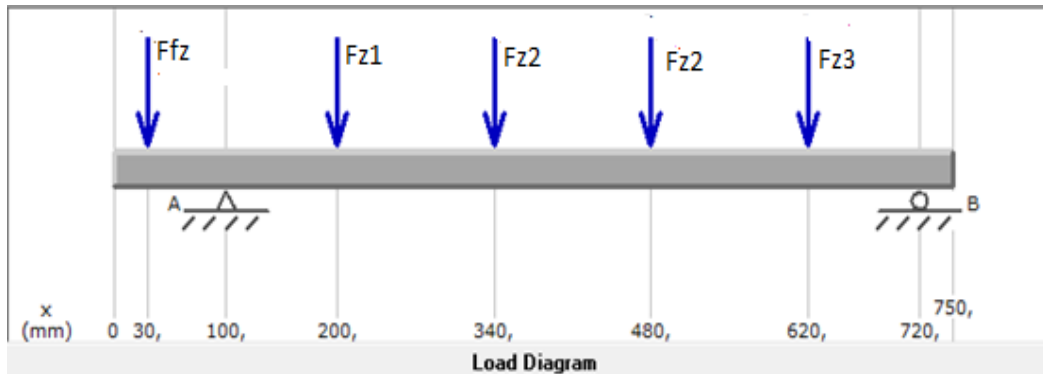
$$F_{z1} = R_5 = 5918.10 \text{ N}$$

$$F_{z2} = R_5 + R_6$$

$$F_{z2} = (5918.10 + 7340) \text{ N} = 13258.1\text{N}$$

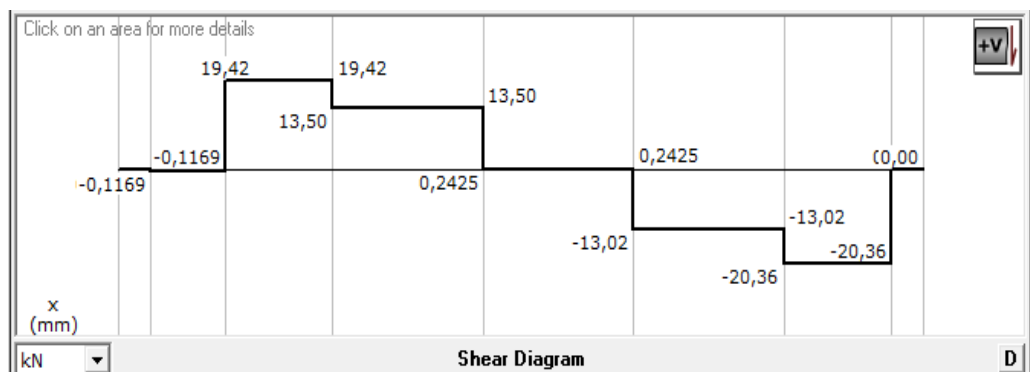
$$F_{z3} = R_6 = 7340 \text{ N}$$

Figura 25: Diagrama de cuerpo libre del eje principal en el plano z – x



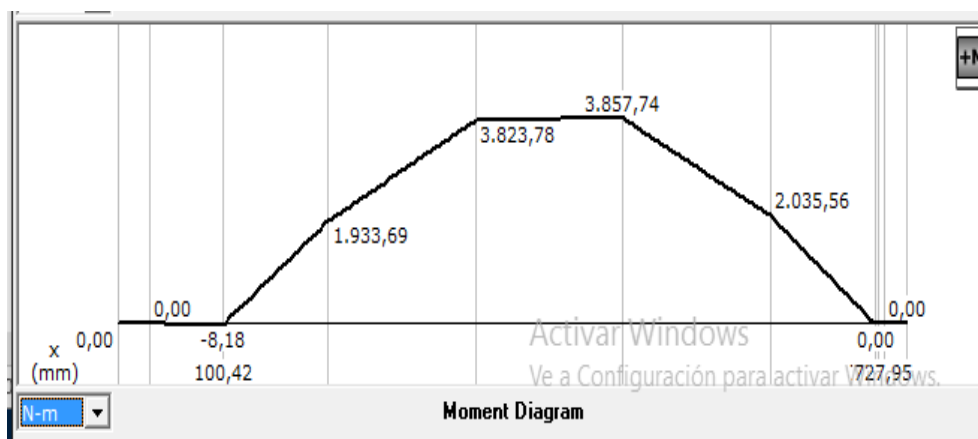
Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Figura 26: Diagrama de Fuerzas cortantes del eje principal en el plano z-x.



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Figura 27: Diagrama de Momentos del eje principal en el plano z –x.



Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

El momento máximo en los dos planos, según las figuras 27 y 24 son:

$$M_{y-x} = 3871.21 \text{ Nm}$$

$$M_{z-x} = 3857.74 \text{ Nm}$$

El momento total se calcula según la ecuación:

$$M_T = \sqrt{M_{y-x}^2 + M_{z-x}^2} \quad \text{ec. (31)}$$

$$M_T = 5465.20 \text{ Nm}$$

Para calcular el diámetro del eje se utiliza la siguiente ecuación:

$$D = \left[\frac{32 * N}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{Kt * M}{S'_n}\right)^2 + \frac{3}{4} * (T / Sy)^2} \right]^{1/3} \quad \text{ec. (32)}$$

$$S'_n = S_n * C_m * C_{st} * C_R * C_S \quad \text{ec. (33)}$$

En donde:

S'_n : Resistencia a la fatiga real estimada.

S_n : Resistencia a la fatiga modificada. Para $S_u = 440 \text{ MPa}$ y acero estirado en frío $S_n = 250 \text{ MPa}$

C_m : Factor de material = 1

Tabla 5: Factor de material

Acero	C_m	Hierro colado	C_m
Forjado	1	Maleable	0.8
Colado	0.8	Gris	0.7
Pulverizado	0.76	Dúctil	0.66

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

C_{st} : Factor de tipo de esfuerzo. $C_{st} = 1$

Tabla 6: Factor de tipo de esfuerzo

Tipo de esfuerzo	C_{st}
Esfuerzo flexionante	1
Tensión axial	0.8

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

C_R : Factor de confiabilidad. Para 0,9 de confiabilidad deseada según la tabla 2.8 $C_R = 0.9$

Tabla 7: Factor de confiabilidad

Confiabilidad deseada	C_R
0.5	1
0.9	0.9
0.99	0.81
0.999	0.75

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

C_s : Factor de tamaño. El factor de tamaño depende del diámetro del eje, pero esto es una incógnita por lo tanto se estima que $C_s = 0.85$.

$$S'_n = 250 \text{MPa} * 1 * 1 * 0.9 * 0.85$$

$$S'_n = 191.25 \text{MPa}$$

Reemplazando la ecuación 32.

$$D = \left[\frac{32 * 3}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{0.065 * 5465.20 \text{Nm}}{191.25 \text{MPa}} \right)^2 + \frac{3}{4} * (7 \text{Nm} / 370 \text{MPa})^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 38 \text{ mm}$$

8.13. DISEÑO DE RODAMIENTOS

La selección de rodamientos depende del diámetro del eje y la capacidad de carga dinámica. Para calcular la capacidad de carga dinámica se utiliza la siguiente ecuación.

$$C = P * \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}} \quad (34)$$

dónde:

$C \equiv$ Capacidad de carga dinámica

$P \equiv$ Carga a la que está sometido el rodamiento. Determinada en el diseño del eje, $P = 19.49 \text{KN}$.

$K \equiv$ Factor que depende del tipo de rodamiento. Para rodamientos de bolas $K = 3$

$L_d \equiv$ Duración de diseño en revoluciones.

Tabla 8: Duración recomendada para rodamientos.**Guía de valores requeridos de vida nominal L 10h para diferentes clases de maquinas**

Clase de maquina	L 10h horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos aparatos para usos domésticos	300 a 3000
Maquinas usadas intermitentes o por cortos periodos, maquinas herramientas portátiles, aparatos, elevadores para talleres, máquinas para la construcción.	3000 a 8000
Máquinas para trabajo con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos periodos o intermitente ascensores, grúas para mecánicas embaladas.	8000 a 1200
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas, transmisión por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias.	10000 a 25000
Máquinas para 8 horas de trabajo totalmente.	20000 a 30000

Fuente:<http://www.monografias.com/trabajos83/lubricacion-rodamientos-seleccion-grasa/lubricacion-rodamientos-seleccion-grasa.shtml>

$$L_d = L * \text{rpm} * 60 \text{ min/h}$$

L: Horas de duración recomendada para rodamientos. Según la tabla 6 para máquina agrícola y tomando en cuenta que el molino será utilizado para trabajo intermitente L= 1650 horas.

$$L_d = 1650h * 3000\text{rev/min} * 60 \text{ min/h}$$

$$L_d = 297 * 10^6$$

Remplazando en la ecuación 34.

$$C = 19.49 \text{ KN} * \left(\frac{297 * 10^6}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 130.03 \text{ KN}$$

Una vez determinada la capacidad de carga se selecciona el tipo de rodamiento, según el Anexo 25 para un eje de 38,1mm el tipo de rodamiento seleccionado es UCP 208 208-24.

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS

La implantación de un molino de martillos en la industria Verton, permitirá triturar el poliuretano para su reutilización y evitar acumulación de residuos sólidos en la empresa.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Considerando que la investigación es cuasi experimental, por lo tanto, empleamos como método general el método científico además del método experimental ya que es el método empírico de estudio de un objeto, en el cual se crea las condiciones necesarias y adecua las existentes, para el esclarecimiento de las propiedades y relaciones del objeto, que son de utilidad en la investigación.

El método experimental utilizando para el diseño del molino de martillos, se basa en la ley Charpy. dejando caer un objeto con masa (8.5 Kg) desde una altura conocida (2.5 m) el pedazo de poliuretano de masa aproximada de 68 gr se fragmenta. Permitiendo así determinar la energía de 208.25 joule, necesaria para romper un pedazo de poliuretano,

11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

PARÁMETROS DE DISEÑO

El molino triturador debe cumplir con los siguientes parámetros de diseño:

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL MOLINO

La capacidad del molino de martillos es un volumen de producción de 1.51 m^3 por hora. El molino estará en funcionamiento alrededor de 8 horas al día con un trabajo intermitente.

FACTOR DE SEGURIDAD

Según (ROBERT L. MOTT, 2006, pág. 185) manifiesta que:

“El factor de seguridad empleado en estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente es 2.5 a 4”, en el diseño se trabajará con un factor de seguridad mínimo de 3.

VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL MOLINO

La velocidad recomendada para molinos de martillos es de 2500- 3500 rpm, por lo tanto, se establece una velocidad angular del molino de 3000 rpm.

GEOMETRÍA DE LA HERRAMIENTA DE PERCUSIÓN

Existen diferentes formas geométricas para los martillos, por facilidad de maquinado se diseñarán martillos rectangulares.

MATERIALES DE LOS ELEMENTOS

Los ejes principal y secundario estarán contruidos con acero de transmisión AISI 1018 estirado en frío, por sus propiedades y aplicaciones como se observa en el anexo 14.

Propiedades Mecánicas:

$$S_y = 370 \text{ MPa}$$

$$S_u = 440 \text{ MPa}$$

Para elementos como los martillos, discos, bastidor, tolvas de carga y descarga se utilizará acero ASTM A36 que es un acero que se encuentra con facilidad en el mercado y sus propiedades se observan en el anexo15.

Propiedades Mecánicas:

$$S_y = 250 \text{ MPa}$$

$$S_u = 400 \text{ MPa}$$

MOTOR

Las características del motor que se utilizará para el accionamiento del molino son: un motor eléctrico de 3 Hp calculado según la ecuación 20, velocidad de rotación 1750 RPM y de 220V trifásico.

LIMITACIONES

La alimentación del poliuretano será manual por medio de una tolva que está conectada directamente a la cámara de trituración.

SISTEMA DE TRANSMISIÓN

El sistema de transmisión de potencia se lo realizará por medio de bandas de transmisión, este sistema, en donde la velocidad del motor es 1750 rpm y la velocidad del molino es 3000 rpm como se estableció anteriormente.

DISEÑO DE LA HERRAMIENTA DE PERCUSIÓN – MARTILLOS

Los martillos son el alma de la máquina, de ellos depende el tamaño final de las partículas del producto en proceso. El diseño de los martillos está en función de algunos factores como: velocidad del rotor, el tipo de producto a triturar.

Para el diseño del martillo es importante tomar en cuenta que la herramienta tiene 2 posiciones:

Posición Inicial: Es la posición en la que se encuentran los martillos antes del encendido del molino como se ve en la figura 6a

Posición de trabajo: Es la posición que adquieren los martillos una vez encendido el molino. Cuando se describe el movimiento de un cuerpo en un sistema de referencia en rotación aparece la fuerza centrífuga, la misma que tiende a que el objeto se aleje del centro de rotación, en el caso de los martillos es la fuerza centrífuga la que los coloca en posición de trabajo como se ve en la figura 6b.

Si el martillo se encontrara fijo la fuerza de corte (F_c), que representa la fuerza de impacto del grano, generaría un esfuerzo por flexión, pero como el martillo es pivotante este esfuerzo se anula. El martillo tiene una perforación de 1 pulgada para el eje secundario, por lo tanto, es necesario analizar la falla por rotura en esta zona, considerando que los martillos tienen una longitud de 12cm, un espesor de 6mm, aplicando la ecuación 13 se obtiene un factor de seguridad de 7 el cual garantiza que no existirá falla por rotura debido a la presencia de fuerzas dinámicas, solo existirá desgaste por la trituración del poliuretano.

NÚMERO DE MARTILLOS

El número de martillos está directamente relacionado con las revoluciones por minuto del molino, la capacidad y el grado de desmenuzamiento. Es necesario conocer la cantidad de poliuretano que se va a triturar de acuerdo a la capacidad antes establecida, aplicando la ecuación 16 permite determinar un total de 60 martillos distribuidos en los 4 ejes secundarios.

DISTRIBUCIÓN DE LOS MARTILLOS

Los ejes secundarios estarán dispuestos en el disco cada 90° , El número de martillos que se coloquen en los ejes secundarios depende del criterio del diseñador, pero tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- La distribución del número el martillo debe ser igual en todos los ejes secundarios, para que el sistema se encuentre balanceado.
- El número de martillos por eje secundario depende del diseñador, tomando en cuenta que mayor número de martillos implica mayor diámetro del eje, y para menor número de martillos se necesitará más discos. En molinos de martillo ya existentes se colocan de 2 a 5 martillos entre discos.

El tren de martillos está compuesto por los martillos que se encuentran entre dos discos por cada eje secundario. cada tren de martillos estará formado por 5 herramientas. La distribución de los martillos se indica en la figura 9.

SELECCIÓN DE SEPARADORES DE MARTILLOS

Los separadores son cilindros huecos, que cumplen la función de mantener una distancia adecuada entre los martillos, para que no exista fricción y choque entre ellos al pasar de la posición inicial a la de trabajo, y en su operación para evitar la acumulación de materia triturada entre los martillos. Los separadores deben ser de un material liviano que no represente un peso significativo para el eje secundario.

Según fabricantes de molinos de martillos los separadores deben tener una distancia (k) mayor a 3 veces el espesor del martillo, puesto que el espesor está en función del producto a triturar, se concluye el uso de separadores de tubería acero de 20 mm de longitud, el diámetro se establece de acuerdo al diseño del eje secundario.

DISEÑO DEL EJE SECUNDARIO – PORTA MARTILLOS

El eje secundario está sometido a esfuerzos por flexión y corte, no está sometido a torsión por que se encuentra fijo y no gira. Para el análisis es necesario encontrar la fuerza y momento máximo presentes en el eje, para lo cual se utiliza el programa MDSolids.

Cada eje secundario soporta 15 martillos, y se encuentra apoyado en 4 discos como se ve en la figura 9 Se analizará un segmento del eje secundario puesto que en los demás segmentos ocurre lo mismo figura 10.

DISEÑO DEL DISCO PORTA EJES SECUNDARIOS

La configuración circular permite que en todo momento la fuerza centrífuga sea radial posicionando correctamente a los martillos en modo de trabajo.

El molino de martillos debe estar correctamente balanceado, por esta razón la ubicación de los ejes secundarios en el disco debe ser de tal forma que no altere el centro de gravedad del disco, es decir a 60°, 90°, 120°, etc. la selección dependerá del diseñador. Como se estableció anteriormente la configuración que se utilizará es de 90°.

De acuerdo al radio de giro calculado a partir de la ecuación 7, y longitud de la herramienta de percusión se utilizarán discos de diámetro de 22 cm. Como se estableció anteriormente, la construcción del disco se realizará de planchas de acero ASTM A36, y se propone un espesor de 10 mm. Las fuerzas que actúan en los discos son: las reacciones de las fuerzas presentes en el eje secundario, puesto que los apoyos para los ejes son los discos, para lo cual se obtendrá el diagrama de fuerzas cortantes de los ejes secundarios en las 4 posiciones figuras 16,17,18.

TRANSMISIÓN POR BANDAS

La potencia que desarrolla el motor es el punto de partida para la selección del tipo de banda. El coeficiente de corrección se selecciona de acuerdo a diferentes factores como: tipo de motor, tipo de máquina conducida, horas de servicio por día. De esta manera la potencia de diseño (Pd) es la que se utilizara en el diseño y está dada por la ecuación 22.

En el Anexo 18 la selección del tipo de banda es en función de la potencia de diseño y la velocidad (rpm) de la polea menor. Para una potencia de diseño de 4.2 Hp y 3000 rpm, la banda adecuada es de tipo A. Anexo 19.

Relación de Transmisión

La relación de transmisión es de 1 a 1 ya que se utilizará un variador de frecuencia

Diámetros de las poleas

La elección del diámetro correcto de las poleas es importante, dado que un diámetro excesivamente pequeño para una sección de correa determinada significaría una flexión excesiva de ésta, lo que terminaría reduciendo su vida útil. Como norma general, al aumentar el diámetro de la polea aumentará la vida útil de la correa. El diámetro de la polea motriz que se utilizará es de 5 in.

En el Anexo 20 se elige la longitud primitiva nominal de la correa más próxima al valor calculado con la ecuación 23 que es $L = 1398.78$ mm que corresponde a la correa A N° 54.

DISEÑO EJE PRINCIPAL

Para determinar el diámetro requerido del eje principal, se requiere realizar un análisis de las fuerzas presentes en el conjunto del sistema de trituración como se observa en la figura 20.

Mediante el programa MDSolids se determinan las fuerzas que actúan sobre el eje que comprenden: las reacciones presentes en los discos debido a la fuerza centrífuga y el peso de los martillos. Para conocer la longitud del eje principal es necesario, conocer la longitud del sistema de trituración que es 50 cm.

Para calcular el diámetro de 38cm del eje se utiliza la ecuación 32.

DETERMINACIÓN DE CUÑAS

La cuña es un dispositivo empleado para transmitir el par de torsión entre el eje y el elemento acoplado, en este caso se utilizará para acoplar la polea del sistema de transmisión y el eje.

Generalmente el acero indicado para la fabricación de las cuñas es un acero al bajo carbón, con resistencia a la cizalladura; por lo que se utilizará acero AISI 1020 que es muy utilizado para esta aplicación.

La selección de la cuña se realiza en función del diámetro del eje. Para ejes hasta $6\frac{1}{2}$ pulgadas de diámetro se recomienda la selección de cuñas cuadradas, mientras que la cuña rectangular se recomienda para ejes mayores; tomando en cuenta esta consideración, para un diámetro de eje de 38 mm se selecciona una cuña cuadrada.

Los parámetros de la cuña se indican en el anexo 24.

DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico comprende básicamente el accionamiento del motor mediante un control ON- Off manual.

Para la selección de protecciones eléctricas es necesario tomar en cuenta las características del motor (datos de placa) como:

- Tipo de Corriente: Corriente Alterna
- Fases: trifásico
- Frecuencia: 60 Hz
- Potencia nominal de la carga: 3 Hp
- Voltaje de alimentación de la bobina: 220 V
- Corriente nominal: 4.97 A

SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR TERMO MAGNÉTICO

Para la selección del interruptor termo-magnético, el mismo que funciona como dispositivo de protección contra corrientes de sobrecarga y cortocircuitos debe cumplir las siguientes condiciones

$$I_n \leq I_{T-M} \leq I_{max}$$

I_{T-M} : Corriente nominal del interruptor termo-magnético

I_n : Corriente nominal del motor

I_{max} : Máxima corriente admisible

$$I_{max} = 1.5 * I_n$$

$$I_{max} = 1.5 * 4.97A$$

$$I_{max} = 7.45 A$$

De acuerdo a la disponibilidad en el mercado y a la condición preestablecida, se selecciona un interruptor termo-magnético de 6A.

SELECCIÓN DEL CONTACTOR

La selección de contactores se realiza tomando en cuenta las características del motor y tipo de trabajo (para determinar la clase del contactor), alimentación de la bobina. Según el anexo 26 para un motor monofásico de 3Hp, 220V es recomendable utilizar un contactor de 25 A.

IMPLEMENTACIÓN

Para la ejecución del proyecto de investigación, tomando en cuenta los parámetros de diseño establecidos, mediante el software de autodesk inventor se desarrolla los planos mecánicos de cada uno de los elementos que integran la máquina, presentes en el anexo 1. Se desarrolló mediciones, cortes, para la construcción del bastidor, tanque contenedor, tolva dosificadora, como se observa en los anexos 5,6,7, respectivamente, ensamble del sistema de martillos y parte mecánica, ver anexos 8,9. Desarrollo de circuitos eléctricos de fuerza y control para el funcionamiento del molino ver anexo 3. Mediante requerimiento de la empresa se instala un variador de frecuencia de la marca SIEMENS sinamic v20, su instalación se realiza según el anexo 2.

HIPOTESIS

La implantación de un molino de martillos en la industria Verton, permitirá triturar el poliuretano para su reutilización y evitar acumulación de residuos sólidos en la empresa.

VARIABLE INDEPENDIENTE

La implantación de un molino de martillos en la industria Verton.

VARIABLE DEPENDIENTE

Será capaz de triturar el poliuretano para su reutilización, y evitar acumulación de residuos sólidos en la empresa.

Tabla 9: Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMISIONES	INDICADORES	ÍTEMS	INSTRUMENTOS
La implantación de un molino de martillos en la industria Verton.	<ul style="list-style-type: none"> • Molino de martillos • Cantidad de desperdicio de poliuretano • Tiempo que tarda por dosificación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peso de las partículas de poliuretano en kg. • Optimización de tiempo min. • Mayor eficiencia en la producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cree usted que el proceso de utilización del poliuretano tiene algún grado de contaminación. • Considera usted necesario la reutilización de poliuretano. • Cree usted que al emplear un molino de martillos para la molienda de poliuretano en la empresa mejorará los procesos de producción. 	<p>Cronómetro</p> <p>Balanza</p>
Será capaz de triturar el poliuretano para su reutilización, y evitar acumulación de residuos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Poliuretano • Dimensiones de trituración • Eficacia de trituración • Cantidad de desecho reutilizado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de volumen de las partículas de poliuretano. • Porcentaje de material reutilizado. • Disminución de desechos y menor tiempo de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conoce usted los tipos de molinos existentes ▪ Considera usted que el triturado de poliuretano es seguro. ▪ Cree usted que los desperdicios de poliuretano pueden afectar al medio ambiente. 	<p>Diseño</p> <p>Calculo</p>

Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Dada la ejecución del proyecto se obtiene un gran beneficio obteniendo así granulometría inferiores a 2mm, aceptable para la reutilización del material en procesos próximos requeridos a la empresa, ya que la reutilización se lo hace mediante corte del poliuretano de una medida 5*5 cm aproximadamente utilizando espátulas tipo cuchillas, implementar el sistema de martillos se mejora tiempos y se tecnifica el proceso de molienda, logrando un volumen de trituración de 1.51 m³ por hora, evitando la eliminación de los residuos a los rellenos sanitarios favoreciendo a la contribución de preservar el medio ambiente ya que este material no es biodegradable. La empresa se verá beneficiada, mediante la trituración del poliuretano, consideraran comprar menos cantidad de material plástico para la elaboración de fundas, alrededor de 6 fundas por semana de 2m (alto)*1m de diámetro en las cuales los desechos son almacenados.

El diseño, funcionamiento y dispositivos electrónicos que comprenden la máquina hacen que sea una máquina de fácil manipulación y de rápido accionamientos para los procesos destinados.

Mayormente se mejora el almacenamiento del material residuo, provocando en sí que se emplee un solo operario en el funcionamiento para dosificación y recolección del material triturado.

Tabla 10: Tir y Van

IMPLEMENTACION DE MOLINO DE MARTILLOS					
PERIODO	0	1	2	3	4
INVERSION	-1770,54	400	500	400	1000
TASA	12%				
CALCULO TIR Y VAN					
VAN	\$ 1.675,97				
TIR	10%				

Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Tabla 11: Elementos Mecánicos

Cant.	Elemento	Costo p/u	Costo total 12% / 14%
2	Plancha de acero 2mm	29.70	59.40
1	Ángulo 2"x1/8(13.7Kg)	14.04	15.72
2	Platina 2"x1/4 (14.13Kg)	14.50	29.23
2	Tubo cuadrado 2"x2 (18.75Kg)	17.35	38.86
4	Eje 1"x 550mm	5.40	24.19
1	Eje 1" ½ x 820mm	16.82	18.83
2	Chumaceras 1" ½ piso KDF	19.06	42.69
2	Bandas de Transmisión		
2	Polea aluminio 2x 5" tipo A	7.24	14.79
4	Ruedas giratorias con freno 4"	15.90	72.50
4	Eje 150 x 10mm	9.00	40.32
4	Pernos con tuerca 3/8x3 ½	1.05	4.20
4	Pintura esmalte	8.50	38.76
1	Broca 1"	25.00	28.00
4	Disco de corte 8"	4.50	20.16
		Total	447.65

Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Tabla 12: Elementos Eléctricos

Cant.	Elemento	Costo p/u	Costo total 14%
1	Breaker p/riel 3p- 16A Schneider	13.10	14.93
1	Contactador	70.00	79.8
1	Botonera xb4 22mm Schneider	27.00	30.78
1	Pulsador hongo 22mm	30.30	34.54
1	Micro Smith botón	5.65	6.44
1	Riel dan 35mm	2.15	2.45
1	Breaker p/riel 3p- 20A	17.65	20.12
1	Motor trifásico 3 HP WEG	198.70	226.51
1	Canaleta ranura da 25x25 Dixon	4.92	5.60
1	Luz piloto electrónica roja c/c	2.00	2.28
1	Enchufe caucho 3x50A 250V	8.64	9.84

1	Gabinete metálico 40x40x20	33.00	37.62
40	Conductor n 16	0.35	14.79
1	Variador fe. 2.2KW dinámice V20	396.00	396.00
		Total	881.69

Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

Tabla 13: Gastos Indirectos

Gastos Indirectos			
Cantidad	Recursos	Costo p/u	Costo total
	Internet	25.00	25.00
100	Copias	0.02	2.00
200	Impresiones b/n	0.05	10.00
400	Impresiones color	0.15	60.00
8	Anillado	0.70	5.60
2	Esferos	0.35	0.70
2	Empastado	15.00	30.00
1	Resmas de papel	3.80	3.80
20	Transporte	1.50	30.00
30	Alimentación	2.00	60.00
1	Flash menor	14.00	14.00
		Total	241,10

10% imprevistos	24.10
------------------------	-------

Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

COSTO TOTAL

Tabla 14: Costo Total

Inversión de la Maquina	
Componentes del costo	Costo total (USD)
Elementos Mecánicos	447.65
Elementos Eléctricos	881.69
Maquinado	176.00
Gastos indirectos	241,10
10% imprevistos	24.10
Total	1770.54

Elaborado: Cuvi Walter, Sánchez Henry

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El diseño del molino de martillos realizado, da como resultado un volumen de producción de $1.51 \text{ m}^3 / \text{h}$ de poliuretano triturado, de diámetros menores a 2mm utilizando laminas perforadas R2T3, siendo ésta la capacidad preestablecida al inicio del proyecto.

Con la distribución de los 4 ejes secundarios a 90° de forma circular permite que en todo momento la fuerza centrífuga sea radial, posicionando correctamente a los martillos en modo de trabajo.

El diseño se realizó tomando en cuenta un factor 3 de seguridad, eficiencia y manufactura práctica.

Mediante la implementación del molino de martillos, se reduce el volumen de residuos de poliuretano existente en la empresa, logrando un resultado de 1.5 de 6 funda que se recolecta semanalmente.

RECOMENDACIONES

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

Para mayor durabilidad de la máquina se recomienda realizar un tratamiento de cementación en los martillos para tener una mayor resistencia.

Se recomienda implementar un sistema que permita inyectar el material triturado en los posteriores procesos de producción.

15. BIBLIOGRAFIA

Bermeo, D. C. (12 de Mayo de 2014). Diseño Y Construcción De Un Molino De Martillos Triturador De Granos Para Granjas Avícolas. *Diseño Y Construcción De Un Molino De Martillos Triturador De Granos Para Granjas Avícolas*. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/236182239/Molino-de-Martillos-Doc>

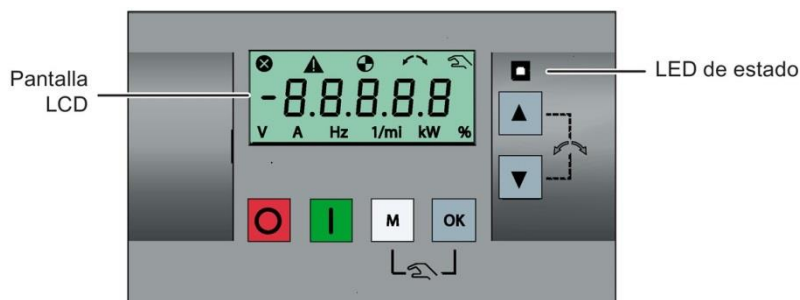
- Chapman, S. J. (1997). *Maquinas Electricas*. Mexico: Martha Edna Suarez R.
- CHARA NAVEROS LOURDES, M. H. (25 de Octubre de 2015). *MOLINO DE MARTILLOS*.
Obtenido de <https://es.scribd.com/document/286970633/Molino-de-Martillos>
- Fitzgerald, A. E. (2006). *MAQUINAS ELECTRICAS* (Vol. 6). MEXICO: MC GRAW HILL.
- GREGORÍ, B. S., ALBA, L., BROWN, A., FERNÁNDEZ, M., MOURA BORDADO, J., HOZ, Y. D., & ALVAREZ, A. (2007). LOS POLIURETANOS BIODEGRADABLES. *ICIDCA*, 41(2), 9. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa>
- INEN. (6 de JUNIO de 1995). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*. Obtenido de NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 021:1995: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2021.1995.pdf>
- NAVA, I. I. (2008). SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS INDUSTRIALES. En I. I. NAVA, *MANUAL TECNICO* (págs. 122-123). VERACRUZ.
- Oliveira, J. (25 de Agosto de 2015). *Contactores vs interruptores para cargas de motores en media tensión*. Obtenido de <https://constructorelectrico.com/contactores-vs-interruptores-para-cargas-de-motores-en-media-tension/>
- Plásticos, T. d. (23 de junio de 2011). *Blog dedicado a los materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado*. Obtenido de Poliuretano: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/poliuretano.html>
- RIGIDO, A. D. (2016). *LIBRO BLANCO DEL POLIURETANO INYECTADO Y PROYECTADO* (Vol. 4). MADRID: IPUR. Obtenido de <http://www.atepa.org/PUR.pdf>
- ROBERT L. MOTT, P. (2006). *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINA* (Vol. 4). MEXICO: PEARSON.
- Robert L. Mott, P. (2006). *Diseño de elementos de maquinas*. mexico: Pearson.
- Rodríguez, M. (2013). Aprendemos la composición, selección y regulación del relé térmico para nuestros motores. *Inesem*, 1.
- SOLIS PEREZ, E. L. (2014). *MOLINOS*. NUEVO CHIMBOTE. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/250325584/Molino-de-Bolas>
- SRL, P. (2008). *PoliuretanoInsumos.com.ar*. Obtenido de <http://poliuretanoinsumos.com.ar/tipos-de-poliuretano/>

16.

ANEXOS

Puesta en marcha

Basic Operator Panel (BOP) integrado



Funciones de los botones

	Detiene el convertidor	
	Una pulsación	Reacción parada OFF1 en modo HAND.
	Pulsación doble (<2 s) o pulsación larga (>3 s)	Reacción parada OFF2: El convertidor permite que el motor haga una parada natural sin emplear ningún tiempo de deceleración.
	Inicia el convertidor en modo HAND/JOG.	
	Botón multifunción	
	Pulsación breve (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Entra en el menú de ajuste de parámetros o pasa a la pantalla siguiente. • Reinicia la edición dígito a dígito del elemento seleccionado. • Vuelve a la visualización de códigos de fallo.
	Pulsación larga (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Vuelve a la pantalla de estado. • Entra en el menú de configuración.
	Pulsación breve (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Cambia entre los valores de estado. • Entra en el modo de edición de valores o cambia al dígito siguiente. • Borra los fallos.
	Pulsación larga (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Edición rápida de valores o números de parámetro.
+	Pulse para cambiar entre los modos HAND (con icono de mano), JOG (con icono de mano parpadeante) y AUTO (sin icono).	
	<ul style="list-style-type: none"> • Mueve la selección hacia arriba por un menú, o aumenta un valor o una consigna. • Pulse de forma prolongada (>2 s) para desplazarse rápidamente hacia arriba por los valores. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Mueve la selección hacia abajo por un menú, o disminuye un valor o una consigna. • Pulse de forma prolongada (>2 s) para desplazarse rápidamente hacia abajo por los valores. 	
+	Invierte la dirección de rotación del motor.	

Nota

A menos que se especifique lo contrario, el manejo de las teclas anteriores se refiere siempre a presión breve (< 2 s).

Iconos de estado del convertidor

	El convertidor tiene como mínimo un fallo pendiente.	
	El convertidor tiene como mínimo una alarma pendiente.	
		El convertidor está funcionando (la frecuencia del motor
	(parpadea):	El convertidor se puede energizar de forma inesperada (por ejemplo, en modo de protección anti escarcha).
	El motor gira en la dirección inversa.	
		El convertidor está en modo HAND.
	(parpadea):	El convertidor está en modo JOG.

Parámetros específicos de macro de aplicación

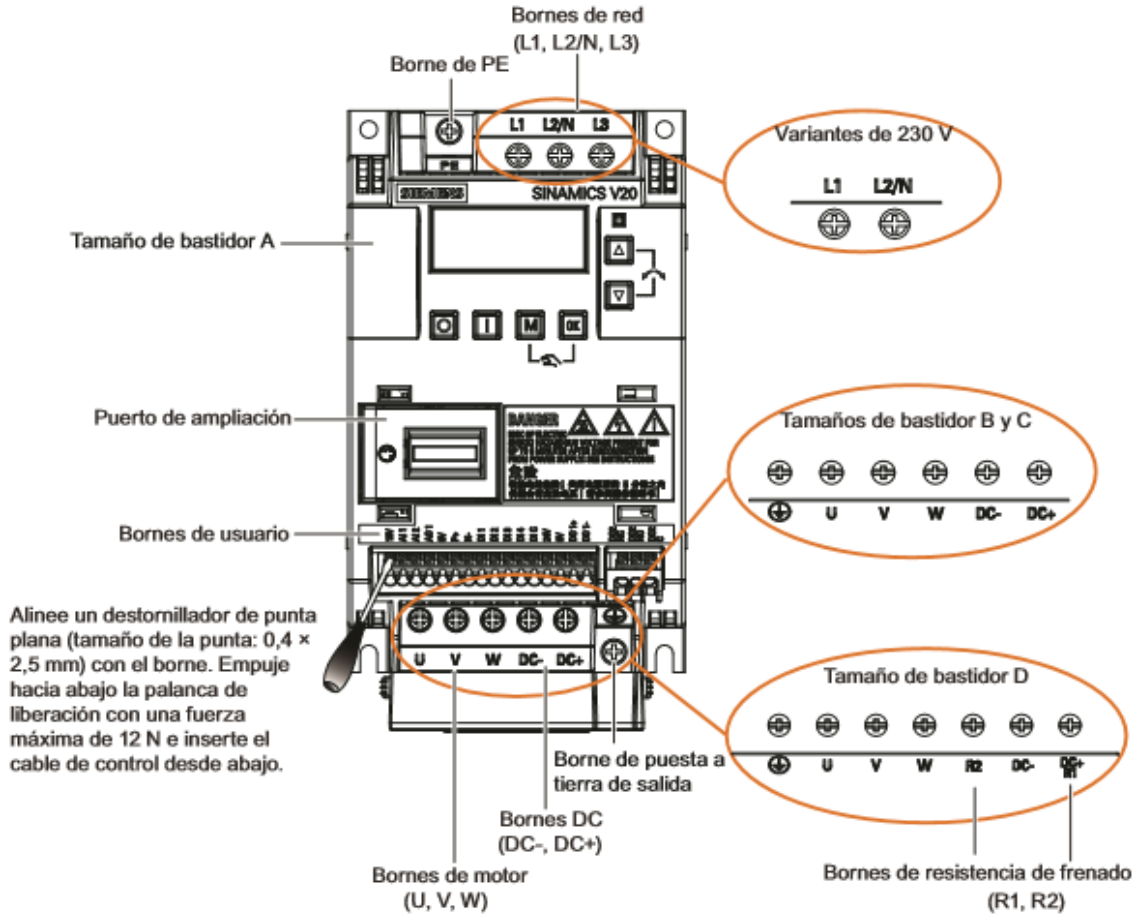
Parámetro	Descripción	Ajustes de fábrica	Ajuste predet. para macro aplicación				Observaciones
			AP010	AP020	AP021	AP030	
p1080[0]	Frecuencia mínima	0	15	20	-	-	Convertidor funcionando a una velocidad inferior bloqueado
p1300[0]	Modo de control	0	7	7	0	1	=7: U/f cuadrática =0: U/f lineal =1: U/f con FCC
p1110[0]	BI: Bloqueo de la consigna de frecuencia	0	1	-	-	-	Rotación inversa bloqueada
p1200[0]	Re arranque al vuelo	0	-	2	-	-	Búsqueda de la velocidad del motor en funcionamiento con una carga de inercia pesada para que el motor
p1210[0]	Re arranque auto- mático	1	2	2	-	-	Confirmación de fallo en el encendido
p1120[0]	Tiempo de aceleración	10	10	10	10	5	Tiempo de aceleración desde cero hasta la frecuencia máxima

P1121[0]	Tiempo de deceleración	10	10	20	10	5	Tiempo de deceleración desde la frecuencia máxima hasta cero
P1312[0]	Elevación en arranque	0	-	-	30	30	La elevación solo es efectiva cuando se acelera por primera
p1311[0]	Elevación en aceleración	0	-	-	0	-	La elevación solo es efectiva al acelerar
p1310[0]	Elevación continua de tensión	50		-	50	-	Elevación adicional a través de la gama de frecuencias

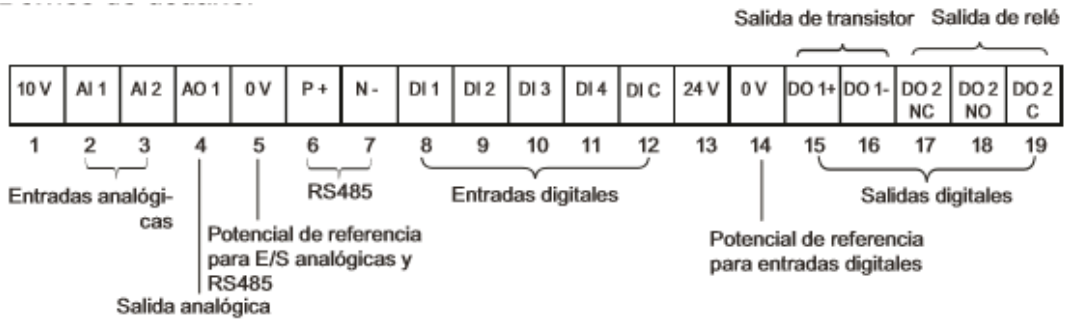
Ajuste de parámetros comunes

Parámetro	Descripción	Parámetro	Descripción
P1080[0]	Frecuencia mínima del motor	P1001[0]	Consigna para la frecuencia fija 1
p1082[0]	Frecuencia máxima del motor	P1002[0]	Consigna para la frecuencia fija 2
P1120[0]	Tiempo de aceleración	p1003[0]	Consigna para la frecuencia fija 3
P1121[0]	Tiempo de deceleración	p2201[0]	Consigna para la frecuencia PID fija 1
p1058[0]	Frecuencia JOG	p2202[0]	Consigna para la frecuencia PID fija 2
p1060[0]	Tiempo de aceleración JOG	p2203[0]	Consigna para la frecuencia PID fija 3

Descripción de los bornes



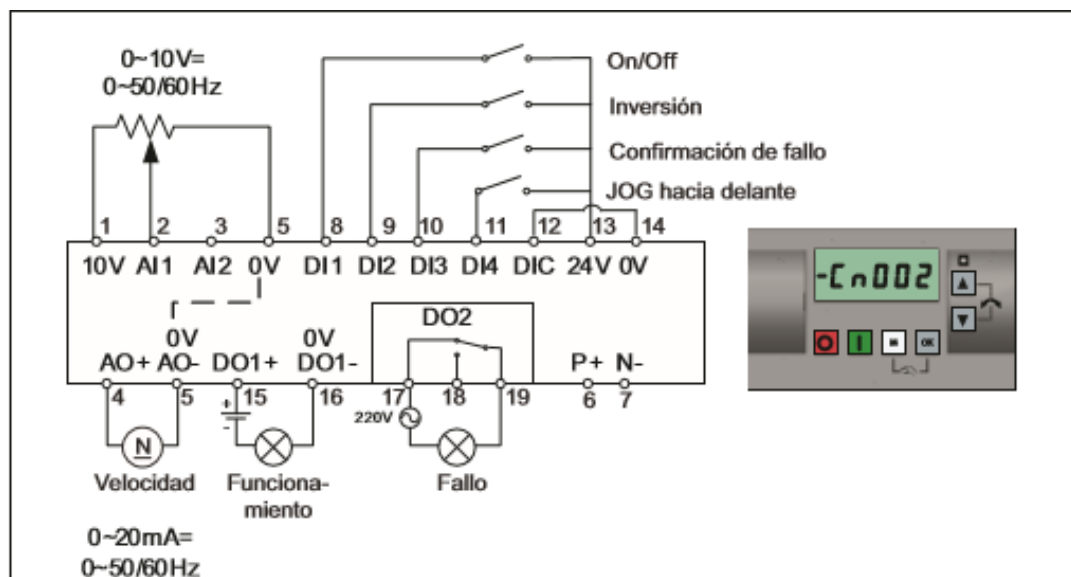
BORNES DEL USUARIO



Macro de conexión Cn002:

Control desde los bornes Control externo

Conmutador Hand/Auto entre el BOP y los bornes pulsando M + OK OK .



Configuración de macros de conexión:

Parámetro	Descripción	Ajustes predeterminados de fábrica	Ajustes predeterminados de Cn002	Observaciones
P0700[0]	Selección de la fuente de señales de mando	1	2	Borne como fuente de señales de mando
P1000[0]	Selección de frecuencia	1	2	Análogica como consigna de velocidad

Parámetro	Descripción	Ajustes predeterminados de fábrica	Ajustes predeterminados de Cn002	Observaciones
P0701[0]	Función de la entrada digital 1	0	1	ON/OFF
P0702[0]	Función de la entrada digital 2	0	12	Inversión
P0703[0]	Función de la entrada digital 3	9	9	Confirmación de fallo
P0704[0]	Función de la entrada digital 4	15	10	JOG hacia delante
P0771[0]	CI: Salida analógica	21	21	Frecuencia real
P0731[0]	BI: Función de la salida digital 1	52.3	52.2	Convertidor en funcionamiento
P0732[0]	BI: Función de la salida digital 2	52.7	52.3	Fallo del convertidor activo

Diagrama de control

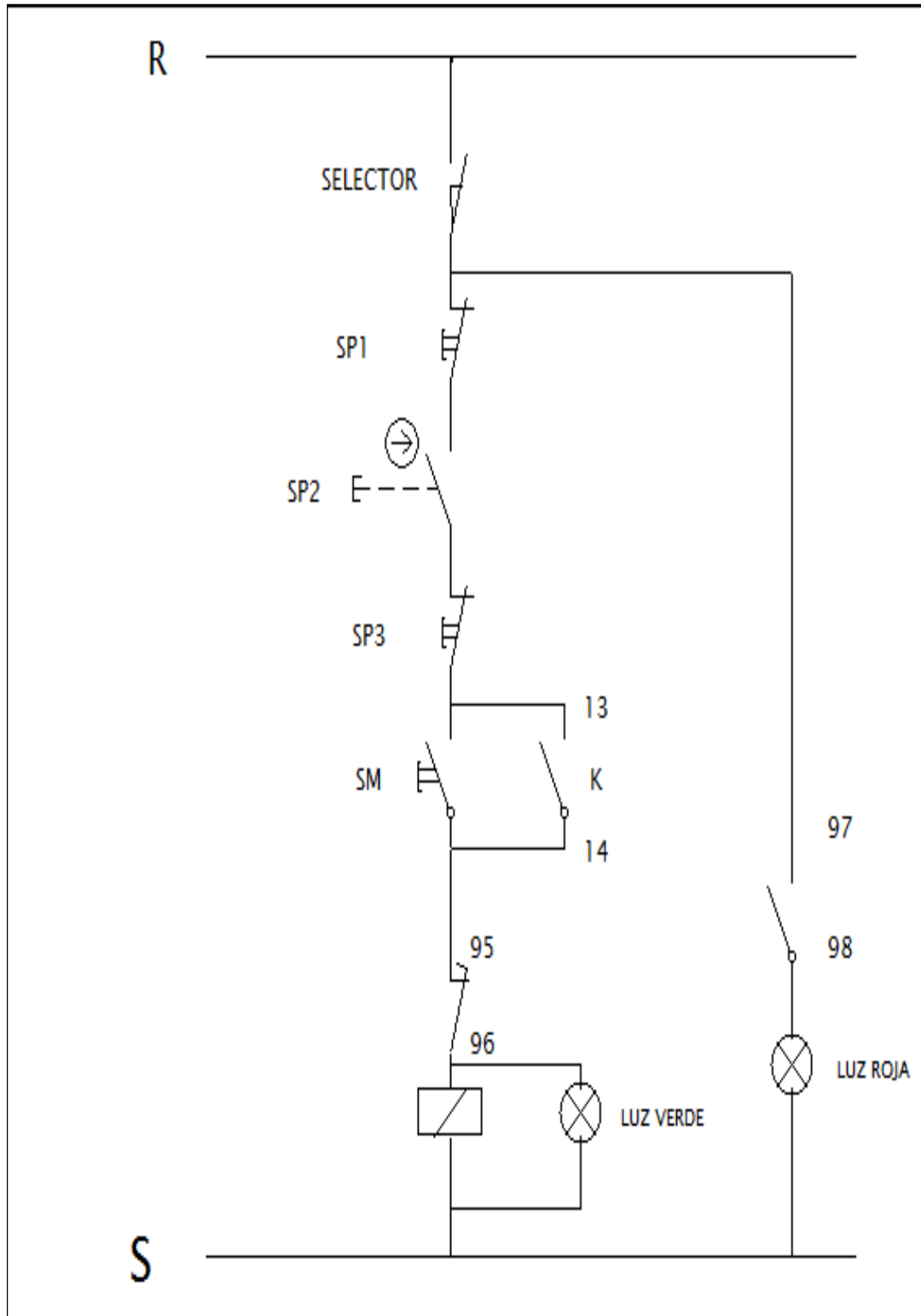
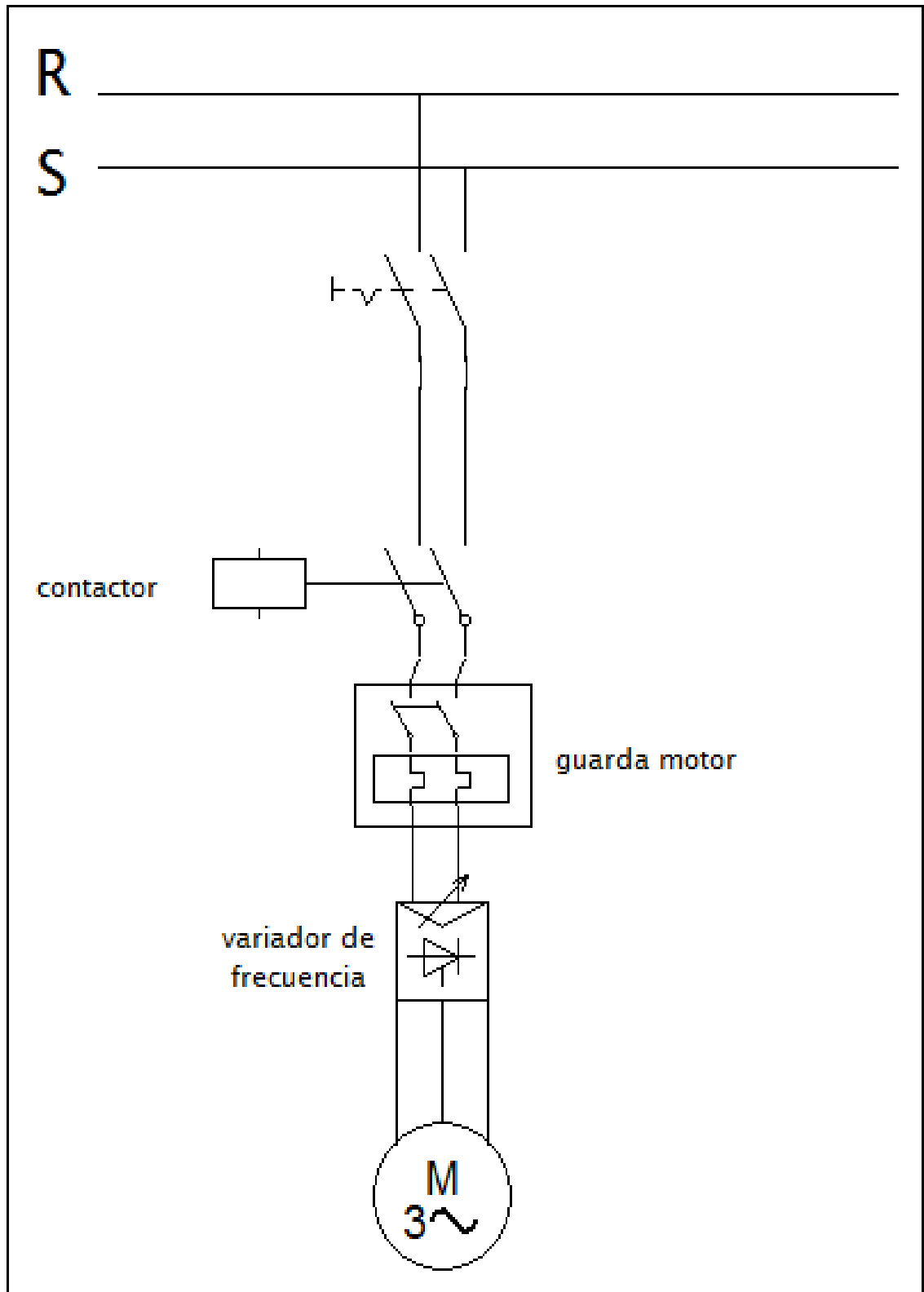


Diagrama de fuerza



Mediante este manual se enfoca paso a paso el proceso para el funcionamiento del molino de martillo, tomando en cuenta los parámetros de seguridad que se deben tomar para su funcionamiento, a continuación, se detalla los pasos a seguir:

1. Revisar que todas las partes mecánicas que componen el molino estén sujetas y en su posición, evitar que herramientas manuales sean olvidadas en el interior de los martillos (podrían ser expulsado y ocasionar lesiones en el operador).
2. Insertar la criba en la parte inferior de los martillos posteriormente levantar la tapa que cubre la entrada de la criba y sujetar el seguro tipo mariposa.
3. Ajustar los seguros tipo mariposa que sujetan la tolva de dosificación
4. Conectar el suministro eléctrico al tablero eléctrico.
5. Mediante el selector que se encuentra en la puerta del gabinete eléctrico se suministra energía eléctrica al tablero.
6. La botonera verde da apertura al paso de energía eléctrica en los dispositivos de protección del sistema.
7. Se enciende el variador de frecuencia SINAMICS V20
8. Mediante los macros de conexión que en este caso se emplea, los mandos de funcionamiento se encuentran en la parte inferior de la boca de dosificación que efectúan el accionamiento de paro y de arranque.
9. La máquina consta con un paro de emergencia que es accionado en caso de emergencia y está ubicado en la parte inferior de la botonera de arranque y de paro.
10. A demás posee un micro Smith que permite que la maquina no entre en funcionamiento si la tolva de dosificación no está en su totalidad cerrada, permitiendo que no ocurran accidentes en el proceso.
11. Cuando ya esté en funcionamiento se requiere que el operador no introduzca los brazos al interior de la boca de dosificación ya que el giro de los martillos podría ocasionar lesiones y daños severos hasta atrapamiento.

Nota: Utilizar gafas de protección en el momento de dosificar el material a triturar, tomando en cuenta que es una maquina con ejes rotatorios.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO

FICHA DE LA MÁQUINA



DATOS GENERALES DE LA MÁQUINA

NOMBRE:	MOLINO DE MARTILLOS	UBICACIÓN	GALPON 3D
PROCEDENTE:	ECUADOR	SECCIÓN:	3D
FABRICANTE:	CUVI, SÁNCHEZ	LARGO (mm):	
A. de FABRICACIÓN:	2016		
A. de INSTALACIÓN:	2016		

ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO

MOTOR TRIFÁSICO



CAPACIDAD (W):	2200
I. DE FUNCIONAMIENTO (A):	8,58
VOLTAJE (V):	220
CONEXIÓN:	DELTA
FRECUENCIA (Hz):	60
FACTOR DE POTENCIA:	0,85
VELOCIDAD ANGULAR (RPM):	1720
MODELO:	TE1BFOXOI
TIPO:	Asincrónico

TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

POLEAS



POLEA MOTRIZ Ø (mm):	127
NUMERO DE CANALES POLEA MOTRIZ:	2
POLEA CONDUCTIDA Ø (mm):	127
NUMERO DE CANALES POLEA CONDUCTIDA:	2
DISTANCIA ENTRE CENTROS (mm):	1398.78

BANDA DE TRANSMISIÓN

MODELO:	Dayco
TIPO:	V
NÚMERO DE BANDAS:	2
SERIE:	A54

ELEMENTOS DE MONTAJE Y DESMONTAJE

	ELEMENTOS	HERRAMIENTA	mm
	PERNOS PRISIONEROS	HEXAGONAL	8
	CHUMACERAS	LLAVE COMBINADA	18
	SUJECION DE MOTOR	LLAVE COMBINADA	13
	AJUSTE DE POLEAS	LLAVE COMBINADA	12
	AJUSTE TANQUE - BASTIDOR	RACHA	14

ELEMENTOS DE DESGASTE

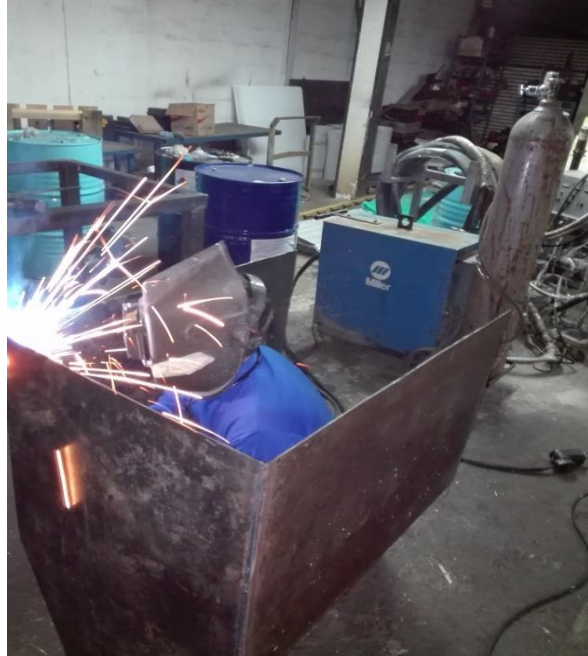
ELEMENTOS	OBSERVACIÓN
BANDAS	DESGASTE POR FRICCIÓN
PULSADORES	FALLAS EN RESORTES Y CONTACTOS PEGADOS
SELECTORES	NUMERO DE ACCIONAMIENTOS
CONTACTORES	SOBRECARGAS, VIDA ÚTIL DE CONTACTOS
MOTOR	BOBINAS QUEMADAS, DESGASTE DE RODAMIENTOS, SOBRECARGAS



ANEXO 6

CONSTRUCCIÓN TANQUE CONTENEDOR

1/1



ANEXO 7

CONTRUCCÓN TOLVA DOSIFICADORA

1/1









Clase	Densidad en kg/m ³		Grado de dureza											
			6		9		12		16		20		24	
	Mín	Máy	Min	Máy	Min	Máy	Min	Máy	Min	Máy	Min	Máy	Min	Máy
12	11,0	13,0	3,6	7,2	7,2	10,8	10,8	14,4			-	-	-	-
15	14,0	16,0	3,6	7,2	7,2	10,8	10,8	14,4	14,4	18,0	-	-	-	-
17	16,1	18,5	3,6	7,2	7,2	10,8	10,8	14,4	14,4	18,0	-	-	-	-
20	18,6	21,0	3,6	7,2	7,2	10,8	10,8	14,4	14,4	18,0	-	-	-	-
23	21,1	24,0	3,6	7,2	7,2	10,8	10,8	14,4	14,4	18,0	18,0	21,6	21,6	25,2
26	24,1	27,0	3,6	7,2	7,2	10,8	10,8	14,4	14,4	18,0	18,0	21,6	21,6	25,2
30	27,1	32,0	3,6	7,2	7,2	10,8	10,8	14,4	14,4	18,0	18,0	21,6	21,6	25,2
36	32,1	40,0	-	-	7,2	10,8	10,8	14,4	14,4	18,0	18,0	21,6	21,6	25,2
44	40,1	48,0	-	-	7,2	10,8	10,8	14,4	14,4	18,0	18,0	21,6	21,6	25,2

PERFILES IMPORTADOS ANGULOS



Especificaciones Generales

ANGULOS

- + ASTM A 36 SAE 1008
 - Previa Consulta
 - 6,00 m
 - Previa Consulta
 - Natural
 - Previa Consulta
- Calidad
Otras calidades
Largo normal
Otros largos

DENOMINACION	mm		kg/m	kg/6m	cm ²
	a	e			
AL 20X 2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X 3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X 2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X 3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X 4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X 3	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 30X 4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X 3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X 4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X 6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X 3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X 4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X 6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X 6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X 8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X 6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X 6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X 6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X 8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X 8	80	8	9.14	11.60	11.60
AL 100X6	100	6	9.14	56.95	11.64
AL 100X8	100	8	12.06	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.26	109.54	22.56

PERFILES LAMINADOS PLATINAS

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36 SAE 1008
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm ²
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	56.52	12.00

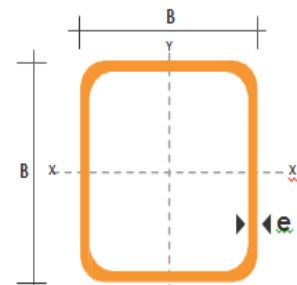
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES		AREA		EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,89	0,89	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	8,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,85	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94



ACERO AISI-SAE 1018 (UNS G10180)

1. *Descripción:* este acero de bajo - medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono. Se presenta en condición de calibrado (acabado en frío). Debido a su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para componentes de maquinaria.

2. *Normas involucradas:* ASTM A 108

3. *Propiedades mecánicas:* Dureza 126 HB (71 HRb)
Esfuerzo de fluencia 370 MPa (53700 PSI)
Esfuerzo máximo 440 MPa (63800 PSI)
Elongación máxima 15% (en 50 mm)
Reducción de área 40%
Modulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI)
Maquinabilidad 76% (AISI 1212 = 100%)

4. *Propiedades físicas:* Densidad 7.67 g/cm³ (0.284 lb/in³)

5. *Propiedades químicas:* 0.15 – 0.20 % C
0.60 – 0.90 % Mn
0.04 % P máx
0.05 % S máx

6. *Usos:* se utiliza en operaciones de deformación plástica como remachado y extrusión. Se utiliza también en componentes de maquinaria debido a su facilidad para conformarlo y soldarlo. Piezas típicas son los pines, cuñas, remaches, rodillos, piñones, pasadores, tornillos y aplicaciones de lámina

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

ACERO MAQUINARIA - AISI 1018

ASTM A36

**Estado de Suministro**

Laminado.

Tolerancia

ASTM A6.

Características

Acero estructural de buena soldabilidad, adecuado para la fabricación de vigas soldadas para edificios, estructuras remachadas, y atornilladas, bases de columnas, piezas para puentes y depósitos de combustibles.

Aplicaciones

Construcción de puentes, estanques, estructuras para industrias, edificios, torres y aplicaciones estructurales en general.

Composición Química (Valores Típicos)

%C	%Mn	%Si	%P	%S
≤ 0,26	0,80 -1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05

Propiedades Mecánicas

Esfuerzo Fluencia (Kg/mm ²)		Esfuerzo Tracción (Kg/mm ²)		Elongación
	MPa	(Kg/mm ²)	MPa	%
25,5 (mín)	250 (mín.)	40,8 (mín)	400 (mín.)	20 (mín.)

Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío

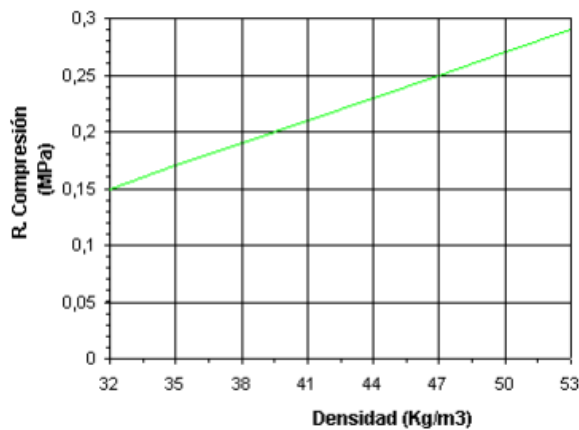
Espesor E (mm.)

Hasta 20 mm. (Incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (Incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (Incl.)
1,5 X E	1,5 X E	1,5 X E

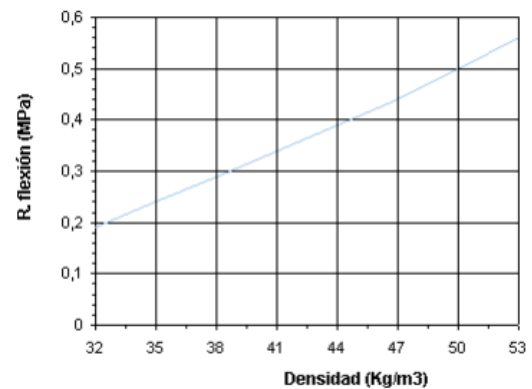
Tabla 6. Propiedades mecánicas de las espumas obtenidas, valores promedio.

Experimento	Densidad (Kg/m ³)	Resistencia tensil (KPa)	Elongación (%)	Resiliencia (%)	Dureza (N)
1	34,55	224,0	91,5	5,82	36,73
2	32,73	164,6	82,6	9,71	46,13
3	82,24	387,6	85,6	5,82	41,43
4	116,26	406,2	135,9	7,67	41,43
5	48,73	388,4	239,2	5,82	46,13
6	30,00	194,9	96,8	9,71	39,08
7	42,55	151,6	85,6	5,82	38,14
8	31,79	192,0	101,7	9,94	39,08
9	34,61	166,4	90,0	11,65	36,73

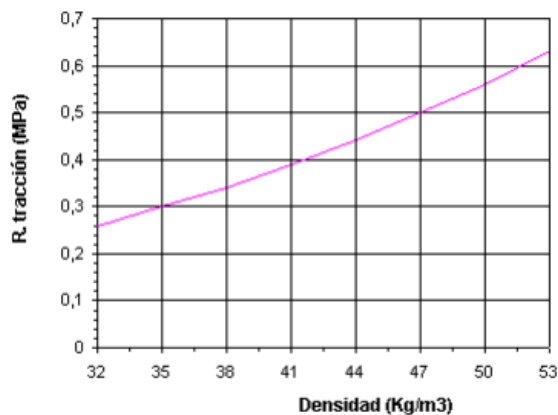
Resistencia a la compresión en función de la densidad, según UNE 53 205



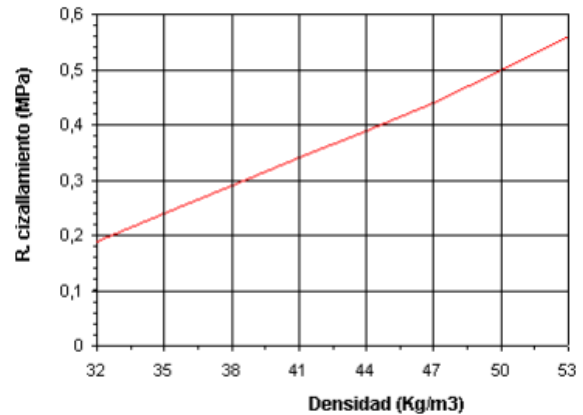
Resistencia a la flexión en función de la densidad, según UNE 53 204



Resistencia a la tracción en función de la densidad, según UNE 53 455



Resistencia al cizallamiento en función de la densidad, según DIN 53 427



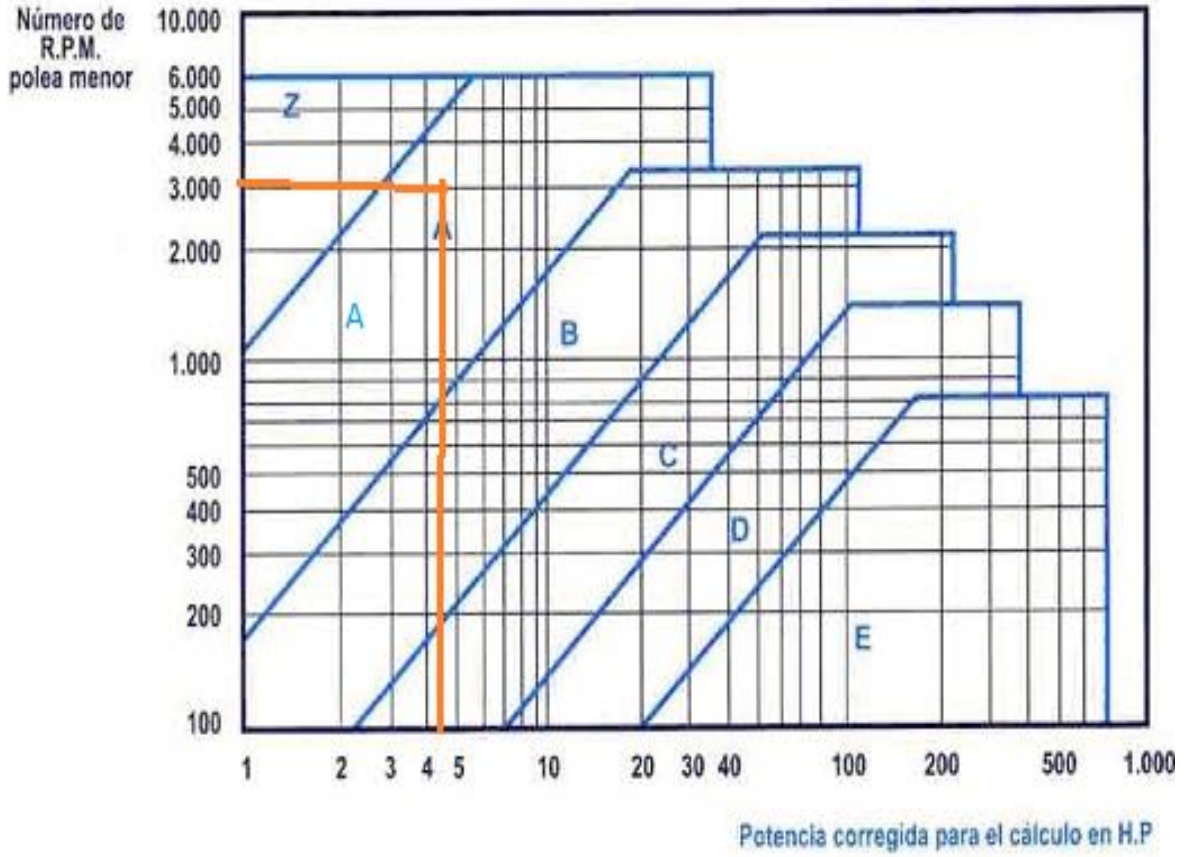
Transmisiones por correa

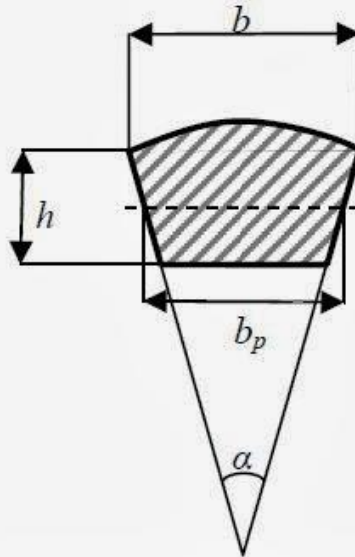


Datos para la selección

Tabla 1 - Factores de servicio

Tipo de máquina accionada	Tipo de motor primario					
	arranque suave			arranque pesado		
	Motores eléctricos de CA: estrella-triángulo Motores CC: excitado en derivación Motores con 4 o más cilindros Todos los motores primarios con dispositivos mecánicos o electrónicos de arranque suave.			Motores eléctricos de CA : arranque directo Motores CC: bobinados en serie y compuestos Motores con menos de 4 cilindros		
	número de horas en marcha por día					
	menos de 10	10 - 16	más de 16	menos de 10	10 - 16	más de 16
Cargas uniformes: agitadores industriales ligeros, cintas transportadoras de arena etc, ventiladores de hasta 7,5 kW, compresores centrífugos y bombas	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Cargas moderadas: agitadores de densidad variable, cintas transportadoras (de carga no uniforme), ventiladores de más de 7,5 kW, otros compresores rotativos y bombas, generadores, máquinas de herramienta, maquinaria de impresión, maquinaria de lavandería, tromeles, máquinas rotativas para trabajar la madera	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Cargas pesadas: compresores de pistón y bombas, sopladores de desplazamiento positivo, transportadores pesados, tales como para tornillos, cubos, etc., molinos de martillo, pulverizadores, prensas, máquinas de corte, sacadores, maquinaria para trabajar el caucho	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Cargas fuertes: tritadoras giratorias, de mandíbula, de rodillos, etc. laminadoras, calandrias, maquinaria de canteras, cribas vibratorias	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8





b_p : Ancho primitivo normal. b : Ancho aproximado de la base superior.
 h : Altura aproximada. α : Ángulo de los flancos.

Sección	Y	Z	A	B	C	D	E
b_p (mm)	5,3	8,5	11	14	19	27	32
b (mm)	6	10	13	17	22	32	38
h (mm)	4	6	8	11	14	19	25
α				40°			

Tabla 3.- Dimensiones normalizadas de correas trapeziales.



CATÁLOGO DE CORREAS INDUSTRIALES

2010

DAYCO GOLD LABEL V - MM
CORREAS TRAPECIALES DE SECCIÓN CONVENCIONAL
**SECCIÓN "A" (13 x 8 mm.)****SECCIÓN "A" (13 x 8 mm.)**

TIPO	DESARROLLO INTERIOR mm.	DESARROLLO PRIMITIVO mm.
A37,50	953	986
A38	965	998
A38,50	978	1011
A39	991	1024
A39,50	1003	1036
A40	1016	1049
A40,50	1029	1062
A41	1041	1074
A41,50	1054	1087
A41,75	1060	1093
A42	1067	1100
A42,50	1080	1113
A43	1092	1125
A43	1092	1125
A43,50	1105	1138
A43,75	1111	1144
A44	1118	1151
A44,50	1130	1163
A45	1143	1176
A45,50	1156	1189
A46	1168	1201
A46,50	1181	1214
A47	1194	1227
A48	1219	1252
A48,25	1226	1259
A49	1245	1278
A50	1270	1303
A51	1295	1328
A51,50	1308	1341
A52	1321	1354
A52,50	1334	1367
A53	1346	1379
A53,25	1353	1386
A54	1372	1405
A55	1397	1430

TIPO	DESARROLLO INTERIOR mm.	DESARROLLO PRIMITIVO mm.
A64	1626	1659
A65	1651	1684
A66	1676	1709
A67	1702	1735
A68	1727	1760
A69	1753	1786
A70	1778	1811
A70,75	1797	1830
A71	1803	1836
A72	1829	1862
A73	1854	1887
A74	1880	1913
A75	1905	1938
A75	1905	1938
A76	1930	1963
A77	1956	1989
A78	1981	2014
A79	2007	2040
A80	2032	2065
A81	2057	2090
A82	2083	2116
A83	2108	2141
A83,50	2121	2154
A84	2134	2167
A85	2159	2192
A86	2184	2217
A87	2210	2243
A88	2235	2268
A89	2261	2294
A90	2286	2319
A91	2311	2344
A92	2337	2370
A93	2362	2395
A94	2388	2421
A95	2413	2446

Factores de corrección de la longitud de la correa (L_c)

Longitud (pulgadas)	Sección transversal de la correa			Longitud (mm)	Sección transversal de la correa		
	A/13	B/17	C/22		SPZ	SPA	SPB
26	0,78			512	0,79		
31	0,82			630	0,83		
35	0,85	0,80		710	0,85		
38	0,87	0,82		800	0,87	0,81	
42	0,89	0,84		900	0,89	0,83	
46	0,91	0,86		1000	0,91	0,85	
51	0,93	0,88	0,80	1120	0,93	0,86	
55	0,95	0,89	0,83	1250	0,95	0,88	0,83
60	0,97	0,91	0,83	1400	0,98	0,90	0,85
68	1,00	0,94	0,85	1500	0,99	0,91	0,86
75	1,02	0,96	0,87	1600	1,00	0,92	0,87
80	1,04	0,98	0,88	1800	1,02	0,94	0,89

Factor de corrección del arco de contacto ($K\phi$) para las correas de sección en "V"

$\frac{D - d}{C}$	Arco de contacto ϕ en las poleas de diámetro pequeño (grados)	Factor $K\phi$
		A/13, B/17, C/22, SPZ, SPA, SPB
0,00	180	1,00
0,10	174	0,99
0,20	169	0,97
0,30	163	0,96
0,40	157	0,94
0,50	151	0,93
0,60	145	0,91
0,70	139	0,89
0,80	133	0,87
0,90	127	0,85
1,00	120	0,82
1,10	113	0,80
1,20	106	0,77

PowerTwist Plus Potencia nominal para correas de sección "A/13"

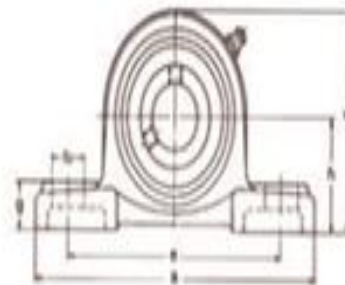
Velocidad (RPM) del eje más rápido	Potencia nominal básica en caballos de fuerza por correa correspondiente al diámetro datum de la polea menor										Velocidad (RPM) del eje más rápido	Potencia añadida por cada correa debido a la relación de velocidades					
	3,00"	3,40"	3,80"	4,20"	4,80"	5,20"	5,60"	6,00"	6,40"	7,00"		Entre 1,00 y 1,01	1,05 y 1,07	1,11 y 1,14	1,21 y 1,27	1,40 y 1,64	1,65 y superior
1160	1,17	1,53	1,89	2,24	2,76	3,10	3,44	3,77	4,10	4,58	1160	0,00	0,04	0,08	0,13	0,17	0,19
1750	1,55	2,07	2,58	3,07	3,80	4,27	4,74	5,19	5,64	6,29	1750	0,00	0,06	0,13	0,19	0,26	0,29
3450	2,29	3,16	4,00	4,80	5,93	6,64	7,30				3450	0,00	0,13	0,25	0,38	0,50	0,57
200	0,30	0,38	0,45	0,53	0,64	0,71	0,78	0,85	0,93	1,03	200	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03
400	0,52	0,67	0,81	0,94	1,15	1,29	1,42	1,55	1,68	1,88	400	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06	0,07
600	0,72	0,92	1,12	1,32	1,62	1,81	2,00	2,19	3,03	2,66	600	0,00	0,02	0,04	0,07	0,09	0,10
800	0,89	1,15	1,41	1,67	2,05	2,30	2,54	2,79	3,03	3,38	800	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	0,13
1000	1,05	1,37	1,69	2,00	2,45	2,76	3,05	3,35	3,64	4,07	1000	0,00	0,04	0,07	0,11	0,15	0,16
1200	1,20	1,57	1,94	2,31	2,84	3,19	3,54	3,88	4,21	4,71	1200	0,00	0,04	0,09	0,13	0,18	0,20
1400	1,34	1,76	2,18	2,60	3,21	3,60	3,99	4,38	4,76	5,32	1400	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,23
1600	1,46	1,94	2,41	2,87	3,55	3,99	4,43	4,85	5,27	5,89	1600	0,00	0,06	0,12	0,18	0,23	0,26
1800	1,58	2,11	2,63	3,14	3,88	4,36	4,84	5,30	5,76	6,42	1800	0,00	0,07	0,13	0,20	0,26	0,30
2000	1,69	2,27	2,84	3,39	4,19	4,71	5,23	5,72	6,21	6,92	2000	0,00	0,07	0,15	0,22	0,29	0,33
2200	1,80	2,42	3,03	3,62	4,49	5,05	5,59	6,12	6,63	7,37	2200	0,00	0,08	0,16	0,24	0,32	0,36
2400	1,89	2,56	3,21	3,85	4,77	5,36	5,93	6,48	7,02	7,79	2400	0,00	0,09	0,18	0,26	0,35	0,39

TABLA DE LOS CUÑEROS Y CUÑAS ESTANDAR EN PULGADAS DE SECCIÓN CUADRADA

SECCIÓN CUADRADA

Diámetro del eje (pulg)	Anchura y profundidad del cuñero (pulg)	Cuña de sección cuadrada (pulg)	Diámetro del prisionero (pulg)
1/2 a 5/8	1/8 x 1/16	1/8 x 1/8	3/16
5/8 a 7/8	3/16 x 3/32	3/16 x 3/16	3/16
7/8 a 1-1/4	1/4 x 1/8	1/4 x 1/4	1/4
1-1/4 a 1-3/8	5/16 x 5/32	5/16 x 5/16	5/16
1-3/8 a 1-3/4	3/8 x 3/16	3/8 x 3/8	3/8
1-3/4 a 2-1/4	1/2 x 1/4	1/2 x 1/2	1/2
2-1/4 a 2-3/4	5/8 x 5/16	5/8 x 5/8	5/8
2-3/4 a 3-1/4	3/4 x 3/8	3/4 x 3/4	5/8
3-1/4 a 3-3/4	7/8 x 7/16	7/8 x 7/8	3/4
3-3/4 a 4-1/2	1 x 1/2	1 x 1	3/4
4-1/2 a 5-1/2	1-1/4 x 5/8	1-1/4 x 1-1/4	7/8
5-1/2 a 6-1/2	1-1/2 x 3/4	1-1/2 x 1-1/2	1
6-1/2 a 7-1/2	1-3/4 x 7/8	1-3/4 x 1-3/4	1-1/4
7-1/2 a 9	2 x 1	2 x 2	1-1/4
9 a 11	2-1/2 x 1-1/4	2-1/2 x 2-1/2	1-1/4

Datos Técnicos



CÓDIGO IBCA	Diám. del eje		Dimensiones (mm)										Perno	Tipo de rodami.	Soporte	Masa kg
	mm	pulg	h	a	e	b	s ₁	s ₂	g	w	Bi	n				
UCP 204 204-12	20 19.05	 3/4	33.3	127	95	38	13	19	10	63	31	12.7	M10 (W3/8)	UCP 204 204-12	P 204	P 204
UCP 205 205-14 205-16	25 22.225 25.4	 7/8 1	36.5	140	105	38	13	19	10	70	34	14.3	M10 (W3/8)	UCP 205 205-14 205-16	P 205	P 205
UCP 206 206-18	30 28.575	 1 1/8	42.9	155	121	48	17	21	17	83	38.1	15.9	M14 (W1/2)	UCP 206 206-18	P 206	P 206
UCP 207 207-20 207-22	30 31.75 34.925	 1 1/4 1 3/8	47.0	167	127	48	17	21	19	92	42.9	17.5	M14 (W1/2)	UCP 207 207-20 207-22	P 207	P 207
UCP 208 208-24	40 38.1	 1 1/2	49.2	184	137	54	17	21	19	98	49.2	19	M14 (W1/2)	UCP 208 208-24	P 208	P 208
UCP 209 209-28	45 44.45	 1 3/4	54	190	143	54	17	21	20	100	49.2	19	M14 (W1/2)	UCP 209 209-28	P 209	P 209
UCP 210	50		57.2	205	159	60	20	22	22	112	51.0	19.0	M16 (W5/8)	UCP 210	P 210	P 210
UCP 211 211-32	50 50.8	 2	63.5	219	171	60	20	22	22	125	50.0	22.2	M16 (W5/8)	UCP 211 211-32	P 211	P 211
UCP 212 212-36	60 57.15	 2 1/4	69.8	241	184	70	20	25	25	137	65.1	25.4	M16 (W5/8)	UCP 212 212-36	P 212	P 212

Para completar la referencia, reemplazar “◆” con el código de tensión deseado.

Códigos de tensión de bobinas	D02	D07	D13	D23	D24	D25	D33	D34	D35	D36	D39
V (50/60 Hz)	24	48	110	220	230	240	380	400	415	440	480

Códigos de tensión de bobinas	C02	C03	C07	C09	C12	C13	C15
V cc	12	24	48	60	110	125	220

I _e máx. (U _e ≤ 440 V)	I _e = I _m (U ≤ 690 V) θ ≤ 55°C	Orientación de potencia nominal de operación para motores trifásicos 50/60 Hz					Contactos auxiliares integrados en el contactor		Referencia	Peso	
		220 V230 VkW / hp	380 V400 VkW / hp	415 V440 VkW / hp	500 VkW / hp	660 V690 VkW / hp	34NO	12NC		Bobina CAkg	Bobina CCkg
9	25	2,2 / 3	3,7 / 5	4,5 / 6	5,5 / 7,5	5,5 / 7,5	1	1	CWB9L- 11-30◆	0,404	0,525
12	25	3 / 4	5,5 / 7,5	5,5 / 7,5	7,5 / 10	7,5 / 10	1	1	CWB12L- 11-30◆	0,404	0,525
18	32	4,5 / 6	7,5 / 10	9,2 / 12,5	9,2 / 12,5	11 / 15	1	1	CWB18L- 11-30◆	0,404	0,525
25	40	5,5 / 7,5	11 / 15	11 / 15	15 / 20	15 / 20	1	1	CWB25- 11-30◆	0,408	0,529
32	45	7,5 / 10	15 / 20	15 / 20	18,5 / 25	18,5 / 25	1	1	CWB32- 11-30◆	0,408	0,529
38	50	11 / 15	18,5 / 25	18,5 / 25	18,5 / 25	18,5 / 25	1	1	CWB38- 11-30◆	0,408	0,529