



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO PARA TRITURACIÓN DE
ARCILLA, EN EL SECTOR LA VICTORIA (PUJILÍ)”**

Autores:

Chancusi Vega Alex Santiago

Tapia Carrera Jorge David

Tutor:

Ms.C. Mauro Darío Albarracín Álvarez

Latacunga – Ecuador

Julio 2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, **Chancusi Vega Alex Santiago y Tapia Carrera Jorge David**, declaramos ser autores la presente Propuesta Tecnológica: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO PARA TRITURACIÓN DE ARCILLA, EN EL SECTOR LA VICTORIA (PUJILÍ)”**, siendo el Ms.C. Albarraín Álvarez Mauro Darío, Tutor del presente Trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente Propuesta Tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Sr.

Chancusi Vega Alex Santiago

C.I. 050411132-9

Sr.

Tapia Carrera Jorge David

C.I. 050324272-9



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Título: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO PARA TRITURACIÓN DE ARCILLA, EN EL SECTOR LA VICTORIA (PUJILÍ)”**, de **Chancusi Vega Alex Santiago y Tapia Carrera Jorge David**, Estudiantes de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 17 de Julio del 2019

Ms.C.

Albarracín Álvarez Mauro Darío

C.I.050311373-0



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 FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Chancusi Vega Alex Santiago con C.I. 050411132-9 y Tapia Carrera Jorge David con C.I. 050324272-9, con el Título de Proyecto de Titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO PARA TRITURACIÓN DE ARCILLA, EN EL SECTOR LA VICTORIA (PUJILÍ)”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, 17 de Julio del 2019

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Ph.D.
C.I. 1758367252

Lector 2

Ms.C. Segundo Ángel Cevallos Betún
C.I. 0501782437

Lector 3

Ing. Luis Miguel Navarrete López; Mg.
C.I. 1803747284

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, 12 de Julio 2019

Con el presente documento, pongo en constancia que los estudiantes **Alex Santiago Chancusi Vega con C.I. 050411132-9** y **Jorge David Tapia Carrera con C.I. 050324272-9**, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de **Ingeniería Electromecánica**, ha desarrollado la Propuesta Tecnológica: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO PARA TRITURACIÓN DE ARCILLA, EN EL SECTOR LA VICTORIA (PUJILÍ)”** y realiza la entrega de la máquina para esta asociación cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que use el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Latacunga, 12 de Julio del 2019


Sr.
Hugo Fabián Vaca Ramírez
C.I. 050228329-4




Sr.
Alex Santiago Chancusi Vega
C.I. 050411132-9


Sr.
Jorge David Tapia Carrera
C.I. 050324272-9



AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, por brindarme su incondicional apoyo en las decisiones que he tomado en mi vida para así cumplir una meta más y ayudarme a forjarme como hombre de bien, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme sus puertas, a los tutores, a todos los docentes que impartieron su conocimiento a lo largo de la carrera, a mi compañero Jorge Tapia por ser un gran amigo y parte primordial en el desarrollo de este proyecto, al igual que a nuestro amigo Danny Logroño por su apoyo y guía.

Alex Chancusi



DEDICATORIA

El presente proyecto principalmente lo dedico a Dios, por bendecirme y darme la fuerza para no desfaceller.

Con todo mi amor se lo dedico a mis queridos padres, por sus sabios consejos, cariño, el apoyo incondicional a lo largo de este arduo y difícil proceso, por brindarme valores y por ayudarme a cumplir mi más anhelado sueño, el de ser un profesional.

Alex Chancusi



AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios por darme la vida y la sabiduría para concluir mis estudios. A mis padres, mi familia, mi enamorada y a mis amigos que siempre me apoyaron para lograr cumplir mis objetivos. A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme culminar mis estudios superiores, tanto en el ámbito técnico como humanístico.

Jorge Tapia



DEDICATORIA

La noción de esa propuesta tecnológica está dedicada a mis padres Héctor y Bertha por todo el esfuerzo y sacrificio al brindarme la oportunidad de estudiar ya que gracias a su apoyo me han enseñado a nunca rendirme y a salir adelante ante cualquier circunstancia de la vida, a mi hermano Juan que siempre me ha brindado ánimos para culminar mis metas, en general a mi familia que con sus consejos me ayudaron a salir adelante.

Jorge Tapia



INDICE

1.	INFORMACIÓN BÁSICA	1
1.1	Propuesto por:	1
1.2	Tema aprobado:	1
1.3	Facultad:	1
1.4	Carrera:	1
1.5	Director de la propuesta tecnológica:	1
1.6	Equipo de trabajo	1
1.6.1	Asesor Técnico del proyecto tecnológico	1
1.7	Lugar de ejecución:	1
1.8	Tiempo de duración de la propuesta:	1
1.9	Fecha de entrega:	2
1.10	Líneas y sublíneas de investigación de la carrera:	2
1.10.1	Línea de investigación	2
1.10.2	Sub líneas de investigación de la Carrera:	2
1.11	Tipo de propuesta tecnológica:	2
2.	DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1	Título de la propuesta tecnológica	2
2.2	Tipo de alcance	2
2.2.1	Tipo del proyecto	2
2.2.2	Alcance	3
2.3	Área del conocimiento:	3
2.4	Sinopsis de la propuesta tecnológica	3
2.5	Objeto de estudio y campo de acción	4
2.5.1	Objeto de estudio	4
2.5.2	Campo de acción	4
2.6	Situación problémica y problema	4
2.6.1	Situación problémica	4
2.6.2	Problema	6



2.6.3 Matriz causa-efecto.....	6
2.7 Hipótesis	6
2.8 Objetivos.....	6
2.8.1 Objetivo general	6
2.8.2 Objetivos específicos.....	7
2.9 Descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	7
3. MARCO TEÓRICO	8
3.1 Antecedentes.....	8
3.2 Argumentación	9
3.3 La arcilla.....	9
3.3.1 Clasificación de la arcilla según su función	10
3.3.2 Tipos de arcilla	10
3.4 El molino	11
3.4.1 Molienda.....	12
3.4.2 Clasificación de los molinos.....	12
3.4.3 Clasificación de la molienda (Intermedia y fina)	13
4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO	17
4.1 Selección del molino para la trituración de arcilla	17
4.1.1 Características de los diferentes molinos intermedios.....	17
4.2 Declaración de Variables.....	19
4.2.1 Variable Independiente.....	19
4.2.2 Variable Dependiente	19
4.3 Operacionalización de las variables	19
4.4 Descripción de la máquina	20
4.5 Casa de la calidad	20
4.5.1 Voz del usuario.....	20
4.5.2 Voz del ingeniero.....	21
4.6 Definición y Diseño Conceptual.....	22



4.6.1 Clases de procesos de molienda	22
4.7 Diagrama funcional	22
4.7.1 Definición de módulos	23
4.8 Diseño del molino de martillos.....	24
4.8.1 Capacidad de la molienda.....	24
4.8.2 Diseño de los martillos para la trituración de fragmentos de arcilla	25
4.8.3 Falla por Cizalladura	32
4.8.4 Falla por tracción	34
4.8.5 Diseño del disco porta martillos	34
4.8.6 Diseño del separador de martillos	35
4.8.7 Diseño del árbol.....	35
4.8.8 Cálculo de la inercia del molino	36
4.8.9 Determinación de la potencia del motor.....	37
4.8.10 Selección de rodamientos	37
4.8.11 Número de bandas	38
4.8.12 Sistema de transmisión	38
4.8.13 Sistema eléctrico.....	39
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
5.1 Resultados de la casa de la calidad.....	40
5.2 Sistema de trituración	41
5.2.1 Capacidad de la molienda.....	41
5.2.2 Diseño de los martillos para la trituración de fragmentos de arcilla	42
5.2.3 Falla por tracción	45
5.2.4 Diseño del separador de martillos	46
5.2.5 Diseño del árbol.....	47
5.2.6 Diseño del eje secundario	47
5.2.7 Masa de todos los componentes interiores del martillo.....	47
5.2.8 Cálculo de la inercia del molino	49
5.2.9 Determinación de la potencia del motor.....	49
5.2.10 Selección de rodamientos	49
5.2.11 Número de bandas	51
5.2.12 Sistema de transmisión	52



5.2.13 Componentes extras.....	53
5.2.14 Paredes del molino	53
5.2.15 Sistema eléctrico.....	53
5.2.16 Experimentación.....	55
6. PRESUPUESTO.....	55
6.1 Costos directos.....	56
6.2 Costos indirectos	57
7. ANÁLISIS DE IMPACTOS	58
7.1 Impacto práctico	58
7.2 Impacto ambiental	58
7.3 Impacto social.....	58
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
8.1 Conclusiones.....	58
8.2 Recomendaciones	59
9. BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS	1



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Beneficiarios del proyecto.	4
Tabla 2.2. Problemática.	5
Tabla 2.3. Sistema de tareas por objetivos.	7
Tabla 4.1. Tamaños de molienda.	17
Tabla 4.2. Aplicación, Costo.	18
Tabla 4.3. Tipologías para la elección de un Molino.	18
Tabla 4.4. Operacionalización de variables.	19
Tabla 5.1. Resultados de la casa de la calidad.	40
Tabla 5.2. Masas de los componentes internos del molino de martillos.	48
Tabla 5.3. Masa total del molino de martillos y sus componentes.	48
Tabla 6.1. Costos de elementos del sistema mecánico.	56
Tabla 6.2. Costos de elementos del sistema eléctrico.	56
Tabla 6.3. Costos directos procesos de fabricación.	57
Tabla 6.4. Costos indirectos.	57
Tabla 6.5. Inversión Total.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 2.1. Procesos para la elaboración de artesanías.....	5
Fig 2.2. Matriz causa-efecto.	6
Fig 3.1. Arcilla de alfarero.....	10
Fig 3.2. Arcilla de ladrillos.	11
Fig 3.3. Arcilla de gres.	11
Fig 3.4. Molino de Piedra.	12
Fig 3.5. Molino de martillos.	13
Fig 3.6. Triturador de rodillos dentados.	14
Fig 3.7. Molino de Discos.	15
Fig 3.8. Molinos de bolas.	16
Fig 3.9. Molinos de barras.....	16
Fig 4.1. Estructura funcional nivel 0.	22
Fig 4.2. Estructura funcional nivel 1.	23
Fig 4.3. Estructura modular nivel 1.	23
Fig 4.4. Tolva de ingreso.	23
Fig 4.5. Elementos internos del molino de martillo.	24
Fig 4.6. Impacto fragmento de arcilla- martillo.....	25
Fig 4.7. Radio de giro del martillo.....	28
Fig 4.8. Esfuerzo de contacto carcasa-fragmento martillos-fragmento.....	29
Fig 4.9. Aplicación de la fuerza de corte.....	30
Fig 4.10. Centro de gravedad, fuerza de corte dimensión del martillo.....	30
Fig 4.11. Posición de los martillos en reposo.	32
Fig 4.12. Desgaste por cizalladura.....	33
Fig 4.13. Diseño de los martillos.....	34
Fig 5.1. Configuración disco.	46
Fig 5.2. Separadores entre martillos.	46
Fig 5.3. Partes internas del molino.	48
Fig 5.4. Fuerza ejercida en los rodamientos.	50
Fig 5.5. Dimensión del rodamiento en la chumacera.	51
Fig 5.6. Tabla factor de corrección.....	52
Fig 5.7. Estructura molino.	53
Fig 5.8. Diagrama de potencia.....	55



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TITULO: “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MOLINO PARA TRITURACIÓN DE ARCILLA, EN EL SECTOR LA VICTORIA (PUJILÍ)”

Autores:

Chancusi Vega Alex Santiago
Tapia Carrera Jorge David

RESUMEN

En el presente proyecto se plasma la investigación realizada sobre el diseño de un molino para la trituración de arcilla, la cual se la realiza de forma manual ocasionando desventajas en función del tiempo y esfuerzo físico, la implementación tiene por objetivo optimizar el tiempo en la preparación de la materia prima para la elaboración de artesanías en la Asociación de Artesanos del Sector la Victoria (Pujilí). La compilación de información concerniente a este proceso y simulaciones realizadas en el software SolidWorks permitió el desarrollo de los elementos mecánicos y fuerzas a las que se encuentran sometidos los elementos; mediante la utilización del molino de martillos el artesano logra realizar la molienda de manera instantánea y sencilla; el molino está conformado con un sistema eléctrico de 110V, un sistema de protección contra sobrecargas, sus respectivas salvaguardas. En la aplicación del método experimental se obtuvo como resultado la trituración de aproximadamente 500 kg/h de arcilla en bruto con 1730 rev/min utilizando un motor de 1,491 kW. Mediante la implementación del molino de martillos se reduce el sobre-esfuerzo que realizan los artesanos, al igual que el tiempo que empleaban para esta tarea.

Palabras clave: Artesanías, trituración, sobre-esfuerzo, salvaguarda.

Ms.C.

Albarracín Álvarez Mauro Darío

C.C.050311373-0



COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

FACULTY OF SCIENCES OF ENGINEERING AND APPLIED ELECTROMECHANICAL ENGINEERING CAREER

THEME: "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MILL FOR TRITURATION OF CLAY, IN THE SECTOR LA VICTORIA (PUJILÍ)"

Authors:

Chancusi Vega Alex Santiago
Tapia Carrera Jorge David

ABSTRACT

The present project allows us to translate the research into the design of a mill for the crushing of clay, which is done manually, causing disadvantages based on time and physical effort. The objective of the implementation is to optimize the time spent preparing the clay raw material for the elaboration of crafts in the Association of Artisans of the Sector la Victoria (Pujilí). The compilation of information concerning to this process and simulations carried out in the SolidWorks software allowed the development of the mechanical elements and forces to which the elements are subjected; By using the hammer mill the craftsman achieves the grinding instantaneously and easily; the mill is formed with a supply system of 110V, a system with overload protection, their respective safeguards. In the application of the experimental method, the crushing of approximately 500kg/h of raw clay with 1730 rev/min using a 1,491 kW engine. By implementing the hammer mill over-exertion made by artisans it is reduced, as well as the time they used for this task.

Keywords: Crafts, crushing, over-effort, safeguard.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro 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 Egresados de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, Alumnos: Chancasi Vega Alex Santiago y Tapia Carrera Jorge David , cuyo título versa "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MOLINO PARA TRITURACIÓN DE ARCILLA, EN EL SECTOR LA VICTORIA (PUJILÍ)", lo realizaron bajo mi supervisión y ejemplo con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, 22 de julio de 2019

Atentamente,

Lic. MSC. Vladimir Sandoval Vizcete
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502104219





1. INFORMACIÓN BÁSICA

1.1 Propuesto por:

Alex Santiago Chancusi vega

Jorge David Tapia carrera

1.2 Tema aprobado:

Diseño e implementación de un molino para trituración de arcilla, en el sector la Victoria (Pujilí).

1.3 Facultad:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

1.4 Carrera:

Ingeniería Electromecánica

1.5 Director de la propuesta tecnológica:

Ms.C. Mauro Darío Albarracín Álvarez

1.6 Equipo de trabajo

1.6.1 Asesor Técnico del proyecto tecnológico

Nombre: Ms.C. Mauro Darío Albarracín Álvarez

Correo electrónico: mauro.albarracin@utc.edu.ec

Cédula: 050215089-9

Celular: 0987294435

1.7 Lugar de ejecución:

Región Sierra, Provincia de Cotopaxi, Cantón Pujilí, Sector la Victoria

1.8 Tiempo de duración de la propuesta:

Un año



1.9 Fecha de entrega:

24 de Julio del 2019

1.10 Líneas y sublíneas de investigación de la carrera:

1.10.1 Línea de investigación

En relación con lo establecido por el departamento de investigación de la UTC

Línea 4.- Procesos industriales.

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.

1.10.2 Sub líneas de investigación de la Carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

El proyecto de investigación se acoge a las anteriores sublíneas de investigación, al encontrarse como directrices principales, relacionando la automatización industrial a través del conocimiento de las áreas de los sistemas mecatrónicos, electromecánicos y electrónicos.

1.11 Tipo de propuesta tecnológica:

Se procura la innovación de tratamientos manuales a mecánicos en el tratamiento del material en bruto (fragmento de arcilla) para convertirse en polvo de arcilla, en el sector La Victoria.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 Título de la propuesta tecnológica

Diseño e implementación de un molino para la trituration de arcilla, en el sector La Victoria (Pujilí).

2.2 Tipo de alcance

En este numeral del proyecto tecnológico se detalla el tipo de proyecto y el alcance del mismo.

2.2.1 Tipo del proyecto

El presente proyecto tecnológico se elaboró como un diseño completo de un molino de martillos para la molienda de arcilla, la cual es materia prima en la industria artesanal del sector la Victoria (Pujilí).

2.2.2 Alcance

- Se estudió y seleccionó la mejor alternativa que satisfaga los objetivos planteados.
- Se diseñó, seleccionó los diferentes elementos mecánicos y se determinó las condiciones de trabajo a las cuales está sometida la máquina.
- Se diseñó los planos estructurales y de ensamble.
- Se determinó los costos de la propuesta tecnológica.

2.3 Área del conocimiento:

Nivel 6 – Segundo ciclo de la educación terciaria.

(Conduce a una calificación de investigación avanzada)

- 5 Ingeniería, industria y construcción
 - 52 Ingeniería y profesiones afines: Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, ingeniería energética y química, mantenimiento de vehículos, topografía.
 - 54 Industria y producción: Alimentación y bebidas, textiles, confección, calzado, cuero, materiales (madera, papel, plástico, vidrio, etc.), minería e industrias extractivas.

2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica

El presente proyecto se enfocó en el diseño e implementación de un molino de martillos para arcilla, por medio de investigación bibliográfica, con aportes de campo, para los señores artesanos de la Asociación de productores artesanales de la Victoria a los cuales se pretendió ayudar en forma apropiada, enfocándonos en el proceso de molienda la cual se la realizaba utilizando técnicas manuales, esta labor abarca mayor tiempo y esfuerzos físicos hacia el artesano. Dicho molino está constituido por una tolva de alimentación por el cual ingresa el material, el tambor donde se encuentran localizados los elementos de percusión constituidos por martillos los cuales pulverizan el material distribuidos en ejes situados en dos discos rotativos, un sistema de transmisión de potencia la cual se encarga de proporcionar la energía mecánica necesaria para el correcto funcionamiento de la máquina, la rejilla de retención

estática que permite el paso del material con dimensión apropiada, un sistema de control que permite la manipulación de la máquina y el sistema de soporte de los elementos.

Los beneficiarios directos son la asociación de artesanos del sector la Victoria y los Tesistas, los beneficiarios indirectos son los consumidores del producto finalizado “artesanías” al igual que la clientela del sector. La Tabla 2.1 muestra los beneficiarios del proyecto tecnológico.

Tabla 2.1. Beneficiarios del proyecto.

Directos	Asociación de artesanos Tesistas
Indirectos	Consumidores finales

Fuente: Autores.

2.5 Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1 Objeto de estudio

Molino de arcilla para la producción artesanal de la asociación de artesanos del sector la Victoria Cantón Pujilí.

2.5.2 Campo de acción

Diseño y construcción de un Molino de arcilla, eliminando el proceso manual y elevando la eficiencia, tomando en cuenta la reducción de la masa de arcilla.

2.6 Situación problémica y problema

2.6.1 Situación problémica

La mayor parte de las personas en la Asociación de Productores y Artesanos de la Victoria, Cantón Pujilí, realizan el proceso de molienda de forma manual ocasionando desventajas en función del tiempo y el esfuerzo físico de las personas.

La causa del porque la asociación tomó la molienda manual como su directriz radica en su tradición la cual es heredada por sus familiares y el factor económico.



Fig 2.1. Procesos para la elaboración de artesanías.

Fuente: Autores.

El objetivo 5 del Plan de Desarrollo Nacional del Ecuador habla de “Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria”.

Por lo cual la propuesta tecnológica busco la innovación de procesos impulsando la elaboración de artesanías en el sector, para lo cual se implementó un sistema de molienda de arcilla, eliminando así los problemas antes mencionados. La Tabla 2.2 muestra un reflejo detallado de la problemática.

Tabla 2.2. Problemática.

Situación actual	La molienda actual en la asociación de artesanos se la realiza de una manera manual.
Identificación del problema	La asociación de artesanos realiza labores de molienda manual la cual conlleva esfuerzos físicos en función del tiempo.
Situación futura deseada	Con el proyecto planteado se optimizo el tiempo en la preparación de la materia prima y evito el sobre-esfuerzo que realizan las personas de la asociación.
Propuesta de solución	Implementar un molino para la molienda de arcilla, en el sector La Victoria (Pujilí) para la elaboración de artesanías.

Fuente: Autores.

2.6.2 Problema

La falta de máquinas para la realización de labores de molienda, la cual conlleva esfuerzos físicos en función del tiempo para la preparación de la materia prima.

2.6.3 Matriz causa-efecto

La presente matriz empleo las causas reales y potenciales del problema, para así comprender de una manera más adecuada la problemática encontrada, a visualizar las razones, motivos o factores principales y secundarios, identificar posibles soluciones, tomar decisiones y organizar actividades que logren solucionar el problema como fin principal.

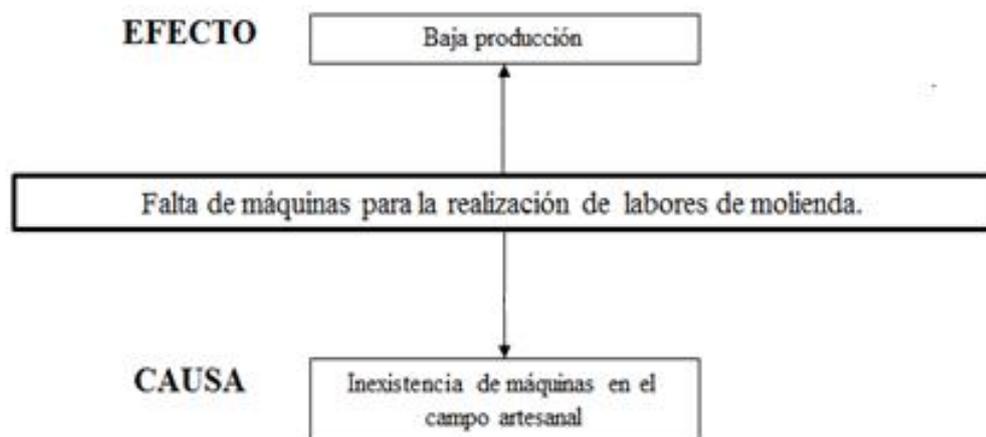


Fig 2.2. Matriz causa-efecto.

Fuente: Autores.

2.7 Hipótesis

Con la implementación del molino de martillos para la trituración de arcilla en la asociación de artesanos del sector la Victoria se reducirá el tiempo en la preparación de la materia prima.

2.8 Objetivos

2.8.1 Objetivo general

Implementar un molino de martillos para la trituración de arcilla, en el sector la Victoria del Cantón Pujilí de la Provincia de Cotopaxi.

2.8.2 Objetivos específicos

- Determinar las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de molinos, para su selección.
- Diseñar los elementos y sistemas que conforman el molino.
- Construcción del molino de martillos.
- Generar pruebas de campo.

2.9 Descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Es importante realizar la descripción del desarrollo de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos para orientar el proceso de cumplimiento del proyecto, cada actividad a realizar cumple un papel importante en la consecución de la propuesta tecnológica.

En la tabla 2.3 se muestra el sistema de tareas por objetivos.

Tabla 2.3. Sistema de tareas por objetivos.

OBJETIVO	TAREA POR OBJETIVO	RESULTADOS	MÉTODO DE MEDICIÓN
<p>OBJETIVO N.º 1</p> <p>Determinar las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de molinos, para su selección.</p>	<p>Estudio de los diferentes tipos de molinos existentes en la producción artesanal.</p> <p>Selección del molino que cumpla los requerimientos del artesano.</p>	<p>Ventajas y desventajas de los diferentes molinos.</p> <p>Molino de martillos.</p>	<p>Investigación bibliográfica.</p>
<p>OBJETIVO N.º 2</p> <p>Diseñar los elementos y sistemas que conforman el molino.</p>	<p>Cálculos para el dimensionamiento de materiales, elementos y sistemas.</p> <p>Selección de los materiales para el diseño estructural según sus propiedades.</p> <p>Simulaciones de los elementos mediante el software SolidWorks.</p>	<p>Capacidades y propiedades de los elementos y sistemas que conforman el molino de martillos.</p> <p>Planos estructurales.</p>	<p>Cálculos.</p> <p>Planos.</p>

Tabla 2.3. Continuación Sistema de tareas por objetivos.

OBJETIVO	TAREA POR OBJETIVO	RESULTADOS	MÉTODO DE MEDICIÓN
OBJETIVO N.º 3 Construcción del molino de martillos.	Adquisición de los elementos previamente seleccionados. Construcción del modelo estructural cumpliendo normas de seguridad.	Elementos seleccionados. Molino de martillos.	Experimental
OBJETIVO N.º 4 Generar pruebas de campo.	Implementación del molino en el sector de la producción artesanal. Toma de datos en base al producto final y funcionalidad del molino.	Calidad en el producto terminado en un determinado tiempo.	Investigación de campo. Mediciones.

Fuente: Autores.

3. MARCO TEÓRICO

Los siguientes numerales de la propuesta tecnológica detallan el argumento científico y técnico del desarrollo del molino para trituración de arcilla.

3.1 Antecedentes

La parroquia La Victoria del Cantón Pujilí es muy conocida en la Provincia de Cotopaxi por ser pionera en la elaboración de artesanías, principalmente de barro. Sus habitantes han optado por esta actividad ya que es tradición y su principal fuente de ingresos. Los procesos para la elaboración de artesanías siempre han sido en forma rústica reflejando desventajas al esfuerzo físico de las personas en función del tiempo. Los artesanos han buscado muchas formas de realizar la actividad para la molienda de arcilla, pero, estos procesos siempre han sido manuales como el introducir la arcilla en bruto en sacos de lona y golpearlos con un mazo de madera, así obteniendo lo que es el polvo de arcilla para sus artesanías.

Según la investigación realizada por [1] “En el país las investigaciones realizadas acerca de la construcción de máquinas están principalmente enfocadas a las grandes industrias por el tema de la industrialización de los procesos, de manera que al momento no hay documentación que tenga una información técnica científica acerca del proyecto de investigación...”, deduciendo

así que en la actualidad no se puede encontrar un documento que facilite la construcción de un molino de martillos para la molienda de arcilla ya que en cada localidad cambian los factores necesarios como la constitución de la arcilla o cantidad de polvo de arcilla a producir.

3.2 Argumentación

En la actualidad existen diferentes métodos para la molienda de arcilla según las necesidades de elaboración del producto y a los recursos económicos del artesano, en esta sección es importante conocer las propiedades de la arcilla que se utiliza, además los beneficios de la molienda mecanizada sobre la molienda manual, así realizando mediante estas propiedades una comparación entre los diferentes molinos tomando en cuenta sus ventajas y desventajas entre sí.

3.3 La arcilla

Según [2] “La arcilla es la materia prima base para la elaboración de artesanías, es una materia orgánica que proviene de la descomposición durante miles de años de rocas feldespáticas que son un grupo de minerales tecto y aluminosilicatos que corresponden en volumen a tanto como el 60 % de la corteza terrestre”.

Según la variación de las cantidades o ausencia del mineral hierro, puede ser de diferentes colores como: blanca, rojiza, gris, ocre y negra. Entre sus componentes están la alumina y el sílice, que al combinarse con el agua se hace plástica, característica que permite todo tipo de manipulación.

Según [3] “Se considera que la arcilla blanca tiene características excepcionales en cuanto a su plasticidad e impermeabilidad, pero, en general, no es una arcilla muy comercializada en los trabajos de los artesanos. La preferencia de los ceramistas se refleja en el uso de la arcilla grisácea o barro de olla, o la que presenta tonalidades rojizas”.

El artesano opta por la compra de la arcilla en bruto a terceros, la extracción del material en estado bruto se lleva a cabo por medio de técnicas mineras con recipientes y palas mecánicas para extraer la cantidad necesaria, posteriormente es transportada en volquetas hasta sus talleres.

3.3.1 Clasificación de la arcilla según su función

La arcilla se puede clasificar de acuerdo con varios factores, dependiendo del proceso geológico que la originó y la ubicación del yacimiento en el que se encuentran, se pueden clasificar en:

- **Arcilla primaria:** Se denominan así cuando el yacimiento donde se encuentra es el mismo lugar en donde se originó. Son de color blanco o un poco grises, muy puras y un poco plásticas, por su estado primario no son útiles para trabajos de alfarería.
- **Arcillas secundarias:** Se denominan así cuando se han desplazado después de su formación, por fuerzas físicas o químicas. Estas presentan colores muy variados como es el gris, el rojo, el amarillo y el negro. Estas a diferencia de las primarias son muy plásticas y muy útiles para trabajos de alfarería.

3.3.2 Tipos de arcilla

3.3.2.1 Arcilla de alfarero

Llamada también barro rojo y utilizada en alfarería y para modelar. Cocida presentará un color claro, rojizo o marrón. Por la gran finura que se puede conseguir con un buen acabado, se utiliza sin esmaltar para decoración. También es ideal para el torno. Temperatura de cocción: 900-1.050°. Por encima de esos grados se deforma, Fig 3.1.



Fig 3.1. Arcilla de alfarero.

Fuente: [4].

3.3.2.2 Arcilla de ladrillo

Contiene muchas impurezas. Cocida presenta tonos amarillentos o rojizos, según la cantidad de óxido de hierro que intervenga en su composición. Se emplea en cerámica utilitaria (vasijas, botijos, etc.) Temperatura de cocción: 850-1.000°, Fig 3.2.



Fig 3.2. Arcilla de ladrillos.

Fuente: [4].

3.3.2.3 Arcilla de gres

Es una arcilla con gran contenido de feldespato. Cocida posee gran plasticidad y mínima absorción, presentando tonos claros, grises o crema. Se utiliza en el horno para esmaltes de alta temperatura. Temperatura de cocción: a más de 1.000°, Fig 3.3.



Fig 3.3. Arcilla de gres.

Fuente: [4].

3.4 Él molino

La palabra molino, proviene del latín “molinum” y es un instrumento cuyo fin es moler, especialmente fragmentos transformándolos en harina. Los primeros fueron de madera, luego de piedra y más tarde de ladrillos, para finalmente ser reemplazados por los de metal liviano [5], Fig 3.4.

Los métodos de reducción más empleados en las máquinas de molienda son compresión, impacto, frotamiento de cizalla y cortado.

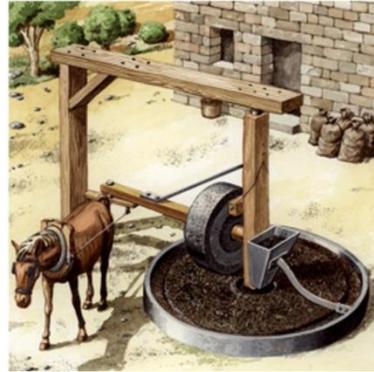


Fig 3.4. Molino de Piedra.

Fuente: [6].

3.4.1 Molienda

La molienda es también conocida como pulverización, se la utiliza para reducir un sólido a partículas pequeñas (polvo). La molienda se la puede realizar con materiales húmedos o secos, lo único que se diferencia es en la potencia y otros requerimientos de tratamiento [7].

3.4.2 Clasificación de los molinos

Las principales clases de máquinas para molienda son:

A. Molinos (Intermedios y Finos).

- a) Molino de Martillos.
- b) Molino de Rodillos de Compresión.
 - Molino de Tazón.
 - Molino de Rodillos.
- c) Molinos de Fricción.
- d) Molinos de Tambor.
 - Molinos de Barras.
 - Molinos de Bolas.
 - Molinos de Tubo.

B. Molinos Ultra finos.

- a) Molinos de Martillos con Clasificación Interna.
- b) Molinos de Flujo Energético.
- c) Molinos Agitadores.

3.4.3 Clasificación de la molienda (Intermedia y fina)

3.4.3.1 Molinos de martillo

Su funcionamiento inicia cuando el material ingresa por la tolva superior y cae directamente en la cabina donde se encuentran los elementos trituradores “martillos” los cuales golpean al material constantemente contra la cabina y hace que pase a través de la criba, finalmente el material sale por la tolva inferior, Fig 3.5.

Ventajas:

- Es uno de los más utilizados en el ámbito alimenticio y minero
- Las altas velocidades son más eficientes en la producción de la molienda fina, reduciendo el desgaste de la cabina
- Son económico a comparación de otros molinos
- Mantenimiento mínimo

Desventajas:

- Pueden generar calor y causar pérdidas de energía
- Son ruidosos
- Tiende a producir contaminación de polvo

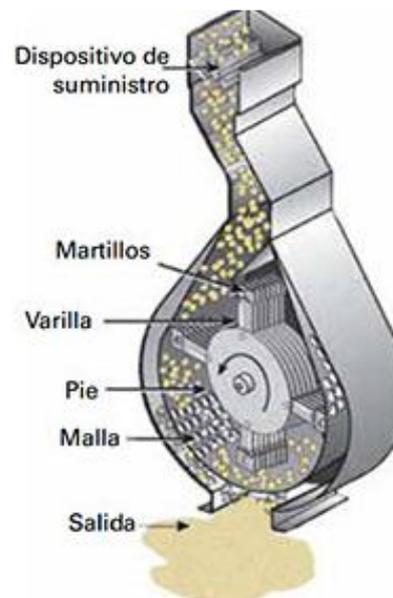


Fig 3.5. Molino de martillos.

Fuente: [5].

3.4.3.2 Molinos de rodillos de compresión

Estos molinos se los utiliza en una variedad de industrias, su estructura básica consisten en dos rodillos ya sean lisos, corrugados o en dientes para lograr una acción cortante que giran en la misma dirección a distinta velocidad.

Al girar el rodillo atrapa con sus picos la roca y la va desmenuzando obligándola a pasar por la separación entre rodillo y placa. Solo es apta para rocas muy friables y no muy duras o materiales blandos, Fig 3.6.

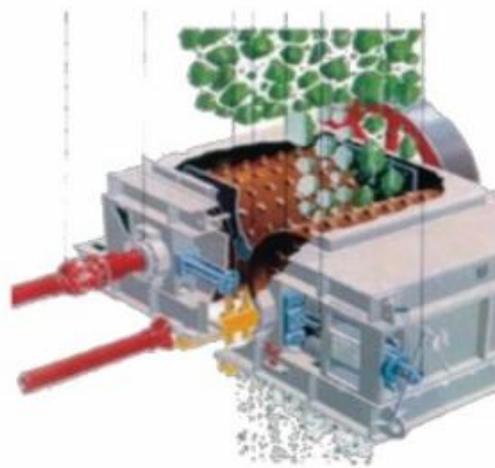


Fig 3.6. Tritrador de rodillos dentados.

Fuente: [8].

Ventajas:

- Permiten ajustar la distancia entre rodillos para controlar el tamaño de las partículas
- Constan de una superficie más grande para el molido
- La molienda se la realiza de una forma más rápida
- La producción de polvo es mínima

Desventajas:

- Necesitan de una gran instalación
- Tecnología en desuso
- Los sólidos muy duros no son recomendables tratar
- El mantenimiento es costoso

3.4.3.3 Molinos de fricción

Fueron los primeros molinos empleados como por ejemplo el molino de Piedra Fig 3.4, actualmente se puede tomar como referencia el molino de bolas ya que existe fricción entre el elemento triturador y el material. Un molino que también cumple con la fricción es el de discos, formado por dos discos estriados, como en el molino de piedra un disco esta fijo y el otro gira para pulverizar el material entre discos, Fig 3.7.



Fig 3.7. Molino de Discos.

Fuente: [9].

Ventajas:

- Distancia entre discos variable
- Requiere potencias bajas para su funcionamiento
- Bajo costo inicial
- El material de salida es uniforme

Desventajas:

- La vida útil de los discos es corta según su funcionamiento
- Se requiere potencias muy altas para lograr una molienda fina
- Si funciona en vacío los discos sufren daños irreparables
- Si existe ingresos de materiales extraños entre los discos se puede dañar el equipo

3.4.3.4 Molinos de Tambor

Esta clase de molinos constan de una carcasa cónica o cilíndrica que gira sobre un eje horizontal, esta carcasa se carga del material a ser molido y del medio de molienda que puede ser bolas de acero, porcelana o pedernal, o en varios casos también se lo puede cargar con varillas de acero

Estos molinos se clasifican en tres grupos que son:

- **El molino de bolas:** Su funcionamiento se lo realiza de forma horizontal. Contienen una cierta cantidad de bolas de un material muy duro, (normalmente cerámica o acero), que trituran el material al girar el cuerpo del molino, Fig 3.8.



Fig 3.8. Molinos de bolas.

Fuente: [10].

- **Molino de barras:** Son largos cilindros horizontales con rotación axial, que contienen barras de acero de longitud igual a la del molino. Dan una fracción de partículas finas muy baja, Fig 3.9.



Fig 3.9. Molinos de barras.

Fuente: [10].

Ventajas:

- Útil para productos oxidables o explosivos
- La molienda se la puede realizar en estado húmedo
- La operación puede ser en serie

Desventaja:

- Altos costos de construcción
- Tiempo muy largo del proceso de molienda
- El consumo energético es muy elevado
- Se necesita de limpieza o esterilización de la cámara cada vez que se utilice
- El material se contamina por los elementos trituradores

4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO

4.1 Selección del molino para la trituración de arcilla

Para una adecuada selección del molino triturador de arcilla se tomó en cuenta lo siguiente:

4.1.1 Características de los diferentes molinos intermedios

La molienda se clasifica tomando en cuenta las necesidades en molienda gruesa o molienda fina, la molienda gruesa también llamada trituración corresponde a la subdivisión del sólido hasta tamaños de escala relativamente gruesa, alrededor de malla 8 (2360 micras). La fina por el contrario se refiere a la subdivisión de los materiales en zonas de gran finura generalmente que pasen el 100% la malla.

En las siguientes Tabla 4.1, Tabla 4.2, se aprecian algunas características de los molinos de acuerdo al tamaño de elemento final y según su aplicación:

Tabla 4.1. Tamaños de molienda.

Tamaño de molienda	Molino de martillos	Molino de rodillos	Molino de fricción	Molinos de tambor
Gruesa		X		
Intermedia	X	X	X	X
Fina o ultra fina	X		X	X

Fuente: Autores.

Tabla 4.2. Aplicación, Costo.

	Molino de martillos	Molino de rodillos	Molino de fricción	Molinos de tambor
Costo	Bajo	Medio	Medio	Alto
Aplicación				
Agricultura	X	X		
Industria alimenticia	X	X	X	
Industria Constructora	X	X		X
Industria Farmacéutica	X			X
Industria Minera	X	X	X	X
Industria Petroquímica		X	X	
Industria del Reciclaje	X	X		

Fuente: Autores.

Tabla 4.3. Tipologías para la elección de un Molino.

Tipo de Molino	Características
Molino de Martillos	<ul style="list-style-type: none"> Las características del molino de martillos son las adecuadas para la molienda de arcilla, ya que es: De fácil manipulación y mantenimiento. Tienen una larga vida los elementos de trituración (martillos). Es de bajo costo de producción. El tiempo de producción es rápido. El tamaño del producto de salida es el requerido.
Molino de Rodillos	<ul style="list-style-type: none"> Conveniente para proceso de trituración y molienda, pero a la vez necesita de dos o más elementos para la molienda y sus rodillos tienen un costo muy elevado, al igual que su mantenimiento.
Molino de Discos	<ul style="list-style-type: none"> Vida útil de los discos de trituración muy corta. Volumen en kg/h limitada.
Molino de Bolas	<ul style="list-style-type: none"> Son demasiado grandes y de uso exclusivo para la minería, los tiempos de producción son muy largos.

Fuente: Autores.

En resumen los más utilizados son: el de martillos y el de rodillos, muy comunes en la industria cementera.

En la Tabla 4.3 se detallaron características permitiendo determinar que el molino de martillos es el más apropiado para el proceso de trituración de arcilla por sus ventajas, características y costo.

Según [11] “Una de las ventajas de estos molinos modernos, es que todo el sistema está cerrado y el polvo de la molienda (arcilla) no se pierde, como ocurría con una parte importante en los antiguos”.

4.2 Declaración de Variables

4.2.1 Variable Independiente

- Sistema de abastecimiento.
- Mecanismo de molienda y criba.

4.2.2 Variable Dependiente

- Producción.

4.3 Operacionalización de las variables

La Operacionalización de las variables permitió evaluar el contenido del título u objetivo de la propuesta tecnológica de una manera más detallada en la cual se consideró indicadores, dimensiones, técnicas e instrumentos de cualificación y cuantificación de dichas variables específicas.

La Tabla 4.4 muestra la operacionalización de las variables tanto como independiente y dependiente.

Tabla 4.4. Operacionalización de variables.

Variable Dependiente	Definición conceptual	Dimensiones	Unidad de medida
Producción	Es la cantidad obtenida en función del tiempo.	• $\text{Peso}; \frac{m}{t}$	• kg/h

Tabla 4.4. Continuación Operacionalización de variables.

Variable Independiente	Definición conceptual	Dimensiones	Unidad de medida
Sistema de abastecimiento	Conjunto de elementos que permite abastecer de materia prima constantemente a la máquina.	• Peso	• kg/h • rev/min
Mecanismo de molienda	Conjunto de elementos que nos permite la pulverización del material.	• Peso	• kg • mm

Fuente: Autores.

4.4 Descripción de la máquina

El molino de martillos, es una máquina utilizada principalmente para la molienda de arcilla en la asociación de artesanos del sector la Victoria, obteniendo así el polvo de arcilla.

El principio de funcionamiento de la maquina inicia con el ingreso de arcilla en bruto en la tolva de alimentación, mediante la gravedad la arcilla ingresa al sistema de molienda constituido por un árbol, ejes, discos y martillos, los cuales se encargan de la trituración; posteriormente la arcilla triturada atraviesa la criba hacia la tolva de salida.

4.5 Casa de la calidad

La casa de la calidad es una metodología que traduce la Voz del Cliente en parámetros de diseño para que estos puedan desplegarse, de forma horizontal, dentro de los departamentos de planeación, ingeniería, ensamblaje y servicio [12].

4.5.1 Voz del usuario

De acuerdo al artesano del sector la Victoria, el molino debe constar con las siguientes características:

- Eficiente.
- Costo accesible.
- Compacto y de fácil movilidad.
- La máquina no debe generar cualquier tipo de riesgo a momento de su utilización en el proceso de molienda.

- Funcionamiento eléctrico; 110V
- Producto final sin partículas extrañas.
- Fácil mantenimiento.
- Debe ser de fácil manipulación (No muy alto).

4.5.2 Voz del ingeniero

La voz del ingeniero se la interpreta de tal forma que sea clara y de fácil comprensión para los futuros usuarios, tomando la voz del usuario como:

- **Consistencia total:** Este es uno de los elementos más importantes en el ámbito de construcción ya que depende en su totalidad de los materiales utilizados para la construcción, está debe se los más sólida posible para evitar pérdidas y vibraciones a momento de la molienda.
- **Materiales de construcción:** Los materiales deben tener un alto nivel de resistencia ya que están sometidos a diferentes fuerzas y esfuerzos.
- **Métodos de fabricación:** Es el conjunto de métodos unitarios necesarios para transformar las características de la materia prima.
- **Caracterización del material:** Son las características técnicas de un material determinado como propiedades físicas, químicas, etc.
- **Factor de seguridad:** De acuerdo al tema de seguridad debemos tomar en cuenta los posibles riesgos de mutilación y atrapamiento, por lo cual los elementos de la maquina como bandas poleas deben ir protegidos.
- **Mantenibilidad:** Para obtener una mayor vida útil en la maquina está debe ser de fácil manipulación al momento de realizar el mantenimiento, con elementos de fácil acceso y de bajo costo.
- **Acabado Superficial:** Es un proceso el cuál se podría realizar para corregir los errores de forma y curvaturas que pudiesen presentar las distintas superficies durante el proceso de fabricación.
- **Sistema de funcionamiento:** Este factor es muy tomado en cuenta ya que depende de la cantidad y calidad de arcilla que debe triturar, tomando en cuenta la necesidad del artesano.

En el **ANEXO XIII** se muestra desarrolla la matriz de la casa de la calidad.

4.6 Definición y Diseño Conceptual

4.6.1 Clases de procesos de molienda

Los Procesos de molienda fina al igual que la gruesa se clasifican como:

- **Molienda en circuito abierto:** El material de molienda pasa solo una vez.
- **Molienda en circuito cerrado:** El material pasado por el molino que no cumpla con las especificaciones de una criba y retorna al molino hasta alcanzar el tamaño requerido [13].

4.7 Diagrama funcional

En este esquema se presenta la función primaria en la molienda de arcilla.

Nivel 0 se lo define como la molienda manual en la cual no interfiere ningún mecanismo o máquina para su operación. El costo es mínimo pero existen desventajas en función del tiempo y el esfuerzo físico de las personas, Fig 4.1.

- Nivel 0 - Molienda Manual

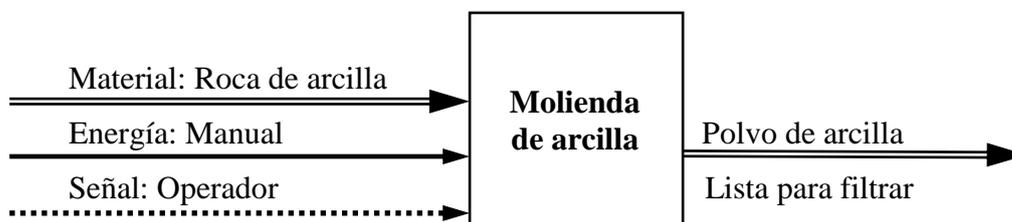


Fig 4.1. Estructura funcional nivel 0.

Fuente: Autores.

Nivel 1 se lo define como la molienda mecánica por medio del molino de martillos, el proceso se lo realiza con un circuito abierto, el cual nos permite obtener el producto deseado. El costo es medio acorde a la construcción del molino de martillos pero existe un aumento de producción de materia prima en función del tiempo, al igual que la reducción del esfuerzo físico de las personas, Fig 4.2.

- Nivel 1 - Molienda mecánica

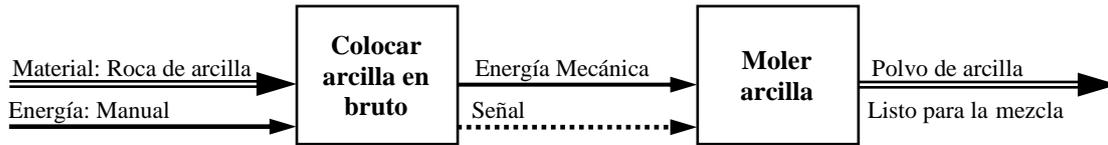


Fig 4.2. Estructura funcional nivel 1.

Fuente: Autores.

4.7.1 Definición de módulos

El Nivel 1 está constituido como un circuito abierto; el ingreso del material es en forma manual, la molienda es mecánica y a la salida encontramos el producto deseado, este recorrido es realizado una sola vez, Fig 4.3.

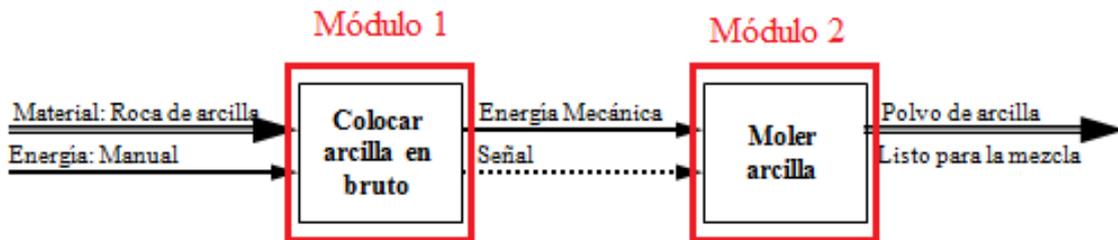


Fig 4.3. Estructura modular nivel 1.

Fuente: Autores.

4.7.1.1 Módulo 1

Esté módulo consta de la siguiente función:

- Colocar la arcilla

Está función se la realiza manualmente por el artesano, con el propósito de abaratar costos.

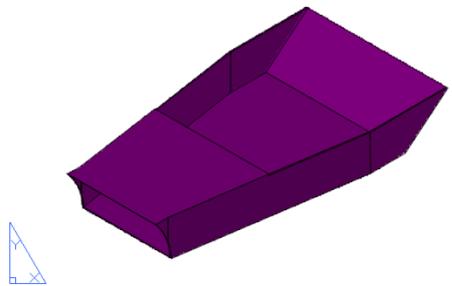


Fig 4.4. Tolva de ingreso.

Fuente: Autores.

4.7.1.2 Módulo 2

Este módulo consta de las siguientes funciones:

- Moler el fragmento de arcilla
- Cernir el material

Consta de un conjunto de elementos para la trituración, constituidos por el árbol, eje secundario, discos, separadores y elementos de percusión para moler el fragmento de arcilla, golpeando el material por medio de martillos contra la carcasa. La parte inferior de la carcasa consta de múltiples perforaciones encargadas de filtrar el polvo de arcilla.

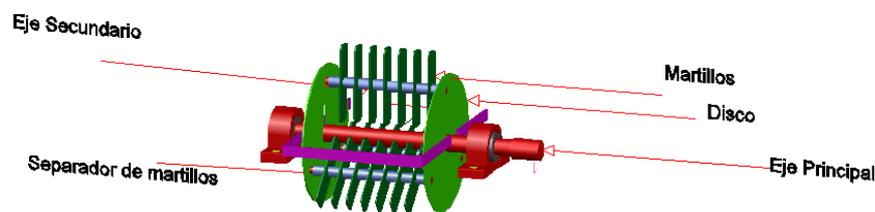


Fig 4.5. Elementos internos del molino de martillo.

Fuente: Autores.

4.8 Diseño del molino de martillos

De acuerdo a las características de los diferentes molinos el molino seleccionado fue el molino de martillos, el mismo que realiza el proceso de molienda de fragmentos de arcilla para la generación de polvo de arcilla.

4.8.1 Capacidad de la molienda

Según [14] menciona, “En una empresa la demanda necesaria se la puede calcular por medio de la capacidad en qq/h...” estos datos por ejemplo siempre cambian de acuerdo a la procedencia de la arcilla. Partiendo de la siguiente conversión de unidades podemos calcular de cuantos fragmentos en bruto se debe moler por minuto para efectuar el trabajo.

$$Cm = \frac{qq}{h} \cdot \frac{100 lb}{1 qq} \cdot \frac{fragmentos}{1 lb} \cdot \frac{1 h}{60 min} = \frac{fragmentos}{min} \quad (4.1)$$

Dónde:

Fragmento: Una unidad de material en bruto; (kg).

Cm: Capacidad de molienda; (kg/h).

4.8.2 Diseño de los martillos para la trituración de fragmentos de arcilla

En el diseño del molino se debe tomar muy en cuenta el diseño de los martillos ya que de ellos depende la trituración de la arcilla.



Fig 4.6. Impacto fragmento de arcilla- martillo.

Fuente: Autores.

El encuentro de los fragmento de arcilla con los martillos en movimiento en su gran mayoría es de forma frontal. De acuerdo a esto se puede suponer la forma de diseño, el grosor de los martillos debe ser mayor al espesor del fragmento de arcilla.

Según [15] "... se determina la energía que se necesita para romper un fragmento de arcilla mediante la siguiente prueba: se dejar caer un cuerpo metálico de 120g a una altura de 50 cm sobre el fragmento para fracturarlo".

4.8.2.1 Energía potencial

La dureza de un fragmento de arcilla se puede calcular mediante la ecuación de la energía potencial.

$$E_{ruptura} = m_m \cdot g \cdot h \quad (4.2)$$

Dónde:

m_m : Masa del objeto metálico; (g).

g : gravedad; (9.81 m/s^2).

h : Altura; (cm).

4.8.2.2 Cálculo de las velocidades tangenciales del martillo

En la molienda cuando el fragmento de arcilla choca contra el martillo se produce una energía cinética (4.3).

4.8.2.3 Energía cinética

Es la energía del martillo al momento de chocar con el fragmento de arcilla [16].

$$E_c = \frac{1}{2} m_t \cdot v^2 \quad (4.3)$$

Dónde:

E_c : Energía del grano de arcilla; (J).

m_t : Masa del fragmento de arcilla; (g).

v : Velocidad del martillo; $\left(\frac{m}{s}\right)$.

4.8.2.4 Velocidad tangencial del martillo

Según [17] menciona, “La velocidad tangencial es igual a la velocidad al vacío o sin carga (v_v), cuando el molino entra en funcionamiento y el fragmento impacta el martillo se produce una disminución de la velocidad, a esta velocidad se le conoce como velocidad de carga”.

Según [18] “Las velocidades recomendadas para molinos de arcilla están entre 30m/s y 45 m/s Para el cálculo de la velocidad de carga se analiza el conjunto moedor como un volante y para analizar volantes se debe tener en cuenta el coeficiente de fluctuación”.

4.8.2.5 Velocidad sin carga

$$v_t = \sqrt{\frac{m_m \cdot g \cdot h}{m_t}} \quad (4.4)$$

Esta es la velocidad tangencial del martillo (v_v : Velocidad sin carga)

Al momento de la colisión, los martillos con los fragmentos de arcilla producen una reducción de velocidad, por lo que esta genera una velocidad menor a la velocidad sin carga. (v_c : Velocidad con carga).

4.8.2.6 Velocidad con carga

Para el cálculo v_c , se tomó en cuenta los martillos, ejes, discos y demás elementos, como un solo organismo que gira, a esto se lo denomina como volante. En proyectos en los cuales se utilizan volantes se considera un coeficiente de fluctuación.

4.8.2.7 Coeficiente de fluctuación [19]

$$C_s = \frac{v_v - v_c}{v} \quad (4.5)$$

Dónde:

v_v : Velocidad al vacío, sin carga; $\left(\frac{m}{s}\right)$.

v_c : Velocidad con carga; $\left(\frac{m}{s}\right)$.

v : Velocidad tangencial, tomada como la velocidad tangencial media; $\left(\frac{m}{s}\right)$.

4.8.2.8 Velocidad tangencial media [20]

$$v = \frac{v_v - v_c}{2} \quad (4.6)$$

4.8.2.9 Velocidad tangencial final

$$v_c = -v_v \cdot \frac{C_s - 2}{C_s + 2} \quad (4.7)$$

4.8.2.10 Velocidad angular final

Mediante esta ecuación podemos conocer el radio de giro, la cual nos sirve para conseguir la velocidad angular que tendrá el martillo [20].

$$\omega_c = \frac{v_c}{r_g} \quad (4.8)$$

Dónde:

r_g : Radio de giro del martillo; (m).

ω_c : Velocidad angular con carga; $\left(\frac{rad}{s}\right)$.

v_c : Velocidad con carga; $\left(\frac{m}{s}\right)$.

4.8.2.11 Radio de giro del martillo

Para la obtención del radio de giro (r_g), que se aprecia en la Fig 4.7, es necesario despejar de (4.9):

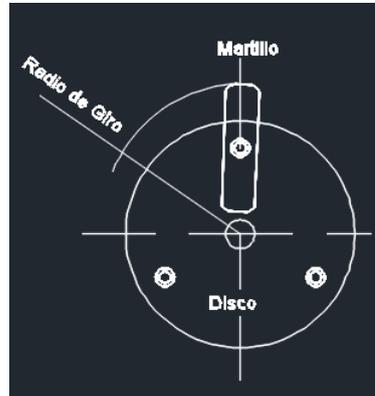


Fig 4.7. Radio de giro del martillo.

Fuente: Autores.

La velocidad angular se la debe tomar de (4.9).

4.8.2.12 Velocidad angular [20]

$$\omega = \frac{v \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot r_g} \quad (4.9)$$

De la cual al despejar el radio de giro se obtiene (4.10).

4.8.2.13 Radio de giro

El radio de giro es la distancia que tiene el brazo del martillo desde el centro de su eje hasta el martillo en sí.

$$r_g = \frac{v_c \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot \omega} \quad (4.10)$$

Dónde:

ω : Velocidad angular del motor; $\left(\frac{rad}{s}\right)$.

v_c : Velocidad con carga; $\left(\frac{m}{s}\right)$.

Esta velocidad con carga es la velocidad a la cual giran los martillos al momento de la trituración.

Mediante el dato obtenido del radio de giro, se puede tener una idea aproximada a la que se debe tomar en cuenta para la medida del martillo. De la misma manera se la puede tomar en cuenta para el cálculo del diámetro del disco, el eje para los martillos y las dimensiones que deberá tener la carcasa del molino.

En el diseño del molino de martillos lo más importante es la carcasa la cual debe encontrarse lo más cerca a los martillos ya que al momento del contacto de los fragmentos de arcilla con los martillos y la carcasa generan esfuerzos en sentido contrario al contacto.

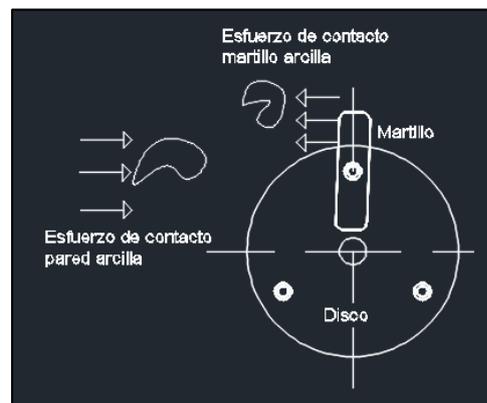


Fig 4.8. Esfuerzo de contacto carcasa-fragmento martillos-fragmento.

Fuente: Autores.

4.8.2.14 Movimiento angular desacelerado

Mediante las velocidades angulares ya obtenidas, se obtiene la aceleración angular del sistema (4.11) [20].

$$\omega_v^2 = \omega_c^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \theta \quad (4.11)$$

Dónde:

α : *aceleración angular*; $\left(\frac{rad}{s^2}\right)$.

θ : *Espacio recorrido por los martillos*; ($^{\circ}$).

4.8.2.15 Aceleración angular

Despejando (4.11) se obtiene (4.12).

$$\alpha = \frac{\omega_v^2 - \omega_c^2}{2 \cdot \theta} \quad (4.12)$$

Se toma el valor de la aceleración angular para realizar el cálculo de la fuerza que ejercen los martillos al momento de la trituración de los fragmentos de arcilla, (Fuerza De Corte (F_c)). Esta fuerza de corte es la fuerza que se aplica en la parte superior de los martillos donde ejerce contacto el fragmento de arcilla con el martillo.

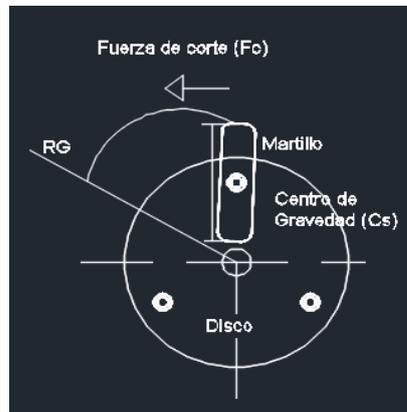


Fig 4.9. Aplicación de la fuerza de corte.

Fuente: Autores.

4.8.2.16 Momento de la fuerza de corte

La fuerza de corte produce un momento que se calcula mediante (4.13) [20].

$$M = Fc \cdot d \quad (4.13)$$

Dónde:

d : Largo del martillo; (m).

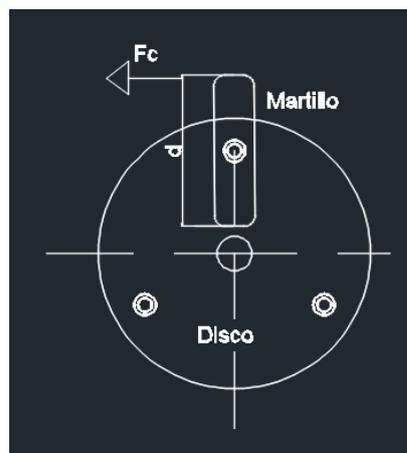


Fig 4.10. Centro de gravedad, fuerza de corte dimensión del martillo.

Fuente: Autores.

4.8.2.17 Momento de inercia del martillo

El momento de inercia se lo calcula por medio de (4.14).

$$I_o = \frac{1}{12} \cdot m_m \cdot d^2 \quad (4.14)$$

Dónde:

m: masa del martillo; (g).

4.8.2.18 Momento que produce la fuerza de corte

La fuerza de corte produce un momento con respecto a centro de rotación, se calcula con (4.15) [20].

$$M = I_o \cdot \alpha \quad (4.15)$$

4.8.2.19 Fuerza de corte

Para calcular la fuerza de corte se iguala (4.15) con (4.17) y se despeja la fuerza de corte.

$$F_c = \frac{I_o \cdot \alpha}{d} \quad (4.16)$$

4.8.2.20 Masa de los martillos

Para encontrar la masa de los martillos se despeja igualando (4.15) con (4.18).

$$m_m = \frac{F_c \cdot 12}{\alpha \cdot d} \quad (4.17)$$

En la (4.17) se encuentra la incógnita *d*, para este valor se toma en cuenta lo siguiente:

- La longitud del martillo (*L*), cumple un estricto régimen de diseño para su correcto funcionamiento, tomando en cuenta el disco y los ejes que lo soportan a su vez.
- La posición de los martillos cuando el molino se encuentre apagado (reposo) Fig 4.11.
- El diámetro de los martillos se encuentra diseñado de acuerdo al radio de giro de los martillos para evitar desgaste y rozamiento con la carcasa.

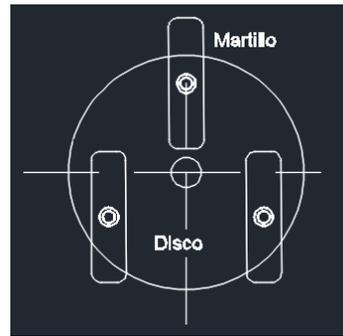


Fig 4.11. Posición de los martillos en reposo.

Fuente: Autores.

4.8.2.21 Peso del martillo [21]

$$P_m = V \cdot P_e \quad (4.18)$$

Dónde:

V : Volumen del martillo; (m^3).

P_e : peso específico del acero; $7.85 \frac{g}{cm^3} = (7850 \frac{kg}{m^3})$.

Se debe descomponer el volumen del martillo en (4.18) para obtener (4.19).

$$P_m = d \cdot a \cdot e \cdot P_e \quad (4.19)$$

Dónde:

d : largo del martillo; (m).

a : Ancho del martillo; (m).

e : espesor del martillo; (m).

4.8.3 Falla por Cizalladura

Mediante el desgaste que produce el perno en el área de la plancha del martillo, se genera un desgaste por cizalladura, razón por la cual se debe calcular un factor de seguridad Fig 4.12.

4.8.3.1 Área de desgaste

El área de desgaste se la calcula mediante (4.20) [21].

$$A_d = e \cdot d_1 \cdot 2 \quad (4.20)$$

Dónde:

d_1 : distancia del orificio al borde del martillo; (m).



Fig 4.12. Desgaste por cizalladura.

Fuente: Autores.

Por lo cual se muestra la ecuación para calcular el esfuerzo cortante

4.8.3.2 Esfuerzo cortante [21]

$$\tau = \frac{F_{cf}}{A_d} \quad (4.21)$$

Dónde:

F_{cf} : Fuerza centrífuga; (N).

4.8.3.3 Fuerza centrífuga

$$F_{cf} = \omega^2 \cdot m_m \cdot Rg \quad (4.22)$$

Dónde:

Rg : Radio de giro; (m).

m_m : Masa del martillo; (m^3).

F_{cf} : fuerza centrífuga; (N).

4.8.3.4 Factor de seguridad

El factor de seguridad es uno de los elementos más importantes en todo tipo de diseño y construcción ya que este avala que no se presentaran fallas por desgarramiento [19].

$$\eta = \frac{S_y}{2 \cdot \tau} \quad (4.23)$$

Dónde:

S_y : Fluencia del material; (MPa).

4.8.4 Falla por tracción

El esfuerzo normal por tracción, basado a la fuerza centrífuga se puede calcular mediante (4.24).

4.8.4.1 Esfuerzo normal [21]

$$\vartheta = \frac{F_{cf}}{A_{st}} \quad (4.24)$$

Dónde:

A_{st}: Area de la sección transversal del martillo; (m²).

4.8.4.2 Factor de seguridad para el esfuerzo normal [19]

$$\eta = \frac{S_y}{\vartheta} \quad (4.25)$$

De acuerdo a los cálculos previamente vistos se puede realizar el diseño final de los martillos.



Fig 4.13. Diseño de los martillos.

Fuente: Autores.

4.8.5 Diseño del disco porta martillos

Mediante el diseño de los martillos se da a conocer las dimensiones que se utilizarán en el disco, tomando en cuenta que el diseño del disco es circular.

Ventajas:

- Uno de las fuerzas que más intervienen en el sistema es la fuerza centrífuga la cual ubica a los martillos uno del otro, en la cual se produce un esfuerzo mucho más largo.
- Tomando en cuenta que el diseño del disco es circular mejora las condiciones para el balance dinámico.

Desventajas:

- A diferencia de otros diseños tales como los cuadrangulares y triangulares, son más pesados.
- A diferencia de los diseños triangulares que necesitan más martillos por cada eje la fuerza centrífuga evita la cavitación en la máquina.

Al tomar en cuenta (4.21) y (4.23), se tiene que:

$$\tau = \frac{2 F_{cf}}{A_d}$$

Dónde se descompone A_d :

$$\tau = \frac{2 F_{cf}}{e \cdot d_1 \cdot 2}$$

De esta ecuación se debe reemplazar en (4.21) y se obtiene (4.26).

4.8.5.1 Espesor del disco

$$e = \frac{F_{cf} \cdot \eta \cdot 2}{d_1 \cdot s_y} \quad (4.26)$$

4.8.6 Diseño del separador de martillos

Tomando en cuenta la energía centrífuga que se genera la separación de martillo a martillos es de gran importancia para evitar el rozamiento y el golpe entre martillos.

4.8.7 Diseño del árbol

Para el diseño del árbol, uno de los elementos que más fuerza ya sea de torsión o fricción tomando en cuenta el método Gerber:

$$A = \sqrt{4(Kf \cdot Ma)^2 + 3(Kfs \cdot Ta)^2} \quad (4.27)$$

$$B = \sqrt{4(Kf \cdot Mm + 3(Kfs \cdot Tm)^2)} \quad (4.28)$$

Dónde:

Kf : Factor del esfuerzo de la flexión

Ma : Momento flexionante alterante

Ma : Momento flexionante alterante

Mm : Momento flexionante medio

T_m : Par de torsión medio

T_a : Par de torsión alterante

$$d = \left(\left(\frac{8 \cdot n \cdot A}{\pi \cdot S_e} \cdot \left\{ 1 + \left[1 + \left(\frac{2 \cdot B \cdot S_e}{A \cdot S_{ut}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \right) \right) / 10 \quad (4.29)$$

Donde:

d : Diámetro

S_e : Límite de resistencia a la fatiga

n : Factor de seguridad

S_{ut} : Resistencia a la tensión

4.8.8 Cálculo de la inercia del molino

Mediante el cálculo de la inercia se puede saber si el motor elegido es el más adecuado, para conocer si tiene el torque adecuado para el mecanismo interno del molino de martillos.

Tomando (4.18) se puede obtener el volumen de los discos:

$$P_m = V \cdot P_e$$

Dónde:

V : Volumen del disco; (m^3).

P_e : Peso determinado del acero; ($7850 \frac{kg}{m^3}$).

Se descompone el volumen y se reemplaza en (4.18):

$$P_m = A \cdot e \cdot P_e \cdot n^2$$

Dónde:

A : Área del disco; (m^2).

e : Espesor del martillo; (m).

P_m : Masa de los componentes internos del molino; (kg).

Despejando el espesor se obtiene:

$$e = \frac{P_m}{P_e \cdot A \cdot n^2} \quad (4.30)$$

4.8.8.1 Inercia del disco

Mediante el cálculo de las dimensiones del disco, podemos obtener la inercia que tiene el disco, la cual es semejante a la inercia del molino [20].

$$I_d = \frac{1}{2} m \cdot r^2 \quad (4.31)$$

Dónde:

m : Masa del disco; (kg).

r ; Radio de giro; (m).

4.8.9 Determinación de la potencia del motor

Para el cálculo de la potencia requerida del molino, se lo realiza de la siguiente formula de Rittinger para molienda:

$$\frac{P}{C} = K_r \left(\frac{1}{D_2} - \frac{1}{D_1} \right) \quad (4.32)$$

Dónde:

K_r : Constante de Rittinger; $\left(\frac{HP \cdot h \cdot cm}{Ton} \cdot kg \right)$.

P : Potencia del motor; (HP).

C : Capacidad de molienda. $\left(\frac{Ton}{h} \right)$.

D_1 : Diámetro del fragmento antes de la molienda. (cm).

D_2 : Diámetro del fragmento después de la molienda. (cm).

4.8.10 Selección de rodamientos

Para la selección de rodamientos en los dos ejes se efectúa de la siguiente forma:

4.8.10.1 Clasificación de catálogo

$$C_{10} = F_d \left(\frac{L_d \cdot n_d \cdot 60}{L_R \cdot n_d \cdot 60} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (4.33)$$

Dónde:

F_d : Carga de diseño; (N).

$L_R \cdot n_d \cdot 60$: Parámetros de la compañía SKF; (10^6) [22].

4.8.11 Número de bandas

El número de bandas se la debe calcular basándose en la potencia de diseño, está potencia de diseño se puede calcular por medio de (4.34) [23].

$$P_d = P_m \cdot F_s \quad (4.34)$$

Dónde:

F_s : Factor de servicio; (adimensional).

P_m : Potencia del motor; (HP).

P_d : Potencia de diseño; (HP).

$$N^{\circ} \text{ de Bandas} = \frac{P_d}{\text{HP por Banda} \cdot f_c} \quad (4.35)$$

Dónde:

P_d : Potencia de diseño; (HP).

f_c : Factor por corrección de arco; (adimensional).

HP por Banda: HP que transmite cada banda

4.8.11.1 Longitud de la correa

Para conocer la longitud de la correa se tiene:

$$L_c = 2a + \frac{\pi}{2} (D + d) + \frac{(D-d)^2}{4a} \quad (4.36)$$

Dónde:

a : Distancia entre ejes; (m).

D : Diámetro en el eje mayor; (m).

d : Diámetro del eje menor; (m).

4.8.12 Sistema de transmisión

Para el sistema de transmisión se tiene:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{d_2 \text{ Polea pequeña}}{d_1 \text{ Polea grande}} \quad (4.37)$$

4.8.13 Sistema eléctrico

El sistema eléctrico está dirigido hacia el accionamiento manualmente del motor para iniciar el trabajo mediante un control ON – OFF.

4.8.13.1 Selección del fusible

Un fusible es el encargado de proteger al sistema de potencia, se tomó en cuenta la corriente nominal del motor para realizar el respectivo cálculo.

$$I_{Fusible} = 1,6 \cdot I_n \quad (4.38)$$

4.8.13.2 Selección del interruptor termomagnético

Sirven para proteger los circuitos contra las sobre-intensidades, es decir contra corrientes superiores a su valor asignado. Las sobre-intensidades pueden ser sobrecargas o cortocircuitos [24].

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

Dónde:

I_n : Corriente nominal; (A).

I_{T-M} : Corriente nominal del interruptor termomagnético; (A).

I_{max} : Máxima corriente admisible ; (A).

$$I_{max} = 1,5 \cdot I_n \quad (4.39)$$

4.8.13.3 Selección del contactor

La finalidad de un contactor es la de accionar cargas elevadas que pudieren producir algún efecto perjudicial en la salud del operador.

La automatización en el arranque y paro de motores son las ventajas que presenta el contactor al igual que la protección del receptor contra caídas de tensiones.

Su selección se la realiza por medio de tablas según las características de la instalación.

4.8.13.4 Selección del conductor

La correcta transmisión de energía depende de la selección del conductor y su calibre.

El calibre del conductor se selecciona en base a la corriente nominal además se toma en cuenta un porcentaje de corriente adicional por posibles presencias de corrientes armónicas.

$$I_{trabajo} = I_n + 30\% \cdot I_n \quad (4.40)$$

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Resultados de la casa de la calidad

La casa de la calidad permitió establecer las prioridades de acuerdo a las necesidades de los artesanos para el diseño del molino Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Resultados de la casa de la calidad.

Necesidades para el diseño	Importancia %
Métodos de fabricación	510,0
Materiales de construcción	310,0
Sistemas de funcionamiento	300,0
Mantenibilidad	170,0
Factor de seguridad	100,0
Consistencia total	90,0
Caracterización del material	60,0
Acabado superficial	20,0

Fuente: Autores.

Los parámetros para el diseño se analizaron bajo los siguientes parámetros:

- Los métodos de fabricación tuvieron la finalidad reducir los costos que conllevan el proceso de fabricación, al igual que en la obtención del molino para satisfacer las especificaciones propuestas.
- La arcilla es adquirida de las minas de la Parroquia El Tingo ubicada en el cantón Pujilí, la cual posee diferentes características (humedad, dureza) **ANEXO XVIII**; la cual se tomó en cuenta como materia prima para el proceso de manufactura y selección de materiales.
- Los materiales utilizados en la construcción del molino se caracterizan por sus propiedades las cuales aporta un fácil montaje y correcto funcionamiento.
- Tiene una conexión monofásica, ya que el lugar de implementación carece de una conexión trifásica.

- El mantenimiento de la maquina requiere su inspección periódicamente para asegurar el correcto funcionamiento y asegurar la vida útil de la misma.

5.2 Sistema de trituración

5.2.1 Capacidad de la molienda

El primer parámetro que se tomó en cuenta para el diseño del molino de martillos es la capacidad de molienda. Tomando en cuenta el valor de molienda de los artesanos del sector la Victoria el cual es de 500 kg/h. Partiendo de la siguiente conversión de unidades se puede calcular alrededor de cuantos fragmentos se trituran por minuto para efectuar la molienda requerida. **ANEXO XVIII.**

Mediante experimentación utilizando una balanza electrónica se concluyó que las características de un fragmento promedio de arcilla son:

D_1 : Diámetro del fragmento de arcilla antes de la molienda; (0,5cm).

D_2 : Diámetro del fragmento de arcilla despues de la molienda; (0,09cm).

m_f : Masa de un fragmento de arcilla; (0,0546g).

Según (4.1) el resultado de la capacidad de molienda es de:

$$C_m = 5 \frac{qq}{h} \cdot \frac{100 lb}{1 qq} \cdot \frac{8300 fragmentos}{1 lb} \cdot \frac{1 h}{60 min} = 69166,66 \frac{fragmentos}{min}$$

Según [25] “Las rpm necesarias para un molino de martillos pequeño seria de 2000RPM a 4000 RPM pero si aumentamos la capacidad, disminuyen las rpm en grandes molinos llegan a 1000RPM...”, quiere decir que se debe trabajar a límite de las revoluciones, tomando en cuenta que el trabajo del molino será constante, por lo cual se fijó un valor de 3600RPM.

Dividiendo el número de granos por minuto que se requiere triturar para las 3600RPM ya seleccionadas, se obtuvo el número de granos que se deben triturar por cada revolución del árbol.

$$\frac{69166,66 \frac{fragmentos}{min}}{3600RPM} = 19,21 \frac{fragmentos}{rev} \approx 20$$

Este valor se lo tomó en cuenta ya que aproximadamente es el número de granos que deben ser triturados por cada revolución.

Tomando en cuenta los 20 fragmentos que se trituran por revolución y la velocidad angular del motor es 3600RPM se pretende que cada martillo golpee 1 grano en cada revolución, se tiene que el molino tendrá 21 martillos divididos equitativamente se obtiene 3 ejes, es decir, que consta de 7 martillos en cada eje. Por lo tanto se consideró que cada eje está separado a 120°, entre cada martillo se tiene un separador, y dos discos laterales.

5.2.2 Diseño de los martillos para la trituración de fragmentos de arcilla

Mediante el cálculo con un durómetro se determinó que la dureza de una probeta de arcilla es de 23 HD (Dureza Shore) equivalente a 149 HB (dureza Brinell). **ANEXO II, ANEXO III.**

La dureza de un grano de arcilla se calculó mediante la ecuación de la energía potencial.

5.2.2.1 Energía potencial

Según (4.2), reemplazando valores se tiene:

$$E_{ruptura} = 0,20kg \cdot \frac{9,81m}{s^2} \cdot 0,5m \Rightarrow 0,98N \cdot m$$

Nota: El experimento se realizó para encontrar la energía que necesita un grano de arcilla para su trituración, ya que no se encontró el valor necesario para la trituración de un grano de arcilla.

5.2.2.2 Cálculo de las velocidades tangenciales del martillo

Mediante el experimento realizado se tomó en cuenta que la energía potencial es la energía que necesita el martillo a momento de girar para colisionar con el grano de arcilla.

5.2.2.3 Velocidad sin carga

Reemplazando valores en (4.4), se tiene:

$$V_t = \sqrt{\frac{200g \cdot 9,81 m/s^2 \cdot 0,5m}{0,054g}} \Rightarrow 134,78 \frac{m}{s}$$

5.2.2.4 Velocidad tangencial final

Según [19] “El valor de C_s , para molinos de arcilla se encuentra entre (0,015-0,025)”, substituyendo este valor en la fórmula (4.7) se tiene:

$$v_c = -134,78 \frac{m}{s} \cdot \frac{0,025 - 2}{0,025 + 2} \Rightarrow 131,45 \frac{m}{s}$$

De manera que v_c es menor que v_v , se tiene una transferencia de energía por parte del disco al grano de arcilla.

Nota: El sistema de giro del molino es desacelerado, lo que implica que el sistema cede energía.

De acuerdo a datos obtenidos se calcula la velocidad angular con carga.

5.2.2.5 Radio de giro

Al remplazar datos en la (4.10), se tiene:

$$r_g = \frac{131,45 \frac{m}{s} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 3600RPM} \Rightarrow 0,348m \approx 0,35m$$

Para la mejor manipulación del manejo se tomó un radio de giro de 0,35m, el cual es utilizado para calcular la velocidad angular con carga (ω_c).

Reemplazando valores en (4.8), se tiene:

$$\omega_c = \frac{131,45 \frac{m}{s}}{0,35 m} \Rightarrow 375,57 \frac{rad}{s}$$

Tomando en cuenta que es igual a la velocidad angular en vacío ω_v .

$$\omega_v = 3600RPM \Rightarrow 376,99 \frac{rad}{s}$$

5.2.2.6 Aceleración angular

El espacio que recorren los martillos es de 120° dando:

$$\theta = 120^\circ \Rightarrow 2,0944 rad$$

Al reemplazar valores en (4.12), se tiene:

$$\alpha = \frac{(376,99)^2 - (375,57)^2 \frac{\text{rad}^2}{\text{s}^2}}{2 \cdot 2,0944 \text{ rad}} \Rightarrow 2078,98 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

5.2.2.7 Masa de los martillos

De acuerdo a las distancias (d) la fuerza de corte experimental se tomó de (E.P.N) [20], reemplazo (4.17), ANEXO XIV.

Dónde:

$$F_c = 2,75 \text{ N}$$

$$m_m = \frac{2,75 \text{ N} \cdot 12}{2078,98 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \cdot 0,15 \text{ m}} \Rightarrow 0,105 \text{ kg}$$

5.2.2.8 Peso del martillo

Mediante el cálculo de la masa del martillo se obtiene el peso adecuado que debe tener el martillo, despejando al ancho de la (4.19) y reemplazando valores se tiene:

Este valor se toma en cuenta del espesor promedio del grano de arcilla entre (2mm y 30mm).

$$a = \frac{0,105 \text{ kg}}{7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,004 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ m}} \Rightarrow 0,022 \text{ m} \approx 22 \text{ mm}$$

5.2.2.9 Fuerza centrífuga

Al reemplazar valores en (4.22), se tiene:

$$F_{cf} = (376,99)^2 \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right) \cdot 0,105 \text{ kg} \cdot 0,35 \text{ m} \Rightarrow 5222,96 \text{ N}$$

Reemplazando valores en (4.21), se tiene:

$$\tau = \frac{5222,96 \text{ N}}{0,004 \cdot 0,010 \text{ m} \cdot 2} \Rightarrow 65,28 \text{ MPa}$$

5.2.2.10 Factor de seguridad

El valor de S_y para el acero ASTM A36 es (250 MPa), ANEXO VI.

Al reemplazar valores en (4.23) se tiene:

$$\eta = \frac{250MPa}{2 \cdot 65,28MPa} \Rightarrow 1,91$$

5.2.3 Falla por tracción

5.2.3.1 Esfuerzo normal

Reemplazando valores en (4.24), se tiene:

$$\vartheta = \frac{5222,96 N}{0,004m \cdot 0,015m} \Rightarrow 87,04MPa$$

5.2.3.2 Factor de seguridad para el esfuerzo normal

Reemplazando valores en la (4.25), se tiene:

$$\eta = \frac{250MPa}{87,04MPa} \Rightarrow 2,8$$

De acuerdo al factor de seguridad se observa que es elevado lo cual nos ratifica que no tendremos fallas por cizalladura o rasgadura.

5.2.3.3 Espesor del disco

Se ha tomado en cuenta un factor de seguridad de 1.5 por lo cual al reemplazar en (4.26) se tiene:

$$e = \frac{5222,96N \cdot 1,5 \cdot 2}{0,015m \cdot 250MPa \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}} \Rightarrow 4,17 \cdot 10^{-3}m \Rightarrow 4mm$$

Como se visualiza en el cálculo el espesor de la plancha es de 4,1mm Fig 5.1, para lo cual se usó una plancha de 4 mm de acero AISI 1035, **ANEXO IV**.

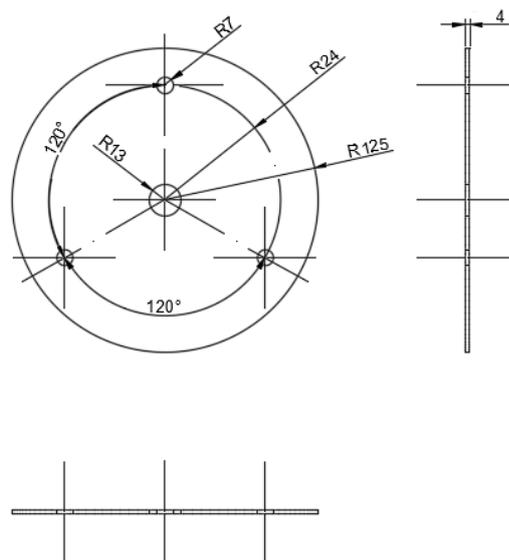


Fig 5.1. Configuración disco.

Fuente: Autores.

5.2.4 Diseño del separador de martillos

Tomando en cuenta la energía centrífuga generada la separación de martillo a martillos es de gran importancia para evitar el rozamiento y el golpe entre martillos. De acuerdo a las medidas asignadas el espesor de los separadores es de 24mm. De lo cual se tiene un espesor de 3 mm y un diámetro interior de 10mm, exterior 6,35mm.

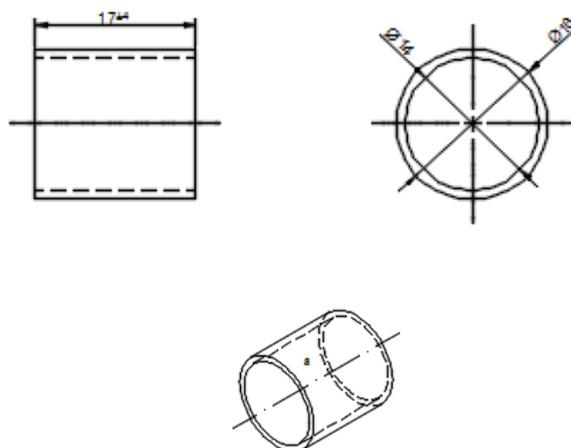


Fig 5.2. Separadores entre martillos.

Fuente: Autores.

5.2.5 Diseño del árbol

Reemplazando datos en (4.27), se tiene:

$$A = \sqrt{4(2,6 \cdot 900 \text{ lbf pulg})^2 + 3(2,8 \cdot 700 \text{ lbf pulg})^2} \Rightarrow 5781,62 \text{ lbf pulg}$$

Reemplazando datos en (4.28), se tiene:

$$B = \sqrt{4(2,6 \cdot 600 \text{ lbf pulg})^2 + 3(2,8 \cdot 400 \text{ lbf pulg})^2} \Rightarrow 3673,90 \text{ lb} \cdot \text{ pulg}$$

Reemplazando los valores encontrados en (4.29), se tiene:

$$d = \left(\left(\frac{8 \cdot 2,0 \cdot 5781,62 \text{ lbf pulg}}{\pi \cdot 50 \text{ Kpsi}} \cdot \left\{ 1 + \left[1 + \left(\frac{2 \cdot 3673,90 \text{ lbf pulg} \cdot 50 \text{ Kpsi}}{5781,62 \text{ lbf pulg} \cdot 110 \text{ Kpsi}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \right)^{\frac{1}{3}} \right) / 10$$

$$De = 1,082 \text{ pulg} \Rightarrow 27,48 \text{ mm}$$

De acuerdo a catálogos **ANEXO VII** se seleccionó un eje con un diámetro de 25mm.

5.2.6 Diseño del eje secundario

Para el diseño del eje secundario se tomó en cuenta, el espesor de los martillos, los separadores y la distancia entre discos ya que el eje secundario se encuentra estático pero está sometido a cargas axiales y se determina mediante esfuerzos en el software SolidWorks.

Determinando así un diámetro de 5/8 de pulg, 14mm acero AISI 1018 el cual tiene la capacidad necesaria para soportar las cargas que se ejercen en el eje. **ANEXO XVI**

5.2.7 Masa de todos los componentes interiores del martillo

De acuerdo a la selección establecida la masa de cada martillo es de 0,105kg mediante el diseño y cálculos se tiene 7 martillos en cada eje por ende 3 ejes, dando un total de 21 martillo, tomando en cuenta esto se tiene que:

$$m_t = 0,105 \text{ kg} \cdot 21 \text{ martillos} \Rightarrow 2,20 \text{ kg}$$

Mediante la utilización de una balanza electrónica se obtuvo el peso de los separadores que es de 0,020 kg, de acuerdo al número de ejes el total es de 24 arandelas por ende la masa de los separadores es de:

$$m_t = 0,020 \text{ kg} \cdot 24 \text{ separadores} \Rightarrow 0,48 \text{ kg}$$

De igual manera la masa de los discos se la obtuvo mediante la ayuda de una balanza electrónica, mediante el plano se determinaron 2 discos en la cámara de molienda, teniendo una masa total de:

$$m_t = 1,6 \text{ kg} \cdot 2 \text{ discos} \Rightarrow 3,2 \text{ kg}$$

Con la utilización de una balanza eléctrica se obtuvo la masa del árbol, dando 1,53kg y la masa de los ejes secundarios de 0,6 kg.

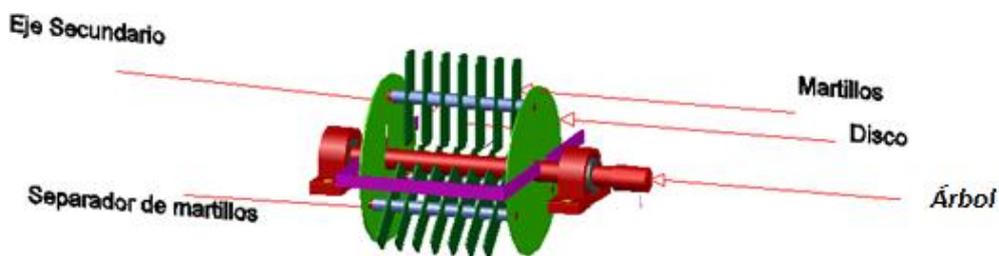


Fig 5.3. Partes internas del molino.

Fuente: Autores.

Tabla 5.2. Masas de los componentes internos del molino de martillos.

Elementos	Unidad	Masa unitario (kg)	Masa total (kg)
Martillos	21	0,105	2,20
Separadores Martillos	24	0,020	0,48
Discos	2	1,6	3,2
Árbol	1	1,53	1,53
Ejes Secundarios	3	0.6	1,8
Total			9,21

Fuente: Autores.

Tabla 5.3. Masa total del molino de martillos y sus componentes.

Elementos	Unidad	Masa unitario (kg)	Masa total (kg)
Motor	1	23	23
Chumacera	2	0,79	1,58
Base	1	15	15
Poleas	2	0,2	0,4
Elementos internos	1	9,21	9,21
Total			49,19

Fuente: Autores.

5.2.8 Cálculo de la inercia del molino

Reemplazando datos en (4.30), se tiene que **ANEXO PLANOS 001-7**:

$$e = \frac{9,21 \text{ kg}}{7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot (0,125\text{m})^2 \cdot (2)^2} \Rightarrow 0,0059\text{m} \approx 6\text{mm}$$

5.2.8.1 Inercia del disco

Reemplazando datos en (4.31), se tiene que:

$$I_d = \frac{1}{2} (3,2\text{kg}) \cdot (0,125)^2 \Rightarrow 0,025 \text{ kg}$$

5.2.9 Determinación de la potencia del motor

Reemplazando datos en (4.32), se tiene que:

$$\frac{P}{0,5 \frac{\text{Ton}}{\text{h}}} = 0,45 \frac{\text{Hp} \cdot \text{cm}}{\text{Ton} \cdot \text{h}} \left(\frac{1}{0,09\text{cm}} - \frac{1}{0,5\text{cm}} \right) \Rightarrow 2,05\text{HP} \therefore 2\text{HP}$$

Por la facilidad de adquisición se seleccionó un motor de 2HP con un giro de 1730 rpm, **ANEXO I**.

5.2.10 Selección de rodamientos

$$\text{Vida útil} = 240 \frac{\text{días}}{\text{Año por 5 años}} \quad (L_d = 9600 \text{ horas})$$

Reemplazando datos en (4.33), se tiene también que los 240 días es el tiempo de trabajo que será de 20 días al mes.

$\alpha = 3$ Para rodamientos de bolas **ANEXO X**.

$$C_{10} = 45,129 \text{ N} \left(\frac{9600 \text{ horas} \cdot 3600 \text{ rpm} \cdot 60}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \Rightarrow 0,57\text{kN}$$

Observación: El dato de 45,129 N es el valor que soporta cada rodamiento, lo cual se obtiene de los ejes que soporta el eje como se muestra en la Tabla 5.2.

La masa total de los ejes de acuerdo a sus elementos es de 9,21kg, el cual se lo multiplica por el coeficiente de gravedad de $9,8 \frac{m}{s^2}$, a este valor se divide entre 2 rodamientos que se tiene en el sistema.

Dónde:

$$9,21kg \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} = 90,25N$$

$$\frac{90,25 N}{2} = 45,129N$$

Tomando en cuenta los efectos dinámicos que encontramos en los catalogamos como despreciables, por tal razón que los elementos internos del molino están totalmente balanceados y alineados.

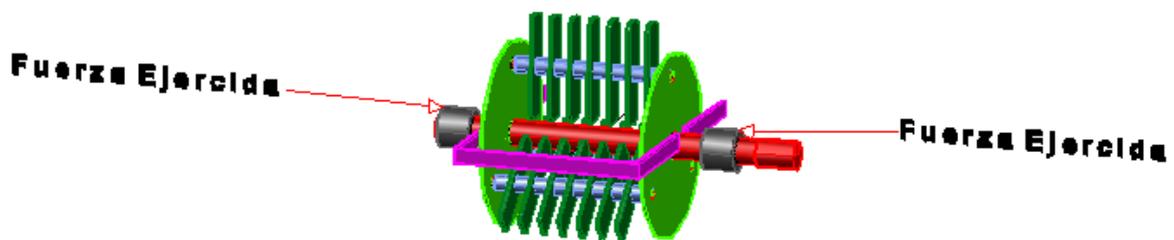


Fig 5.4. Fuerza ejercida en los rodamientos.

Fuente: Autores.

De acuerdo al valor obtenido en $C_{10} = 0,57 kN$, Tabla 11.2 de [19], se tomó un rodamiento serie 2 ANEXO X, ANEXO XI:

Dónde:

$$D_i = 25 mm$$

$$D_e = 52mm$$

$$Ancho = 15 mm$$

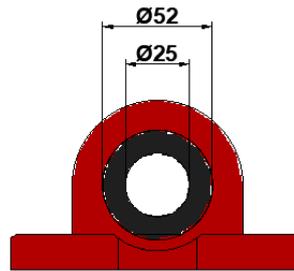


Fig 5.5. Dimensión del rodamiento en la chumacera.

Fuente: Autores.

5.2.11 Número de bandas

El número de bandas se calculó basándose en la potencia de diseño, reemplazando datos en (4.34), se tiene:

Mediante catálogo se determinó el factor de servicio, **ANEXO XII**.

$$F_s = 1.2 \text{ Trabajo normal}$$

Dónde:

$$P_d = 1,49kW \cdot 1,2 \Rightarrow 1,78kW$$

Mediante los cálculos obtenidos la banda escogida es: **ANEXO XII**.

- Es una de las bandas más comerciales (Tipo 3V)

Que cumple las características de:

- 3600 rpm
- 1,49kW
- Tipo A (Banda)

Ya obtenido el valor de la potencia de diseño se puede realizar el cálculo para el número de bandas, reemplazando datos en la (4.35), se tiene:

$$N^{\circ} \text{ de Bandas} = \frac{2HP}{5,42 \frac{HP}{Banda} \cdot 0,92} \Rightarrow 0,40 \approx 1 \text{ banda}$$

Se requiere una sola banda con las características anteriormente previstas.

Nota: El factor tiene la función de corregir errores como el de arco, de bandas y polea, para lo cual está determinado por la frecuencia, el valor, cargas picos, categoría del servicio y el número de horas que opera al año ya sea normal o continua. Estos valores son obtenidos de los fabricantes de acuerdo al trabajo a realizar.

$\frac{Dg-Dp}{C}$	Angulo de contacto	Factor de corrección	$\frac{Dg-Dp}{C}$	Angulo de contacto	Factor de corrección
0.00	180°	1.0	0.76	135°	0.87
0.09	175°	0.99	0.84	130°	0.86
0.17	170°	0.98	0.92	125°	0.84
0.26	165°	0.96	1.00	120°	0.82
0.35	160°	0.95	1.07	115°	0.8
0.43	155°	0.94	1.14	110°	0.78
0.52	150°	0.92	1.22	105°	0.76
0.6	145°	0.91	1.28	180°	0.74
0.68	140°	0.89			

Fig 5.6. Tabla factor de corrección.

Fuente: [27].

5.2.11.1 Longitud de la banda

Reemplazando valores en (4.35), se tiene:

$$L_c = 2(440) + \frac{\pi}{2}(80,2 + 41,15) + \frac{(80,2 - 41,15)^2}{4 \cdot 440} \Rightarrow 1080,1mm$$

“3V 425 (1080)” ANEXO XII

5.2.12 Sistema de transmisión

La selección del motor se realizó para 1730RPM ANEXO I, considerando un sistema de transmisión para lograr 3600RPM por lo cual, reemplazando datos en (4.37), se tiene:

$$N_2 = \frac{1730 \text{ rpm} \cdot 85mm}{41,15 \text{ mm}} \Rightarrow 3573, 551rpm$$

De acuerdo a las revoluciones por minuto que están especificados por el motor se generó una relación de transmisión entre los diámetros internos de ambas poleas y mediante los diferentes diámetros de polea se genera una elevada transformación de potencia en el molino.

5.2.13 Componentes extras.

5.2.13.1 Base del molino (Estructura)

La estructura del molino está creada con ángulo $1\frac{1}{2} * \frac{1}{4}$ ASTM A36 ANEXO V. La estructura se encuentra soldada con electrodo 7018, ANEXO VIII.

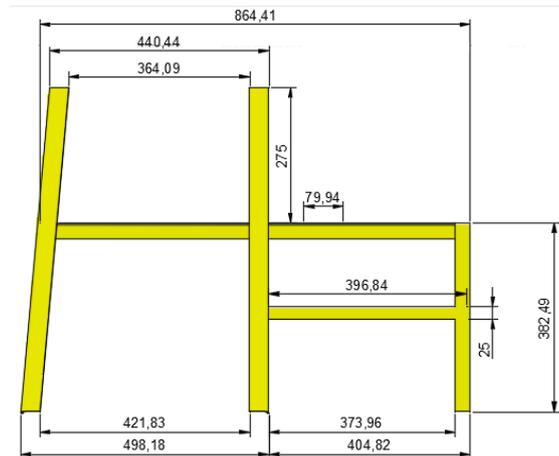


Fig 5.7. Estructura molino.

Fuente: Autores.

5.2.14 Paredes del molino

En la construcción de las paredes del molino están creadas con acero ASTM A-36, las características técnicas de este material se encuentran en el ANEXO VI.

En las dimensiones diámetro y ancho de la carcasa se tomó en cuenta el diseño del disco, ejes y martillos al momento de su ensamblaje, la cual se encuentra a una distancia mínima al momento en el que los martillos se encuentren en su posición de trabajo, ya que es necesario que se encuentren lo más cerca de la carcasa para obtener una mayor eficiencia en la molienda del fragmento de arcilla.

Para mayor visualización se encuentran los planos detallados de los diferentes elementos internos y externos en el ANEXO XXIII.

5.2.15 Sistema eléctrico

Tomando en cuenta ANEXO I:

- Tipo de corriente: Corriente alterna.

- Fases: Monofásico
- Frecuencia: 60 Hz
- Potencia de la carga: $2HP \Rightarrow 1491,4W$
- Voltaje de alimentación: 110 V
- Corriente nominal: 18 A

5.2.15.1 Selección del fusible

$$I_{Fusible} = 1,6 \cdot 18A \Rightarrow 28,8A$$

Para la protección del motor se tomó en cuenta un fusible de 32A, **ANEXO XXII**

5.2.15.2 Selección del interruptor termomagnético

Para proteger el sistema el interruptor termomagnético debe ser de una capacidad mayor a la Intensidad nominal y menor a la intensidad máxima, ya que así su funcionamiento sería el necesario.

Reemplazando valores en la (4.39), se tiene:

$$I_{max} = 1,5 \cdot 18 A \Rightarrow 27A$$

$$18A \leq I_{T-M} \leq 27A$$

Verificando en catálogos del mercado y condiciones preestablecidas, se seleccionó un interruptor termomagnético de 20A, **ANEXO XIX**.

5.2.15.3 Selección del contactor

Tomando en cuenta las características del motor y su sistema eléctrico **ANEXO I**, se determinó qué clase de contactor se requiere.

Según **ANEXO XX**, para un motor monofásico de 2HP a 110V es recomendable utilizar un contactor de 18A.

5.2.15.4 Selección del conductor

Reemplazando valores en (4.40), se tiene:

$$I_{trabajo} = 18A + 0,3 \cdot 18A \Rightarrow 23,4A$$

Tomando un parámetro promedio de 75°C como la temperatura de trabajo con una corriente de 23,4A se seleccionó el calibre del conductor en el **ANEXO XXI**, conductor de cobre AWG #10.

5.2.15.5 Diagrama de potencia

El diagrama de potencia muestra la conexión en el motor monofásico, Fig 5.8.

5.2.15.1 Diagrama unifilar

En el diagrama de mando se visualiza elementos como pulsadores, luces piloto, bobinas, etc. **ANEXO XXIII.**

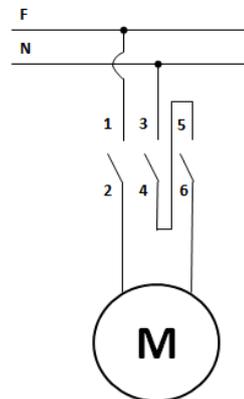


Fig 5.8. Diagrama de potencia.

Fuente: Autores.

5.2.16 Experimentación

Se realizó experimentalmente una comparación entre el producto final de la maquina pasando por medio de la zaranda manual, en la cual se visualizó que no existe desperdicio de material.

6. PRESUPUESTO

El análisis de costos en este caso está relacionado con el valor de la inversión de la máquina. Para éste análisis se consideró dos grupos costos clasificados como:

- Costos Directos
- Costos Indirectos

6.1 Costos directos

Los costos directos están relacionados con los materiales utilizados para la construcción del molino, así como:

- Costo de materiales
- Costos de procesos de fabricación

Tabla 6.1. Costos de elementos del sistema mecánico.

Cantidad	Elemento	Material	Costo p/u	Costo total
1	Plancha de acero (mm)	ASTM A-36	98	98
2	Ángulo estructural (in)	ASTM A-36	62	62
1	Lamina	AISI 304	17	17
60	Electrodos	7018-AR	0,30	10
1	Plancha	AISI-1035	60	60
2	Eje	Acero 705	22	44
2	Bandas de transmisión	-	4,5	9
2	Polea (in)	Aluminio	12	12
1	Motor	2HP/1730rpm	200	200
2	Chumaceras	Hierro fundido	16,5	33
TOTAL Σ				545

Fuente: Autores.

Tabla 6.2. Costos de elementos del sistema eléctrico.

Cantidad	Elemento	Costo p/u (USD)	Costo total (USD)
2	Fusible	0,50	1
2	Base fusible	2,17	4,34
1	Termo- magnético	10	10
2	Pulsador	2	4
1	Pulsador ON/OFF	2,52	2,52
2	Luz piloto	1,69	3,38
12	Conductor N° 14 (mts.)	1,028	12,30
6	Conductor N16 (mts.)	0,80	4,8
1	Caja de control	28	28
2	Contacto abierto	1,10	2,20
TOTAL Σ			72.54

Fuente: Autores.

Tabla 6.3. Costos directos procesos de fabricación.

N°	Máquina	Costo de Maquinado / h	Número de horas	Costo Total (USD)
1	Torno	30	2	60
2	Taladro pedestal	4	4	16
3	Corte por plasma	8	6	48
4	Dobladora de láminas	5	4	20
5	Cortadora	4	3	12
6	Suelda	8	10	80
TOTAL Σ				236

Fuente: Autores.

6.2 Costos indirectos

Los costos indirectos implican todos aquellos valores que no están relacionados directamente con la construcción de la máquina pero que si intervienen en el proceso, como:

- Costos de materiales
- Gastos imprevisto

Tabla 6.4. Costos indirectos.

N°	Elemento	C/U (USD)	Cantidad	Total (USD)
1	Pintura esmalte (litros)	4,50	2	9
2	Material bibliográfico	-	-	50
3	Riel	5	1	5
4	Transporte	-	-	98
TOTAL Σ				162

Fuente: Autores.

Tabla 6.5. Inversión Total.

Costos	Componente del Costo	Costo (USD)
DIRECTOS	Sistema mecánico	545
	Sistema eléctrico	72,54
	Procesos de fabricación	236
INDIRECTOS	Indirectos	162
TOTAL Σ		1015,54

Fuente: Autores.

7. ANÁLISIS DE IMPACTOS

7.1 Impacto práctico

El molino para arcilla entre su diseño y construcción está definido principalmente para el cumplimiento de las necesidades y requerimientos del artesano al momento de la molienda; cumple igualmente aspectos importantes como la seguridad y cómoda utilización para evitar posibles problemas ergonómicos, ya que sus dimensiones como altura de la tolva de ingreso satisface la fácil manipulación hacia la persona más pequeña de la Asociación.

7.2 Impacto ambiental

El molino de martillos se encuentra catalogado como maquinaria industrial, ya que al tener como elemento principal un motor eléctrico el cual genera contaminación acústica (nivel de ruido), la cual se encuentra en un rango de 77 a 82 decibeles aproximadamente, lo cual es aceptable en maquinaria de uso industrial, al no generar problemas al operario en el tiempo de operación del molino, el cual es de 8 horas continuas de trabajo al día.

7.3 Impacto social

La implementación del molino de arcilla genera un impacto social positivo hacia la asociación de artesanos de la Parroquia La Victoria y quienes estén vinculados a la misma, ya que tendrán libre acceso a la utilización de la máquina que realiza la trituración de la arcilla en bruto disminuyendo el tiempo que genera este proceso, este trabajo está pensado en el pequeño artesano cubriendo así las necesidades y los requerimientos previamente establecidos.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Se identificó los distintos tipos de molinos que existen actualmente en algunas industrias y se eligió el más idóneo, el mismo que se utilizó como guía en el diseño y construcción del molino, al cual se le modificó distintos elementos los cuales ayudaron a cumplir las necesidades y requerimientos emitidos por parte de los artesanos de la asociación para su implementación.

Se programó condiciones de diseño para el molino de arcilla partiendo de una capacidad máxima de 500kg/h, requiriendo una energía de 0,98 Nm para la ruptura del fragmento de arcilla de 30mm.

El molino de martillos con una capacidad de molienda de 500kg/h, tuvo una inversión total de \$1015,54, lo cual resulta un costo inferior a comparación de los que se encuentran en el mercado, oscilando entre los \$1300,00 a \$1800,00 en costos de adquisición.

El trabajo del artesano no es constante, ya que la utilización del molino será alrededor de 20 horas al mes, tomando en cuenta que el kW/h tiene un costo de \$0,08, por lo cual deberá pagar alrededor de \$ 2,38 en su planilla de consumo eléctrico, esto es un costo mínimo ya que el tiempo de molienda se reduce drásticamente y es más eficiente.

La implementación del molino hacia la Asociación cumplió satisfactoriamente con las expectativas y requerimientos de los artesanos, reduciendo el tiempo de molienda un 60% del tiempo que conllevaba realizarla manualmente.

8.2 Recomendaciones

Es necesario considerar la longitud de la tolva de ingreso para salvaguardar la seguridad física del operario al momento de ingresar el material.

Es necesario realizar un re-ajuste de los pernos antes y después de cada utilización del molino, ya que la vibración que causan los elementos de la máquina pueden provocar que las piezas roscadas se aflojen.

Evitar el contacto directo con los elementos móviles del molino que se encuentren operando durante el proceso de molienda.

Leer detenidamente el Manual de operación anexo.

Es necesario realizar un seguimiento hacia los proyectos que se han realizado en esta zona, ya que existen máquinas que no han cumplido con las necesidades de las personas, recomendando así la búsqueda de soluciones o solicitar la respectiva repotenciación de aquellas máquinas en la Asociación de Artesanos.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Toapanta Vargas Marco Rolando, "IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA AMASADORA DE ARCILLA PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES Y ARTESANOS LA VICTORIA DEL CANTÓN PUJILÍ," LATACUNGA - ECUADOR, 2018.
- [2] ASOCIACIÓN DE MINERALES INDUSTRIALES - NORTEAMÉRICA. (2011) www.ima-na.org. [Online].
https://web.archive.org/web/20080215184749/http://www.ima-na.org/about_industrial_minerals/feldspar.asp
- [3] Francisco Hernández, "Extracción y uso de la arcilla por alfareros tradicionales," *Herencia Vol. 28*, p. 97, 2015.
- [4] Matilde. (2014, Febrero) Matilde cerámicas artísticas. [Online].
<https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/>
- [5] 5m Publishing. (2014, Marzo) [elsitioavicola](http://www.elsitioavicola.com). [Online].
<http://www.elsitioavicola.com/articles/2967/granulometraa-importancia-del-tamaao-de-las-particulas-de-alimento-en-las-ponedoras-2/>
- [6] ARTE ALIMENTACION BAJO ARAGON. (2016, Enero) [sabor-artesano](http://sabor-artesano.com). [Online].
<https://sabor-artesano.com/content/84-molino-de-aceite-de-oliva-trapetum>
- [7] E. C. Blanc., Madrid: Colección Rocas y Minerales, 2013.
- [8] Juliette Arroyo R and María Alejandra Medina H, "MOLIENDA. Equipos, Característica y Operación,".
- [9] A. V Ortiz, "Diseño y simulación de una Máquina trituradora de plástico de 15 Kg/h para el laboratorio de conformado de la facultad de Ingeniería Mecánica," Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2013.
- [10] Alvaro Pizarro. (2009, Octubre) [IAAD_ITIQI_GRUPOB](http://iaaditiquigrupob.wordpress.com). [Online].
<https://iaaditiquigrupob.wordpress.com/2009/10/26/tipos-de-trituradoras-y-molinos/>
- [11] Wanganoff,. Madrid: Alssina, 2015, p. 26.
- [12] M. Gonzales, *QDF La Función Despliegue de la Calidad; una guía practica para escuchar la voz del cliente*. Mexico: McGraw-Hill, 2001.

- [13] MSc. Eder Flórez Solanoa, Ing. Nairo Cardona Duarte, and Ing. Carlos Clavijo Ovalle, "DISEÑO DE UN MOLINO DE MARTILLOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PEGAMENTO CERÁMICO," Colombia, 2014.
- [14] Jean Louis Salager, "Granulometría teoría," Merida Venezuela, 2007.
- [15] González Sánchez Hugo Alberto, "Desarrollo de un modelo para determinación de abrasividad de suelos con características vérticas," Colombia, 2014.
- [16] J. Keith Nisbett Richard G. Budynas, *Diseño en ingeniería en mecánica de Shigley.*: McGraw-Hill, 2012.
- [17] Eloy Robuste, "Técnica y Practica de la Industria Ladrillera," España, 2001.
- [18] Warren L. Mccabe, Julián C. Smith, and Peter Harriott, "Operaciones Unitarias En Ingeniería Química ," 2009.
- [19] Joseph E Shigley, *El diseño en ingeniería mecánica.* México: McGraw-Hill, 2005.
- [20] Russell C. Hibbeler, *Ingeniería Mecánica Dinámica.* México: PEARSON, 2010.
- [21] Gere James, *Mecánica de materiales.* México: Thomson, 2002.
- [22] Grupo SKF, "Rodamientos," *SKF, Duoflex, CARB, ICOS, INSOCOAT, KMT*, p. 1383, 2015.
- [23] Garzón Edwin. (2008, Dec.) Fundamentos de las operaciones con sólidos. [Online]. www.slbn.files.wordpress.com/2008/10/iii-unidad_opmec_problemas_leyes_rt.ppt.
- [24] Miguel Ángel Rodríguez Posueta, "Instalaciones Eléctricas en Edificios," Universidad de Cantabria, Cantabria, 2009.
- [25] Sebastián Jesús Carmona. (2011, Mar.) Engormix.com. [Online]. <https://www.engormix.com/balanceados/foros/molino-martillo-t11587/>
- [26] Publishing Company Mack,. Pennsylvania, 1985.
- [27] Felipe Díaz del Catillo Rodríguez, Tablas y graficas para diseño de eñementos de máquinas, 2007.
- [28] MATTEAZZI P. & MIANI F BASSET D,,: Pp149.
- [29] W BICKFORD,. España: McGraw-Hill/Irwin, 1995.
- [30] and E, R. JOHNSTON BEER, *Mecánica de Materiales.* México: McGraw Hill, 1992.
- [31] Fiuba, "Industrias," 2011.
- [32] Pennsylvania Crusher, "Catalogo - métodos de trituración," 1995.

- [33] Universidad Del Atlántico, "Ahorro De Energía En La Industria Ceramica," Colombia, 2011.
- [34] Ladrillera Los Angeles, "Información técnica y Catálogos," Cúcuta, 2011.
- [35] L.G., Trass O Austin, *Size Reduction of Solids Crushing and Grinding Equipment.*: Capítulo 12 en Handbook of Powder Science & Technology, 1997.
- [36] R. Mirales (Teoría de Fallas y sus Aplicaciones) Palomares. (2013, Oct.) [Online]. <http://eprints.uanl.mx/1296/1/1020070631.PDF>.
- [37] Daark kniight. (2013, Oct.) scribd.com. [Online]. <http://es.scribd.com/doc/160802218/Diseno-Molino-de-Martillos-paragranos-de-Maiz>.
- [38] SKF. (2005, June) SKF. [Online]. <http://www.skf.com/portal/skf/home/?lang=es>
- [39] Feedmachinery. (2013, Sep.) feedmachinery.com. [Online]. http://www.feedmachinery.com/glossary/equipment/hammer_mill/.
- [40] Industrias l. (2015) Academia.edu. [Online]. <https://www.academia.edu/30227960/molienda>
- [41] Gates Corporation,. Denver - Colorado: Gates Corporation, 2010, p. 324.
- [42] EZME mining equipments. (2018, Enero) akmwilbertoord. [Online]. <https://www.akmwilbertoord.nl/molino/de-granos-breuer/>
- [43] Eduardo Peralta, *El amaranto en Ecuador, Estado del Arte*. Quito, 2012.
- [44] Ing. Walter H. Duda, *MANUAL TECNOLÓGICO DEL CEMENTO*. Barcelona: Revérte S.A, 2003.



.....
Firma

Alex Santiago Chancusi Vega

Proponente 1

Email: alex.chancusi9@utc.edu.ec

Teléfono: 032 728 631

Celular: 0979338755

.....
Firma

Jorge David Tapia Carrera

Proponente 2

Email: jorge.tapia9@utc.edu.ec

Teléfono: 032 807 392

Celular: 0987947785

.....
Firma

Ms.C. Mauro Darío Albarracín Álvarez

PROFESOR TUTOR

Email: mauro.albarracin@utc.edu.ec

Telf.: 0984597473



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

ANEXOS

MOTORES TRIFASICOS DE ALTA EFICIENCIA



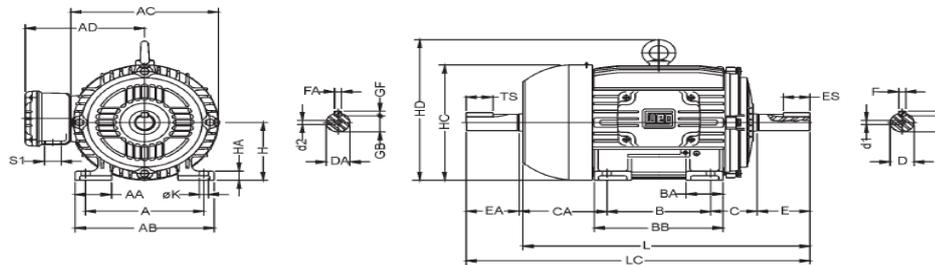
CARACTERISTICAS TIPICAS

Potencia IEC	Carcasa IEC	RPM	Corriente nominal en 220V A	Corriente con rotor bloqueado I _b / I _n	Momento nominal C _n Nm	Momento con rotor bloqueado C _p / C _n	Momento máximo C _m C _n	Rendimiento η %			Factor de potencia Cos φ			Factor de servicio F.S.	Momento de inercia J kgm ²	Tiempo de servicio con rotor bloqueado en caliente/ frío (S)	Peso aprox. (kg)
								% de la potencia nominal			50	75	100				

1800 RPM - 60 Hz

0,16	0,12	63	1720	0,86	4,50	0,67	3,2	3,4	50,0	57,0	61,0	0,41	0,51	0,60	1,15	0,00045	31/68	7
0,25	0,18	63	1710	1,13	4,50	1,01	2,8	3,0	53,0	64,0	66,5	0,47	0,57	0,63	1,15	0,00056	18/40	8
0,33	0,25	63	1710	1,47	5,20	1,40	3,0	2,9	50,0	59,0	68,5	0,45	0,55	0,65	1,15	0,00067	17/37	8
0,5	0,37	71	1720	2,07	5,00	2,06	2,7	3,0	64,0	70,0	72,0	0,44	0,57	0,65	1,15	0,00079	10/22	10
0,75	0,55	71	1705	2,83	5,50	3,08	3,0	3,0	70,0	74,0	75,0	0,45	0,58	0,68	1,15	0,00096	10/22	12
1	0,75	80	1730	2,98	8,00	4,14	3,4	3,0	77,5	80,0	82,6	0,60	0,72	0,80	1,15	0,00328	9/20	18
1,5	1,1	80	1700	4,32	7,00	6,18	2,9	2,8	77,0	79,0	81,5	0,62	0,74	0,82	1,15	0,00328	7/15	16
2	1,5	90S	1750	6,17	7,80	8,19	2,8	3,0	79,0	82,5	84,0	0,55	0,68	0,76	1,15	0,00532	8/18	20
3	2,2	90L	1730	8,28	7,00	12,2	2,6	2,8	84,0	85,0	85,0	0,62	0,75	0,82	1,15	0,00672	7/15	23
4	3	100L	1720	11,1	7,50	16,7	2,9	3,1	84,0	86,0	86,5	0,63	0,75	0,82	1,15	0,00918	8/18	30
5	3,7	100L	1720	13,8	8,00	20,6	3,0	3,0	85,0	87,5	88,0	0,63	0,75	0,80	1,15	0,01072	8/18	33
6	4,5	112M	1735	16,4	6,80	24,8	2,1	2,5	87,0	88,0	89,0	0,63	0,74	0,81	1,15	0,01875	10/22	45
7,5	5,5	112M	1740	20,0	8,00	30,2	2,3	2,8	88,0	89,0	90,0	0,61	0,73	0,80	1,15	0,01875	9/20	46
10	7,5	132M	1760	26,4	7,80	40,7	2,6	3,1	88,0	90,0	91,0	0,61	0,74	0,82	1,15	0,05039	8/18	65
12,5	9,2	132M	1760	32,0	8,50	49,9	2,5	3,0	89,0	90,6	91,0	0,65	0,77	0,83	1,15	0,05202	6/13	75
15	11	132M/L	1755	37,5	8,80	59,9	2,8	3,4	90,0	91,0	91,7	0,67	0,78	0,84	1,15	0,06978	6/13	78
20	15	160M	1755	53,3	6,70	81,7	2,3	2,4	90,0	91,0	92,4	0,69	0,78	0,80	1,15	0,10538	15/33	120
25	18,5	160L	1760	64,7	6,50	100	2,7	2,6	91,0	92,3	92,6	0,65	0,75	0,81	1,15	0,13048	13/29	135
30	22	180M	1760	73,9	7,00	119	2,5	2,6	91,5	92,5	93,0	0,71	0,80	0,84	1,15	0,19733	9/20	211
40	30	200M	1770	99,6	6,40	162	2,1	2,2	91,7	93,0	93,0	0,74	0,82	0,85	1,15	0,27579	15/33	244
50	37	200L	1770	123	6,00	200	2,2	2,2	92,4	93,0	93,2	0,75	0,82	0,85	1,15	0,35853	14/31	274
60	45	225S/M	1780	147	7,20	242	2,3	2,7	92,0	93,3	93,6	0,74	0,82	0,86	1,15	0,69987	16/35	410
75	55	225S/M	1775	174	7,30	296	2,2	2,8	92,5	93,6	94,1	0,76	0,85	0,88	1,15	0,83984	13/29	410
100	75	280S/M	1780	245	8,40	403	2,7	3,1	93,0	94,2	94,5	0,72	0,80	0,85	1,15	1,15478	10/22	510
125	90	280S/M	1780	294	6,70	483	2,1	2,5	93,0	93,8	94,5	0,72	0,80	0,85	1,15	1,92710	23/51	700
150	110	280S/M	1780	353	7,00	590	2,5	2,5	93,0	94,5	95,0	0,78	0,83	0,86	1,15	2,40888	24/53	740
175	132	315S/M	1780	419	6,80	709	2,3	2,5	93,6	94,8	95,0	0,81	0,85	0,87	1,15	2,56947	24/53	841
200	150	315S/M	1780	476	7,00	805	2,5	2,5	94,1	94,7	95,0	0,81	0,85	0,87	1,15	2,81036	25/55	868
250	185	315S/M	1785	591	8,00	990	3,0	2,8	94,0	95,2	95,5	0,76	0,82	0,86	1,15	3,77391	22/48	1005
270	200	355M/L	1785	620	6,50	1071	1,9	1,9	94,0	95,0	95,1	0,81	0,87	0,89	1,15	5,96530	44/96	1358
300	220	355M/L	1790	687	7,00	1174	1,8	2,2	93,0	95,0	95,5	0,79	0,85	0,88	1,15	6,33813	43/95	1400
350	260	355M/L	1790	817	7,30	1388	2,0	2,1	94,2	95,5	96,0	0,74	0,84	0,87	1,15	7,45663	30/66	1488
400	300	355M/L	1790	933	6,60	1601	2,1	2,1	93,9	95,2	95,9	0,77	0,85	0,88	1,15	9,32079	42/92	1590
450	330	355M/L	1790	1020	7,00	1762	2,1	2,1	94,2	95,6	96,1	0,77	0,85	0,88	1,15	10,2529	46/101	1702
500	370	355M/L	1790	1150	6,60	1975	2,1	2,2	94,0	95,6	96,2	0,78	0,85	0,88	1,15	11,1850	36/79	1795

DIMENSIONES EN mm

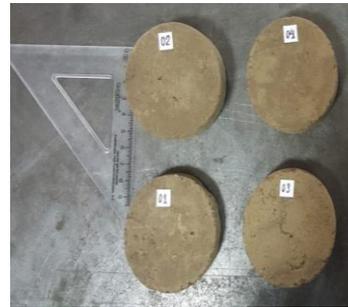
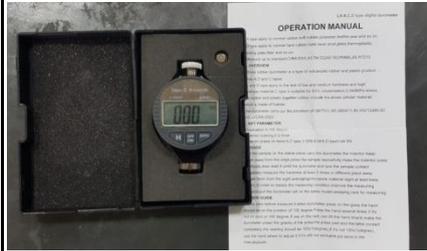


Carcasa IEC	A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB	C	CA	Punta del eje delantera						Punta del eje trasera						H	HA	HC	HD	K	L	LC	S1	d1	d2	Rodamientos Del.	Tras.
											ØD	E	ES	F	G	GD	ØDA	EA	FA	GB	GF	TA												
63	100	21	116	125	113	80	22	95	40	78	118	23	14	4	8,5	4	9,6	20	12	3	7,2	3	6,3	8	12,4	7	21,6	241	RNG	4201-Z1				
71	112	30	132	141	121	90	38	113,5	45	88	146	30	14	5	11	5	11,6	23	14	4	8,5	4	7,1	12	13,9	7	24,8	276	RNG	6203-Z2	6203-Z2			
80	125	35	149	159	130	100	40	125,5	50	93	176	40	22	6	15,5	6	16,6	30	14	4	11	8	13	15,7	10	27,6	313	RNG	6204-Z2	6203-Z2				
90S	140	38	164	179	150	125	42	156	54	104	206	50	28	8	20	7	16,6	40	25	5	13	5	10	15	17,7	10	30,4	350	RNG	6205-Z2	6204-Z2			
90L	140	38	164	179	150	125	42	156	54	104	206	50	28	8	20	7	16,6	40	25	5	13	5	10	15	17,7	10	30,4	350	RNG	6205-Z2	6204-Z2			
100L	160	49	188	199	160	140	50	173	63	118	236	60	38	8	24	7	22,6	50	28	6	18,5	6	10	16	19,8	12	37,6	431	RNG	6206-Z2	6205-Z2			
112M	190	48	220	222	180	140	50	177	70	128	206	60	38	8	24	7	24,6	50	28	6	18,5	6	10	16	19,8	12	39,3	448	RNG	6307-Z2	6206-Z2			
132S	216	51	240	270	207	178	55	187	89	150	306	80	56	10	33	8	28,6	60	36	8	24	7	13,2	20	27,4	319	11	45,2	519	RNG	6308-Z2	6207-Z2		
132M	216	51	240	270	207	178	55	187	89	150	306	80	56	10	33	8	28,6	60	36	8	24	7	13,2	20	27,4	319	11	49,0	557	RNG	6308-Z2	6207-Z2		
160M	254	64	308	312	250	210	65	254	108	174	426	120	70	12	37	8	42,6	80	40	12	27	8	16,0	22	31,7	370	14,5	59,8	712	RNG	6309-C3	6209-Z2-C3		
160L	254	64	308	312	250	210	65	254	108	174	426	120	70	12	37	8	42,6	80	40	12	27	8	16,0	22	31,7	370	14,5	64,2	756	RNG	6309-C3	6209-Z2-C3		
180M	279	80	350	370	279	241	75	294	121	200	486	140	80	14	42,5	9	48,6	110	80	14	42,5	9	18,0	28	36,0	413	16,5	64,4	782	1,3/2°	6311-C3	6211-Z2-C3		
180L	279	80	350	370	279	241	75	294	121	200	486	140	80	14	42,5	9	48,6	110	80	14	42,5	9	18,0	28	36,0	413	16,5	70,2	820	RNG	6311-C3	6211-Z2-C3		
200M	318	82	385	396	294	267	85	320	133	222	556	160	90	16	49	10	58,6	140	100	16	49	10	20,0	30	40,2	464	18,5	72,9	842	RNG	6312-C3	6212-Z2-C3		
200L	318	82	385	396	294	267	85	320	133	222	556	160	90	16	49	10	58,6	140	100	16	49	10	20,0	30	40,2	464	18,5	76,7	880	2°	6312-C3	6212-Z2-C3		
225S/M	356	80	436	476	368	311	105	391	141	280	656	180	100	18	53	11	68,6	160	120	18	53	11	22,5	34	46,4	537	20	81,7	995	2x	6314-C3			
225M	356	80	436	476	368	311	105	391	141	280	656	180	100	18	53	11	68,6	160	120	18	53	11	22,5	34	46,4	537	20	84,7	995	2x	6314-C3			
250S/M	406	100	504	544	419	349	138	449	168	374	856	200	120	20	58	12	80,6	180	140	20	58	12	24,0	42	54,0	613	24	92,3	1071	RNG	6316-C3			
250M	406	100	504	544	419	349	138	449	168	374	856	200	120	20	58	12	80,6	180	140	20	58	12												

Brinell Diámetro Huella	Brinell Dureza HB	Rockwell Dureza Ha	Rockwell Dureza HRb	Rockwell Dureza HRc	Vickers Dureza HV	Shore	Resistencia a la tracción Kg/mm ²
2.35	682	64.0	-	65	885	91.0	232.9
2.40	652	83.0	-	63	820	87.2	221.5
2.45	627	81.5	-	61	765	84.8	213.5
2.5	600	80.5	-	59	633	76.5	188.7
2.55	578	79.5	-	59	717	81.5	204.0
2.60	555	79.0	120	57	675	78.5	195.1
2.65	534	78.0	119	54	598	73.5	181.3
2.70	514	77.0	119	52	567	71.0	174.9
2.75	495	76.5	117	51	540	68.5	168.0
2.80	477	75.5	117	49	515	66.7	162.2
2.85	461	74.4	116	48	494	65.0	157.0
2.90	444	73.5	115	46	472	63.0	150.6
2.95	429	73.0	115	45	454	61.0	145.6
3.00	415	72.5	114	44	437	59.0	140.0
3.05	401	71.5	113	42	420	57.2	136.0
3.10	388	71.0	112	41	404	65.8	132.0
3.15	375	70.5	112	40	389	54.0	127.5
3.20	363	70.0	110	39	375	52.2	123.4
3.25	352	69.5	110	38	363	50.5	120.0
3.30	341	68.5	109	36	350	49.2	115.9
3.35	331	68.0	109	35	339	48.0	112.4
3.40	321	67.5	108	34	327	46.7	109.1
3.45	311	67.0	108	33	316	45.2	105.6
3.50	302	66.5	107	32	305	44.5	102.7
3.55	293	66.0	106	31	296	43.2	99.6
3.60	285	65.5	105	30	287	42.0	96.9
3.65	277	65.0	104	29	279	41.0	94.2
3.70	269	64.5	104	28	270	40.0	91.5
3.75	262	64.0	103	27	263	39.2	89.1
3.80	255	63.0	102	25	256	38.5	86.7
3.85	248	62.5	102	24	248	37.5	84.3
3.90	241	62.0	100	23	241	36.5	81.9
3.95	235	61.5	100	22	235	35.7	79.9
4.00	229	61.0	99	21	229	35.0	77.9
4.05	223	60.5	98	20	223	34.0	75.8
4.10	217	-	97	18	217	33.0	73.8
4.15	212	-	96	17	212	32.5	72.1
4.20	207	-	96	16	207	32.0	70.4
4.25	202	-	95	15	202	31.2	68.7
4.30	197	-	94	14	197	30.2	67.0
4.35	192	-	93	13	192	29.5	65.3
4.40	187	-	92	11	187	29.0	63.6
4.45	183	-	91	10	183	28.5	62.2
4.50	179	-	90	9	179	28.0	60.9
4.55	174	-	89	7	174	27.5	59.2
4.60	170	-	88	6	170	26.5	57.8
4.65	166	-	87	4	166	25.5	56.3
4.70	163	-	86	3	163	25.0	55.4
4.75	159	-	85	1	159	24.5	54.0
4.80	156	-	84	0	156	24.0	53.0

Figura II.2. Equivalencia entre dureza Brinell, Rockwell, Vickers, Shore y Resistencia a la tracción

DURÓMETRO SHORE D (HD)



# DE PROBETA	Medición HD	DIMENSIONES
1	33,5	$\varnothing = 6.9 \quad h = 1.5$
2	25,6	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,3$
3	21,3	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,2$
4	32,5	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,3$
5	23	$\varnothing = 6.9 \quad h = 1.8$
6	31,6	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,0$
7	22,4	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,6$
8	19,3	$\varnothing = 6.9 \quad h = 1,7$
9	31	$\varnothing = 6.9 \quad h = 1,5$
10	20,8	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,3$
11	22,4	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,4$
12	16,8	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,0$
13	21,2	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,2$
14	23,3	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,1$
15	23,4	$\varnothing = 6.9 \quad h = 1,9$
16	19,8	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,3$
17	23,6	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,1$
18	20,5	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,3$
19	21	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,1$
20	20,1	$\varnothing = 6.9 \quad h = 2,0$
21	18,3	$\varnothing = 6.9 \quad h = 1,8$
Σ Promedio	23	



Figura III.3 Dureza SHORE HD

Acero al carbono AISI 1035 (UNS G10350)

Introducción

Los aceros al carbono tienen al carbono como el elemento clave de la aleación en su composición. También contienen hasta un 0,4% de silicio y un 1,2% de manganeso. Además, los elementos residuales tales como cobre, molibdeno, aluminio, cromo y níquel están presentes en estos aceros.

AISI 1035 es un acero al carbono resistente al agua cuya resistencia al desgaste y la capacidad de endurecimiento aumentan con la adición de una pequeña cantidad de cromo.

Las siguientes secciones tratarán en detalle sobre el acero al carbono AISI 1035.

Composición química

La composición química del acero al carbono AISI 1035 se describe en la siguiente tabla.

Elemento	Contenido (%)
Hierro, Fe	98.63-99.09
Manganeso, Mn	0.60-0.90
Carbono, C	0.310-0.380
Azufre, S	≤ 0.050
Fósforo, P	≤ 0.040

Propiedades físicas

Las propiedades físicas del acero al carbono AISI 1035 se detallan a continuación.

Propiedades	Métrico	Imperial
Densidad	7.85 g / cm ³	0.284 lb / en ³

Propiedades mecánicas

La siguiente tabla muestra las propiedades mecánicas del acero al carbono AISI 1035.

Propiedades	Métrico	Imperial
Resistencia a la tracción, definitiva	585 MPa	84800 psi
Resistencia a la tracción, rendimiento	370 MPa	53700 psi
Módulo de elasticidad	190-210 GPa	29700-30458 ksi
Módulo a granel (típico del acero)	140 GPa	20300 ksi
Módulo de corte (típico del acero)	80 GPa	11600 ksi
El coeficiente de Poisson	0.27-0.30	0.27-0.30
Alargamiento a la rotura (en 50 mm)	30%	30%
Reducción del área	53%	53%
Dureza, Brinell	183	183
Dureza, Knoop (convertida de la dureza Brinell)	204	204
Dureza, Rockwell B (convertida de la dureza Brinell)	89	89
Dureza, Vickers (convertido de la dureza Brinell)	192	192
Maquinabilidad (basada en acero AISI 1212, como maquinabilidad 100)	sesenta y cinco	sesenta y cinco



Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas del acero al carbono AISI 1035 se dan en la siguiente tabla.

Propiedades térmicas	Métrico	Imperial
Coefficiente de expansión térmica (a 20 ° C / 68 ° F)	11 μm / m ° C	6.11 μin / in ° F
Conductividad térmica	51.9 W / mK	360 BTU en / hr.ft ² ° F

Otras designaciones

Otras designaciones que son equivalentes al acero al carbono AISI 1035 incluyen las siguientes:

AMS 5080	ASTM A544 (1035)	MIL S-19434	AFNOR CC 35	BS 080 A 37
AMS 5082	ASTM A545 (1035)	MIL S-3289	DIN 1.0501	BS 080 M 36
ASTM A29 (1035)	ASTM A546 (1035)	MIL S-46070	UNI C 35	AMS 5080D
ASTM A510 (1035)	ASTM A576 (1035)	QQ S700 (C1035)	SS 1550	AMS 5082A
ASTM A512 (1035)	ASTM A682 (1035)	SAE J1397 (1035)	BS 060 A 35	ASTM A108
ASTM A513 (1035)	ASTM A827	SAE J403 (1035)	BS 080 A 32	QQ S635
ASTM A519 (1035)	ASTM A830	SAE J412 (1035)	BS 080 A 35	

Aplicaciones

Las siguientes son las principales aplicaciones del acero al carbono AISI 1035:

- Palancas
- Tornillos
- Nueces
- Studs

Figura IV.4. Acero al carbono AISI 1035

Ángulo de Acero ASTM A36



ÁNGULO ESTRUCTURAL A36

Ángulo estructural de acero, es laminado en caliente (LAC), lados iguales forman ángulo recto con radios interiores suavizados, ideales para todas las aplicaciones estructurales, fabricación general y reparaciones. Longitud 6m.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinarse.

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/cm ²) mín.	2530
	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)	4080-5620
	Alargamiento en 200 mm 2.0 mm, 2.5 mm, 3.0 mm, 1/8", 3/32", 4.5 mm y 3/16"	15.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 6.0 mm	17.0% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 1/4"	17.5% mínimo
	Alargamiento en 200 mm 5/16", 3/8" y 1/2"	20.0% mínimo

Lados		Espesor		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pulg	Kg/6m
19 x 19	3/4" x 3/4"	2.0	5/64"	3.582
		2.5	3/32"	4.416
		3.0	1/8"	5.226
25 x 25	1" x 1"	3.0	1/8"	7.143
		4.5	3/16"	10.358
		6.0	1/4"	13.304
30 x 30	1 1/4" x 1 1/4"	3.0	1/8"	9.018
		4.5	3/16"	13.215
		6.0	1/4"	17.144
38 x 38	1 1/2" x 1 1/2"	3.0	1/8"	10.983
		4.5	3/16"	16.072
		6.0	1/4"	20.894
50 x 50	2" x 2"	3.0	1/8"	14.733
		4.5	3/16"	21.787
		6.0	1/4"	28.483
		8.0	5/16"	35.002
63 x 63	2 1/2" x 2 1/2"	9.5	3/8"	41.966
		4.5	3/16"	27.412
		6.0	1/4"	36.609
75 x 75	3" x 3"	8.0	5/16"	44.645
		9.5	3/8"	52.681
		4.5	3/16"	33.126
		6.0	1/4"	42.752
		8.0	5/16"	54.467
		9.5	3/8"	64.289
		12	1/2"	83.932

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Figura V.5. Ángulo de acero ASTM-36

Anexo VI	Tema: Acero ASTM A-36	1 de 1										
<p>ASTM A36</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 2; padding-left: 10px;"> <p>Estado de Suministro Laminado.</p> <p>Tolerancia ASTM A6.</p> <p>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.</p> <p>Aplicaciones Construcción de puentes, estanques, estructuras para industrias, edificios, torres y aplicaciones estructurales en general.</p> </div> </div>												
<p>Composición Química (Valores Típicos)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">%C</th> <th style="width: 20%;">%Mn</th> <th style="width: 20%;">%Si</th> <th style="width: 20%;">%P</th> <th style="width: 20%;">%S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">≤ 0,26</td> <td style="text-align: center;">0,80 -1,20</td> <td style="text-align: center;">≤ 0,40</td> <td style="text-align: center;">≤ 0,04</td> <td style="text-align: center;">≤ 0,05</td> </tr> </tbody> </table>			%C	%Mn	%Si	%P	%S	≤ 0,26	0,80 -1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05
%C	%Mn	%Si	%P	%S								
≤ 0,26	0,80 -1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05								
<p>Propiedades Mecánicas</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Esfuerzo Fluencia (Kg/mm²)</th> <th style="width: 25%;">MPa</th> <th style="width: 25%;">Esfuerzo Tracción (Kg/mm²)</th> <th style="width: 25%;">MPa</th> <th style="width: 20%;">Elongación %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">25,5 (mín)</td> <td style="text-align: center;">250 (mín.)</td> <td style="text-align: center;">40,8 (mín)</td> <td style="text-align: center;">400 (mín.)</td> <td style="text-align: center;">20 (mín.)</td> </tr> </tbody> </table>			Esfuerzo Fluencia (Kg/mm ²)	MPa	Esfuerzo Tracción (Kg/mm ²)	MPa	Elongación %	25,5 (mín)	250 (mín.)	40,8 (mín)	400 (mín.)	20 (mín.)
Esfuerzo Fluencia (Kg/mm ²)	MPa	Esfuerzo Tracción (Kg/mm ²)	MPa	Elongación %								
25,5 (mín)	250 (mín.)	40,8 (mín)	400 (mín.)	20 (mín.)								
<p>Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">Espesor E (mm.)</th> </tr> <tr> <th style="width: 33%;">Hasta 20 mm. (Incl.)</th> <th style="width: 33%;">Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (Incl.)</th> <th style="width: 33%;">Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (Incl.)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1,5 X E</td> <td style="text-align: center;">1,5 X E</td> <td style="text-align: center;">1,5 X E</td> </tr> </tbody> </table>			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	
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										

Figura VI.6. Acero ASTM A-36

DIPAC
PRODUCTOS DE ACERO

EJES Acero 705

EJES




Especificaciones Generales

Calidad AISI 4340 (705)

Descripción Es un acero bonificado al cromo, níquel, molibdeno, altamente resistente a la tracción, torsión y a cambios de flexión. Insensible al sobrecalentamiento en el forjado y libre de propensión a la fragilidad del revenido.

Aplicaciones Partes de maquinarias sometidas a altos esfuerzos, brazo de dirección, cigüeñales, árboles de leva, barras de torsión, embragues, piñones, barras de cardán, ejes de bombas, ejes para aviones, muñones, pernos de alto grado de tensión, rodillos de transportadora, etc...

Longitud 6 m

Composición Química				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0.34	0.1 - 0.35	0.60 - 0.80	0.04 - 0.30	0.002 - 0.03

Propiedades Mecánicas				
Diámetro (mm)	Resistencia Mecánica (N/mm ²)	Punto de Fluencia (N/mm ²)	Elongación % Min.	Dureza ROKWELL B
16 o menos	1200 - 1400	1000	9	240 - 380
16 - 40	1100 - 1300	900	10	240 - 380
41 - 100	1000 - 1200	800	11	240 - 380

Dimensiones
Diámetro
25 mm
32 mm
38 mm
45 mm
50 mm
60 mm
70 mm
90 mm

www.dlpacmanta.com

Figura VII.7. Acero AISI 4340 (705)

INDURA 7018-AR



Marca: INDURA
Modelo: 7018-AR
SAP: VARIOS
Proceso: Metalmecánico

Presentación

Características

El electrodo 7018-AR es de bajo contenido de hidrógeno y resistente a la humedad. Está especialmente diseñado para soldaduras que requieren severos controles radiográficos en toda posición. Su arco suave y la pérdida por salpicaduras son bajos.

Soldadura Indura E-7018 Ar 3/32 C/ 25Kg
Soldadura Indura E-7018 Ar 1/8 C/ 25k
Soldadura Indura E-7018 Ar 5/32 C/ 25kg

Usos

El 7018-AR es recomendado para trabajos donde se requiere alta calidad radiográfica, particularmente en calderas y cañerías. Sus buenas propiedades físicas son ideales para ser usado en astilleros.

Aplicaciones

Aceros Cor-Ten, Mayari-R
Lukens 45 y 50.
Yoloy y otros aceros estructurales de baja aleación.

Seguridad

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre. En la soldadura en posición sobre cabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance. Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo.

Certificación

American Bureau of Shipping
Lloyd's Register of Shipping
Germanischer Lloyd
Nippon Kaiji Kyokai

Formato

Envase de 1 Kg.

Figura VIII.8. Electrodo 7018-AR

Anexo IX

Tema: Malla

1 de 1

Número Malla (U.S. STD. Sieve)	Abertura (mm)	Abertura (pulg)
4	4.76	0.187
5	4.00	0.157
6	3.35	0.132
8	2.38	0.0937
10	2.00	0.0787
12	1.68	0.0661
14	1.41	0.0555
16	1.19	0.0469
18	1.00	0.0394
20	0.841	0.0331
25	0.707	0.0278
30	0.595	0.0234
35	0.500	0.0197
40	0.420	0.0165
45	0.354	0.0139
50	0.297	0.0117
60	0.250	0.0098
70	0.210	0.0083
80	0.177	0.0070
100	0.149	0.0059
200	0.074	0.0029
325	0.044	0.0017
400	0.037	0.0014

Figura IX.9 Malla

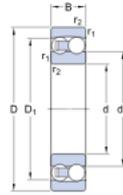
Anexo X

Tema: Rodamientos

► **1215**

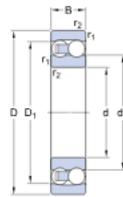
Producto popular

Dimensiones



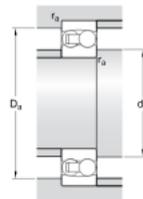
d	75	mm
D	130	mm
B	25	mm
d ₁	≈ 93.05	mm
D ₁	≈ 114.2	mm

Dimensions



r _{1,2}	min. 1.5	mm
------------------	----------	----

Dimensiones de los resaltes



d _a	min. 84	mm
D _a	max. 121	mm
r _a	max. 1.5	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	39	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	15.6	kN
Carga límite de fatiga	P _U	0.8	kN
Velocidad de referencia		10000	r/min
Velocidad límite		6700	r/min
Factor de cálculo	k _r	0.04	
Factor de cálculo	e	0.17	
Factor de cálculo	Y ₀	4	
Factor de cálculo	Y ₁	3.7	
Factor de cálculo	Y ₂	5.7	

Calculation data

Permissible angular misalignment	α	2.5	°
----------------------------------	---	-----	---

Masa

Rodamiento de masa		1.35	kg
--------------------	--	------	----

- Además de la información ofrecida en esta página, tenga presente lo que se ofrece en [Rodamientos de bolas a rótula](#).
- Para obtener información sobre cómo seleccionar el rodamiento adecuado para una aplicación particular, e interpretar los datos de esta página, consulte [Proceso de selección de rodamientos](#).
- Para obtener información general sobre los rodamientos, consulte [Conocimientos generales sobre rodamientos](#).

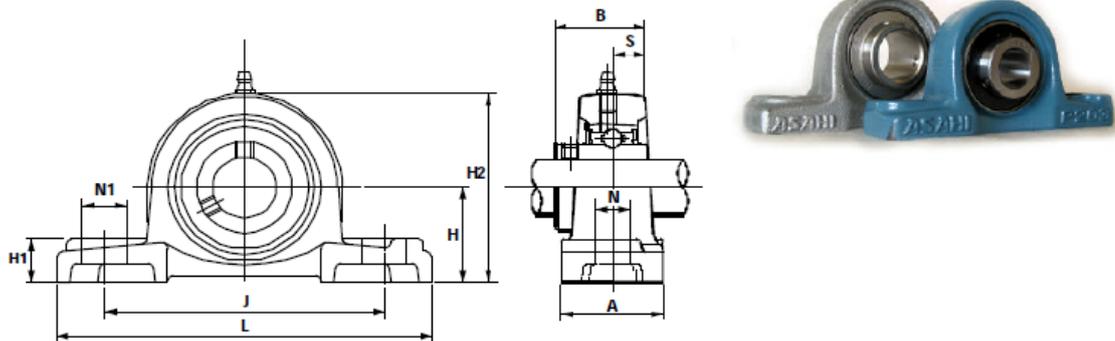
Figura X.10. Rodamientos

Soporte con rodamiento ASAHI

ASAHI

UCP 200 / MUCP 200

CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES



SERIE STANDARD UCP

Soporte de fundición - Rodamiento de Acero

Referencia	Ø e j (mm)	H (mm)	L (mm)	J (mm)	A (mm)	N (mm)	N1 (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	β (mm)	s (mm)	Tornillo	Roda- miento	Soporte	Peso (Kg)
UCP201	12	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 201	P203	0.65
UCP202	15	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 202	P203	0.63
UCP203	17	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 203	P203	0.62
UCP204	20	33.3	127	95	38	13	19	15	65	31	12.7	M10	UC 204	P204	0.65
UCP205	25	36.5	140	105	38	13	16	16	70	34	14.3	M10	UC 205	P205	0.79
UCP206	30	42.9	165	121	48	17	21	18	83	38.1	15.9	M14	UC 206	P206	1.3
UCP207	35	47.6	167	127	48	17	21	19	94	42.9	17.5	M14	UC 207	P207	1.6
UCP208	40	49.2	184	137	54	17	25	19	100	49.2	19	M14	UC 208	P208	1.9
UCP209	45	54	190	146	54	17	22	20	108	49.2	19	M14	UC 209	P209	2.2
UCP210	50	57.2	206	159	60	20	25	22	114	51.6	19	M16	UC 210	P210	2.6
UCP211	55	63.5	219	171	60	20	25	22	126	55.6	22.2	M16	UC 211	P211	3.3
UCP212	60	69.8	241	184	70	20	25	25	138	65.1	25.4	M16	UC 212	P212	4.7
UCP213	65	76.2	265	203	70	25	29	27	150	65.1	25.4	M20	UC 213	P213	5.6
UCP214	70	79.4	266	210	72	25	31	27	156	74.6	30.2	M20	UC 214	P214	7.3
UCP215	75	82.6	275	217	74	25	31	28	163	77.8	33.3	M20	UC 215	P215	7.9
UCP216	80	88.9	292	232	78	25	31	30	175	82.6	33.3	M20	UC 216	P216	10.0
UCP217	85	95.2	310	247	83	25	31	32	187	85.7	34.1	M20	UC 217	P217	12.2
UCP218	90	101.6	327	262	88	27	33	34	200	96	39.7	M22	UC 218	P218	14.7

SERIE ACERO INOXIDABLE MUCP

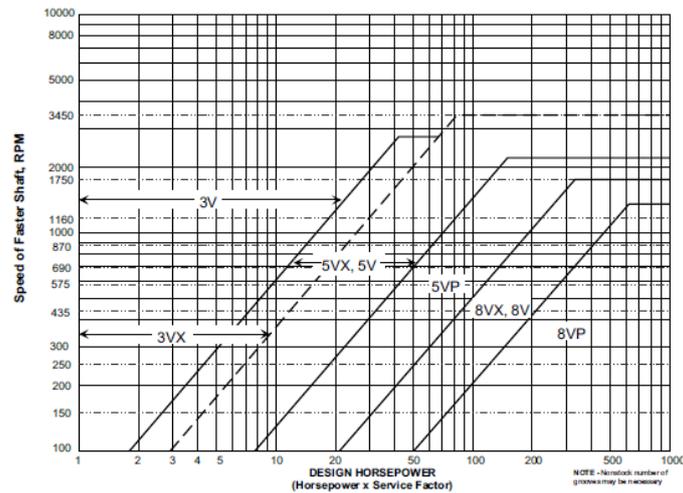
Soporte y rodamiento de Acero Inoxidable

Referencia	Ø e j (mm)	H (mm)	L (mm)	J (mm)	A (mm)	N (mm)	N1 (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	β (mm)	s (mm)	Tornillo	Roda- miento	Soporte	Peso (Kg)
MUCP201	12	30.2	127	95	30	13	19	9	64	31	12.7	M10	MUC201	MP203	0.55
MUCP202	15	30.2	127	95	30	13	19	9	64	31	12.7	M10	MUC202	MP203	0.53
MUCP203	17	30.2	127	95	30	13	19	9	64	31	12.7	M10	MUC203	MP203	0.52
MUCP204	20	33.3	127	95	30	13	19	9	64	31	12.7	M10	MUC204	MP204	0.5
MUCP205	25	36.5	140	105	30	13	19	10	70	34.1	14.3	M10	MUC205	MP205	0.65
MUCP206	30	42.9	165	121	36	17	21	11	82	38.1	15.9	M14	MUC206	MP206	0.95
MUCP207	35	47.6	167	127	38	17	21	12	92	42.9	17.5	M14	MUC207	MP207	1.25
MUCP208	40	49.2	184	137	40	17	22	12	98	49.2	19	M14	MUC208	MP208	1.5
MUCP209	45	54	190	146	40	17	22	13	105	49.2	19	M14	MUC209	MP209	1.75
MUCP210	50	57.2	206	159	45	20	25	14	112	51.6	19	M16	MUC210	MP210	2.05

Figura XI.11. Chumacera de piso UCP 200

Tabla 1: FACTORES DE SERVICIO

CLASE DE TRABAJO	EJEMPLOS DE MÁQUINAS ACCIONADAS	TIPOS DE MÁQUINAS MOTRICES					
		Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Normal			Motores de Corriente Alterna con par de Arranque Elevado		
		Horas de Servicio Diarias			Horas de Servicio Diarias		
		Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16	Menos de 10	De 10 a 16	Más de 16
Ligero	Agitadores para líquidos. Aspiradores. Bombas y compresores centrífugos. Transportadores de cinta para carga ligera. Ventiladores y bombas hasta 7,5 Kw.	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Mediano	Amasadoras. Cizallas y prensas. Cribas rotativas y vibrantes. Generadores y excitatrices. Máquinas herramientas. Maquinaria para artes gráficas. Maquinaria para lavanderías. Transportadores de cinta para carga pesada. Ventiladores y bombas a partir de 7,5 Kw.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Pesado	Ascensores. Bombas de desplazamiento positivo. Centrifugadores. Compresores de pistón. Maquinaria para labrar madera. Maquinaria para cerámicas. Maquinaria para papeleras. Maquinaria Textil. Molinos de martillos. Sierras alternativas. Elevadores de cangilones. Transportadores de Tomillo.	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Extra Pesado	Grúas Montacargas. Machacadoras y molinos (mandíbulas, conos, bolas, barras, etc). Maquinaria para caucho y plásticos.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

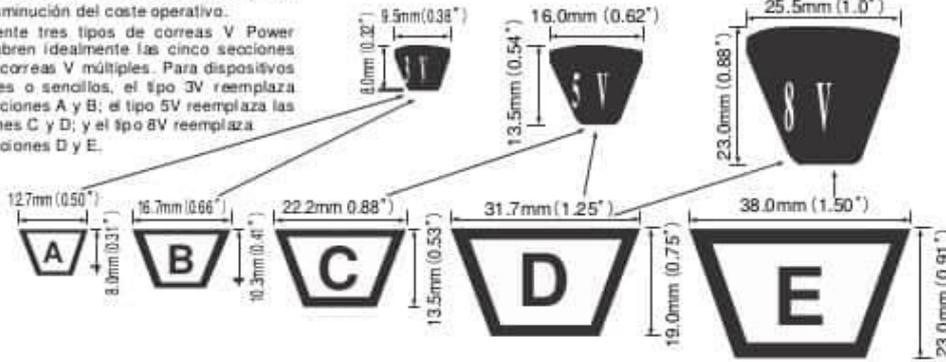


CORREAS V (CAUCHO)

BANDO POWER ACE

La superior capacidad de poder de transmisión de las correas estrechas V Bando Power Ace® permite el diseño de componentes más pequeños reduciendo el espacio y el coste de la maquinaria. La mayor eficiencia de las correas V Power Ace® también ofrece como resultado una disminución del coste operativo.

Solamente tres tipos de correas V Power Ace cubren idealmente las cinco secciones de las correas V múltiples. Para dispositivos múltiples o sencillos, el tipo 3V reemplaza las secciones A y B; el tipo 5V reemplaza las secciones C y D; y el tipo 8V reemplaza las secciones D y E.



Tamaños Estándar

Estos tamaños son conformes a RMA.

Número correa	Longitud exterior efectiva		Número correa	Longitud exterior efectiva		Número correa	Longitud exterior efectiva	
	mm	pulgadas		mm	pulgadas		mm	pulgadas
3V 250	635	25.0	3V 475	1207	47.5	3V 900	2286	90.0
3V 265	673	26.5	3V 500	1270	50.0	3V 950	2413	95.0
3V 280	711	28.0	3V 530	1346	53.0	3V1000	2540	100.0
3V 300	762	30.0	3V 560	1422	56.0	3V1060	2692	106.0
3V 315	800	31.5	3V 600	1524	60.0	3V1120	2845	112.0
3V 335	851	33.5	3V 630	1600	63.0	3V1180	2997	118.0
3V 355	902	35.5	3V 670	1702	67.0	3V1250	3175	125.0
3V 375	953	37.5	3V 710	1803	71.0	3V1320	3353	132.0
3V 400	1016	40.0	3V 750	1905	75.0	3V1400	3556	140.0
3V 425	1080	42.5	3V 800	2032	80.0			
3V 450	1143	45.0	3V 850	2159	85.0			
5V 500	1270	50.0	5V1000	2540	100.0	5V2000	5080	200.0
5V 530	1346	53.0	5V1060	2692	106.0	5V2120	5385	212.0
5V 560	1422	56.0	5V1120	2845	112.0	5V2240	5690	224.0
5V 600	1524	60.0	5V1180	2997	118.0	5V2360	5994	236.0
5V 630	1600	63.0	5V1250	3175	125.0	5V2500	6350	250.0
5V 670	1702	67.0	5V1320	3353	132.0	5V2650	6731	265.0
5V 710	1803	71.0	5V1400	3556	140.0	5V2800	7112	280.0
5V 750	1905	75.0	5V1500	3810	150.0	5V2800	7620	300.0
5V 800	2032	80.0	5V1600	4064	160.0	5V3000	8001	315.0
5V 850	2159	85.0	5V1700	4318	170.0	5V3150	8509	335.0
5V 900	2286	90.0	5V1800	4572	180.0	5V3550	9017	355.0
5V 950	2413	95.0	5V1900	4826	190.0			
8V1000	2540	100.0	8V1800	4572	180.0	8V3150	8001	315.0
8V1060	2692	106.0	8V1900	4826	190.0	8V3350	8509	335.0
8V1120	2845	112.0	8V2000	5080	200.0	8V3550	9017	355.0
8V1180	2997	118.0	8V2120	5385	212.0	8V3750	9525	375.0
8V1250	3175	125.0	8V2240	5690	224.0	8V4000	10160	400.0
8V1320	3353	132.0	8V2360	5994	236.0	8V4250	10795	425.0
8V1400	3556	140.0	8V2500	6350	250.0	8V4500	11430	450.0
8V1500	3810	150.0	8V2650	6731	265.0	8V4750	12065	475.0
8V1600	4064	160.0	8V2800	7112	280.0	8V5000	12700	500.0
8V1700	4318	170.0	8V3000	7620	300.0	8V5600	14224	560.0

Figura XII.12. Selección de banda

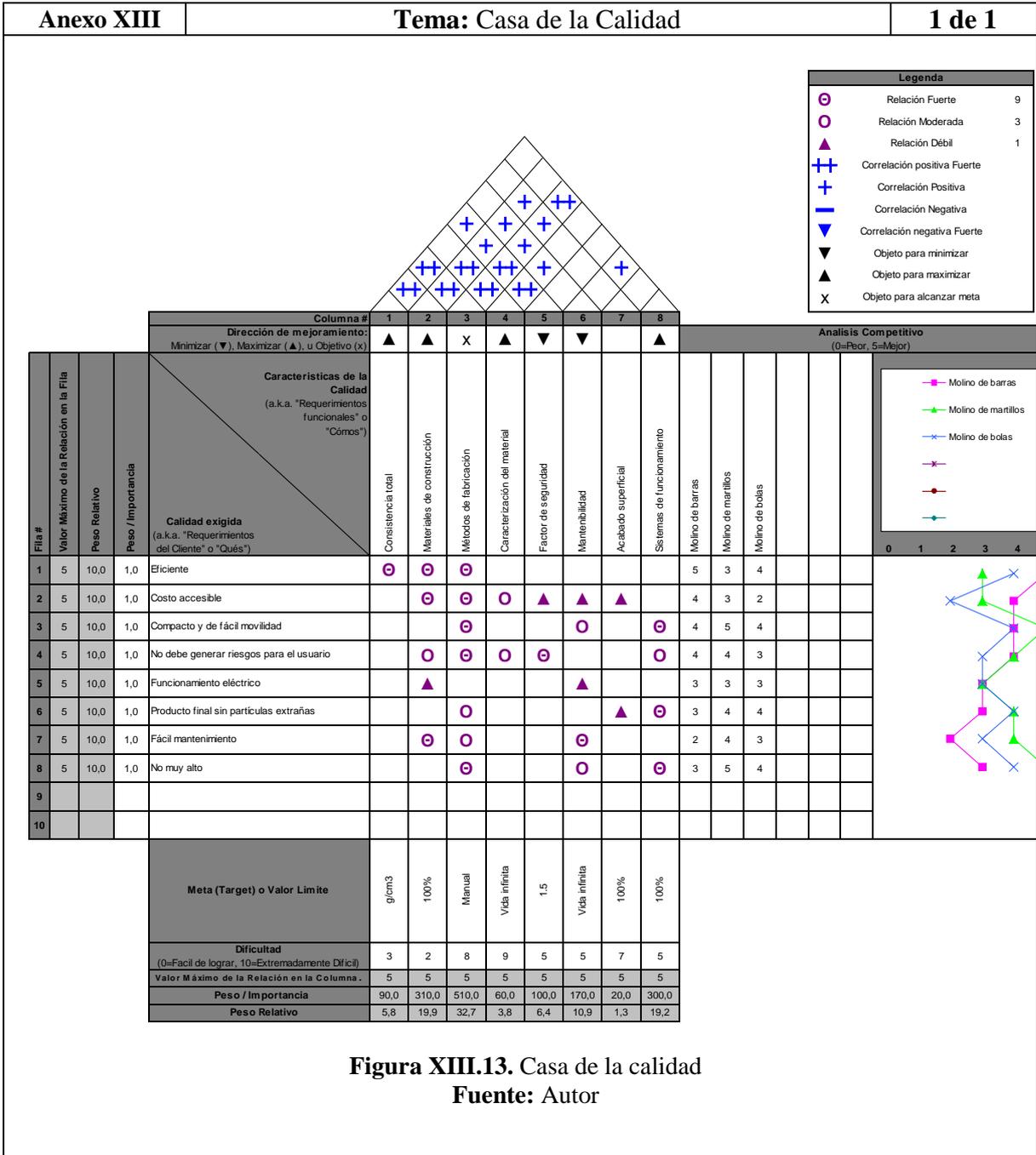


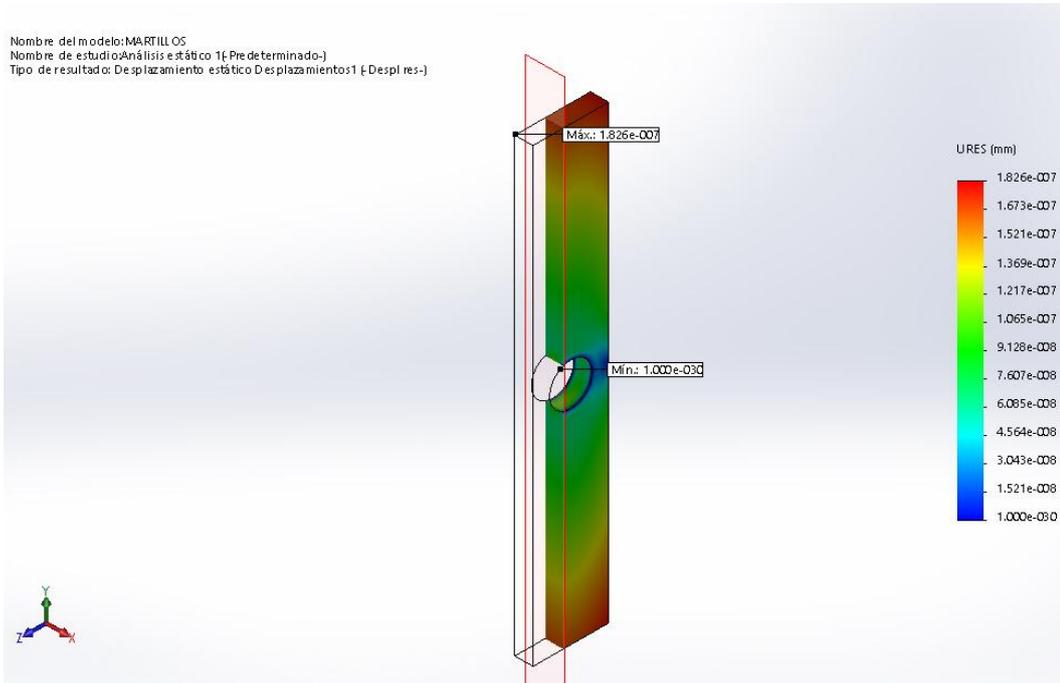
Figura XIII.13. Casa de la calidad

Fuente: Autor

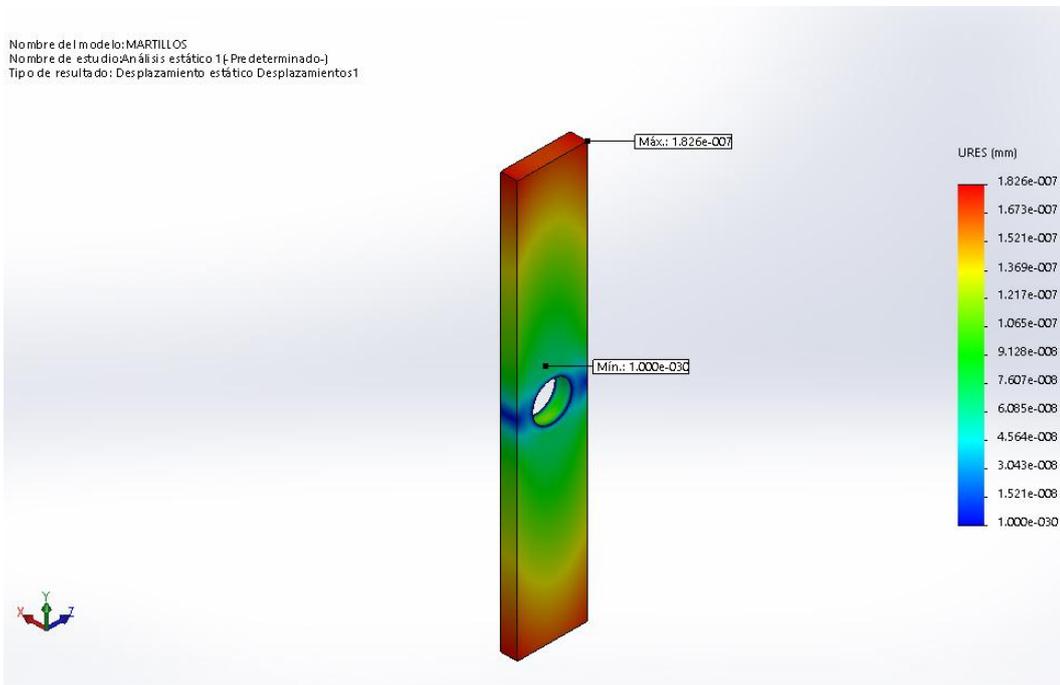
Anexo XIV

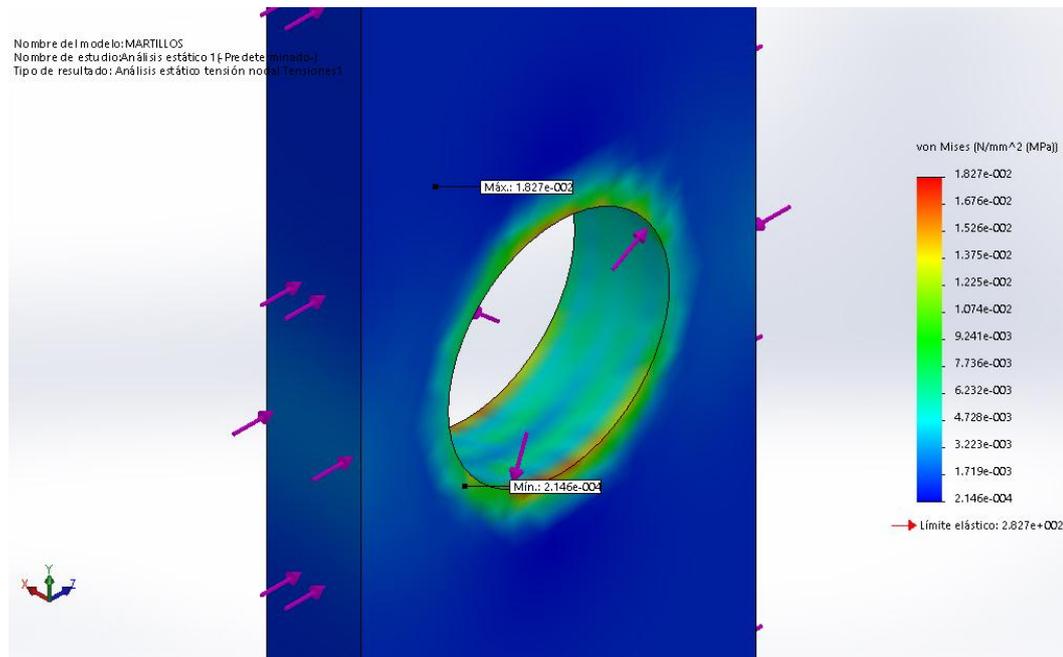
Tema: Simulación en SolidWorks Martillos

Nombre del modelo: MARTILLOS
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre determinado)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1 (Despl res-)



Nombre del modelo: MARTILLOS
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre determinado)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1





Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	14902,4 mm ³	
Masa	0,105984 kg	
Tensión de Von Mises	0,000214 MPa	0,0001827 MPa
Primera tensión principal	-1,37925 MPa	31,1716 MPa
Tercera tensión principal	-43,7741 MPa	0,203206 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0189709 mm
Coefficiente de seguridad	1,5 su	3 su
Tensión XX	-23,19 MPa	20,9854 MPa
Tensión XY	-22,4203 MPa	23,2471 MPa
Tensión XZ	-13,6082 MPa	15,4226 MPa
Tensión YY	-35,4914 MPa	19,1699 MPa
Tensión YZ	-17,262 MPa	16,6539 MPa
Tensión ZZ	-8,99803 MPa	3,11242 MPa
Desplazamiento X	-0,0188346 mm	0,00835075 mm
Desplazamiento Y	-0,00496055 mm	0,0069272 mm
Desplazamiento Z	-0,000157522 mm	0,000122033 mm
Deformación equivalente	0,000000757824 su	0,000236105 su
Primera deformación principal	0,000000502768 su	0,000188984 su
Tercera deformación principal	-0,00022995 su	-0,00000078015 su
Deformación XX	-0,000130141 su	0,000148487 su
Deformación XY	-0,000144611 su	0,000149944 su
Deformación XZ	-0,0000877729 su	0,000099476 su
Deformación YY	-0,000187398 su	0,00012178 su
Deformación YZ	-0,00011134 su	0,000107418 su
Deformación ZZ	-0,0000154672 su	0,000036182 su

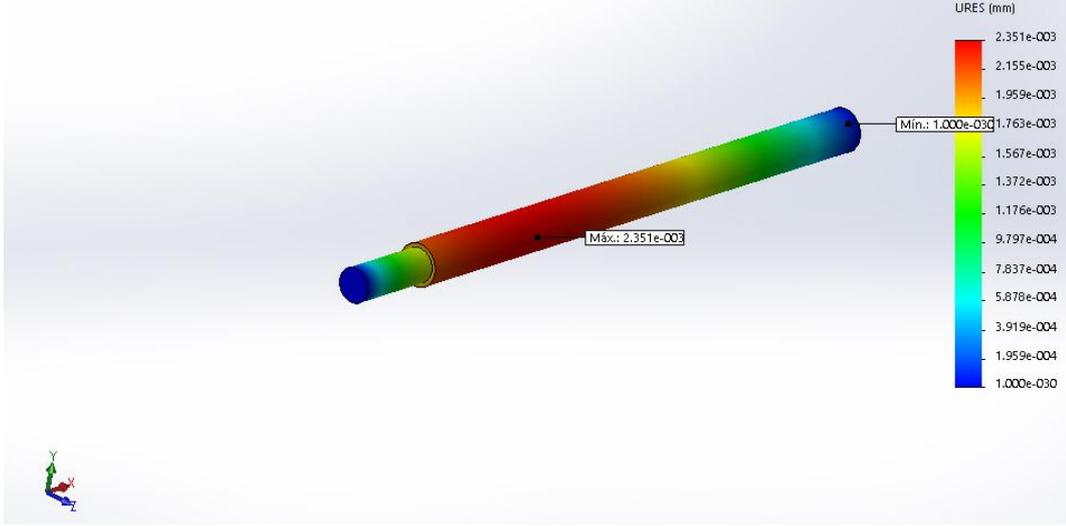
Figura XIV.14. Simulación en SolidWorks Martillos

Fuente: Autor

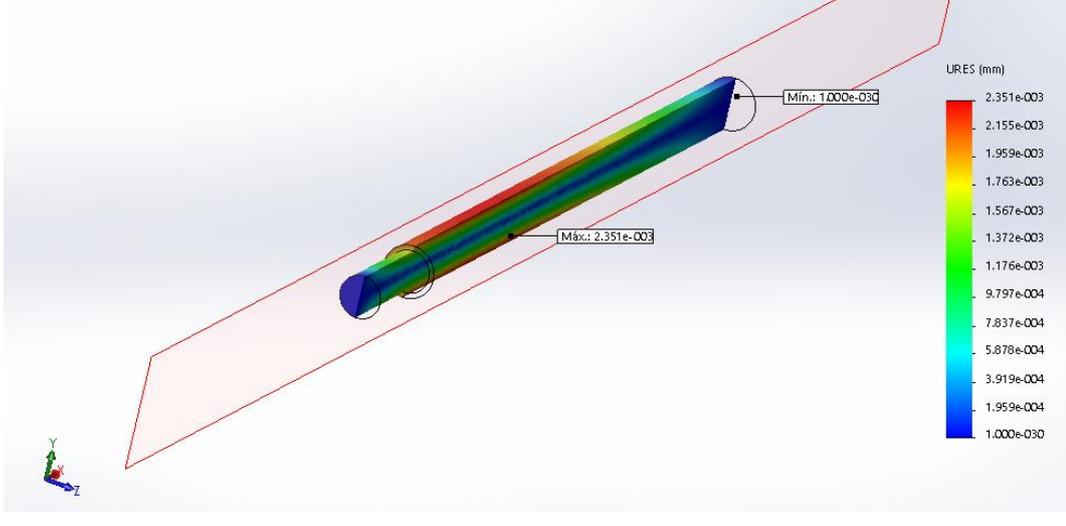
Anexo XV

Tema: Simulación en SolidWorks Árbol

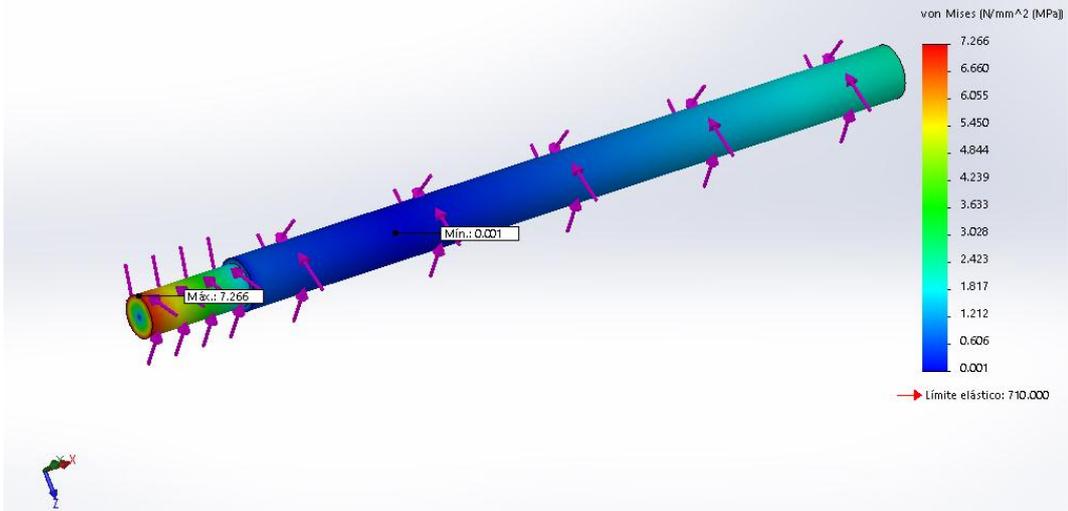
Nombre del modelo: EJE 2 PRIN
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Predeterminado)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1



Nombre del modelo: EJE 2 PRIN
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Predeterminado)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1



Nombre del modelo: EJE 2 PRIN
Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre-determinado)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1



Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	401016 mm ³	
Masa	1,53984 kg	
Tensión de Von Mises	0,00014 MPa	7,266827 MPa
Primera tensión principal	-0,00038873 MPa	0,000381318 MPa
Tercera tensión principal	-0,00248887 MPa	0,000118547 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,000000186444 mm
Coefficiente de seguridad	1,5 su	3 su
Tensión XX	-0,00088327 MPa	0,000217031 MPa
Tensión XY	-0,000232745 MPa	0,000277088 MPa
Tensión XZ	-0,000663374 MPa	0,000586356 MPa
Tensión YY	-0,00131873 MPa	0,000216141 MPa
Tensión YZ	-0,00101026 MPa	0,00031728 MPa
Tensión ZZ	-0,00157466 MPa	0,000365025 MPa
Desplazamiento X	-0,0000000684812 mm	0,0000000743013 mm
Desplazamiento Y	-0,00000000630696 mm	0,0000000447117 mm
Desplazamiento Z	0 mm	0,000000182875 mm
Deformación equivalente	0,00000000000127888 su	0,00000000977044 su
Primera deformación principal	0,000000000000668931 su	0,00000000426533 su
Tercera deformación principal	-0,0000000111569 su	-0,00000000000140175 su
Deformación XX	-0,0000000122936 su	0,00000000909595 su
Deformación XY	-0,0000000147594 su	0,0000000175714 su
Deformación XZ	-0,00000000420676 su	0,00000000371836 su
Deformación YY	-0,00000000318302 su	0,00000000772692 su
Deformación YZ	-0,0000000064065 su	0,00000000201202 su
Deformación ZZ	-0,00000000576757 su	0,00000000150488 su

Figura XV.15. Simulación en SolidWorks Árbol

Fuente: Autor

Ejes macizos

en pulgadas

Serie WZ

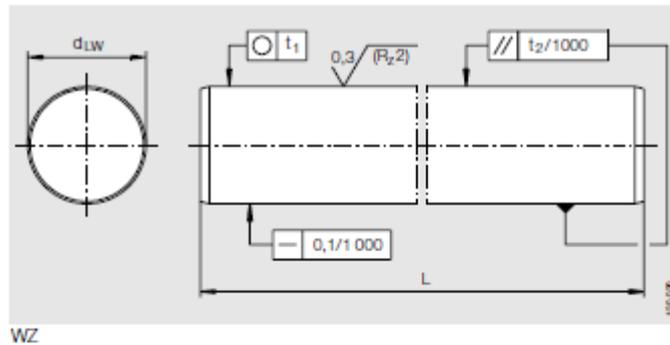


Tabla de medidas - Medidas en mm

Diámetro del eje		Referencia	Peso	Longitud ²⁾	Materiales ¹⁾		Tolerancia	Redondez	Paralelismo	Profundidad de la capa templada
d _{1w}					Acero bonificado	Acero resistente a la corrosión ⁴⁾				
pulgada	mm		kg/m	L _{máx}		X 46 Cr 13	μm	μm	μm	
1/4	6,35	WZ 04	0,25	4000	●	–	–13–25	4	5	
3/8	9,525	WZ 06	0,56	4000	●	●	–13–25	4	6	
1/2	12,7	WZ 08	0,99	4000	●	●	–13–25	5	8	
5/8	15,875	WZ 10	1,55	4000	●	●	–13–25	5	8	
3/4	19,05	WZ 12	2,24	4000	●	●	–13–25	6	9	
7/8	22,22	WZ 14	3,05	4000	●	–	–13–25	6	9	
1	25,4	WZ 16	3,97	4000	●	●	–13–25	6	9	
1 1/8	28,575	WZ 18	4,11	4000	●	–	–13–25	7	11	
1 1/4	31,75	WZ 20	6,22	4000	●	●	–13–25	7	11	
1 3/8	34,95	WZ 22	7,51	4000	●	–	–15–28	7	11	
1 1/2	38,1	WZ 24	8,95	4000	●	●	–15–28	7	11	
2	50,8	WZ 32	15,91	4000	●	–	–15–33	7	11	
2 1/2	63,525	WZ 40	24,85	4000	●	–	–18–38	8	13	
3	76,225	WZ 48	35,79	4000	●	–	–20–43	8	13	

1) Los ejes se fabrican de forma estándar en acero bonificado.
De acero resistente a la corrosión sólo sobre consulta y como ejecución especial.

2) Medición de diferencias de diámetro.

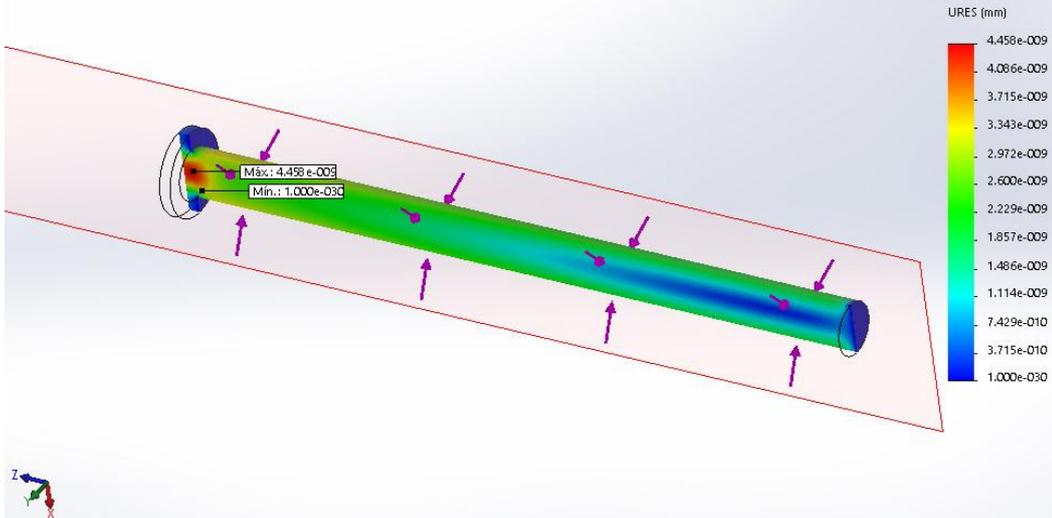
3) Según DIN 6773, parte 3.

4) Reducción de la capacidad de carga para rodamientos lineales a bolas debido a la dureza menor de los ejes (véase Dureza de la superficie de rodadura en aceros especiales, página 5).

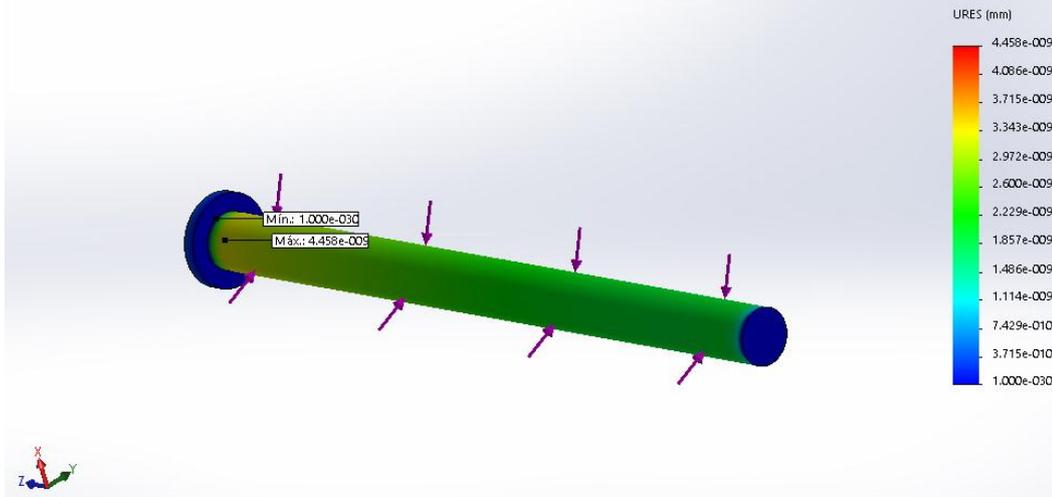
Figura XVI.16.1. Eje Macizo

Anexo XVI Tema: Eje Macizo y Simulación en SolidWorks Eje secundario

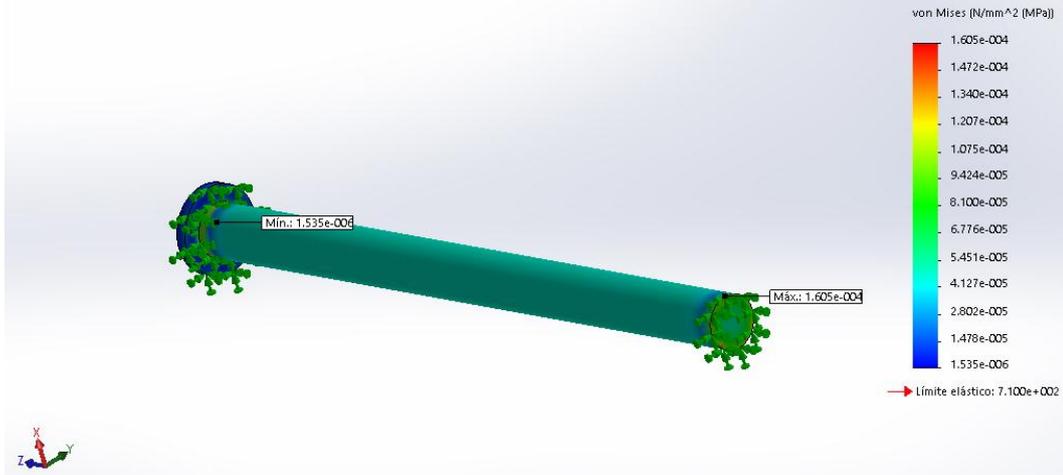
Nombre del modelo: EJE SECUNDARIO
Nombre de estudio: Análisis estático EJE SECUNDARIO(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1



Nombre del modelo: EJE SECUNDARIO
Nombre de estudio: Análisis estático EJE SECUNDARIO(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1



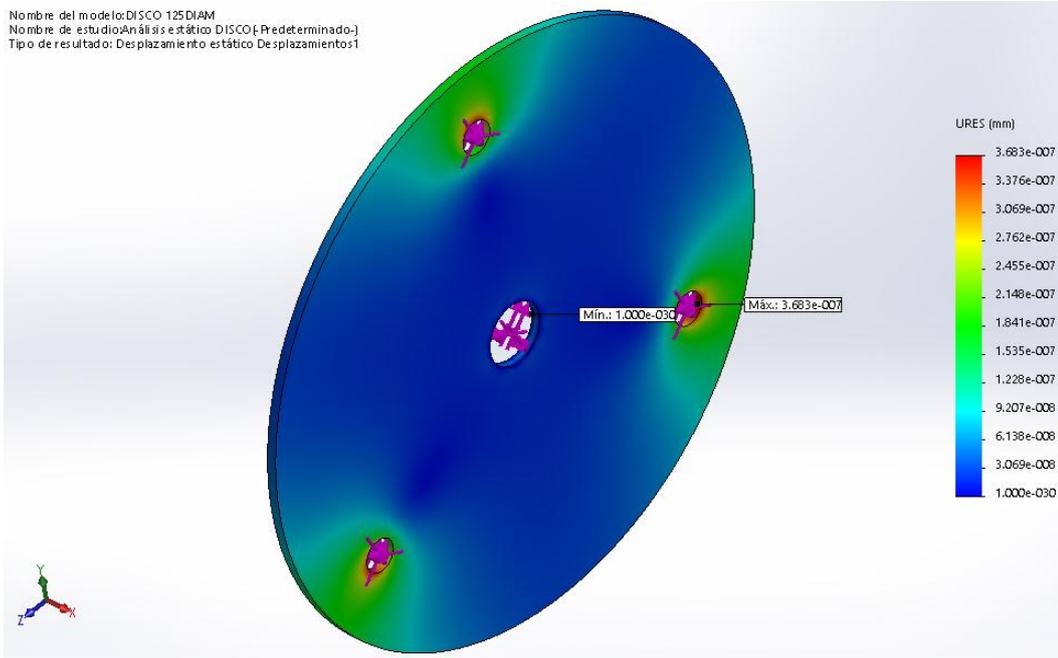
Nombre del modelo: EJE SECUNDARIO
Nombre de estudio: Análisis estático EJE SECUNDARIO[-Predeterminado-]
Tipo de resultado: Análisis estático: Tensión nodal Tensiones1



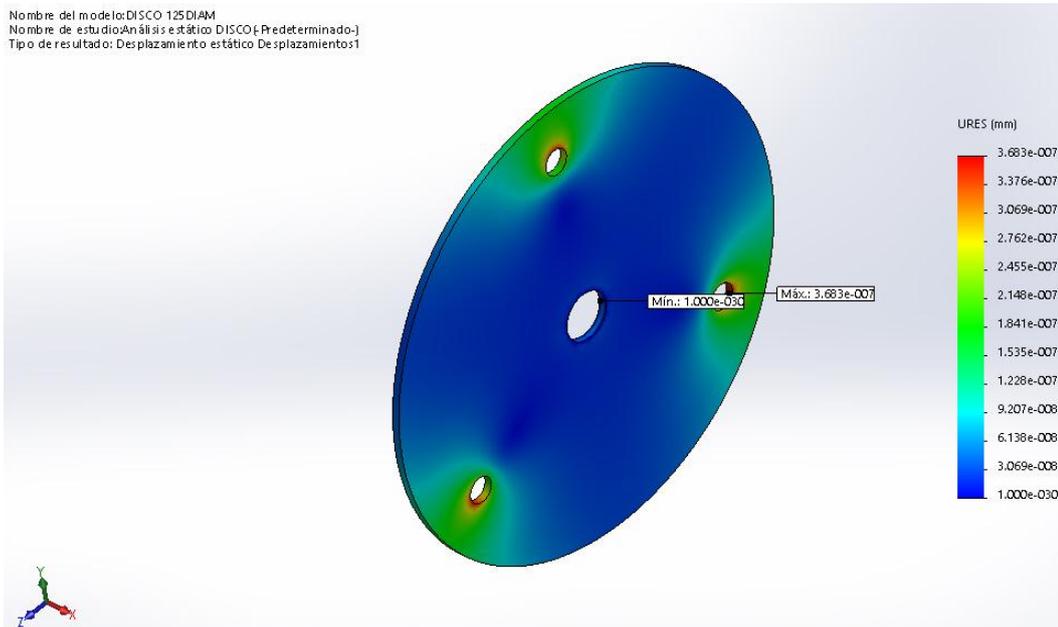
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	28629 mm ³	
Masa	0,621302 kg	
Tensión de Von Mises	0,000001535 MPa	0,0001605 MPa
Primera tensión principal	-0,0205669 MPa	0,0552933 MPa
Tercera tensión principal	-0,0541015 MPa	0,0211057 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0000583661 mm
Coefficiente de seguridad	1,5su	3 su
Tensión XX	-0,0228338 MPa	0,0228321 MPa
Tensión XY	-0,00195539 MPa	0,00171323 MPa
Tensión XZ	-0,00613552 MPa	0,00437495 MPa
Tensión YY	-0,0224213 MPa	0,0232695 MPa
Tensión YZ	-0,00785045 MPa	0,00786242 MPa
Tensión ZZ	-0,051948 MPa	0,0532459 MPa
Desplazamiento X	-0,0000113582 mm	0,000000116748 mm
Desplazamiento Y	-0,0000572765 mm	0 mm
Desplazamiento Z	-0,00000490073 mm	0,00000490017 mm
Deformación equivalente	0,00000000226543 su	0,000000178184 su
Primera deformación principal	0,000000000571807 su	0,000000211601 su
Tercera deformación principal	-0,000000202963 su	-0,00000000437521 su
Deformación XX	-0,0000000586196 su	0,0000000590619 su
Deformación XY	-0,0000000124 su	0,0000000108644 su
Deformación XZ	-0,0000000389082 su	0,0000000277436 su
Deformación YY	-0,0000000669992 su	0,0000000639516 su
Deformación YZ	-0,0000000497834 su	0,0000000498593 su
Deformación ZZ	-0,000000201052 su	0,000000202898 su

Figura XVI.16.2. Simulación en SolidWorks Eje secundario
Fuente: Autor

Nombre del modelo: DISCO 125 DIAM
Nombre de estudio: Análisis estático DISCO [-Predeterminado-]
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1



Nombre del modelo: DISCO 125 DIAM
Nombre de estudio: Análisis estático DISCO [-Predeterminado-]
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1



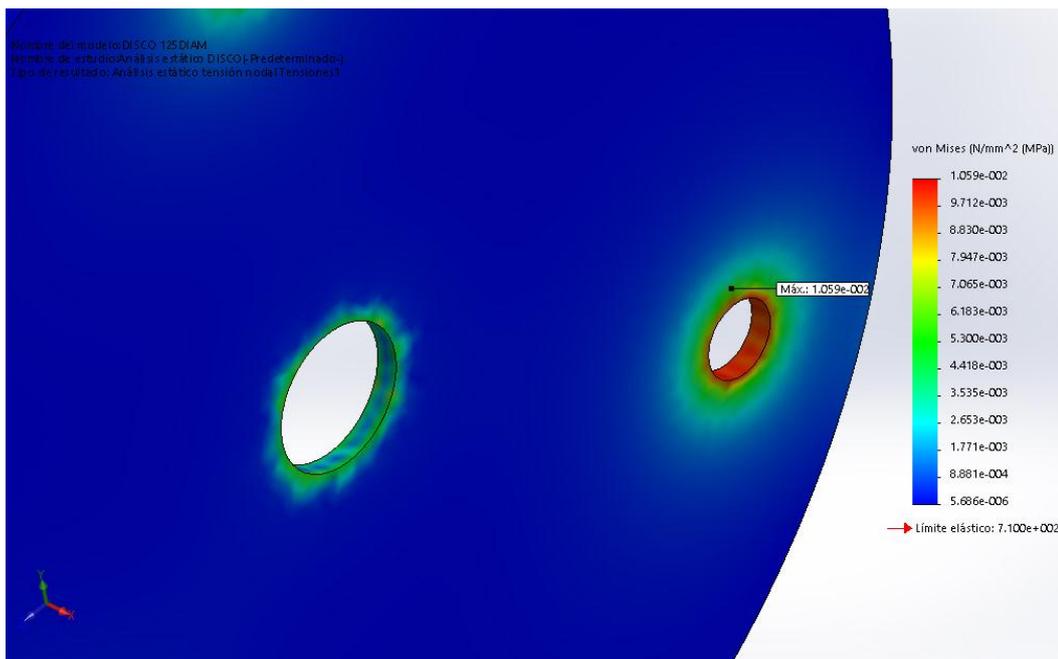
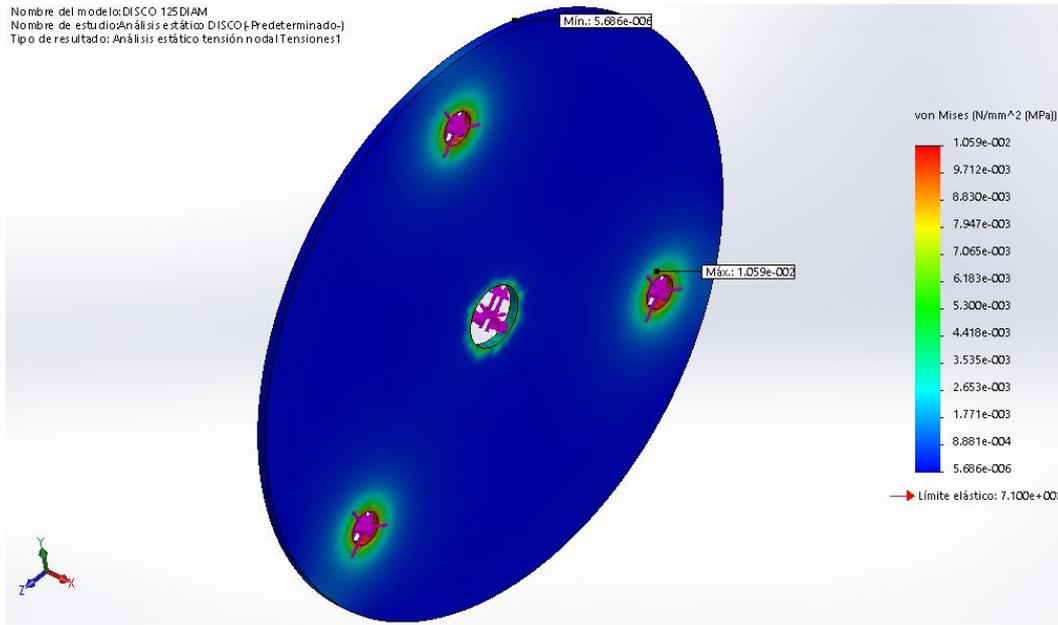


Figura XVII.17. Simulación en SolidWorks Disco porta martillos
Fuente: Autor

	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/9293 Fax: 690-693	
--	--	--

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<p style="text-align: center;">DATOS DEL PROPIETARIO</p> Nombre : Sr. Welintong Bautista Dirección : Pujili Ciudad : Teléfono : 0998574219 Fax :	<p style="text-align: center;">DATOS DE LA PROPIEDAD</p> Nombre : El Tingo Provincia : Cotopaxi Cantón : Pujili Parroquia : La Matriz Ubicación :
---	--

<p style="text-align: center;">DATOS DEL LOTE</p> Cultivo Actual : Cultivo Anterior : Fertilización Ant. : Superficie : Identificación : Arcilla Tingo	<p style="text-align: center;">PARA USO DEL LABORATORIO</p> N° Reporte : 45.736 N° Muestra Lab. : 109783 Fecha de Muestreo : 08/07/2018 Fecha de Ingreso : 09/07/2018 Fecha de Salida : 16/07/2018
---	---

			INTERPRETACION		
Nutriente	Valor	Unidad			
N	56.00	ppm			
P	57.00	ppm			
S	3.80	ppm			
K	0.73	meq/100 ml			
Ca	11.40	meq/100 ml			
Mg	4.40	meq/100 ml			
			BAJO	MEDIO	ALTO
Zn	2.40	ppm			
Cu	8.40	ppm			
Fe	54.00	ppm			
Mn	0.60	ppm			
			BAJO	MEDIO	ALTO
B	1.10	ppm			
			BAJO	MEDIO	ALTO
pH	7.00				
			BAJO	MEDIO	ALTO
Acidez Int. (Al+H)			BAJO	MEDIO	ALTO
Al					
Na					
			ADECUADO	LIGERAMENTE TOXICO	TOXICO
CE					
			No Salino	Lig. Salino	Salino
MO	1.70				
			BAJO	MEDIO	ALTO

Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural		
Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla
2,6	6,0	21,6	16,5					

RESPONSABLE LABORATORIO

LABORATORISTA

Figura XVIII.18. Reporte de análisis de la arcilla

Series de 1, 2, 3 y 4 polos hasta 125A

Tipo	BKN	BKN-c	
Protección	Sobrecarga y cortocircuito		
Corriente nominal	1, 2, 3, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A		
Características	Curva B, C, D		
Número de polos	1p, 1p+N, 2p, 3p, 3p+N, 4p		
Poder de corte	1 polo	2-4 polo	
	1A	6kA en 230/400VCA	6kA en 400VCA
	2A		
	3A		
	4A		
	6A		
	10A		
	16A		
	20A		
	25A		
	32A		
	40A		
50A			
63A			
80A			
100A			
125A			
Estándar	IEC 60898		
Tipo de disparo	Termomagnético		
Durabilidad eléctrica	6000 maniobras		
Montaje	Montaje en carril DIN de 35mm		
Ancho	17.8mm por polo		
Terminales	Tipo túnel (Cable hasta 25mm ²)	Tipo Dual(Túnel & Bomes)	
Contacto auxiliar, AX	 1 Contacto conmutable 6A en 240VCA, 3A en 415VCA(AX) 6A en 230VCA, 3A en 415VCA(AL) 2A en 48VCC, 1A en 125VCC Bomes de caja Sección del cab 2.5mm ² Ancho de 9mm		
Opcional			
Dimensiones	Ver figura 1		
Curva característica	Ver curva 1		

Curva 1 : Tipo BKP, BKN, BKN-b, BKH, RKP

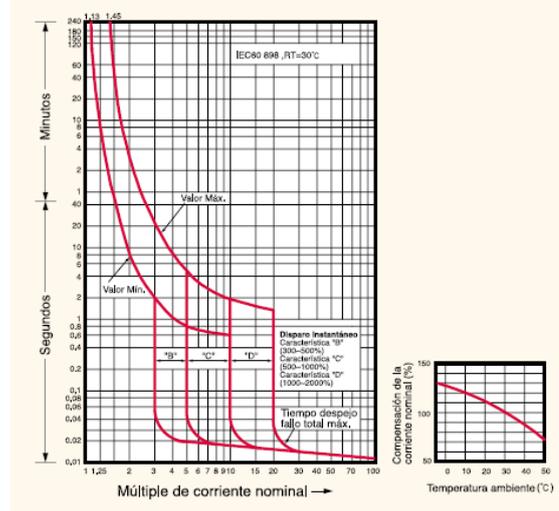


Figura 1 : Tipo BKN & BKN-c

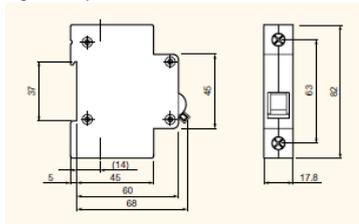


Figura XIX.19. Interruptor termomagnético Ls, curva de activación

Serie Metasol de 18 a 100A

Tipo MC Contactores



Tamaño		18A				22A					
Tipo	Terminales de tornillos	●	●	●	●	●	●	●	●		
Número de polos		3 polos				3 polos					
Tensión nominal, Ue		690V				690V					
Tensión de aislamiento, Ui		690V				690V					
Frecuencia nominal		50/60Hz				50/60Hz					
Máxima tensión de pico, Uimp		6kV				6kV					
Número máximo de ciclos por hora (AC 3)		1800 operaciones por hora				1800 operaciones por hora					
Durabilidad	Mecánica	15 mil. operaciones				15 mil. operaciones					
	Eléctrica	2.5 mil. operaciones				2.5 mil. operaciones					
Intensidad y tensión	AC-1	A	25	25	25	32	25	25	32	40	
	AC-3	200/240V	kW	2.5	2.5	3.5	4.5	2.5	3.5	4.5	5.5
			A	9	11	13	18	11	13	18	22
	380/440V	kW	3	4	5.5	7.5	4	5.5	7.5	11	
		A	7	9	12	18	9	12	18	22	
	500/550V	kW	3	4	7.5	7.5	4	7.5	7.5	15	
		A	6	7	12	13	7	12	13	20	
690V	kW	3	4	7.5	7.5	4	7.5	7.5	15		
	A	4	5	9	9	6	9	9	18		
Clasificación UL (50/60Hz)	Corriente continua	A	25	25	25	32	25	25	40	40	
	Una	110-120V	HP	0.5	0.5	0.75	1	0.5	0.75	1	2
	Fases	220-240V	HP	1.5	1.5	2	3	1.5	2	3	3
		200-208V	HP	2	2	3	5	2	3	5	7.5
	Tres	220-240V	HP	3	3	5	7.5	3	5	7.5	10
	Fases	440-480V	HP	5	5	7.5	10	5	7.5	10	15
	550-600V	HP	7.5	7.5	10	15	7.5	10	15	20	
Tipo NEMA			00	00	0	0	00	00	0	1	
Tamaño y peso	CA control	Peso	0.33				0.34				
		Tamaño (An x Al x P)	45 x 73.5 x 79				45 x 73.5 x 86				
peso	CC control	Peso	0.5				0.51				
		Tamaño (An x Al x P)	45 x 73.5 x 113.7				45 x 73.5 x 117.7				
Auxiliar (Estándar)			1a or 1b				1a1b				
Auxiliar	Montaje lateral		UA-1				UA-1				
	Montaje frontal		AU-2, AU-4				AU-2, AU-4				

Nota) Intensidad mínima del contacto auxiliar CC 17V 5mA.

Figura XX.20. Contactores LS y sus capacidades

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A	18 AWG	10 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A	16 AWG	13 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A	14 AWG	18 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A	12 AWG	25 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Figura XXI.21. Calibre de conductores



FUSIBLES CILÍNDRICOS

GZR

HOJA DE ESPECIFICACIONES

■ GZR ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

	GZR-00-xx	GZR-0-xx	GZR-1-xx	GZR-2-xx
Corriente Nominal (A)	1 - 2 - 4 - 6 - 10 - 16	1 - 2 - 4 - 6 - 10 - 16 - 20 - 25 - 32	2 - 4 - 6 - 10 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50	10 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100 - 125
Voltaje de nominal	500V	500V/690V	500V/690V	500V/690V
Peso Fusible (g)	4.4	7.7	20.5	58
Dimensiones D x L (mm)	8.5x31.5	10x38	14x51	22x58
Fusibles por caja	10	10	10	5
Dimensiones de la caja (mm)	66x47x11	79x55x12	102x74x17	113x61x27
Peso de la caja (g)	50	90	220	315
Capacidad de Corte	500V/100kA y 690V/50kA			
Tiempo de Disparo	Ver curva característica			

■ CARACTERÍSTICAS I²t

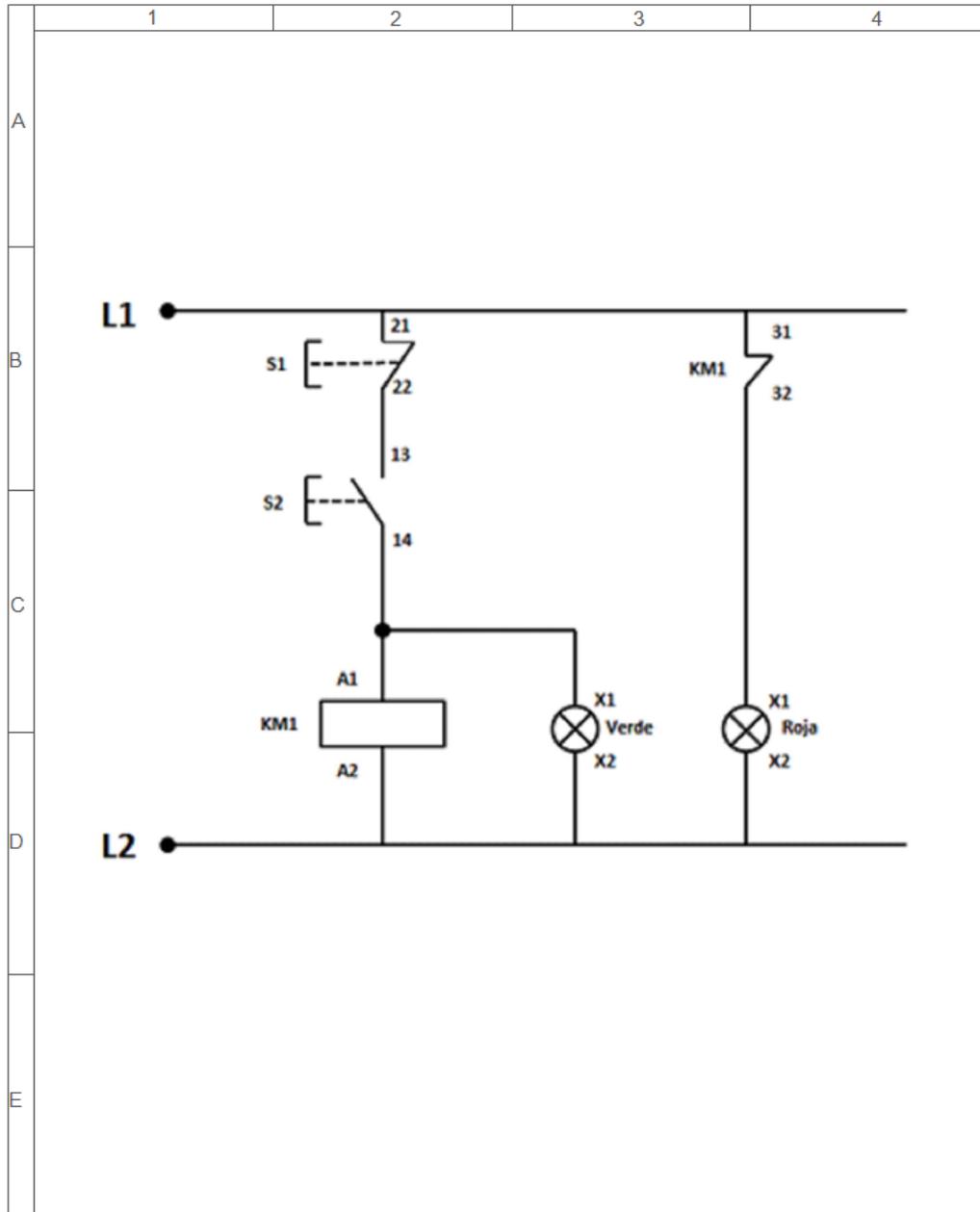
I _n (A)	I ² t Prearco (A ² S)	I ² t 400 V (A ² S)	I ² t 500 V (A ² S)	I ² t 690 V (A ² S)
1	6,5	13,2	15,7	22,0
2	7,0	14,6	17,6	25,0
4	45	90	108	150
6	70	140	166	230
10	120	248	297	420
16	270	536	636	880
20	500	981	1.162	1.600
25	800	1.688	2.034	2.900
32	1.200	2.412	2.871	4.000
40	2.500	4.907	5.808	8.000
50	5.100	11.262	13.728	20.000
63	7.900	16.451	19.762	28.000
80	16.000	37.242	46.000	-
100	28.000	68.072	85.000	-
125	40.000	120.000	-	-

Figura XXII.22. Fusibles

Anexo XXIII

Tema: Diagrama unifilar

1 de 1



				UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
				DIAGRAMA UNIFILAR	
				Escala 1:1	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	 Universidad Técnica de Cotopaxi	
		Dib.	10/07/19	CHANCUSTARPIA	
		Rev.	10/07/19		
		Apro.	10/07/19		



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

ANEXO XXIV

Planos