



Universidad de Holguín
Í Oscar Lucero Moya
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica

TRABAJO DE DIPLOMA

Tema: Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

*Autores: Osmel Antonio Rodríguez Corrales
Armando Ernesto Ramos Benítez*

*Tutores: Dr.C. Ana María Quesada Estrada
Dr.C Julio Cesar Pino Tarragó*

*Holguín 2009
“Año del 50 Aniversario del triunfo de la Revolución”*



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Trabajo de Diploma

PENSAMIENTO

*Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por
Transmisión Flexible.*



PENSAMIENTO

*"Primero se debe inclinar la frente ante los libros para luego
erguirla ante los hombres."*

José Martí





*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Trabajo de Diploma

DEDICATORIA

*Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por
Transmisión Flexible.*



DEDICATORIA

- *A mis padres por haberme dado el apoyo no sólo para mi formación como profesional sino familiar.*
- *A mis abuelos por tener fe en mí y brindarme todo lo que estaba a su alcance.*
- *En general a toda mi familia.*
- *A todos los amigos y amigas que de una u otra forma vieron en mí un verdadero Ingeniero Mecánico.*

Osmel Antonio



DEDICATORIA

- *Una dedicatoria especial a mis padres, Armando y Maira, que ellos fueron la bujía inspiradora para mi, de todo corazón que este título también debiera llevar sus nombres, porque ellos son los verdaderos héroes anónimos.*
- *También se lo dedico a mis hermanas Yoleinis y Yoneisis y a mi cuñado Jorge, que son parte fundamental de la estructura por la que me guío.*
- *Dedico este momento a quien además de novia se ha convertido en mi más cercana amiga, llena de paciencia y de amor conmigo, a mi novia Grétsel Expósito Reyes.*
- *Se lo dedico a todas las personas que en estos momentos están a mi lado y las que no pudieron estar por una u otra razón.*

Armando Ernesto





*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Trabajo de Diploma

AGRADECIMIENTOS

*Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por
Transmisión Flexible.*



AGRADECIMIENTOS

- ❖ *Quisiera agradecer a toda mi familia, especialmente a mis padres y abuelos por el apoyo y colaboración en cada momento de mi formación como Ingeniero y como persona.*
- ❖ *A Julián Echevarria que junto a mi madre contribuyó a la formación y educación.*
- ❖ *Un reconocimiento especial para nuestros tutores que se comportaron muy bien con nosotros y nos ayudaron en todo lo que estaba a su alcance y completa disposición.*
- ❖ *A la profesora Idalia Isla en la parte del diseño y al profesor Verdecía en la fabricación.*
- ❖ *A la Empresa el CITMA en la provincia Holguín por darnos la atención que necesitábamos y contribuir en nuestro trabajo de diploma.*
- ❖ *Al compañero Adrián Milán Alarcón por formar parte de este proyecto aportando conocimientos e ideas aprendidas en la carrera.*





PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Trabajo de Diploma

- ❖ *A mis amigos por compartir muchos momentos alegres a lo largo de estos cinco años.*
- ❖ *A nuestro partido y gobierno revolucionario por habernos ofrecido la oportunidad de estudiar y posibilitar nuestra educación profesional.*

Osmel Antonio

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.



AGRADECIMIENTOS

- ❖ *Agradezco de todo corazón a mis padres, Armando y Maira por todo el sacrificio que conllevo esta obra.*
- ❖ *A mis hermanas Yoleinis y Yoneisis, y mi cuñado Jorge, que nunca descuidaron de mí, lo cual me ayudo mucho.*
- ❖ *A mis amigos de la universidad de Holguín, que de una forma u otra también es suyo este logro.*
- ❖ *A nuestros tutores Ana María y Julio Pino que nunca dudaron para aceptar este reto.*
- ❖ *Y un agradecimiento especial para una persona que siempre estuvo a mi lado en todos estos momentos de arduo trabajo, que es mi novia Grétsel Expósito Reyes.*
- ❖ *En fin agradezco a todas las personas que de una forma u otra tuvieron que ver con este estímulo.*

Armando Ernesto





*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Trabajo de Diploma

RESUMEN

*Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por
Transmisión Flexible.*





PDF Complete
Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

RESUMEN

En este trabajo se plantea el diseño y la tecnología de fabricación de un molino de martillo para triturar piedras a solicitud del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), de la provincia de Holguín. El mismo consta de tres capítulos. En el primero se hace una reseña histórica de los molinos y se muestran algunos tipos de estos. En el capítulo dos se encuentra todo lo referente al diseño en SolidWorks de la máquina y los cálculos de resistencia pertinentes a un grupo de piezas que lo necesitan por su importancia, y en el capítulo III se muestra la tecnología de fabricación. La función a la que debe responder esta máquina es la de obtener el polvo de elementos orgánicos, como lo constituyen distintos tipos de piedra y escombros para la eliminación y luego el aprovechamiento de estos residuos junto a la protección del medio ambiente. Durante la realización de dicho trabajo se aplicaron diversas asignaturas de gran importancia en la Ingeniería Mecánica, que le aportan una notable responsabilidad al diseño, dotándolo de importantes conocimientos las cuales son: Ciencia de los Materiales, Resistencia de los Materiales, Diseño de Elemento de Máquinas, Máquinas Herramientas, Intercambiabilidad y Mediciones Técnicas, entre otras.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.





*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Trabajo de Diploma

ABSTRAT

*Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por
Transmisión Flexible.*





Summary:

In this work the design and the technology of manufacture of a hammered mill to crush stones at the request of the Science Ministry, Technology and Environment are presented (CITMA), for Holguín's province. The same one consists of three chapters. In the first a historic review is made of the mills and some of these are shown In chapter .You will find it relating to the design in Solid Works of the machine and calculations of resistance pertinent to a group of pieces that is needed for this importance, and in the chapter III evidences of the technology of manufacture itself. The function of this machine is the one with obtaining the dust of organic elements, which constitute of distinct types of stone and debris for the elimination and make the use of these leavings the protection of environment. Diverse subjects of study of vital importance in the Mechanical Engineering, the fact that they contribute a notable responsibility to the design were applicable during the realization of said work, endowing it which with important knowledge: Material science , Material Resistance, Machine Design , Machine Tools, Limits and Fits and Technical Measurements, among others.





*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Trabajo de Diploma

ÍNDICE

*Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por
Transmisión Flexible.*



INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE MOLINOS DE MARTILLO TRITURADORES DE PIEDRA POR TRANSMISIÓN FLEXIBLE.	8
1.1 Historia de los Molinos de Martillos.....	8
1.2 Características fundamentales de los molinos de martillo.[.....	10
1.3 Algunos tipos de molinos trituradores de piedra.].....	12
CAPÍTULO II: DISEÑO DEL MOLINO DE MARTILLO TRITURADOR DE PIEDRA POR TRANSMISIÓN FLEXIBLE.	21
2.1 El Diseño del Molino de martillo Triturador de Piedra.	21
2.2 Metodología del Cálculo General del Molino Triturador de Piedra.....	22
2.2.1 Datos Iniciales	22
2.2.2 Determinación de los parámetros generales.	22
2.2.3 Selección del motor eléctrico	22
2.2.4 Determinación de la transmisión total:(Ut).....	23
2.2.5 Determinación de las rpm, potencia y momento torsor del árbol.	23
2.2.6 Cálculo de la transmisión flexible.	24
2.2.7.1 Materiales.....	28
2.2.7.2 Información de cargas y restricciones	28
2.2.7.3 Propiedad del estudio.....	28
2.2.7.4 Contacto	29
2.2.7.5 Resultados de esfuerzos	29
2.2.7.6 Resultados de deformaciones unitarias	29
2.2.7.7 Resultados de desplazamientos	30
2.2.7.8 Resultados de las deformaciones	31
2.3.2.1 Materiales.....	35
2.3.2.2 Información de cargas y restricciones	36
2.3.2.3 Propiedad del estudio.....	36
2.3.2.4 Contacto	36



Estado de contacto: Caras en contacto - Unido	36
2.3.2.5 Resultados de esfuerzos	37
2.3.2.6 Resultados de deformaciones unitarias	37
2.3.2.7 Resultados de los desplazamientos	38
2.3.2.8 Resultados de las deformaciones	38
2.4.1.2 Información de cargas y restricciones	41
2.4.1.3 Propiedad del estudio.....	41
2.4.1.4 Contacto	42
Estado de contacto: Caras en contacto ó Unido	42
2.4.1.5 Resultados de esfuerzos	42
2.4.1.6 Resultados de deformaciones unitarias	42
2.4.1.7 Resultados de desplazamientos	43
2.4.1.8 Resultados de las deformaciones	43
2.4.1.9 Apéndice.....	43
2.5.1.1 Materiales	46
2.5.1.2 Información de cargas y restricciones	46
2.5.1.3 Propiedad del estudio.....	47
2.5.1.4 Contacto	47
Estado de contacto: Caras en contacto ó Un	47
2.5.1.5 Resultados de esfuerzos	48
2.5.1.6 Resultados de deformaciones unitarias	48
2.5.1.7 Resultados de desplazamientos	48
2.5.1.8 Resultados de las deformaciones	49
3.13 Caracterización del sistema de mantenimiento del molino	81
3.13.1Mantenimiento Correctivo.....	81
3.14 Sistema de mantenimiento Preventivo cíclico.....	82
3.15 Estructura del ciclo de mantenimiento y su duración	83
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES	89
BIBLIOGRAFÍA	91

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.



INTRODUCCIÓN

*Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por
Transmisión Flexible.*



INTRODUCCIÓN

Vivimos en un planeta rico en recursos naturales clasificados en renovables y no renovables, los cuales han sido explotados indiscriminadamente para servirnos de ellos desde tiempos muy remotos, sin detenernos a pensar ni un momento qué tiempo más resistirán a este paso, ni en el daño que le estamos haciendo al planeta.

Solo desde hace pocos años se ha comenzado a generalizar el pensamiento ecológico de algunos países, aunque para que esto ocurriese hayan tenido que suceder hasta guerras en el peor de los casos, por la ya eminente realidad que es el agotamiento de algunos recursos naturales como el petróleo.

Disímiles proyectos han surgido en aras de mejorar el entorno de nuestro planeta para lo cual se han tenido que mover millones de dólares en cambios considerables, dígame la firma de protocolos (Kyoto) , la búsqueda de energías alternativas (eólica, solar, etc.), el reciclaje de materiales como plásticos, bronce, aluminio entre otros, de los cuales muchos iban a parar a los mares y ríos de todo el mundo y que ahora se convierten en nuevos productos, aliviando un poco la explotación de la tierra, al igual que la sustitución de químicos que afectaban el ambiente por otros productos menos tóxicos.

Todo lo antes expuesto es de gran importancia si de proteger nuestro planeta se trata, pero surge el inconveniente de que para realizar este tipo de tareas se necesita poner en movimiento considerables sumas de dinero, con lo cual no están de acuerdo los máximos responsables de la contaminación global: las grandes potencias industrializadas. Entonces nos damos cuenta de que la solución solo puede estar en manos de cada persona de cada país, no importa si es pobre o rico, lo que en verdad importa es la idea de que un mundo mejor es posible.

En nuestro país se toman medidas como las antes citadas y otras de gran resultado como la reforestación de bosques y cuencas de ríos, la recolección de materias primas y otras más.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.



**PDF
Complete**

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Trabajo de Diploma

La entidad encargada en Cuba de la investigación acerca de las tecnologías y el medio ambiente es el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, CITMA, esta se crea en 1995 con la unificación de la Academia de Ciencias de Cuba, la Delegación de la Secretaria de Asuntos Nucleares y la Comisión de Medio Ambiente. Esta es la institución estatal que representa este ministerio ante las entidades sociales, organizaciones instituciones, etc.

La mismo posee una estructura de la delegación interna la cual mantiene la empuja lo más unida posible.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.



Estructura Actual de la Delegación Interna del CITMA.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente tiene 15 delegaciones territoriales que ejecutan y controlan en lo que compete, la aplicación de la política trazada por el ministerio en el territorio. Las delegaciones territoriales cumplirán las funciones estatales encargadas al ministerio además de las siguientes:

1-Representar al Ministerio ante las autoridades locales, organismos, asociaciones organizaciones e instituciones del territorio a través de su delegado o quien se designe.

2-Controlar en lo que le compete el funcionamiento de las instituciones y dependencias del sistema del Ministerio que radiquen en su territorio en estrecha coordinación con sus direcciones nacionales.

3-Dirigir y controlar el trabajo de sus especialistas municipales.

4-Dirigir en coordinación con los órganos y organismos que corresponden y con la participación científica, el proceso de elaboración, ejecución y evaluación de los programas territoriales priorizados de investigación científica y de innovación tecnológica y establecer programas y proyectos de investigación científica a nivel del territorio, así como dirigir y controlar el financiamiento de dichos programas.

5-Apoyar el movimiento de los fórum de ciencia y técnica en las entidades investigativas y otros factores sociales del territorio, tanto a nivel municipal como provincial.

6-Dirigir y controlar los proyectos ambientales que se financian a través del fondo nacional del medio ambiente mediante la organización de su convocatoria y distribución a los interesados, la recepción, evaluación y otorgamiento de avales a los proyectos elegibles del territorio, así como el control técnico y contable de la marcha de los mismos.

7-Promover la incorporación de la dimensión ambiental en la política, planes, proyectos programas y demás acciones que realicen los consejos de administraciones provinciales y municipales del poder popular y otras entidades del territorio y controlar su cumplimiento.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

La problemática que enfrenta la empresa actualmente es el incremento de materiales áridos en las calles de Cuba (escombros), que son vertidos diariamente por personas que están en proceso de construcción, y paralelamente aumenta el robo ilegal de arenas de las orillas de ríos y playas para fines constructivos, pudiéndose aprovechar los escombros convirtiéndolos en arena artificial por lo que surge la siguiente **situación problemática**: El aumento de materiales áridos en las ciudades cubanas provoca el análisis para la búsqueda de soluciones para este problema, lo que requiere hacer modificaciones.

Esta situación motivó la necesidad de realizar y proponer un diseño de un pequeño molino de piedras, por lo que surge el **Problema científico** ¿Cómo diseñar y fabricar un molino de piedras que sirva para eliminar los materiales áridos de las ciudades y el aprovechamiento del producto resultante?

Declarando como **Objeto de la investigación**: Diseño y fabricación de molinos.

Campo de acción: El diseño y tecnología de fabricación de molinos de martillo para triturar piedras.

Hipótesis: Si se hace el diseño de un molino de martillo para triturar piedras y se elabora la tecnología de fabricación de algunas piezas del mismo se podrá lograr una mejor limpieza de las calles de nuestras ciudades e influir en el medio ambiente en general.

Objetivos de la investigación: Diseñar un molino de martillo para triturar piedras y elaborar la tecnología de fabricación de piezas del molino.

Tareas de investigación:

1. Analizar las características de trabajo que presenta el molino antes de realizar el diseño, así como los materiales y propiedades de las piezas.
2. Diseñar el molino a partir de los datos obtenidos, utilizando para ello los paquetes de diseño y SolidWorks.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.



PDF Complete
Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

3. Obtener los resultados del cálculo de la resistencia a la fatiga de las piezas fundamentales del molino, así como la determinación del coeficiente de seguridad utilizando el Cosmos Works.
4. Seleccionar la variante de diseño óptima de acuerdo con los principios básicos del ingeniero para elaborar la tecnología de fabricación del molino.
5. Plantear la tecnología de fabricación de algunas piezas de este molino.
6. Confeccionar el informe final.

Métodos de investigación:

Empíricos: Consulta de expertos que dieron vías de solución para la fabricación de la pieza en estudio.

Teóricos: Para el estudio de fuentes de información, procesamiento de los datos científicos de la investigación y las interpretaciones conceptuales de la fundamentación teórica.

Análisis: Análisis de las variantes de cálculo del molino para garantizar el buen funcionamiento del mismo.

Síntesis: A partir del problema planteado se indica como solución la fabricación de las piezas a través del maquinado.

Resultados esperados: Propuesta de diseño del molino y elaboración de la tecnología de fabricación para la utilización del CITMA.

CAPÍTULO I

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE MOLINOS DE MARTILLO TRITURADORES DE PIEDRA POR TRANSMISIÓN FLEXIBLE.

1.1 Historia de los Molinos de Martillos.[14]

FRITSCH se fundó en 1920 como distribuidor de piedras preciosas técnicas en Idar-Oberstein, conocida mundialmente como "la ciudad de las piedras preciosas". Después de la 2ª Guerra Mundial las piedras preciosas para aplicaciones técnicas se sustituyeron progresivamente por los materiales sintéticos. Ante este cambio, FRITSCH encontró una orientación nueva introduciéndose en el campo de equipos de laboratorio para preparación de muestras y análisis de tamaño de partículas en laboratorios de preparación, lo que se ha convertido en nuestro fuerte.

En los años 60, FRITSCH patentó su propio desarrollo independiente: el molino planetario. A éste le siguió en 1985 el primer analizador de tamaño de partículas con un láser de rayo convergente. Y en 1996 llegó el tamizado con un control automático de la resonancia y el molino mono-planetario. Desde entonces, muchas otras innovaciones de FRITSCH han ayudado a resolver problemas en aplicaciones técnicas en laboratorios de todo el mundo.

Desde la fundación de la empresa en 1920, FRITSCH ha pasado de ser comerciante de piedras preciosas técnicas hasta convertirse en proveedor mundial de equipos de preparación de muestras y análisis de tamaño de partículas. Todo comenzó con el mortero a mano para moler y mezclar polvos. Después llegó el desarrollo del Mortero mecánico automático y el Tamizador, hasta la generación revolucionaria actual de los Molinos planetarios, la *línea premium*, y el Z OOMSizer.

En los años 60, FRITSCH patentó por primera vez un desarrollo propio, los molinos planetarios. En años posteriores, esta innovación se desarrolló en una serie de equipos. En 1995, apareció el Molino mono-planetario y en 2000, el Molino planetario "Vario". En 2006, pudimos decir con orgullo: "Hemos mejorado el original con diferencia". La nueva generación de molinos planetarios – la *línea premium* – consolida nuestro liderazgo tecnológico en cuando a los molinos planetarios.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

El desarrollo de nuestra gama de analizadores de tamaño de partículas ha seguido el mismo patrón constante. El Tamizador se convirtió en el Tamizador con control automático de la resonancia. El Analizador láser de partículas con láser de rayo convergente ha evolucionado hasta el Z OOMSizer de hoy en día.

La tradición en FRITTSCH es pensar en “ideas originales”. El Molino mono fue el primer molino planetario con un puesto de molienda; el Analizador de tamaño de partículas fue el primero con un láser de rayo convergente. El Molino oscilatorio de discos con control de transformación de la frecuencia es el primero de esta clase en el mundo. Y nuestro molino más pequeño, el Mini-Molino pulverisette 23, también establece los estándares nuevos en la tecnología de la micro-molienda.



fig. 1. Molino mono-planetario (año 1995)

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.



Fig. 2 .Molino planetario (año 2006)

1.2 Características fundamentales de los molinos de martillo.[4]

Molino de martillo rotatorio: Se basa en el mecanismo de compresión del material entre dos cuerpos. Entre más rápida sea la fuerza de aplicación más rápido ocurre la fractura por el aumento de la energía cinética concentrando la fuerza de fragmentación en un solo punto produciendo partículas que se fracturan rápidamente hasta el límite. Consiste de un rotor horizontal o vertical unido a martillos fijos o pivotantes encajados en una carcasa. En la parte inferior están dotados de un tamiz fijo o intercambiable. Puede operar a más de 1000 rpm haciendo que casi todos los materiales se comporten como frágiles. Se utiliza para el secado de material, granulación ungüentos, pastas húmedas y suspensiones. Los martillos obtusos se utilizan para materiales cristalinos y frágiles, mientras que los afilados se usan para materiales fibrosos.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Este molino puede reducir la partícula hasta $100 \mu\text{m}$. El tamaño de partícula depende de la velocidad del rotor, tamaño del tamiz, y velocidad de introducción del material. El uso de tamices gruesos produce partículas de menor tamaño porque estas atraviesan tangencialmente el orificio debido a la alta velocidad del motor. El tamiz de hoyos circulares es más fuerte pero se usa poco porque tiende a obstruirse. Sin embargo, este se usa para materiales fibrosos. El tamiz cuadrículado a 45 grados se utiliza para materiales cristalinos frágiles y el de hoyos a 90 grados se usa para las suspensiones ya que estos tienden a atascarse fácilmente. En algunos molinos el tamiz cubre toda la carcasa y la alimentación se hace paralela al eje. Estos modelos están diseñados para moler suspensiones que tienen entre 40 - 80% de sólidos y que oponen resistencia al flujo. En general, estos molinos producen partículas con una distribución de frecuencias cerrada, pero si la carga es alta, el tiempo de retención del material se prolonga produciéndose más finos de forma esférica. Para la producción de partículas finas o ultra finas (inyectables) ($1 - 20 \mu\text{m}$), se utiliza una alta velocidad junto con aire clasificado para la remoción del material hasta un tamaño aceptable.

Estos molinos son fáciles de limpiar y operar, además permiten cambiar sus tamices, y operan en un sistema cerrado reduciendo el riesgo de explosión y contaminación cruzada.

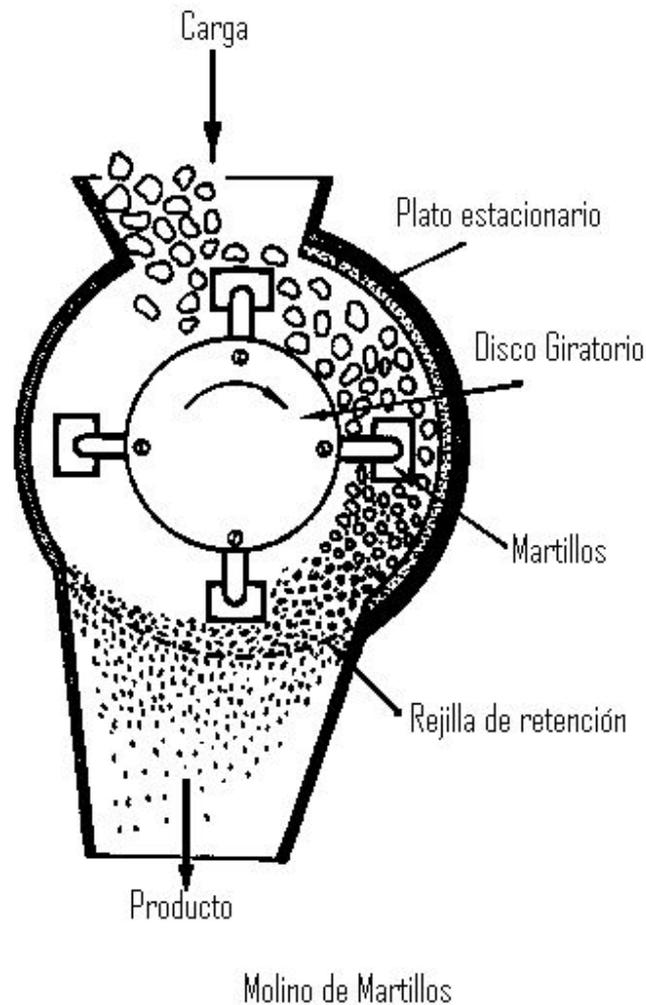


fig3. Estructura de un Molino de Martillo

1.3 Algunos tipos de molinos trituradores de piedra. [6, 13, 7,8]

❖ Molino de martillo PIG

Los Molinos a martillos PIG están caracterizados por la alta relación de reducción granulométrica en el tratamiento de arcillas de todo tipo, mezclas cerámicas con porcentaje considerable de inertes y materias primas de baja y media dureza.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Formados por una carcasa en chapa de gran espesor oportunamente revestida en su interior por corazas circulares y laterales cubiertas en material anti-desgaste, por un rotor sobre el cual se montan los martillos moledores en aleación especial de larga duración, por un grupo martillo desterronador y por rejillas calibradores. Los molinos a martillos tipo PIG pueden utilizarse en operaciones de pre-triturado y/o molido en ciclo cerrado de materias primas con un tenor de humedad hasta el 12-14%. Esta posibilidad está garantizada por la aplicación de un equipamiento de calentamiento a bordo de la máquina con control automático de los parámetros eléctricos y térmicos para optimizar los consumos y obtener los mejores rendimientos productivos.



Fig. 4 Molino de martillo PIG

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

❖ Trituradora de quijada

La trituradora de quijada es para el machucamiento primario y secundario de las menas, cuyas intensidades de resistencia no superan a 320MPa y los materiales grandes. Y los materiales también pueden ser piedra angular y piedra de construcción. Esta trituradora se usa ampliamente en las industrias de mina, eperlano, materiales de construcción, calzada, ferrocarril y obras hidráulicas, etc.

➤ **Característica de la trituradora de quijada:**

1. La estructura es simple y es fácil mantener.
2. El tamaño del grano de producto es regular.

➤ **Estructura y Elemento:**

Cuando trabaja, el motor conduce el eje excéntrico girar por correa, haciendo la quijada movida acercarse y separarse a la quijada fijada. Así los materiales se introducen, se trituran en pequeños granos. Antes de usar, tienen que examinar las piezas, especialmente las partes de lubricante y pernos. En las partes de lubricante se asegura de llenar suficiente aceite. Y fijan los pernos. Luego limpian las purgas en cavidad de trituradora. En la operación no alimenten demasiado materiales. Son fáciles a dañarse las placas de quijada movida y fijada, placas de protección de ambos lados y placas de arriba.



Fig. 5 Trituradora de quijada

❖ Molinos de Martillo GD

Van Aarsen diseña, fabrica y suministra Molinos de martillos para las aplicaciones más difíciles en las industrias de alimentos compuestos, para mascotas y procesamiento de madera con base en una experiencia de 60 años.

Los molinos de martillos abarcan capacidades de 10 a 100 toneladas por hora, dependiendo de la materia prima, la fórmula y estructura de molienda requerida y pueden ser incorporados a los sistemas de pre-molienda así como de post-molienda como una solución a la molienda completa incluyendo tolva de espera, alimentador, limpiador magnético, molino de martillos, tolva de descarga, filtro de aspirado, ventilador y sistema de control.

➤ Características del Molino de Martillos GD

- Nivel bajo de ruido
- La mayor superficie de molienda en la industria
- Máxima utilización operativa
- Tiempo mínimo de inactividad por mantenimiento

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

- Construcción sólida de bajo mantenimiento
- Dispositivo de alimentación compacto con rodillo dosificador de velocidad variable para control fino de la carga y la función de entrada de aire
- Imán y recipiente recolector para la separación automática de partes ferrosas incluido en el dispositivo
- Motores de alta eficiencia energética con acoplamiento directo al rotor del molino de martillos
- Posibilidad de utilizar el convertidor de frecuencia para clientes con requerimientos específicos de molienda e incremento de la flexibilidad
- Limpieza automática de imán
- Gran rotor de diseño innovador con martillos de posición escalonada que garantiza una mayor superficie de golpeo
- Construido enteramente de acuerdo a las más recientes normas y estándares de seguridad y sanitarias.



Fig. 6 Molinos de Martillo GD

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

❖ Trituradora de Cono

➤ **Aplicación de la trituradora de cono:**

La trituradora de cono se aplica extensamente en industria metalúrgica, de la construcción, del edificio del camino, química y fosfática. Es conveniente para las rocas y los minerales duros y mediados-duros, tales como minerales de hierro, minerales de cobre, piedra caliza, cuarzo, granito, grit stone, etc. El tipo de la cavidad machacante es decidido por el uso de los minerales. De tipo Standard está para agolpamiento secundario; el tipo medio está para agolpamiento terciario; el tipo del corto-cabeza está para el agolpamiento primario y secundario.

➤ **Características principales de la trituradora de cono:**

1. Alta productividad; alta calidad
2. Menos tiempo de parada de la máquina
3. Mantenimiento fácil y bajo costo
4. Capacidad machacante única en el machucamiento primario, secundario y terciario.

➤ **Estructura y Elemento:**

La trituradora de cono consiste en el marco, dispositivo de transmisión, eje excéntrico del hueco, cojinete en forma de cuenco, machacando el cono, los resortes y la estación de la presión hidráulica para ajustar la abertura de la descarga.

Durante la operación, el motor conduce la cáscara del eje excéntrico a la vuelta alrededor con un árbol horizontal y un par del engranaje cónico. El eje de trituradora de cono hace pivotar con la fuerza de la cáscara del eje excéntrico de modo que la superficie de la pared machacante esté cerca de la pared del mortero del rodillo de vez en cuando. De esta manera, los minerales y las rocas serán presionados y torcidos y machacados.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.



Fig. 4 Trituradora de Cono

Los Molinos de Martillo le ofrecen las siguientes ventajas:

- Gran versatilidad por la sencillez en su operación.
- Sistema de martillos fijos u oscilatorios.
- Martillos de doble vida de fácil intercambio.
- Sencillez en el cambio de cribas.
- Variación de velocidad mediante inversor de frecuencia controlado manualmente o por microprocesador digital PLC (opcional).
- Facilidad al cambiar sus piezas y por consiguiente fáciles de limpiar.
- Poseen gran robustez.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

- Ocupan poco espacio y tienen una gran capacidad de molienda.
- Cuentan con una boca de alimentación grande y un diseño moderno y seguro con deflector para evitar que el producto regrese.
- Tolva de descarga con salida directa del producto.
- Alto rendimiento

CAPÍTULO II

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

CAPÍTULO II: DISEÑO DEL MOLINO DE MARTILLO TRITURADOR DE PIEDRA POR TRANSMISIÓN FLEXIBLE.

2.1 El Diseño del Molino de martillo Triturador de Piedra. [10]

En el diseño mecánico, la máquina a proyectar debe satisfacer las condiciones técnicas que, ante todo, se refieran a su rendimiento, fiabilidad, plazo deseable de servicio, su costo (inicial y en explotación), sus características de peso, fácil arme y desarme, facilidad de mantenimiento. En ciertos casos se formulan exigencias complementarias relacionadas con su tamaño y posibilidades de transporte, el grado de uniformidad de rotación, trabajo silencioso, sencillez y facilidad de mando, y una ubicación que no incida perjudicialmente con el medio ambiente circundante.

Durante el diseño, el cumplimiento de dichos requisitos se asegura mediante el esquema cinemática elegido y sus parámetros principales; las dimensiones y formas de los elementos de máquinas determinadas en función de los regímenes de aplicación; la tecnología preestablecida de fabricación de piezas. Además es preciso destacar requisitos que se plantean ante los elementos por separado como resistencia mecánica, rigidez, resistencia a la vibración y al calor, propiedades tecnológicas admisibles de la estructura, posibilidad de fabricar dichos elementos de materiales no escasos y su fácil reciclaje. Por lo tanto, un cálculo seguro es posible solo cuando ya se sabe la forma y las dimensiones absolutas de la pieza, así como otros datos que caracterizan su trabajo en conjunto. Por eso, los cálculos preliminares permiten determinar solo las dimensiones iniciales solo para proyectar la pieza y el conjunto, y solamente en casos sencillísimos pueden ser definitivos, entonces estos cálculos se denominan de proyecto.

Por cuanto en el proceso de diseño se debe hallar la solución óptima, es decir, la solución que satisfaga mejor los distintos requerimientos, la búsqueda de tal solución exige habitualmente la elaboración de distintas variantes de estructura, su confrontación y aprecio.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2.2 Metodología del Cálculo General del Molino Triturador de Piedra.

2.2.1 Datos Iniciales:

- Potencia que consume el órgano de trabajo: 4kW
- rpm necesarias en el órgano de trabajo: 3000
- Transmisión flexible: Por poleas y correas.
- Tiempo de vida útil: 2.100000 horas

2.2.2 Determinación de los parámetros generales.

Determinación de la eficiencia total de la transmisión: (N_t)

(N_c) Eficiencia de los pares de cojinetes = 0,99

(N_{tf}) Eficiencia de la transmisión flexible = 0.96

$$N_t = N_{coj} \cdot N_{tf}$$

$$N_t = 0,99 \cdot 0.96$$

$$N_t = 0.95$$

2.2.3 Selección del motor eléctrico: [2]

$$N_t = N / N_m \quad N: \text{Potencia del órgano de trabajo}$$

$$N_m = N / N_t \quad N_m: \text{Potencia necesaria del motor}$$

$$N_m = 4\text{kW} / 0.95 = 4.21\text{kW}$$

Para la selección del motor eléctrico es necesario conocer la potencia mínima que debe tener el motor para entregar 4kW. Para ello es que se calcula: N_m

Con este valor de potencia necesaria se busca en un catálogo de motores: -En este caso el motor seleccionado es de tipo (4a132s4y3) el cual tiene 7.5kW de potencia y 1800 rpm, peso 68kg y es un motor trifásico.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2.2.4 Determinación de la transmisión total:(Ut)

$$Ut = n1/n2 \quad n1 = 1800 \text{ r.p.m} \quad n2 = 3000 \text{ r.p.m}$$

$$Ut = 0.6$$

2.2.5 Determinación de las rpm, potencia y momento torsor del árbol.

Según la explicación anterior se recomienda para la transmisión por correa $Uc=2$.

Utilizando las siguientes expresiones se obtienen los valores de rpm, potencia y momento del árbol.

$$Ut = ne/ns \quad ns: \text{rpm del árbol}$$

ne: rpm de motor

$$Mto = 9550 = N/n \quad N: \text{potencia}$$

n: rpm del árbol tratado

$$Nt = N^*/Nm \quad N^*: \text{potencia del árbol}$$

Nm: potencia del motor

ÁRBOL1 (MOTOR)

ÁRBOL2

$$n1 = 1800 \text{ rpm}$$

$$n2 = 3600 \text{ rpm}$$

$$Mto1 = 39.79 \text{ N/n}$$

$$Mto2 = 19.1 \text{ N/m}$$

$$N1 = 7.5 \text{ kW}$$

$$N2 = 7.2 \text{ kW}$$

$$Mto1 = 9550 N/n$$

$$N2 = N1 \cdot Ntf$$

$$Mto2 = 9550 N2/n$$

$$Mto1 = 9550 \cdot 7.5 \text{ kW} / 1800 \text{ rpm}$$

$$N2 = 7.5 \text{ kW} \cdot 0.96$$

$$Mto2 = 9550 \cdot 7.2 \text{ kW} / 3600 \text{ rpm}$$

$$Mto1 = 39.79 \text{ N/m}$$

$$N2 = 7.2 \text{ kW}$$

$$Mto2 = 19.1 \text{ N/m}$$

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2.2.6 Cálculo de la transmisión flexible. [3]

La transmisión por correas consta de una polea conductora y otra conducida y de una correa montada sobre las poleas con tensión, correa que transmite la fuerza circunferencial por rozamiento. Son posibles las transmisiones con dos o tres poleas conducidas.

El uso principal de las transmisiones por correas es el siguiente: accionamiento de máquinas – herramientas por motores eléctricos de poca y media potencia, el accionamiento de generadores eléctricos, máquinas agrícolas, y pequeños motores primarios (de combustión interna).

Correas trapeciales: Son correas de sección trapezoidal con caras laterales de trabajo, que funcionan en poleas con ranuras de perfil apropiado. La profundidad de estas ranuras debe ser tal que entre la superficie interior de la correa y el fondo de la ranura de la polea quede una holgura.

La transmisión flexible que se propone es por poleas y correas trapecial, debido a que la distancia entre el motor y el árbol es pequeña.

1)- Metodología de cálculo y dimensionamiento de la transmisión flexible.

a) Datos de entrada:

- potencia del motor: 7.5
- Relación de transmisión: $U_c=2$
- Tipo de servicio: Medio
- Distancia entre centros: $A=450\text{mm}$
- Diámetro de la polea conducida: 100mm

b)- Cálculo del diámetro de la polea conductora:

$$U_c = D/d$$

D: diámetro de la polea conductora

d: diámetro de la polea conducida

$$D = 200\text{mm}$$

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

c)- Se verifican los datos obtenidos:

Se deben cumplir que los diámetros obtenidos sean mayores que los recomendados. Se seleccionó una correa de sección A donde $b_{pm}=11\text{mm}$, $b_{0m}=13\text{mm}$, $h=8\text{mm}$, $y_{0m}=2.8\text{mm}$, $F_{cm2}=0.81$, $D_{min}=90$ por lo que su diámetro es menor que el de la polea el cual es 100mm .

Dimensiones de la ranuras $h_0=3.5\text{mm}$, $H=12.5\text{mm}$, $t=16\text{mm}$, $c=10\text{mm}$, $\phi=36$.

d)- Cálculo del de abrazo:

Condición fundamental: $\Theta > 180$ ----hay resbalamiento

$$\Theta = 2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{D-d}{2A} \right) \quad D: \text{diámetro de la polea conductora}$$

$$\Theta = 2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{200\text{mm} - 100\text{mm}}{2 \cdot 450\text{mm}} \right)$$

$$\Theta = 167.24 \quad d: \text{diámetro de la polea conducida}$$

Cumple con la condición fundamental.

e) Cálculo de la longitud de paso:[Lp]

$$L_p = 2A + \pi/2(D+d) + (D+d)^2/4A$$

$$L_p = 2 \cdot 450\text{mm} + 3.14/2(200\text{mm} + 100\text{mm}) + (200\text{mm} + 100\text{mm})^2/4 \cdot 450\text{mm}$$

$$L_p = 137.55\text{mm}$$

-Para normalizar la longitud:

$$L_p^* = L_s^* + K \quad \text{donde: } L_p^* - \text{longitud de paso normalizado}$$

L_s^* - longitud normalizada

K - coeficiente (tabla 17.4 de 5)

$$L_s = L_p - K \quad K = 73.66\text{mm}$$

$$L_s = 1376.55\text{mm} - 73.66\text{mm}$$

$$L_s = 1302.89\text{mm} \text{-----se normaliza en tablas}$$

$$L_s^* = 1407.29\text{mm} \text{-----normalizado}$$

Se obtiene finalmente $Lp^*=1480.48\text{mm}$

f)-Cálculo de la potencia nominal:

$$C\phi=0.97$$

$$Np=N \cdot C\phi \cdot Cl$$

$$Cp=0.8$$

$$Cp$$

$$Cl=0.99$$

$$Np=\frac{7.5\text{kW} \cdot 0.97 \cdot 0.99}{0.8}$$

$$0.8$$

$$Np=9.0\text{kW}$$

g) Cálculo de la velocidad que alcanza la polea:

$$V=\frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$

$$60$$

$$V=\frac{3.14 \cdot 0.10\text{m} \cdot 1800\text{rpm}}{60}$$

$$60$$

$$V=9.14\text{m/s}$$

h) Cálculo del numero de correas:

$$Zr=N/(Np-Lz)$$

$$Zr=7.5\text{kW}/(9.0\text{m/s} \cdot 0.95)$$

$$Zr=0.87$$

Como $Zr < 1$ solo se necesita 1 correa

i)-Cálculo de la fuerza máxima:[Qmax]

$$Q_{\max}=3 \cdot \int \cdot F \cdot (\text{sen}/2)$$

F: fuerza de la sección de la correa

$$Q_{\max}=3 \cdot 12.2 \cdot 796 (\text{sen}126.24^\circ/2) \quad \int: \text{tensión durante el arranque (se busca en la}$$

$$Q_{\max}=3227.85\text{kgf/cm}^2$$

tabla 27 del [].

j)-Fuerzas tangenciales

$$Fta=N/V$$

$$Fta=7.5\text{kW}/9.42\text{m/s}$$

$$Fta=0.796\text{kn}=796\text{N}$$

Dimensiones de la ranuras de la correa:

$$h_1=3.5, H=12.5, t=16, c=10, b \text{ con } 34^\circ=13.1, b \text{ con } 36^\circ=13.3, \text{ con } 38^\circ=13.4, \text{ y con } 40^\circ=13.5,$$

la longitud de la correa es de 888.4mm

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

k) Selección del material de las poleas: [10]

El material de las poleas debe tener una resistencia suficiente a tensiones variables y al desgaste y además buena resistencia al rozamiento.

Las poleas se pueden fabricar de diferentes materiales: hierro fundido (para velocidades menores de 30m/s), aleaciones de aluminio (para cuando se requieren de reiteradas paradas y arranques en cortos periodos de tiempos), y de aceros de construcción para estructuras soldadas y para grandes velocidades)

El material escogido para la elaboración de las poleas es el hierro de fundición gris. Este es el material principal para la construcción de maquinarias y, en comparación con otros materiales para maquinas, tiene buenas propiedades de fundición, resistencia media, pequeño alargamiento de rotura y, por consiguiente, limitada resistencia al choque, satisfactoria resistencia al desgaste, rozamiento interior notable (capacidad de amortiguar las oscilaciones) y baja sensibilidad al calentamiento. La baja resistencia del hierro de fundición gris, en comparación con el acero, se explica en lo principal, por las inclusiones de grafito, que producen la concentración interior de tensiones.

El hierro de fundición gris, o simplemente fundición gris, se usa principalmente para la construcción de las piezas con configuración relativamente compleja, que requieren piezas fundidas en bruto cuando no existen exigencias rigurosas a las dimensiones exteriores ni a la masa de las piezas, y también en caso de bajas velocidades de deslizamiento por las superficies de rozamiento.

2.2.7 Cálculos de verificación del diseño. [16]

Se desarrollaron los cálculos de verificación del diseño utilizando los software SolidWorks y Cosmos Works que permiten hacer el análisis de tensiones (esfuerzo estático, utilizando el criterio de Von Misses), desplazamientos y coeficiente de seguridad. El material utilizado fue tomado de la biblioteca de materiales del Cosmos Works. La fuerza en la cual ejerce la polea conducida es de 19,1N/m.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2.2.7.1 Materiales

Nº	Nombre de pieza	Material	Masa	Volumen
1	Part3	Fundición gris	1.3336 kg	0.000185222 m ³

2.2.7.2 Información de cargas y restricciones

Restricción	
Restricción-1 <Part3 estudio cosmo>	activar 4 Cara(s) fijo.
Descripción:	

Carga	
Fuerza-1 <Part3 estudio cosmo>	activar 2 Cara(s) aplicar momento de torsión 19.1 N-m con respecto a la referencia seleccionada Cara < 1 > utilizando distribución uniforme
Descripción:	Carga secuencial

2.2.7.3 Propiedad del estudio

Información de malla	
Tipo de malla:	Malla con elementos sólidos tetraédricos
Mallado utilizado:	Estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	5.7019 mm
Tolerancia:	0.2851 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	7958
Número de nodos:	12558

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Información del solver	
Calidad:	Alta
Tipo solver:	de Solver tipo FFE
Opción:	Incluir efectos térmicos
Opción térmica:	Introducir temperatura
Opción térmica:	Temperatura de referencia a deformación unitaria cero: 298 Kelvin

2.2.7.4 Contacto

Estado de contacto: Caras en contacto – Unido

2.2.7.5 Resultados de esfuerzos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	VON: Tensiones von Mises	6618.63 N/m ² Nodo: 410	(- 2.13632e- 015 mm, 17.5319 mm, -46.8256 mm)	1.66307e+006 N/m ² Nodo: 6329	(19.3304 mm, -2.5 mm, 18 mm)

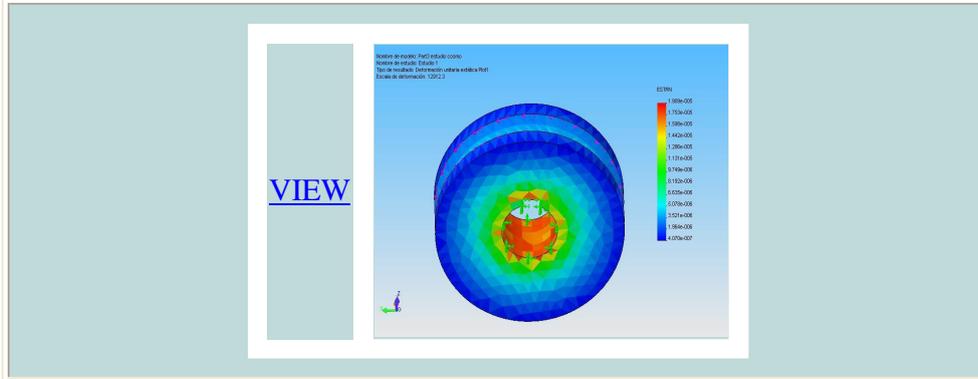
2.2.7.6 Resultados de deformaciones unitarias

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	4.06984e- 007 Elemento: 6767	(27.9956 mm, -26.1997 mm, -41.5743 mm)	1.90903e- 005 Elemento: 3096	(22.8171 mm, 4.08837 mm, 19.2468 mm)

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Part3 estudio cosmo-Estudio 1-Deformaciones unitarias-Plot1

JPEG

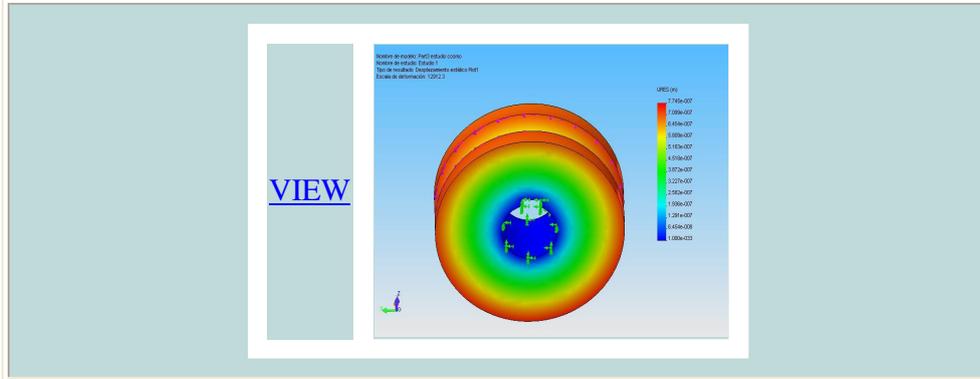


2.2.7.7 Resultados de desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	URES: Desplazamientos resultantes	0 m	(28.9956 mm,	7.74473e- 007 m	(8 mm, 5.22642 mm,
		Nodo: 323	-5 mm, 14.1421 mm)	Nodo: 856	-49.7261 mm)

Part3 estudio cosmo-Estudio 1-Desplazamientos-Plot1

JPEG

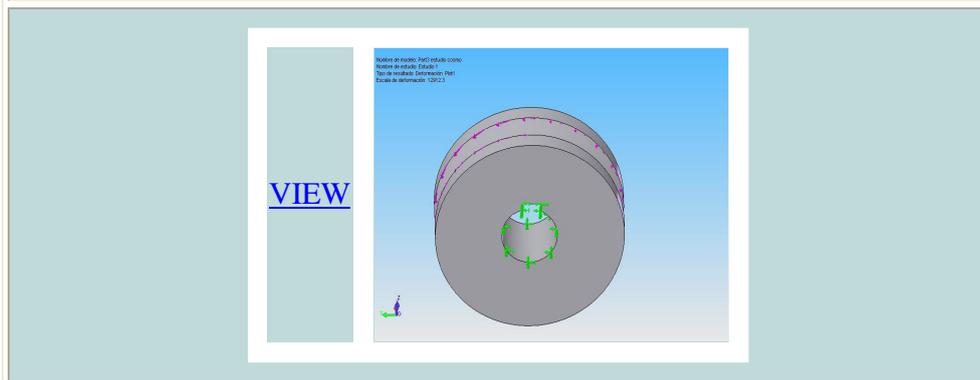


2.2.7.8 Resultados de las deformaciones

N° de trazado	Factor de escala
1	12912

Part3 estudio cosmo-Estudio 1-Deformación-Plot1

JPEG



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2.2.7.9 Resultados de verificación de diseño



2.2.7.10 Apéndice

Nombre de material: Fundición gris

Descripción:

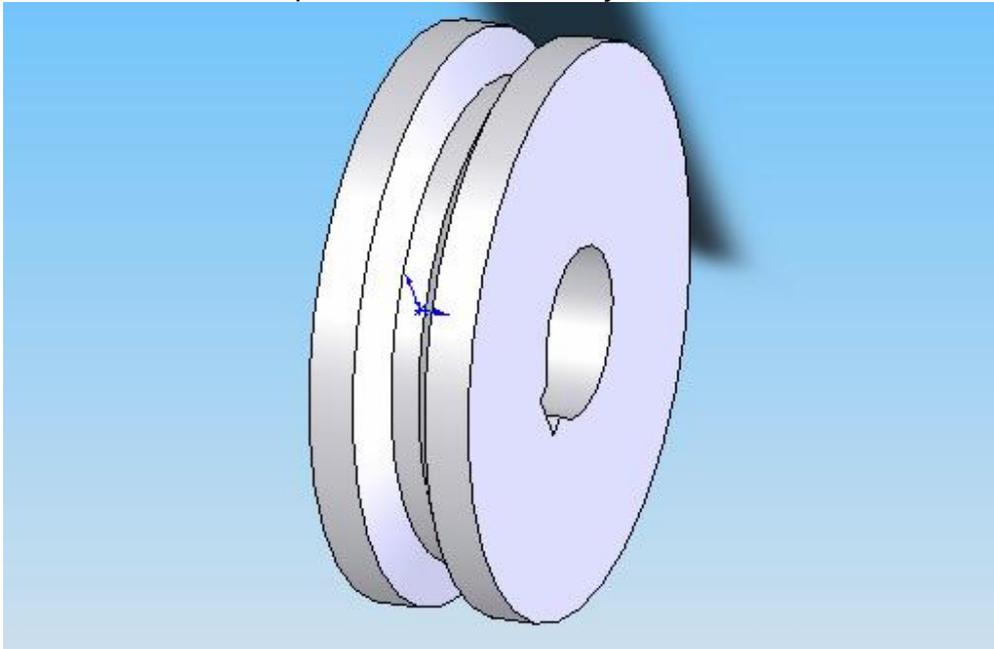
Origen del material: Archivos de biblioteca

Nombre de biblioteca de materiales: solidworks materials

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	6.6178e+010	N/m ²	Constante
Coefficiente de Poisson	0.27	NA	Constante
Módulo cortante	5e+010	N/m ²	Constante
Densidad	7200	kg/m ³	Constante
Límite de tracción	1.5166e+008	N/m ²	Constante
Límite de compresión	5.7217e+008	N/m ²	Constante
Coefficiente de dilatación térmica	1.2e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica	45	W/(m.K)	Constante
Calor específico	510	J/(kg.K)	Constante

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Polea conducida acoplada al árbol de trabajo



Resultados utilizando los software SolidWorks y Cosmos Works.

- Desplazamiento: 7.745e-007m (ver Anexo 1)
- Tensiones: 1.663e+006 N/m² (ver Anexo 2)
- Coeficiente de seguridad: 91 (ver Anexo 3)

La polea resiste ampliamente las fuerzas para la cual esta diseñada.

2.3 Cálculo de Proyección del árbol de Trabajo. [1]

El árbol a diseñar es el elemento destinado a transmitir el momento de torsión a lo largo de su eje y a sostener las piezas giratorias de la maquina. Este desempeña su labor girando sobre los cojinetes. Ya que debido a la fuerza de que transmiten el mismo, generalmente soportan, además de los momentos de torsión, las fuerzas transversales y los momentos de torsión, las fuerzas transversales y los momentos de flexión.

Su función principal es la de recibir la fuerza enviada del motor eléctrico mediante la transmisión flexible al cual recibe una potencia de 7.2 kW alcanzado velocidades de

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

hasta 3600 rpm necesarias para realizar su función. En sus extremos dependen para su trabajo de unos apoyos con sus rodamientos lo cual provoca el desgaste por fricción.

2.3.1 Selección del material de este árbol de trabajo.

El material a seleccionar para la fabricación del árbol debe cumplir tres requisitos fundamentales:

- Buena resistencia mecánica de acuerdo con las condiciones de trabajo.
- Buena maquinabilidad.
- Resistencia al desgaste.

Teniendo en cuenta estas condiciones se ha establecido la siguiente clasificación que ayuda a la selección de los mismos.

- Para cargas bajas: Aceros de Construcción CT-3, CT-4, CT-5 sin tratamiento térmico.
- Para cargas medias: Aceros al carbono Ac 30, 40, 45, 50 con tratamiento térmico.
- Para grandes cargas: Aceros aleados 40CrNi, 20CrNi, 20Cr

En este caso se propone un Acero al carbono Ac45 con tratamiento térmico par la elaboración del árbol y las cargas que este soporta en el molino. Además para lograr minimizar los costos que este nos pueda causar y gastos mayores en cuanto a su reparación.

❖ Propiedades del material seleccionado para el diseño del árbol.

- ✚ La dureza es de 55 HRC.
- ✚ El limite de fluencia 52 kg. /mm²
- ✚ El límite de resistencia 75 kg. /mm²

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Se le aplica un tratamiento térmico de alta frecuencia.

Este material forma parte de los aceros termo mejorables (0,3-0,5%C) para evitar el desarrollo de la fragilidad de revenido, estos se dividen en los siguientes grupos;

1. Aceros al carbono con un diámetro crítico (10-12) mm
2. Aceros de baja aleación al cromo con un diámetro crítico (15-20) mm
3. Aceros aleados con un diámetro crítico (20-250) mm
4. Aceros al níquel (1%) y otras aleaciones, diámetro crítico (30-40) mm
5. Aceros al níquel (2-3%) y otras aleaciones, diámetro crítico (hasta 100 mm)

➤ En este caso utilizamos un acero termo mejorable del primer grupo.

El primer grupo lo componen aceros al carbono simple que se emplean generalmente en estado normalizado o sin tratamiento térmico. En algunos casos,

para las piezas de 10-15 mm de diámetro, en que puede obtenerse una templabilidad más o menos satisfactoria y una deformación relativamente pequeña, puede utilizarse el acero al carbono con tratamiento térmico de mejorar (temple + revenido de 500-550°C).

2.3.2 Representación gráfica en el SolidWorks 2003. [15,16]

Se debe señalar que la representación grafica del árbol se desarrollo mediante el programa que genera los datos para abrir el SolidWorks 2003 o una versión menor y realizar el diseño de la pieza con los datos obtenidos del cálculo.

2.3.2.1 Materiales

Nº	Nombre de pieza	Material	Masa	Volumen
1	eje	Acero al carbono no aleado 45	2.95337 kg	0.000378637 m ³

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2.3.2.2 Información de cargas y restricciones

Restricción	
Restricción-1 <ejeareglado 1>	activar 2 Cara(s) fijo.
Descripción:	

Carga	
Fuerza-1 <ejeareglado 1>	activar 9 Cara(s) aplicar momento de torsión 19.1 N-m con respecto a la referencia seleccionada Cara< 1 > utilizando distribución uniforme
Descripción:	Carga secuencial

2.3.2.3 Propiedad del estudio

Información del solver	
Calidad:	Alta
Tipo solver:	de Solver tipo FFE
Opción:	Incluir efectos térmicos
Opción térmica:	Introducir temperatura
Opción térmica:	Temperatura de referencia a deformación unitaria cero: 298 Kelvin

2.3.2.4 Contacto

Estado de contacto: Caras en contacto - Unido

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2.3.2.5 Resultados de esfuerzos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	VON: Tensiones von Mises	2605.07	(-232 mm, 2.5772 mm, 21.0666 mm)	2.11678e+008 N/m ² Nodo: 12214	(-105.25 mm,
		N/m ²			6.10105 mm,
		Nodo: 12809			13.7032 mm)
Plot2	VON: Tensiones von Mises	2605.07	(-232 mm, 2.5772 mm, 21.0666 mm)	2.11678e+008 N/m ² Nodo: 12214	(-105.25 mm,
		N/m ²			6.10105 mm,
		Nodo: 12809			13.7032 mm)
Plot3	VON: Tensiones von Mises	2605.07	(-232 mm, 2.5772 mm, 21.0666 mm)	2.11678e+008 N/m ² Nodo: 12214	(-105.25 mm,
		N/m ²			6.10105 mm,
		Nodo: 12809			13.7032 mm)

2.3.2.6 Resultados de deformaciones unitarias

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.10483e-008	(-232.102 mm, 2.09029 mm, 20.5912 mm)	0.000765212 Elemento: 3286	(-102.298 mm,
		Elemento: 1244			1.25892 mm,
					13.5075 mm)

2.3.2.7 Resultados de los desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	URES: Desplazamientos resultantes	0 m Nodo: 27	(-109 mm, 10 mm, -17.3205 mm)	0.000283147 m Nodo: 11	(-5.51073e-016 mm, 12 mm, -5 mm)

2.3.2.8 Resultados de las deformaciones

Nº de trazado	Factor de escala
1	129.14

2.3.2.9 Apéndice

Nombre de material: Acero al carbono no aleado

Descripción:

Origen del material: Archivos de biblioteca

Nombre de biblioteca de materiales: solidworks materials

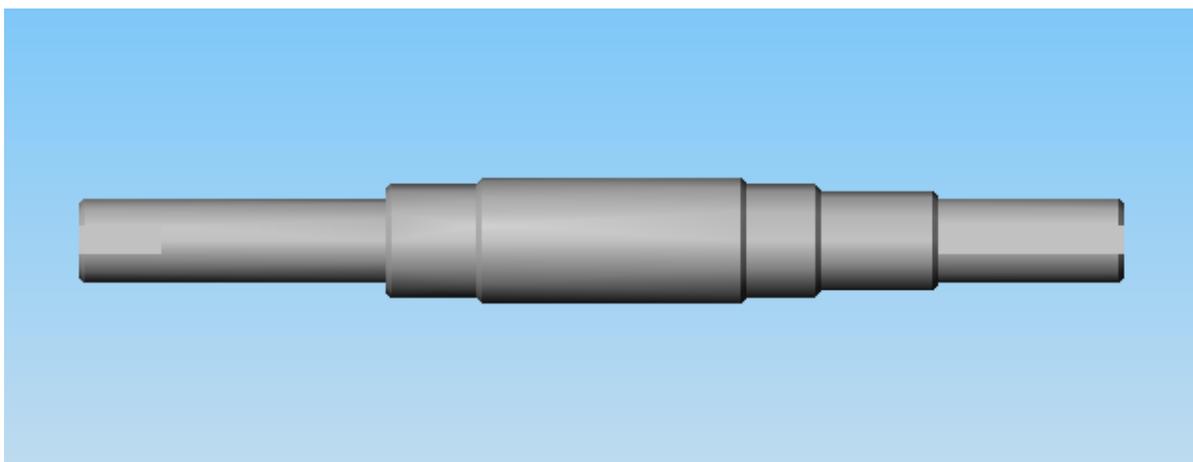
Isotrópico elástico línea

Tipo de modelo del material:

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2.1e+011	N/m ²	Constante
Coefficiente de Poisson	0.28	NA	Constante
Módulo cortante	7.9e+010	N/m ²	Constante
Densidad	7800	kg/m ³	Constante
Límite de tracción	3.9983e+008	N/m ²	Constante
Límite elástico	2.2059e+008	N/m ²	Constante
Coefficiente de dilatación térmica	1.3e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica	43	W/(m.K)	Constante
Calor específico	440	J/(kg.K)	Constante

Árbol de trabajo



Interpretación de los valores obtenidos por el Cosmos Works reflejan

- Desplazamiento: 2.596e-004m (ver Anexo 5)
- Tensiones: 2.117e+008 N/m² (ver Anexo 6)
- Coeficiente de seguridad: 1.0 (ver Anexo7)

Teniendo en cuenta el factor de seguridad.

- Un factor de seguridad inferior a 1.0 en una ubicación significa que el material de esa ubicación ha cedido y que el diseño no es seguro.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

- Un factor de seguridad es de 1.0 en una ubicación significa que el material de esa ubicación ha empezado a ceder.
- Un factor de seguridad superior a 1.0 en una ubicación significa que el material de esa ubicación no ha cedido.

2.4 Cálculo y dimensionamiento del portacuchilla acoplado al árbol de trabajo. [1, 15,16]

El portacuchilla es una de las piezas más importantes de la moledora de piedras ya que recibe todo el esfuerzo transmitido por el árbol y a su vez el impacto con las roca ha triturar. Esta debe ser diseñada con el objetivo de que resista todo tipo de carga para la cual esta asignada las dimensiones de la misma esta en dependencia de el lugar en el que va a realizar su trabajo y en correspondencia con el árbol. Como la sección del árbol mide 65mm de largo, esta debe de medir lo mismo con el objetivo de compactarse más con el árbol, que es con el que está realizando su función.

A esta pieza fundamental irán soldadas en sus extremos cuchillas de 10mm de espesor y 65 de largo, con una altura después de montada de 12mm. La misma en su interior posee una chaveta prismática a una longitud de 65mm y ancho de 10mm.

Con respecto al material para la fabricación de la misma, para no permitir rotura alguna. Es por eso que se propone a un acero al carbono Ac45 al igual que el árbol, lo que por las condiciones de trabajo no se le propicia el tratamiento térmico, en su estructura simple nos garantiza la fiabilidad necesaria para su funcionamiento.

2.4.1 Representación grafica del portacuchilla

2.4.1.1 Materiales

Nº	Nombre de pieza	Material	Masa	Volumen
1	Portacuchilla	Acero al carbono no aleado 45	1.9992 kg	0.000256307 m ³

2.4.1.2 Información de cargas y restricciones

Restricción	
Restricción-1 <portacuchilla estudio 1>	activar 4 Cara(s) fijo.
Descripción:	

Carga		
Presión-1 <portacuchilla estudio 1>	activar 12 Cara(s) con presión 14000 N/m² a lo largo de la dirección normal a la cara seleccionada	Carga secuencial
Descripción:		

2.4.1.3 Propiedad del estudio

Información de malla	
Tipo de malla:	Malla con elementos sólidos tetraédricos
Mallado utilizado:	Estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	6.3539 mm
Tolerancia:	0.3177 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	6816
Número de nodos:	10862

Información del solver	
Calidad:	Alta
Tipo solver:	de Solver tipo FFE
Opción:	Incluir efectos térmicos
Opción térmica:	Introducir temperatura
Opción térmica:	Temperatura de referencia a deformación unitaria cero: 298 Kelvin

2.4.1.4 Contacto

Estado de contacto: Caras en contacto ó Unido

2.4.1.5 Resultados de esfuerzos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	VON: Tensiones von Mises	289.308 N/m ²	(14.1421 mm, 14.1421 mm, 31.5 mm)	20664.2 N/m ²	(-39.6863 mm, -5 mm, 3.15 mm)
		Nodo: 820		Nodo: 9207	

2.4.1.6 Resultados de deformaciones unitarias

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2.05368e-009	(11.9617 mm, -11.0344 mm, 29.5284 mm)	7.83863e-008	(-5.50127 mm, -36.4614 mm, 34.0483 mm)
		Elemento: 2175		Elemento: 6217	

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2.4.1.7 Resultados de desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	URES: Desplazamientos resultantes	0 m	(13.5355 mm, 6.46447 mm, 0 mm)	8.94151e-010 m	(-39.6863 mm, -5 mm, 0 mm)

2.4.1.8 Resultados de las deformaciones

N° de trazado	Factor de escala
1	9.2966e+006

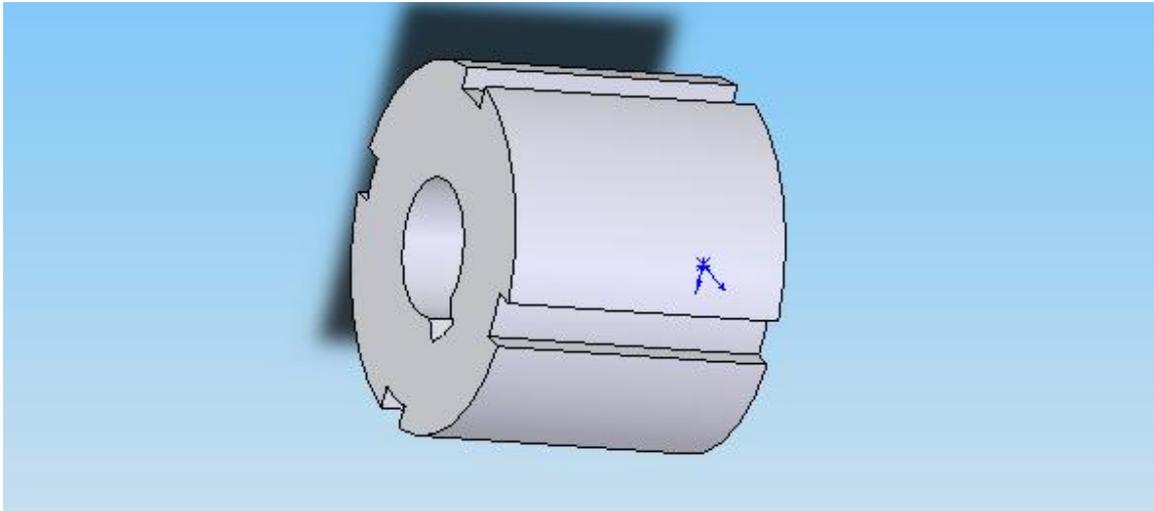
2.4.1.9 Apéndice

Nombre de material:	Acero al carbono no aleado
Descripción:	
Origen del material:	Archivos de biblioteca
Nombre de biblioteca de materiales:	solidworks materials
Tipo de modelo del material:	Isotrópico elástico lineal

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2.1e+011	N/m ²	Constante
Coefficiente de Poisson	0.28	NA	Constante
Módulo cortante	7.9e+010	N/m ²	Constante
Densidad	7800	kg/m ³	Constante
Límite de tracción	3.9983e+008	N/m ²	Constante
Límite elástico	2.2059e+008	N/m ²	Constante
Coefficiente de dilatación térmica	1.3e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica	43	W/(m.K)	Constante
Calor específico	440	J/(kg.K)	Constante

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Portacuchilla del molino triturador de piedra



Por los resultados obtenidos por el programa de trabajo llegamos a la conclusión de que el portacuchilla está en perfectas condiciones de trabajo el cual soporta todo tipo de fuerzas tanto estáticas como el desplazamiento en el lugar que va a realizar su función. Al final del estudio realizado a la pieza llegamos a los resultados siguientes.

- Desplazamiento: $8.94e-010m$ (ver Anexo 9)
- Tenciones: $2.066e+004 N/m^2$ (ver Anexo 10)
- Coeficiente de seguridad: 1.1 (ver Anexo 11)

Es decir que si resiste para lo cual fue diseñada.

2.5 Análisis de esfuerzos dinámicos de la cuchilla encargada de trabajar a impacto ensamblada al portacuchilla. [10, 15,16]

La cuchilla de la maquina moledora es el elemento más fundamental para el diseño del molino ya que es la encargada de triturar las piedras para obtener un resultado final que es el polvo la cual sus dimensiones son de 10mm de espesor 65mm de largo esta pieza debe cumplir al máximo los requisitos para su tarea específica la cual es triturar piedras a media carga debe de ser de un material resistente al impacto, resistente al desgaste y económicamente factible por lo que escogemos un AC 65 al Manganeso. Los aceros al manganeso se encuentran de 0,5% a 0,7% de carbono y de 0,8% a 1,2% de manganeso.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Los materiales para muelles han de tener altas y estables en el tiempo propiedades elásticas. No conviene construir los muelles de materiales de baja resistencias. La masa de muelles geoméricamente semejantes, con carga preestablecida y con desplazamiento elástico, es inversamente proporcional al cuadrado de la tensión admisible.

❖ Propiedades del material seleccionado para el diseño de las cuchillas del molino.

En la práctica industrial, el límite de elasticidad a la tracción suele oscilar entre 8,83.108Pa y 1,77.109Pa, dependiendo del uso y de las características de dimensión, composición, etc.

Para que un muelle funcione normalmente, el valor del límite de elasticidad debe ser muy elevado y próximo a las cifras antes señaladas, y como la resistencia a la rotura suele oscilar de un 10 a un 40% superior al límite elástico, es decir, de 9,81.108Pa y 2,35.108Pa.

Los materiales principales para los muelles son: aceros altos en carbono 65, 70; aceros al manganeso 65r; aceros silicio 60C2A; aceros al cromo-vanadio 50xΦA.

Los aceros altos en carbono, como los aceros más barato, se emplean mucho para los muelles con dimensiones de las secciones de las espiras hasta 15mm.

Los aceros al manganeso, siliciosos y al cromo-manganeso poseen características mecánicas más altas y mejor calcinación, que permite emplear con éxito estos.

En nuestro trabajo por las condiciones de trabajo de las cuchillas escogemos para el diseño de las mismas un Ac65r es decir un acero al manganeso el cual posee unas propiedades mecánicas convincentes para la fabricación de las cuchillas ya que posee una alta dureza superficial. Sin embargo, existen un acero austenítico que en las condiciones de rozamiento ordinario por grandes presiones (y en ausencia de desgaste puramente por abrasión) siendo baja su dureza (de HB 200-250 solamente), tiene una gran resistencia al desgaste. Contiene un 13 de Mn, este acero se utiliza fundido y, con menos frecuencia, deformado en caliente.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

El tratamiento térmico de este acero consiste en el temple en agua desde (1050-1100°C). Con un enfriamiento rápido en agua detiene totalmente la precipitación de los carburos y se forma una estructura puramente austenítica.

Este acero posee la alta tenacidad y plasticidad típica de los aceros austeníticos, al mismo tiempo que una resistencia bastante buena. Las características mecánicas aproximadas de este acero fundido y templado para conseguir la austenización completa son las siguientes: El límite de fluencia (80-100 kg. /mm², el límite de resistencia de 26-40 kg. /mm² y la dureza HB 180-220.

Las características de plasticidad del acero se empeoran si la temperatura de revenido es superior a 200°C-300°C, debido a que precipitan los carburos.

2.5.1 Representación grafica de las cuchillas.

2.5.1.1 Materiales

N°	Nombre de pieza	Material	Masa	Volumen
1	cuchillas	AISI 1020	0.15168 kg	1.92e-005 m ³

2.5.1.2 Información de cargas y restricciones

Restricción	
Restricción-1 <estudio de la cuchilla 1>	activar 2 Cara(s) fijo.
Descripción:	

Carga	
Fuerza-1 <estudio de la cuchilla 1>	activar 1 Cara(s) aplicar fuerza -43.07 N normal a plano de referencia con respecto a la referencia seleccionada Cara< 1 > utilizando distribución uniforme
Descripción:	Carga secuencial

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2.5.1.3 Propiedad del estudio

Información de malla	
Tipo de malla:	Malla con elementos sólidos tetraédricos
Mallador utilizado:	Estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	2.6787 mm
Tolerancia:	0.13394 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	6292
Número de nodos:	10031

Información del solver	
Calidad:	Alta
Tipo solver:	de Solver tipo FFE
Opción:	Incluir efectos térmicos
Opción térmica:	Introducir temperatura
Opción térmica:	Temperatura de referencia a deformación unitaria cero: 298 Kelvin

2.5.1.4 Contacto

Estado de contacto: Caras en contacto ó Un

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2.5.1.5 Resultados de esfuerzos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	VON: Tensiones von Mises	1038.35 N/m ² Nodo: 8623	(20 mm, 80 mm, 1.2 mm)	195609 N/m ² Nodo: 10004	(11.25 mm, 4 mm, 12 mm)
Plot2	VON: Tensiones von Mises	1038.35 N/m ² Nodo: 8623	(20 mm, 80 mm, 1.2 mm)	195609 N/m ² Nodo: 10004	(11.25 mm, 4 mm, 12 mm)

2.5.1.6 Resultados de deformaciones unitarias

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	9.09621e-010 Elemento: 5840	(19.375 mm, 0.666667 mm, 0.6 mm)	8.52237e-007 Elemento: 5977	(10.8658 mm, 1.62067 mm, 11.6571 mm)

2.5.1.7 Resultados de desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	URES: Desplazamientos resultantes	0 m Nodo: 1	(0 mm, 2.1684e-016 mm, 12 mm)	8.65975e-009 m Nodo: 319	(20 mm, 0 mm, 12 mm)
Plot2	URES: Desplazamientos resultantes	0 m Nodo: 1	(0 mm, 2.1684e-016 mm, 12 mm)	8.65975e-009 m Nodo: 319	(20 mm, 0 mm, 12 mm)
Plot3	URES:	0 m	(0 mm,	8.65975e-	(20 mm,

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

	Desplazamientos resultantes	Nodo: 1	2.1684e-016 mm, 12 mm)	009 m Nodo: 319	0 mm, 12 mm)
Plot4	URES: Desplazamientos resultantes	0 m Nodo: 1	(0 mm, 2.1684e-016 mm, 12 mm)	8.65975e-009 m Nodo: 319	(20 mm, 0 mm, 12 mm)
Plot5	URES: Desplazamientos resultantes	0 m Nodo: 1	(0 mm, 2.1684e-016 mm, 12 mm)	8.65975e-009 m Nodo: 319	(20 mm, 0 mm, 12 mm)

2.5.1.8 Resultados de las deformaciones

N° de trazado	Factor de escala
1	9.7529e+005

2.5.1.9 Apéndice

Nombre de material: AISI 1020

Descripción:

Origen del material: Archivos de biblioteca

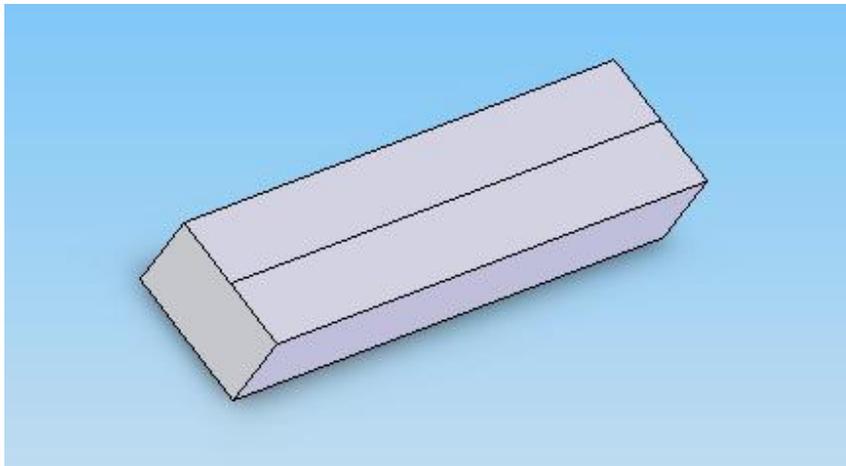
Nombre de biblioteca de materiales: solidworks materials

Tipo de modelo del material: Isotrópico elástico lineal

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2e+011	N/m ²	Constante
Coefficiente de Poisson	0.29	NA	Constante
Módulo cortante	7.7e+010	N/m ²	Constante
Densidad	7900	kg/m ³	Constante
Límite de tracción	4.2051e+008	N/m ²	Constante
Límite elástico	3.5157e+008	N/m ²	Constante
Coefficiente de dilatación térmica	1.5e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica	47	W/(m.K)	Constante
Calor específico	420	J/(kg.K)	Constante

Cuchillas del molino de martillo



Resultados del Cálculo obtenidos por el software.

- Desplazamiento 8.660e-009m (ver Anexo 13)
- Tensiones: 1.9566+005 N/m² (ver Anexo 14)
- Coeficiente de seguridad: 1.8e+003 (ver Anexo 15)

Resiste la carga asignada para su destino de servicio.

2.6 Dimensionamiento de la carcasa del molino.

Para las dimensiones optimas de la carcasa es necesario obtener una verdadera precisión de las dimensiones de las piezas que van a formar parte de la estructura final del molino ya que ella es la encargada de cubrir todas las partes del mismo, esta deben ser robustas de acero soldado que aguanten cualquier carga excepcional.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2.7 Calculo de las tolerancias de ajustes entre el agujero y el árbol de trabajo.

- ❖ Ajuste entre el agujero del porta cuchilla y el árbol.

Para este tipo de ajuste es necesario obtener las verdaderas dimensiones de las piezas para no cometer errores. Por las características de cómo va a ser montada la pieza y la función que va a realizar escogemos un ajuste prensado lo cual fue seleccionado en libro de intercambiabilidad y mediciones técnicas y el ajuste entre el agujero y el eje es un 30H7U7. Este mismo ajuste le damos a la polea conducida y al árbol de trabajo.

$D_{\text{máx}} = E_s + D_o$	$d_{\text{máx}} = e_s + d_o$
$D_{\text{máx}} = 0.025 + 30$	$d_{\text{máx}} = 0.085 + 30$
$D_{\text{máx}} = 30.025$	$d_{\text{máx}} = 30.085$

$D_{\text{mín}} = E_i + D_o$	$d_{\text{mín}} = e_i + d_o$
$D_{\text{mín}} = 0 + 30$	$d_{\text{mín}} = 0.060 + 30$
$D_{\text{mín}} = 30$	$d_{\text{mín}} = 30.060$

$T_d = D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}}$	$T_d = d_{\text{máx}} - d_{\text{mín}}$
$T_d = 30.025 - 30$	$T_d = 30.085 - 30$
$T_d = 0.025$	$T_d = 0.025$

$J_{\text{máx}} = D_{\text{máx}} - d_{\text{mín}}$	$J_{\text{mín}} = D_{\text{mín}} - d_{\text{máx}}$
$J_{\text{máx}} = 30.025 - 30.060$	$J_{\text{mín}} = 30 - 30.085$
$J_{\text{máx}} = -0.035$	$J_{\text{mín}} = -0.085$

$T_a = J_{\text{máx}} - J_{\text{mín}}$
$T_a = -0.035 - (-0.085)$
$T_a = 0.12$

- ❖ Ajuste entre los cojinetes y el árbol de trabajo es de 40H7S7.

$D_{\text{máx}} = E_s + D_o$	$d_{\text{máx}} = e_s + d_o$
$D_{\text{máx}} = 0.025 + 40$	$d_{\text{máx}} = 0.068 + 40$
$D_{\text{máx}} = 40.025$	$d_{\text{máx}} = 40.068$

$D_{\text{mín}} = E_i + D_o$	$d_{\text{mín}} = e_i + d_o$
------------------------------	------------------------------

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

$$D_{\min} = 0 + 40$$
$$D_{\min} = 40$$

$$d_{\min} = 0.043 + 40$$
$$d_{\min} = 40.043$$

$$T_d = D_{\max} - D_{\min}$$
$$T_d = 40.025 - 40$$
$$T_d = 0.025$$

$$T_d = d_{\max} - d_{\min}$$
$$T_d = 40.085 - 40.043$$
$$T_d = 0.025$$

$$J_{\max} = D_{\max} - d_{\min}$$
$$J_{\max} = 40.025 - 40.43$$

$$J_{\min} = D_{\min} - d_{\max}$$
$$J_{\min} = 40 - 40.068$$

$$J_{\max} = -0.018$$

$$J_{\min} = -0.068$$

$$T_a = J_{\max} - J_{\min}$$
$$T_a = -0.018 - 0.068$$
$$T_a = 0.086$$

CAPÍTULO III

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

CAPITULO III: ELABORACION DE LA RUTA TECNOLÓGICA PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS FUNDAMENTALES DEL MOLINO DE MARTILLO TRITURADOR DE PIDRAS.

3.1 Procesos de Manufactura [9].

Para la elaboración previa de estas piezas de fundamental importancia para poner en práctica el Molino de Martillo es necesario someter los materiales en bruto a un proceso de manufactura el cual, en su sentido más amplio, es el proceso de convertir la materia prima en productos. Incluye el diseño del producto, la selección de la materia prima y la secuencia de procesos a través de los cuales será manufacturado el producto. Como actividad económica, la manufactura comprende entre el veinte y el treinta por ciento del valor de todos los bienes y servicios producidos. La manufactura puede producir productos discretos, i.e. piezas individuales o productos continuos.

3.1.1 Los principales procesos de manufactura son los siguientes:

- **Fundición:** de molde desechable y de molde permanente.
- **Formado y conformado:** laminación, forja, extrusión, estirado, formado de lámina, pulvimetalurgia y moldeo.
- **Maquinado:** torneado, taladrado, barrenado, fresado, cepillado, brochado y esmerilado, maquinado ultrasónico, maquinado eléctrico, electroquímico, y maquinado de haz de alta energía.
- **Unión:** soldadura con y sin aporte de material, soldadura blanda, unión por difusión, unión adhesiva, y unión mecánica.
- **Acabado:** asentado, lapeado, pulido, bruñido, desbarbado, tratamiento superficial, recubrimiento y depósito.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Para la fabricación de las piezas el proceso de manufactura más utilizado es el maquinado.

El maquinado: es el término amplio para describir la remoción de material de una pieza, y abarca varios procesos, que se suelen dividir en las siguientes categorías:

- Corte, que implica en general herramientas de corte de una o varias puntas, cada una con una forma bien definida de la herramienta.
- Procesos abrasivos, como el rectificado.
- Procesos avanzados de maquinado que usan los métodos eléctricos, químicos, térmicos e hidrodinámicos, así como láseres.

3.2 Fundamentos del corte.

Los procesos de corte quitan material de la superficie de una pieza y producen virutas. Uno de los procesos más comunes es el cilindrado. La herramienta de corte se ajusta a determinada profundidad de corte y se mueve hacia la izquierda.

Con cierta velocidad a medida que gira la pieza. El avance o velocidad de avance es la distancia que recorre la herramienta en cada revolución. Como consecuencia de esta acción se produce una viruta, que se mueve cuesta arriba por la cara de la herramienta.

Las principales variables independientes en el proceso de corte son las siguientes: el material, recubrimientos y estado de la herramienta; la forma, rugosidad superficial y los de la herramienta; los parámetros del corte, tales como velocidad, avance y profundidad del mismo; las características de la máquina herramienta, como por ejemplo rigidez y amortiguamiento; la sujeción y soporte de la pieza.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Por su parte, las principales variables dependientes son las siguientes: el tipo de viruta producida; la fuerza y energía disipadas en el proceso de corte; el aumento de temperatura en la pieza, la viruta y la herramienta; el desgaste y eventual fallo de la herramienta; la rugosidad superficial producido en la pieza después de maquinarla.

3.3 Tornos y operaciones en el torno.

En general, se considera que los tornos son las máquinas herramientas más antiguas. Aunque se desarrollaron tornos para madera en torno al año 1000 antes de Cristo, los tornos para metal con avance de sinfín no se construyeron sino hasta finales del siglo XVIII. El torno más común se llamó originalmente torno de motor porque era impulsado por poleas y bandas por encima, accionadas por motores cercanos. Hoy en día, estos tornos tienen sus motores eléctricos individuales. Conformación por eliminación de material I.

Aunque es sencillo y versátil, un torno común requiere de un tornero hábil, porque todos los controles se manipulan a mano. En consecuencia, es ineficiente en operaciones repetitivas y para grandes producciones.

3.3.1 Distintos tipos de tornos.

-  Tornos copiadores
-  Tornos automáticos
-  Tornos de revólver

3.3 Vida de las herramientas: desgaste y fallo

En las secciones anteriores se ha explicado que las herramientas de corte están sometidas a: grandes esfuerzos localizados, altas temperaturas, deslizamiento de viruta por la cara de ataque, y deslizamiento de la herramienta por la superficie recién cortada. Estas condiciones inducen el desgaste de la herramienta que, a su vez, afecta en forma negativa a la vida de la herramienta, la calidad de la superficie maquinada y su exactitud dimensional, y en consecuencia a la economía de las operaciones de corte.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

3.3.1 Conformación por eliminación de material I.

Existen dos tipos básicos de desgaste, que corresponden a dos regiones de una herramienta: el desgaste del flanco y el desgaste de cráter.

El desgaste de flanco se presenta en la superficie de incidencia de la herramienta, y en general se atribuye a: frotamiento de la herramienta sobre la superficie maquinada, que causa desgaste adhesivo y/o abrasivo, y alta temperatura, que afecta a las propiedades del material de la herramienta y a la superficie de la pieza.

En un estudio clásico, debido a F.W. Taylor, sobre aceros para maquinado, que se publicó en 1907, se estableció la relación aproximada: $vt^n = C$; en la que v es la velocidad de corte, t es el tiempo, en minutos, que tarda en desarrollarse cierta cara de desgaste en el flanco, n es un exponente que depende de los materiales de herramienta y de la pieza, así como de las condiciones de corte, y C es una constante.

Cada combinación de materiales de pieza y herramienta, y cada condición de corte, poseen sus propios valores de n y C , y ambos se determinan experimentalmente.

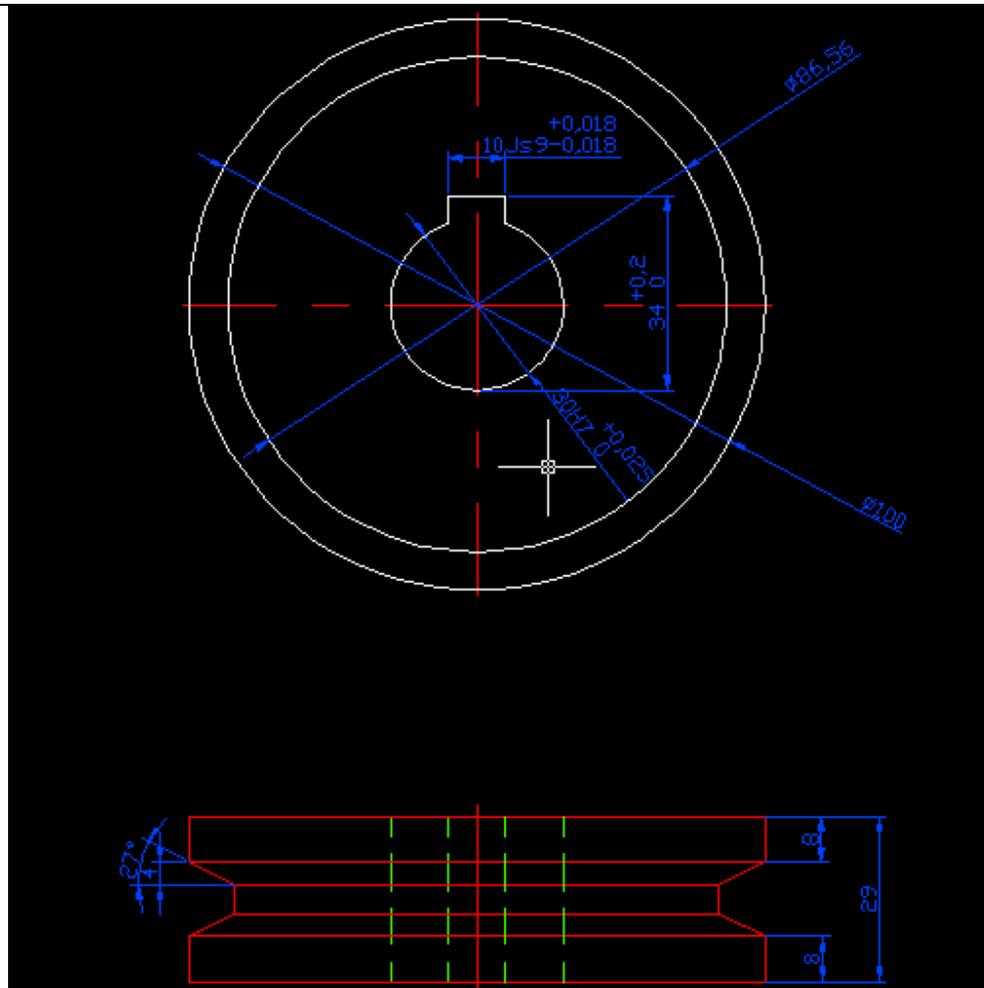
La velocidad de corte es la variable más importante del proceso que influye sobre la duración de la herramienta, aunque también son importantes la profundidad de corte y la rapidez de avance. Así, la ecuación puede reemplazarse por: $v^n d^x f^y = C$; donde d es la profundidad de corte y f es el avance en el torneado

Se deben determinar experimentalmente los exponentes x e y para cada condición de corte. Si se supone que $n = 0; 15$, $x = 0; 15$ e $y = 0; 6$ son valores característicos que se encuentran en la práctica, se puede ver que la velocidad de corte, la de avance y la profundidad de corte poseen una importancia decreciente.

3.4 Ruta tecnológica.[12,13]

3.4.1 Elaboración de la pieza 1.

Ruta Tecnológica de Elaboración de la polea conducida



Tipo de pieza en bruto: Fundida
piezas 1

Material: fundición gris

Numero de

Operación	Contenido de la operación	Equipo	Dispositivo
005	Corte de la pieza en bruto	Segueta mecánica modelo 8725	Mordazas
010	Operación de control	Pie de rey	

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

015	Torneado	Torno Universal modelo 1M63	Plato autocentrante
020	Operación de control	Pie de rey	
025	Mortajado	mortajadora, modelo 5K32	Colocación en el plato
030	Operación de control	Pie de rey	

Operación 005 Corte de la pieza en bruto.

Equipo: Segueta Mecánica, modelo 8725

Herramienta: Segueta

Material de la herramienta: acero de corte rápido, P6Mo5

Colocación de la pieza

Corte de la pieza en bruto, la cual es una barra de fundición gris a 60mm de longitud y con el grosor de 105mm.

Operación 010 Control (Pie de rey)

Operación 015 Torneado.

Equipo: Torno universal, modelo 1M63

Herramienta: cuchilla de acero de corte rápido, P6Mo5

Colocación de la pieza en el plato

Refrentado, $t = 2 \text{ mm}$

Realizar un centro para el cilindrado interior. Taladrado, broca diámetro 20mm (Material: Acero de corte rápido, P6Mo5). Retaladrado, broca $d = 28 \text{ mm}$ (Material: Acero de corte rápido, P6Mo5). Cilindrado interior de desbaste hasta obtener, $D = 30 \text{ mm}$, $t = 1 \text{ mm}$ y longitud 32 mantengo la pieza la misma posición para trabajar exterior y cambiar de herramienta de corte (Material: Acero de corte rápido, P6Mo5) y realizo el cilindrado exterior de desbaste, $D = 100 \text{ mm}$, $t = 2,5 \text{ mm}$ y longitud 32 mm. Busco una herramienta de corte (Cuchilla, material: Acero de corte rápido, P6Mo5) con un ángulo de ataque de 27° y espesor 4mm para dejar lista donde va la

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

correa. Biselado exterior $2 \times 45^{\circ}$, Biselado interior $2 \times 45^{\circ}$. Corte de la pieza semiacabada a longitud de 32mm y 100mm de espesor.

Volteo la pieza para refrentar a, $t=1$ mm Biselado exterior $2 \times 45^{\circ}$, Biselado interior $2 \times 45^{\circ}$

Operación 020 Control (Pie de rey)

Operación 025 Mortajado.

Equipo: Mortajadora

Herramienta: 10 mm, P6Mo5

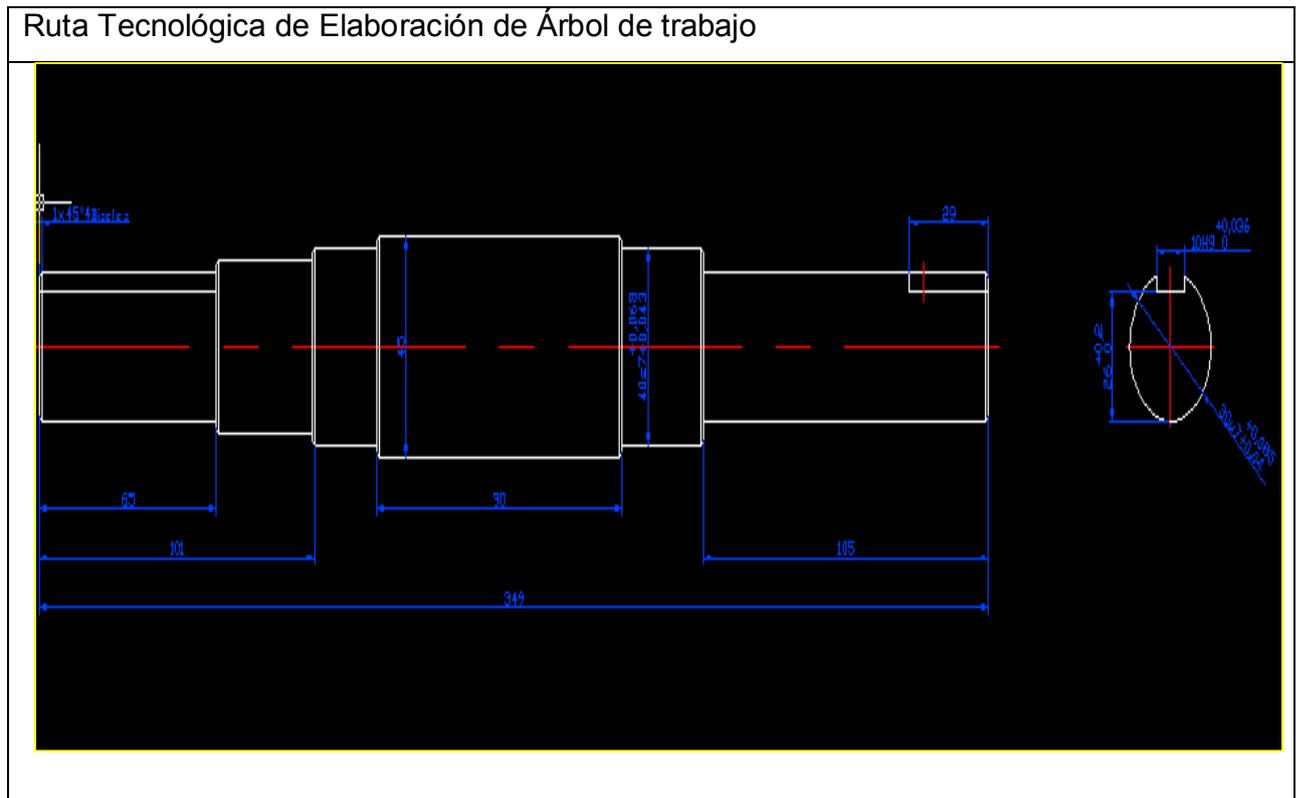
Colocación de la pieza en el plato.

Realizar el chavetero de la polea de $t=4$, $b=10$

Operación 030 Control (Pie de rey)

3.4.2 Elaboración de la pieza 2.

Ruta Tecnológica de Elaboración de Árbol de trabajo



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Tipo de pieza en bruto: Fundida		Material: Ac45	Numero de piezas 1
Operación	Contenido de la operación	Equipo	Dispositivo
005	Corte de la pieza en bruto	Segueta mecánica modelo 8725	Mordazas
010	Operación de control	Pie de rey	
015	Torneado	Torno Universal modelo 1M63	Plato autocentrante
020	Operación de control	Pie de rey	
025	Fresado	fresadora vertical, modelo 6P12.	Mordazas
030	Tratamiento Térmico	Horno de Inducción	Pinzas

Operación 005 Corte de la pieza en bruto.

Equipo: Segueta Mecánica, modelo 8725

Herramienta: Segueta

Material de la herramienta: acero de corte rápido, P6Mo5

Colocación de la pieza

Corte de una barra de acero 45 fundida a una longitud de 353 mm y espesor de 48 mm.

Operación 010 Control (Pie de rey)

Operación 015 Torneado.

Equipo: Torno universal, modelo 1M63

Herramienta: cuchilla de acero de corte rápido, P6Mo5

Colocación de la pieza en el plato

Refrentado $t = 2$ mm

Realizar un centro para colocar la contrapunta, cilindrado exterior de desbaste, $D = 45$ mm, $t = 1,5$ mm y longitud 250 mm. Cilindrado exterior de desbaste $D = 42$, $t = 1,5$ y longitud 151 mm. Cilindrado exterior de acabado $D = 40$, $t = 1$ y longitud 151 mm.
Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Cilindrado exterior de desbaste $D=36$, $t=2$ y longitud 105 mm, cilindrado exterior de semiacabado $D=32$, $t=2$ y longitud 105, cilindrado de acabado $D=30$, $t=1$ y longitud 105 mm. Biselado de las tres secciones del árbol elaboradas a $2 \times 45^\circ$

Colocación de la pieza es decir volteo la pieza para trabajar la otra parte de árbol.

Refrentado $t=2$

Realizar las mismas operaciones anteriores, el material de Herramienta de corte cuchilla de acero de corte rápido, P6Mo5.

Operación 020 Control (Pie de rey)

Operación 025 Fresado de las 2 chavetas.

Equipo: fresa vertical, modelo 6P12

Herramienta: fresa de vástago 10 mm, P18

Colocación de la pieza en el plato.

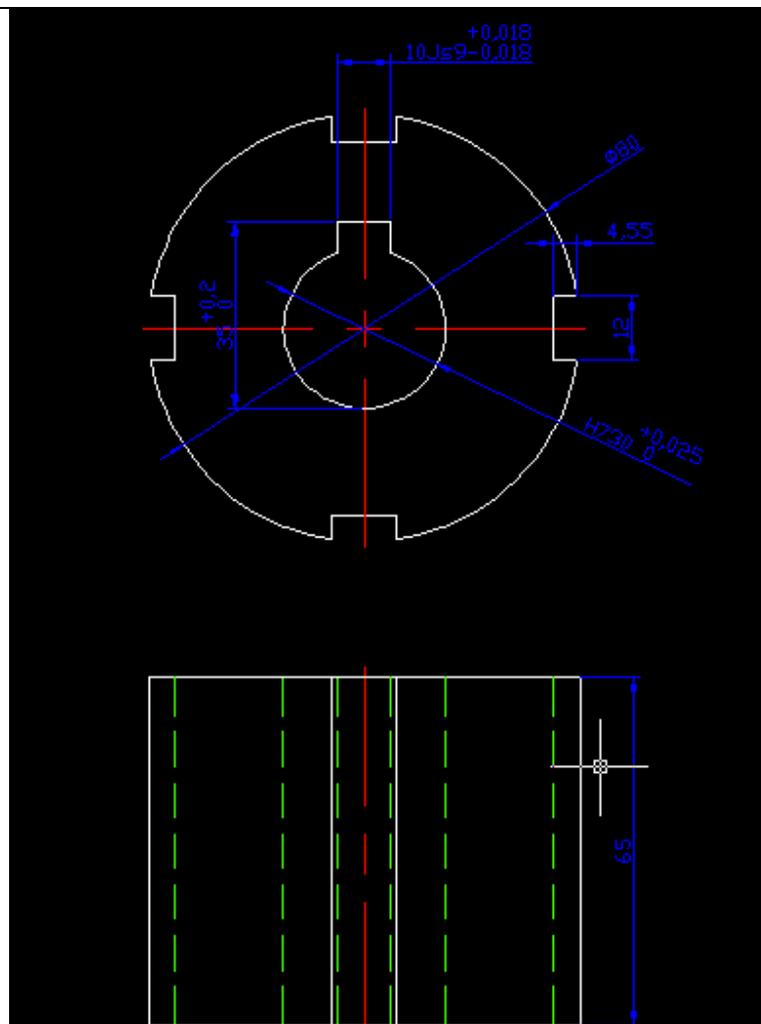
Realizar los chaveteros de 10mm de ancho y 4 de profundidad (polea) y 10mm de ancho y 5 de profundidad (porta cuchilla).

Operación 030 Tratamiento Térmico

Realizar el tratamiento térmico posterior (temple + revenido de $500-550^\circ\text{C}$) con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas del material a la torsión y flexión a la cual está sometido, este proceso se realiza en un horno de inducción

3.4.3 Elaboración de la pieza 3.

Ruta Tecnológica de Elaboración del portacuchilla



Tipo de pieza en bruto: Fundida **Material: AC45** **Numero de piezas 1**

Operación	Contenido de la operación	Equipo	Dispositivo
005	Corte de la pieza en bruto	Segueta mecánica modelo 8725	Mordazas
010	Operación de control	Pie de rey	
015	Torneado	Torno Universal modelo 1M63	Plato autocentrante

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

020	Operación de control	Pie de rey	
025	Mortajado	Mortajadora modelo	Colocación en el plato
030	Fresado	Fresadora vertical, modelo 6P12.	Mordazas
035	Operación de control	Pie de rey	

Operación 005 Corte de la pieza en bruto

Equipo: Segueta Mecánica, modelo 8725

Herramienta: Segueta

Material de la herramienta: acero de corte rápido, P6Mo5

Colocación de la pieza

Corte de la pieza la cual es una barra fundida de Ac45 a 100mm de longitud y con el grosor de 85mm.

Operación 010 Control (Pie de rey)

Operación 015 Torneado

Equipo: Torno universal, modelo 1M63

Herramienta: cuchilla de acero de corte rápido, P6Mo5

Colocación de la pieza en el plato

Refrentado, $t = 2$ mm

Realizar un centro para el cilindrado interior. Taladrado, broca diámetro 20mm (Material: Acero de corte rápido, P6Mo5). Retaladrado, broca $d = 28$ mm (Material: Acero de corte rápido, P6Mo5). Cilindrado interior de acabado hasta obtener, $D = 30$ mm, $t = 1$ mm y longitud 70 mm. Mantengo la pieza la misma posición para trabajar exterior y cambiar de herramienta de corte (Material: Acero de corte rápido, P6Mo5) y realizo el cilindrado exterior de desbaste de semiacabado, $D = 83$ mm, $t = 1,5$ mm y longitud 70 mm. Cilindrado exterior de desbaste de acabado, $D = 80$ mm, $t = 1$ y

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

longitud 70 mm. Biselado exterior $2 \times 45^{\circ}$. Biselado interior $2 \times 45^{\circ}$. Corte de la pieza semiacabada a longitud de 68mm y 80mm de espesor.

Volteo la pieza para refrentar a, $t=3$ mm Biselado exterior $2 \times 45^{\circ}$. Biselado interior $2 \times 45^{\circ}$

Operación 020 Control (Pie de rey)

Operación 025 Mortajado

Equipo: Mortajadora plana, modelo

Herramienta: 10 mm acero corte rápido, P18

Colocación de la pieza en el plato.

Realizar el chavetero de 10mm de ancho y 5 de profundidad (portacuchilla).

Operación 030 Fresado.

Equipo: fresa vertical, modelo 6P12

Herramienta: fresa de vástago 10 mm, P18

Colocación de la pieza en el plato.

$n=40/Z$ $n=40/4$ $n=10$

Realizar los 4 chaveteros exteriores donde va a ser colocados las 4 cuchillas de corte.

Estos chaveteros del portacuchilla deben medir 65mm de longitud y 12mm de espesor t están situados a 90° . Después el chavetero interior donde va acoplado el árbol a $t=5$, $b=10$.

Operación 035 Control (Pie de rey)

3.4.4 Elaboración de la pieza 4

Ruta Tecnológica de Elaboración de la cuchilla			
			
Tipo de pieza en bruto: Laminada		Material: AC65r	Numero de piezas
4			
Operación	Contenido de la operación	Equipo	Dispositivo
005	Corte de la pieza en bruto	oxi-acetilénico	Mesa
010	Operación de control	Pie de rey	
015	Fresado	fresadora vertical, modelo 6P12	Mordazas
020	Rectificado	Rectificadora plana	Colocación en el plato
025	Tratamiento Térmico	Horno de Inducción	Pinzas
030	Operación de control	Pie de rey	

Operación 005 Corte de la pieza en bruto

Equipo de corte de metal: oxi-acetilénico

Herramienta: antorcha

Corte de las cuatro piezas de forma rectangular donde a=ancho 30, b=largo 75.

Operación 010 Control (Pie de rey)

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Operación 015 Fresado

Equipo: fresa vertical, modelo 6P12

Herramienta: fresa de vástago, P18

Colocación de la pieza en la mordaza.

Trabajar para darle forma material en bruto hasta que se aproxime a dimensiones que queremos.

Operación 020 Rectificado

Equipo: Rectificadora plana, modelo 38711b ϕ 11

Herramienta: 10 mm acero corte rápido, P6Mo5

Colocación de la pieza en el plato

Trabajar para darle exactitud al ancho y al largo del rectángulos que en este caso son las cuchillas hasta llegar a=20mm, b=65mm de largo.

Operación 025 Tratamiento térmico

Equipo: Horno de inducción

El tratamiento térmico de este acero consiste en el temple en agua desde (1050-1100°C). Con un enfriamiento rápido en agua detiene totalmente la precipitación de los carburos y se forma una estructura puramente austenítica.

(Después)

Las características de plasticidad del acero se empeoran si la temperatura de revenido es superior a 200°C-300°C, debido a que precipitan los carburos.

Operación 030 Control (Pie de rey)

3.5 cálculo del costo de maquinado [10]

3.5.1 Tiempo principal para cada operación y para cada pieza.

❖ Polea conducida

➤ Cilindrado exterior de desbaste de la polea

$$T_p = \frac{L + L_1 + L_2}{n \times s} \times i$$

Donde:

L: espacio recorrido por la herramienta en la dirección del avance (mm)

n: frecuencia de rotación del husillo (rpm)

s: avance (mm/rev)

i: número de pasadas.

$$T_p = \frac{29 + 2.5 + 2}{210 \times 0.34} \times 1$$

$$T_p = 0.93 \text{ min.}$$

➤ Cilindrado interior de desbaste de la polea

$$T_p = \frac{29 + 1.5 + 2}{210 \times 0.34} \times 1$$

$$T_p = 0.91 \text{ min.}$$

➤ Taladrado del orificio pasante de la polea

$$T_p = \frac{L + L_1 + L_2}{n \times s} \times i$$

$$T_p = \frac{29 + 6.2 + 2}{128 \times 0.34} \times 1$$

$$T_p = 0.85 \text{ min.}$$

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

➤ **Retaladrado del orificio pasante de la polea**

$$T_p = \frac{L + L_1 + L_2}{n \times s} \times i$$

$$T_p = \frac{29 + 8.7 + 2.5}{128 \times 0.34} \times 1$$

$T_p = 0.91$ min.

➤ **Elaboración del chavetero de la polea.**

$$T_p = \frac{L + L_1 + L_2}{n \times s} \times i$$

Donde:

L: espacio recorrido por la herramienta en la dirección del avance (mm)

n: # de carreras dobles

s: avance (mm/carreras dobles)

i: numero de pasadas.

$$T_p = \frac{29 + 3 + 2}{210 \times 0.34} \times 4$$

$T_p = 3.8$ min.

❖ **Árbol de trabajo**

➤ **Cilindrado de desbastes exteriores hasta un tope del árbol de trabajo.**

$$T_p = \frac{L + L_1}{n \times s} \times i$$

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

$$T_p = \frac{250 + 2.5}{210 \times 0.34} \times 1$$

$T_p = 3.43 \text{ min.}$

$$T_p = \frac{L + L_1}{n \times s} \times i$$

$$T_p = \frac{151 + 2.5}{210 \times 0.34} \times 2$$

$T_p = 7.2 \text{ min.}$

$$T_p = \frac{L + L_1}{n \times s} \times i$$

$$T_p = \frac{105 + 2.5}{210 \times 0.34} \times 3$$

$T_p = 7.4 \text{ min.}$

El tiempo principal de los desbastes exteriores es $T_p=36.06 \text{ mm.}$

➤ **Elaboración de los chavetero hasta un tope del árbol de trabajo**

Chavetero 1

$$T_p = \frac{L + L_1 + L_2}{n \times s} \times i$$

Donde:

L: espacio recorrido por la herramienta en la dirección del avance (mm)

n: # de carreras dobles

s: avance (mm/carreras dobles)

i: numero de pasadas.

$$T_p = \frac{29 + 3 + 2}{210 \times 0.34} \times 4$$

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Tp = 1.90 min

➤ **Chavetero 2**

$$T_p = \frac{65 + 3 + 2}{210 \times 0.34} \times 4$$

Tp = 3.92 min

❖ **Porta cuchilla**

➤ **Cilindrado exterior de desbaste del porta cuchilla**

$$T_p = \frac{L + L_1 + L_2}{n \times s} \times i$$

Donde:

L: espacio recorrido por la herramienta en la dirección del avance (mm)

n: frecuencia de rotación del husillo (rpm)

s: avance (mm/rev)

i: numero de pesadas.

$$T_p = \frac{70 + 2.5 + 2}{210 \times 0.34} \times 2$$

Tp = 2 min.

➤ **Cilindrado interior de desbaste del portacuchilla**

$$T_p = \frac{70 + 1.5 + 2}{210 \times 0.34} \times 1$$

Tp = 1 min.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

➤ **Taladrado del orificio pasante del portacuchilla**

$$T_p = \frac{L + L_1 + L_2}{n \times s} \times i$$

$$T_p = \frac{65 + 6.2 + 2}{128 \times 0.34} \times 1$$

$T_p = 1.68 \text{ min.}$

➤ **Retaladrado del orificio pasante de la polea**

$$T_p = \frac{L + L_1 + L_2}{n \times s} \times i$$

$$T_p = \frac{65 + 8.7 + 2.5}{128 \times 0.34} \times 1$$

$T_p = 1.75 \text{ min}$

➤ **Elaboración de los chavetero del portacuchilla**

Interior

$$T_p = \frac{L + L_1 + L_2}{n \times s} \times i$$

Donde:

L: espacio recorrido por la herramienta en la dirección del avance (mm)

n: # de carreras dobles

s: avance (mm/carreras dobles)

i: numero de pasadas.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

$$T_p = \frac{65 + 3 + 2}{210 \times 0.34} \times 4$$

$T_p = 1.60 \text{ min.}$

➤ **Elaboración de las 4 secciones donde van las cuchillas**

$$T_p = 4 \times \frac{L + L_1 + L_2}{n \times s} \times i$$

$$T_p = 4 \times \frac{65 + 3 + 2}{210 \times 0.34} \times 4$$

$T_p = 25.7 \text{ min}$

❖ **Cuchilla del molino**

➤ **El largo de la cuchilla**

$$T_p = \frac{L + L_1 + L_2}{n \times s} \times i$$

Donde:

L: espacio recorrido por la herramienta en la dirección del avance (mm)

n: # de carreras dobles

s: avance (mm/carreras dobles)

i: numero de pasadas.

$$T_p = 8 \times \frac{65 + 3 + 2}{210 \times 0.34} \times 4$$

$T_p = 51.2 \text{ min}$

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

➤ **El ancho de la cuchilla**

$$T_p = 8 \times \frac{20 + 3 + 2}{210 \times 0.34} \times 4$$

$$T_p = 22 \text{ min}$$

➤ **Tiempos principales generales para cada operación**

$$T_p \text{ torneado} = T_p \text{ polea} + T_p \text{ árbol} + T_p \text{ portacuchilla}$$

$$T_p \text{ torneado} = 1.84 + 36.06 + 3$$

$$T_p \text{ torneado} = 40.9 \text{ min}$$

$$T_p \text{ fresado} = T_p \text{ polea} + T_p \text{ árbol} + T_p \text{ portacuchilla} + T_p \text{ cuchilla}$$

$$T_p \text{ fresado} = 3.8 + 5.82 + 27.3 + 73.2$$

$$T_p \text{ fresado} = 110.12 \text{ min}$$

$$T_p \text{ taladrado} = T_p \text{ polea} + T_p \text{ portacuchilla}$$

$$T_p \text{ taladrado} = 0.85 + 1.68$$

$$T_p \text{ taladrado} = 2.53 \text{ min.}$$

$$T_p \text{ retaladrado} = T_p \text{ polea} + T_p \text{ portacuchilla}$$

$$T_p \text{ retaladrado} = 0.91 + 1.75$$

$$T_p \text{ retaladrado} = 2.66 \text{ min}$$

$$T_p \text{ total} = T_p \text{ torneado} + T_p \text{ fresado} + T_p \text{ taladrado} + T_p \text{ retaladrado}$$

$$T_p \text{ total} = 156.21 \text{ minutos.}$$

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

3.5.2 Costo de electricidad

$$C_e = \frac{T_p}{60} \times N_{mep} \times T_h \quad (3.17)$$

Donde:

N mep: potencia del motor eléctrico (kW)

T_h: tarifa horaria. (0.09 \$/kWh)

➤ Torneado

$$C_e = \frac{40.9}{60} \times 13 \times 0.09$$

$$C_e = \$0.79$$

➤ Fresado

$$C_e = \frac{110.12}{60} \times 7.5 \times 0.09$$

$$C_e = \$1.23$$

➤ Taladrado

$$C_e = \frac{2.53}{60} \times 13 \times 0.09$$

$$C_e = \$0.049$$

➤ Retaladrado

$$C_e = \frac{2.66}{60} \times 13 \times 0.09$$

$$C_e = \$0.051$$

$$C_{e \text{ total}} = C_e \text{ torneado} + C_e \text{ fresado} + C_e \text{ taladrado} + C_e \text{ retaladrado}$$

$$C_{e \text{ total}} = 0.79 + 1.23 + 0.049 + 0.051$$

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

$$C_{e \text{ total}} = \$2.12$$

3.5.3 Costo por salario del operario de la máquina herramienta

$$C_{s \text{ total}} = \frac{T_{p \text{ total}}}{60} \times S$$

Donde:

T_p: tiempo principal (min.)

S: Salario por hora del operario (\$/h)

$$C_{s \text{ total}} = \frac{156.21}{60} \times 10.55$$

$$C_{s \text{ total}} = \$ 27.46$$

3.5.4 Costo por maquinado

$$\Sigma C_{maq} = C_{s \text{ total}} + C_{e \text{ total}}$$

Donde:

ΣC_{maq} : suma del costo de maquinado de los diferentes pasos y operaciones tecnológicas (\$).

C_s: costo por salario del operario de la máquina herramienta (\$)

C_e: costo por consumo de energía eléctrica (\$)

$$\Sigma C_{maq} = 27.46 + 2.12$$

$$\Sigma C_{maq} = \$29.58$$

3.5.5 Costo de materiales

➤ Precios

- ✓ Barra cilíndrica Ac 45 de 100 mm de longitud y 85 mm (del portacuchilla) 0.90 CUC/kg.
- ✓ Barra cilíndrica Ac 45 de 353 mm de longitud y 40 mm (del árbol de trabajo) 1.10 CUC/kg.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

- ✓ Plancha de espesor 40 mm material Ac65r (cuchilla) 1.35 CUC/kg.
- ✓ Barra cilíndrica (Fundición Gris) 60 mm de largo y 105 mm de espesor (polea) 0.60 CUC/kg.

$$P = V \cdot \rho$$

P; Peso de la pieza

V; Volumen total de la pieza

ρ ; Peso específico

ρ_{Ac45} (portacuchilla) = 9.88 g/cm³

ρ_{Ac45} (árbol de trabajo) = 18.10 g/cm³

ρ Plancha Ac65 (cuchilla) = 5.16 g/cm³

$\rho_{Fundición\ Gris}$ ((polea) = 7.32 g/cm³

V (portacuchilla) = 18 1.662 cm³

V (árbol de trabajo) = 26 5.321 cm³

V (cuchilla) = 6 4.367 cm³

V ((polea) = 10 4.897 cm³

P (portacuchilla) = 4.2 kg

P (árbol de trabajo) = 7.5 kg

P (cuchilla) = 1.5 kg

P ((polea) = 3.8 kg

Costo del (portacuchilla) \$ 3.78 CUC

Costo del (árbol de trabajo) \$ 8.25 CUC

Costo de la (cuchilla) \$ 2.0 CUC

Costo de la (polea) \$ 2.28 CUC

Costo total \$ 16.31 CUC

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

3.6 Principales funciones por las cuales fue diseñada la máquina moledora de piedras:

- ✚ La trituración de materiales áridos como escombros.
- ✚ La trituración de piedras de pequeño tamaño (gravillas) hasta convertirlo en polvo.
- ✚ La trituración de asfaltos, travieza de hormigón.
- ✚ La trituración de materiales de excavación de pequeño tamaño.

3.7 Datos técnicos de la máquina:

1. Accionamiento

La unidad motriz de la trituradora de piedras garantiza un rendimiento confiable debido a su motor eléctrico de 220 v.

2. Funcionamiento

El trituradora de piedras se puede manejar por un solo operador debido a que se le suministre la materia prima manualmente y su sistema de accionamiento es mediante un sistema de encendido ON-Off.

3. Alimentación de material

La alimentación de material se realiza a través de una tolva que realimenta manualmente.

3.8 Modo de funcionamiento:

A diferencia de las grandes máquinas de triturar esta solo presenta una etapa de trituración. Durante esta el material que no pudo ser triturado y convertido en polvo, queda en granos sobre una malla que es la que determina el tamaño final del producto.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

Esta malla se encuentra en la parte de abajo de las cuchillas sostenida por dos media lunas de manera tal que el grano que queda sobre ella vuelva a ser recogido por las cuchillas siendo nuevamente triturado. Este proceso se repite muchas veces hasta que finalmente toda la materia prima queda convertida en polvo o are

3.9 Descarga del material:

La descarga del material se produce directamente al recipiente o lugar escogido por el operario.

3.10 Ejecución

Se puede obtener una instalación que puede ser estacionaria o móvil según la necesidad del momento.

3.11 Medidas de seguridad.

Medidas de protección e higiene. Normas de protección e higiene del centro de trabajo a tomar en cuenta.

Normas de higiene y protección del centro de trabajo: Son parámetros de exigencias de protección e higiene del trabajo, establecidas a cumplir por los trabajadores con carácter obligatorio, para obtener un comportamiento de máxima responsabilidad en la actividad laboral.

El empleado está obligado a:

- ✓ Conocer, ampliar y perfeccionar los métodos seguros en sus labores.
- ✓ Permanecer en sus puestos de trabajos.
- ✓ Trabajar solamente cuando el puesto de trabajo reúna los requisitos de seguridad establecidos.
- ✓ No elaborar bajo los efectos de drogas o bebidas alcohólicas.
- ✓ Colaborar en la inspección estatal y sindical de la protección e higiene del trabajo.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

- ✓ Conocer las reglas de primeros auxilios a aplicar en caso de accidentes y colaborar en la investigación de los mismos

3.12 Normas de seguridad antes de comenzar el trabajo:

- ✚ El empleado llevará puesta su ropa de trabajo en forma adecuada y correctamente abotonada.
- ✚ Hará uso de los equipos de protección personal necesarios para su puesto de trabajo, estos equipos son:
 - ✚ Delantal de amianto.
 - ✚ Guantes.
 - ✚ Polainas.
 - ✚ Espejuelos.
- ✚ Verificar el buen estado de funcionamiento de:
 - ✚ El mecanismo de puesta en marcha y desconexión.
 - ✚ Instalación eléctrica.
 - ✚ Mecanismos de transmisión.
 - ✚ Iluminación general y local.
- ✚ Seleccionar y revisar las herramientas manuales que utilizará durante la jornada de trabajo.
- ✚ Organizar y eliminar si fuera necesario todo objeto que pueda interrumpir los diferentes movimientos que se realicen.

3.12.1 Normas de seguridad al terminar el trabajo:

- Limpiar correctamente las herramientas manuales utilizadas y las guardará en el lugar adecuado.
- Se quitará los medios de protección personal y les dará mantenimiento para después guardarlo en un lugar seguro.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

- Levarse brazos, manos, cara etcétera a fin de eliminar parte del polvo adherido al cuerpo durante el trabajo.

3.13 Caracterización del sistema de mantenimiento del molino.

3.13.1 Mantenimiento Correctivo.

El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de las máquinas y equipos, y el encargado de realizar las reparaciones es el personal de mantenimiento.

En el siguiente caso se utiliza el mantenimiento correctivo debido a que resulta imposible determinar con exactitud el tiempo en que puedan romperse las cuchillas teniendo en cuenta la función de la máquina que es la de moler piedras y escombros, existiendo la posibilidad de que en estos últimos puedan aparecer materiales ferrosos lo que aumenta la posibilidad de roturas de las cuchillas.

El principal inconveniente con que nos encontramos en este tipo de mantenimiento, es que el usuario detecta la avería en el momento que necesita el equipo, ya sea al ponerlo en marcha o bien durante su utilización.

Sus características son:

- 1) Está basada en la intervención rápida, después de ocurrida la avería.
- 2) Conlleva discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.
- 3) Tiene una gran incidencia en los costos de mantenimiento por producción no efectuada.
- 4) Tiene un bajo nivel de organización.
- 5) Se denomina también mantenimiento accidental.

Decimos que:

Mantenimiento correctivo es la intervención necesaria para poder solucionar un defecto, o una falla ya ocurrida, en éste caso las instalaciones, máquinas o equipos operan con deficiencia o directamente no funcionan.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

3.13.2 Procedimiento a seguir ante una rotura.

- Efectuar un diagnóstico para determinar cuales fueron los componentes dañados y cuales hay que cambiar.
- Determinar el tiempo estimado de reparación y analizar si se pueden realizar reparaciones de emergencia para que la máquina, equipo o instalaciones, puedan seguir funcionando, a ritmo normal o a un ritmo inferior o disminuido.
- Establecer la cantidad de operarios, medios y herramientas para repararla.
- Gestionar los repuestos si hubiese stock en la empresa o de lo contrario activar su compra o construcción. El objetivo en toda empresa es llegar a disminuir al mínimo las intervenciones de mantenimiento correctivo, puesto que éste se realiza cuando la falla se produjo y generalmente se rompen más componentes que si hubiésemos detectado la falla con antelación. Una forma de lograr esto es implementar el Mantenimiento Preventivo.

3.14 Sistema de mantenimiento Preventivo cíclico.

Un Sistema de Mantenimiento Preventivo Cíclico es un conjunto de procedimientos técnicos y organizativos que se caracterizan por la ejecución cíclica (a plazos fijos) de un conjunto de servicios técnicos, con el objetivo de mantener y/o restablecer las capacidades funcionales y prestaciones preestablecidas por el fabricante para operar las máquinas.

Para su correcta implementación es necesario que en la empresa funcione un Sistema de Gestión de Mantenimiento correctamente articulado [Batista C, 1999]. En el presente trabajo son abordados solamente los elementos tecnológicos, de planificación, organización y control.

Desde el punto de vista anteriormente expresado, en lo adelante se considera que un Sistema de Mantenimiento Preventivo Cíclico está formado por los elementos siguientes:

1. Estructura del ciclo de mantenimiento y su duración.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

2. Reglamento de los servicios técnicos.
3. Registro de las tareas ejecutadas.
4. Registro del control de fallos.

3.15 Estructura del ciclo de mantenimiento y su duración

La Estructura del ciclo de mantenimiento (Estructura) es un conjunto de servicios técnicos (servicios), que se agrupan a su vez en subconjuntos y estos se caracterizan por:

- ✓ Tareas y operaciones que hay que realizarle a la máquina e instalación.
- ✓ Un plazo fijo de ejecución (plazos).
- ✓ Una simbología que los identifica de forma única.
- ✓ Además de sus propias tareas, en él se ejecutan únicamente las operaciones de los subconjuntos que tienen plazos submúltiplos.

Los servicios heredan propiedades del subconjunto a que pertenecen (tareas, simbología y plazos) y poseen un subíndice que los identifica de forma única.

Las estructuras comúnmente son simétricas A pesar de que el término “simétrico” puede haber sido utilizado en ese marco por otros autores, se requiere explicar su sentido aquí, que no es el geométrico usual. Se definen como *estructuras simétricas* aquellas cuya duración es el Mínimo Común Múltiplo Absoluto de todos los plazos fijos de los restantes subconjuntos que la forman. Más adelante se explicará por qué siempre deben serlo, aunque es bastante común que aparezcan incluso dadas por el fabricante estructuras asimétricas. Se consideran estructuras asimétricas aquellas que no cumplen la condición de simetría definida anteriormente.

$$R_1 - P - R_2 - G_1$$

Los subconjuntos se pueden clasificar según:

- 1-Las características de las tareas que se ejecutan en cada uno de sus servicios:

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.



PDF Complete
Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

600 horas-A

1200 horas– B

3600 horas–C

14400 horas –D

A - Norma Ramal o 19/se 85

- Revisión mecánica 600 horas
- Revisar motor
- Revisar calzos
- Revisar correas
- Revisar sistema de alimentación
- Revisar sistema de transmisión.
- Revisar sistema eléctrico
- Revisar los rodamientos del molino.

B - Mantenimiento cada 1 200 horas.

- Realizar todas las operaciones de la revisión de 600 horas.
- Motor
 - a – Comprobar holgura entre los rodamientos y la carcasa del molino.
 - b – Limpiar el motor.
 - c – Suministrarle lubricantes a los rodamientos.
- Sistema de alimentación
 - a – Comprobar la soldadura.
 - b – Comprobar funcionamiento del embudo.
- Sistema eléctrico

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

1 - Comprobar régimen de carga.

2 – Chequear sistema eléctrico completo.

C – Mantenimiento cada 3 600 horas.

- Realizar mantenimiento cada 1 200 horas.

- Motor

1 – Inspeccionar correas y cambiar si están en mal estado los rodamientos.

- Sistema de alimentación

1 – Sacar el embudo y revisarles la soldadura.

D – Mantenimiento cada 14 400 horas.

- Realizar mantenimiento cada 3 600 horas.

- Motor

1 – Afinar el motor y hacer prueba de funcionamiento.

- Revisar los rodamientos y las cuchillas del molino.

CONCLUSIONES

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

CONCLUSIONES

1. En este trabajo final de nuestra carrera para la formación de Ingenieros se han cumplido rigurosamente al máximo los objetivos propuestos para la tecnología de diseño y fabricación de un Molino de Martillo ya que permite aprovechar residuos naturales y así contribuir al no deterioro de la capa de ozono.
2. Para elaborar esta tecnología de diseño y fabricación de este Molino, se tomaron en cuenta las características y condiciones de trabajo de las piezas más fundamentales, así como propiedades de materiales para la elaboración de estas piezas.
3. Se obtuvo el costo aproximado de producción de las piezas, de acuerdo a los precios establecidos en las normas de presupuestos del país en el momento
4. Este trabajo sirvió para desarrollar habilidades en la explotación de software profesionales como el SolidWorks, el Gear Track y asignaturas de vital importancia.

RECOMENDACIONES

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio más profundo, acerca del Diseño y Fabricación del Molino de Martillo tomando como punto de partida el trabajo que hemos realizado.
2. Explotación al máximo de los software aprendidos durante la carrera para la el cálculo y la representación gráfica, no solo de el molino, sino para el conocimiento útil de cada Ingeniero.
3. Entregar estos resultados obtenidos a la Delegación del CITMA para su posible puesta en marcha en vista a su función.
4. Cumplir al máximo con las medidas de seguridad tanto al comenzar el trabajo, como después de terminar el mismo para no ocasionar accidente de trabajo.
5. Velar por el debido mantenimiento para que no ocurra ninguna avería en caso de que presente alguna rotura para y reparar minuciosamente el Molino de Martillo.

BIBLIOGRAFÍA

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

BIBLIOGRAFÍA

1. Balakshin, B. Fundamentos de la tecnología de construcción de maquinaria. Editorial Mir, 1974.
2. Catalogo de Motores. Editorial Pueblo y Educación. 1986
3. Dobrovolski, V. Elementos de Máquinas. Moscú: Editorial Mir, 1980.
4. Historia de los molinos 1.htm
5. Miguel Moro Vallina. Tecnologías de Fabricación1.
6. 1\301-02-3ES-molinos-a-martillos-pig.htm
7. /molinos de martill.htl www.cosmos.com.mx. 4
8. \molino-de-martillo-de-aspas-para-laboratorio-19308-57808.html.
www.retsch.
9. Quesada Estrada, Ana María, Ivatsevich, Yuri, Hernández, Jorge. Métodos de Cálculo de las Normas de Tiempo de los Procesos Tecnológicos. Instituto Superior Técnico Holguín "Oscar Lucero Moya" 1988
10. Reshetov D. Elementos de Máquinas. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación. 1986
11. Rodríguez Hernández, Orlando. Dibujo Aplicado para Ingenieros, 2 tomos / Orlando Rodríguez Hernández y Ángel Corujedo Méndez. - - La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1986.
12. Rodríguez Hernández, Orlando. Manual de Trabajos Prácticos de Dibujo Aplicado / Orlando Rodríguez Hernández, Mercedes Pérez Herrera, Guillermo Fernández López, Margarita Pérez Leiva, Jorge García Travieso. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1986.
13. Molino de cuchilla GRINDOMIX GM 200. www.retsch-us.com.
14. Los expertos en el laboratorio. www.fritsch.
15. Software Cosmo Works 2006
16. Software Solid Works 2006
17. Software Gear Track 2006
18. Normas Cubanas 02.

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

ANEXOS

Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

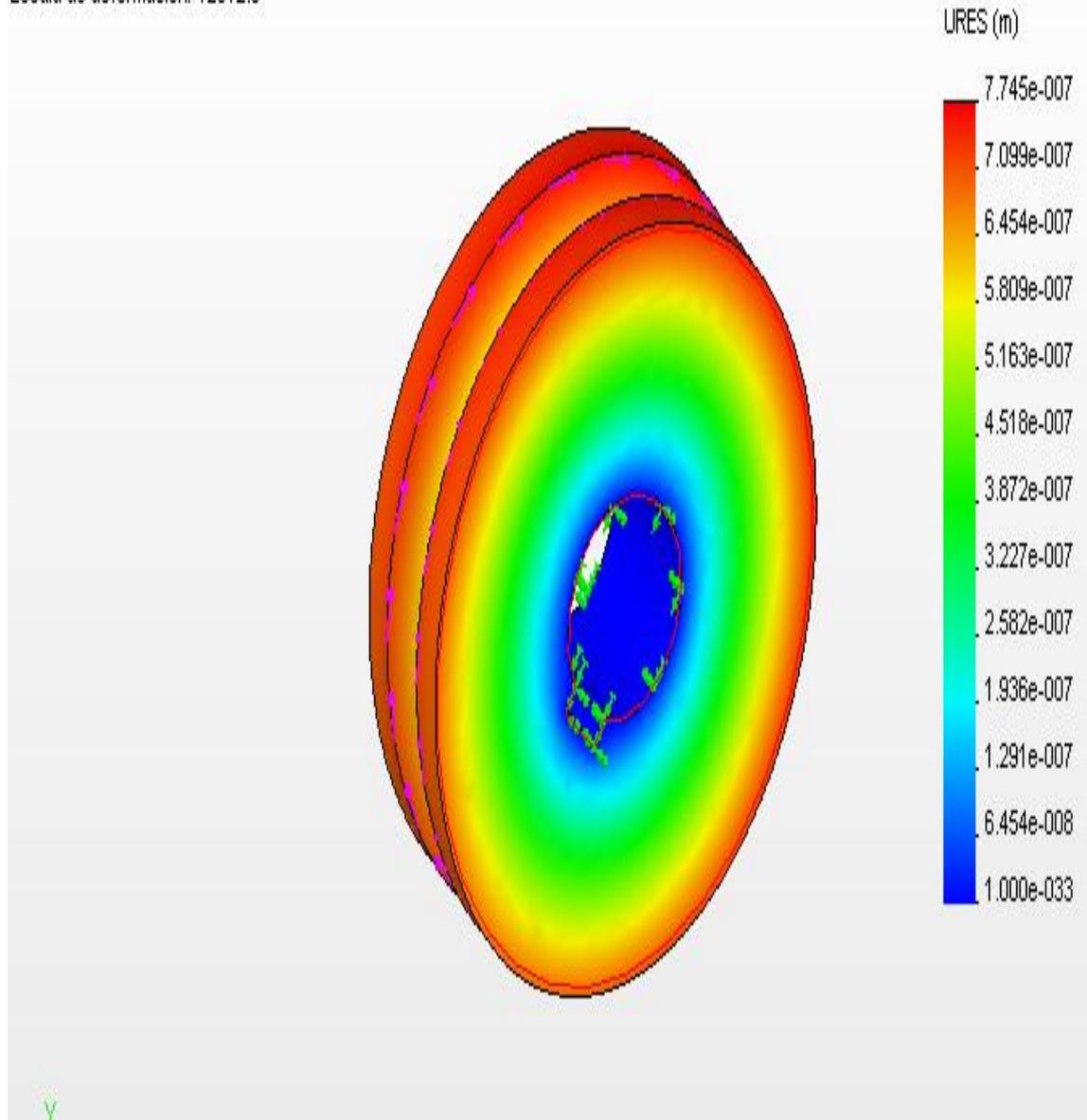
ANEXO 1 .Resultado de desplazamiento. Polea conducida

Nombre de modelo: Part3 estudio cosmo

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Desplazamiento estático Plot1

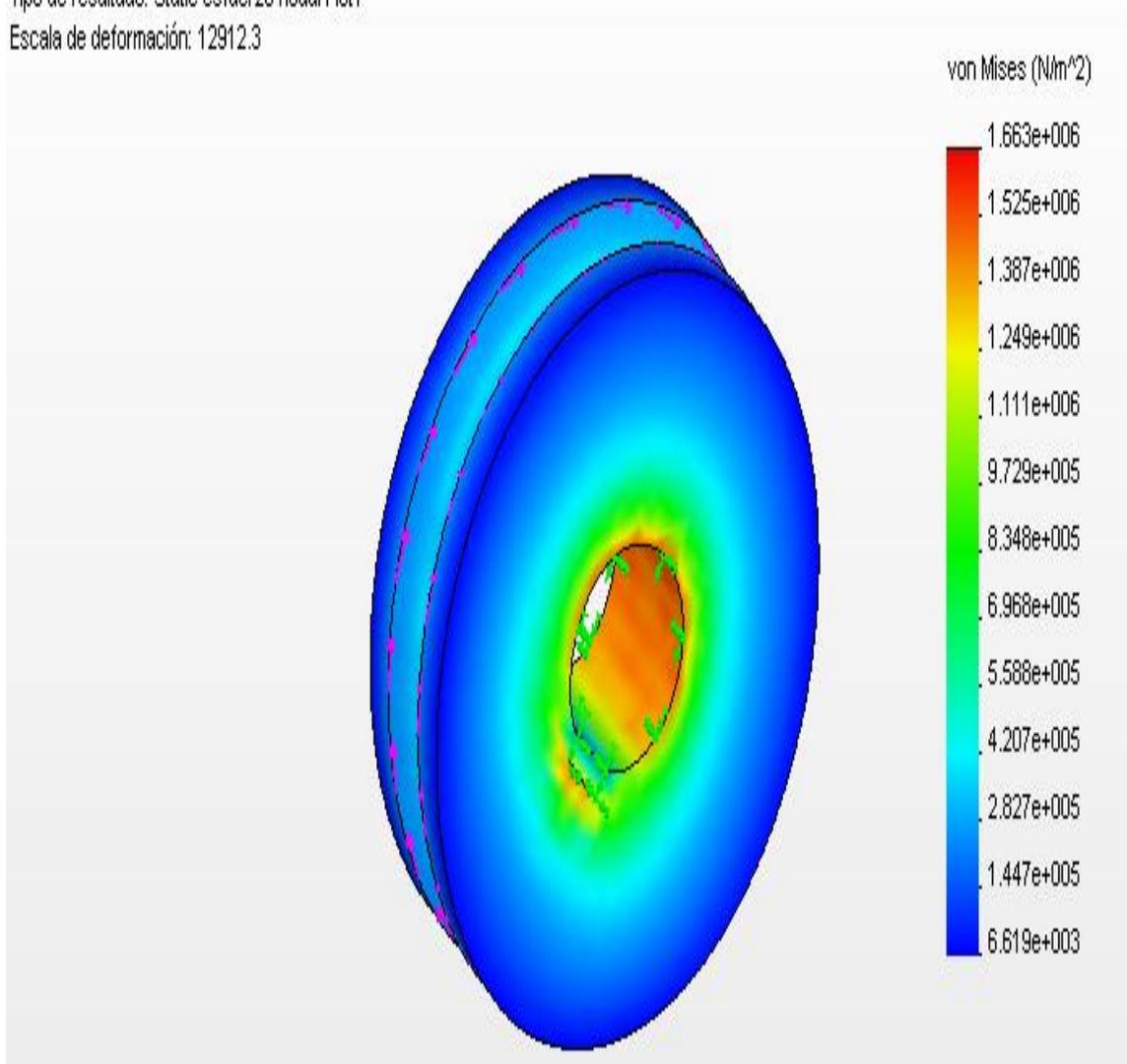
Escala de deformación: 12912.3



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

ANEXO 2 .Resultado de tensiones. Polea conducida.

Nombre de modelo: Part3 estudio cosmo
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Static esfuerzo nodal Plot1
Escala de deformación: 12912.3



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

ANEXO 3 .Coeficiente de seguridad. Polea conducida.

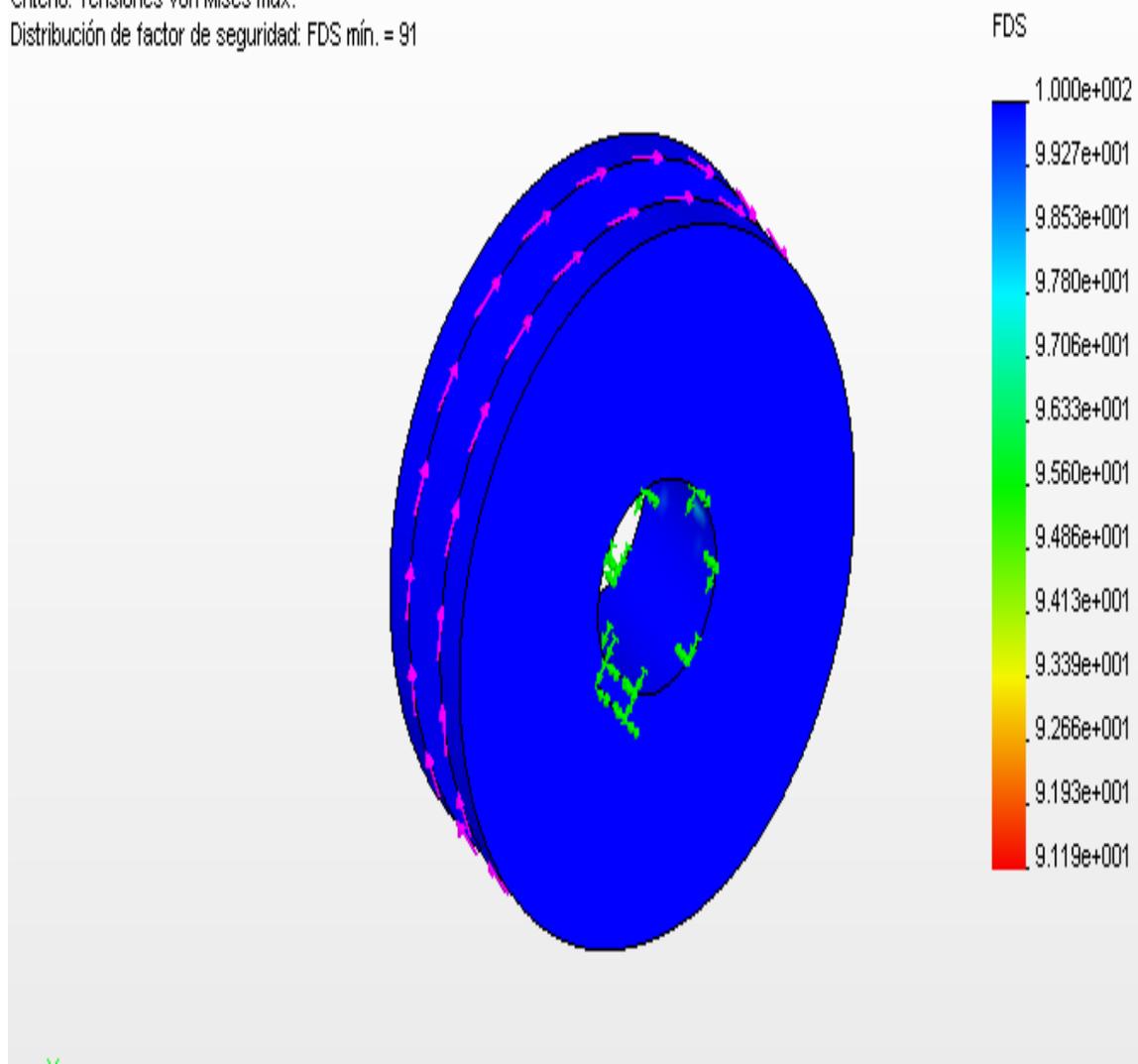
Nombre de modelo: Part3 estudio cosmo

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Verificación de diseño Plot1

Criterio: Tensiones von Mises máx.

Distribución de factor de seguridad: FDS mín. = 91



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

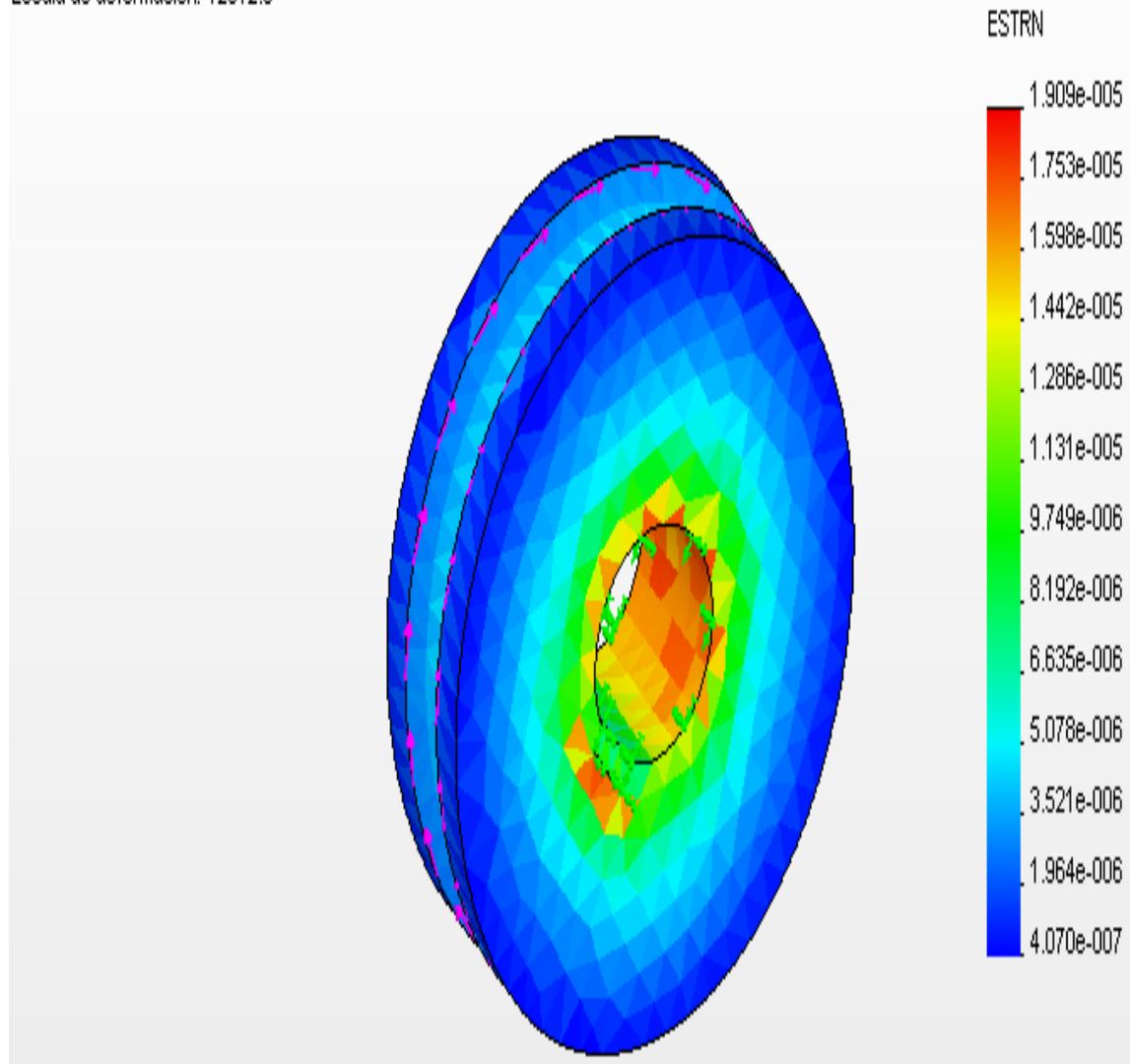
ANEXO 4 .Resultado de deformaciones unitarias. Polea conducida.

Nombre de modelo: Part3 estudio cosmo

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Plot1

Escala de deformación: 12912.3



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

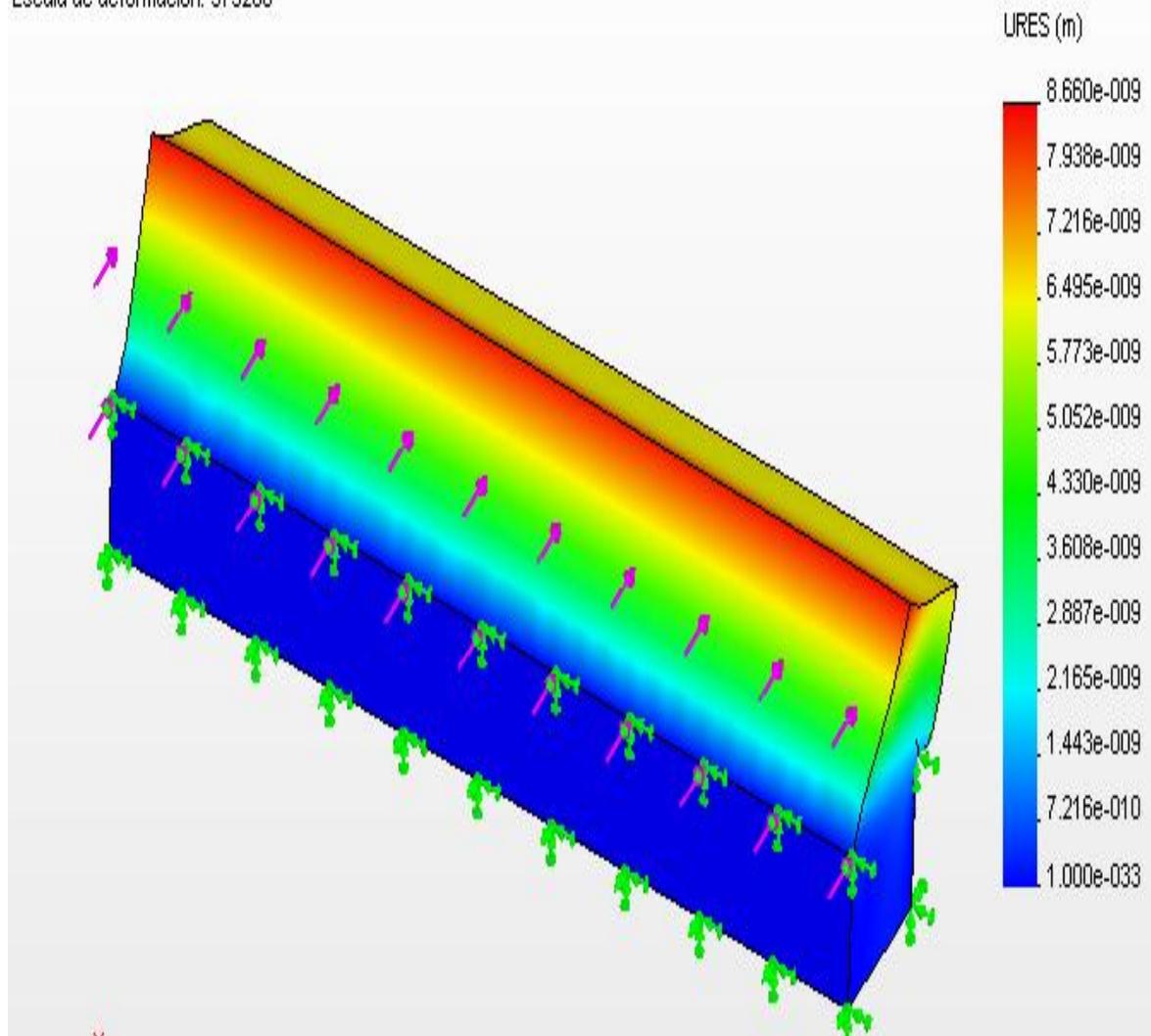
ANEXO 5 .Resultado de desplazamiento. Cuchilla del Molino

Nombre de modelo: estudio de la cuchilla 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Desplazamiento estático Plot1

Escala de deformación: 975288



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

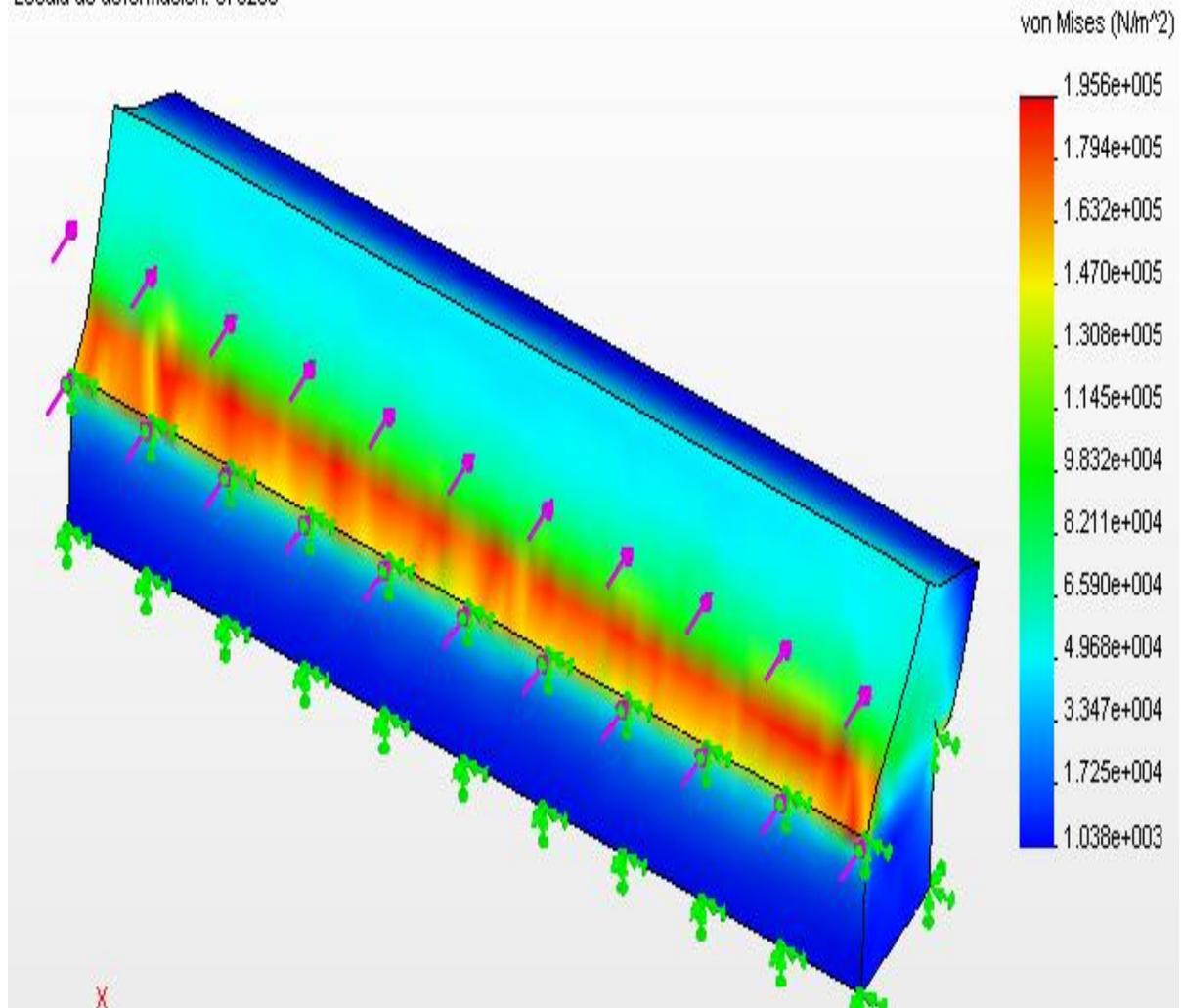
ANEXO 6 .Resultado de tensiones. Cuchilla del Molino

Nombre de modelo: estudio de la cuchilla 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Static esfuerzo nodal Plot1

Escala de deformación: 975288



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

ANEXO 7 .Coeficiente de seguridad. Cuchilla del Molino.

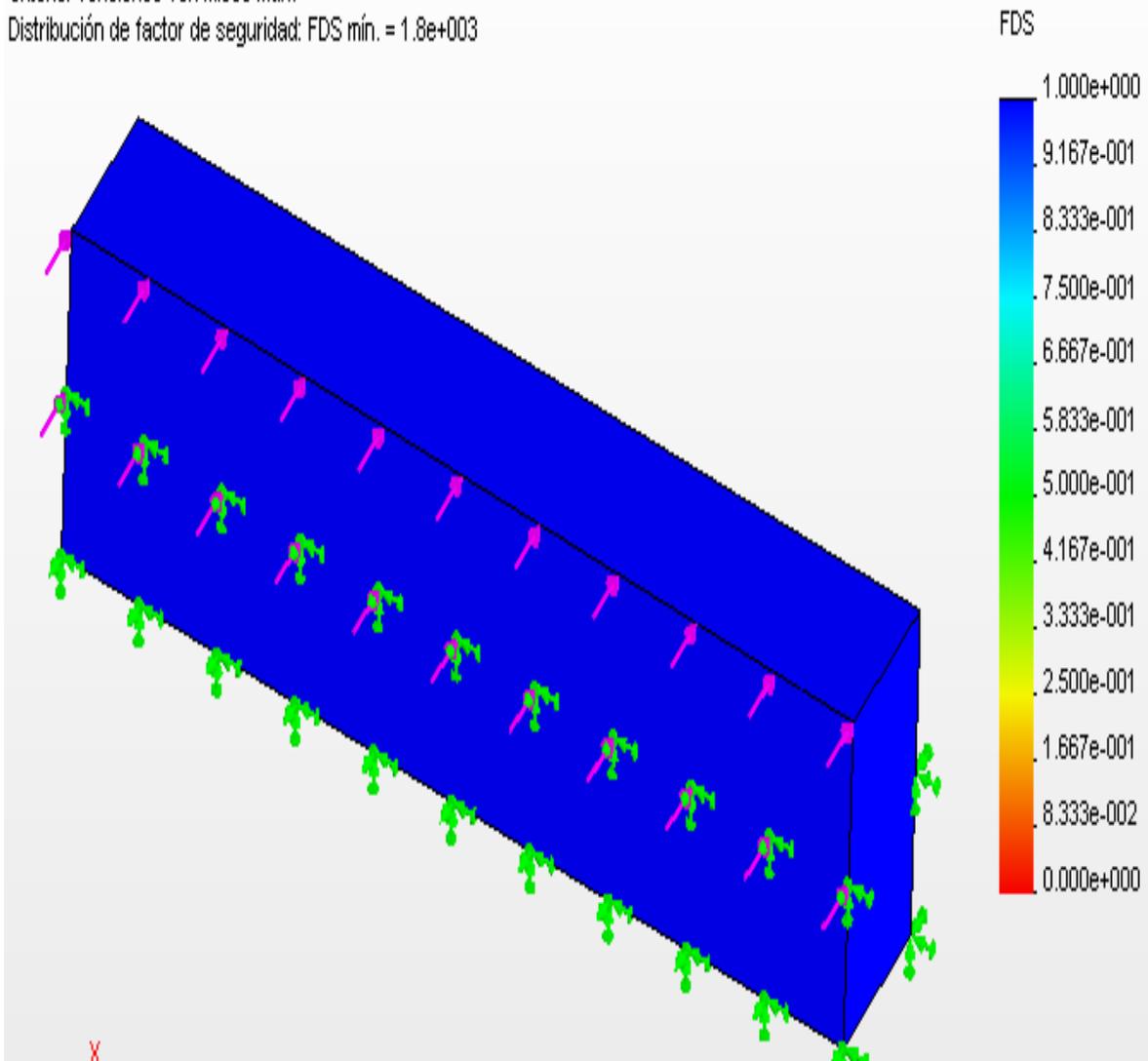
Nombre de modelo: estudio de la cuchilla 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Verificación de diseño Plot1

Criterio: Tensiones von Mises máx.

Distribución de factor de seguridad: FDS mín. = 1.8e+003



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

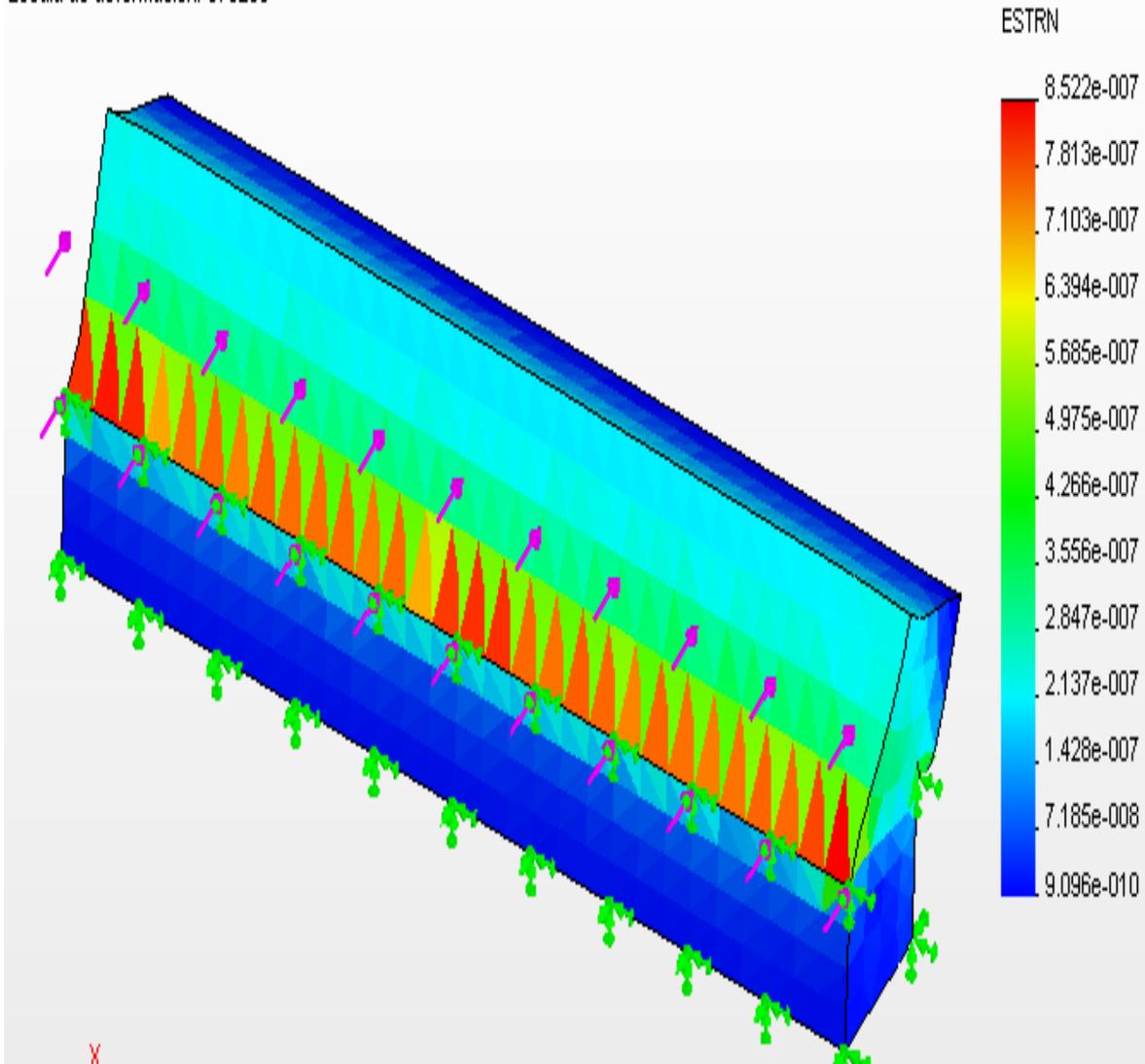
ANEXO 8 .Resultado de deformaciones unitarias. Cuchilla del Molino.

Nombre de modelo: estudio de la cuchilla 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Plot1

Escala de deformación: 975288



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

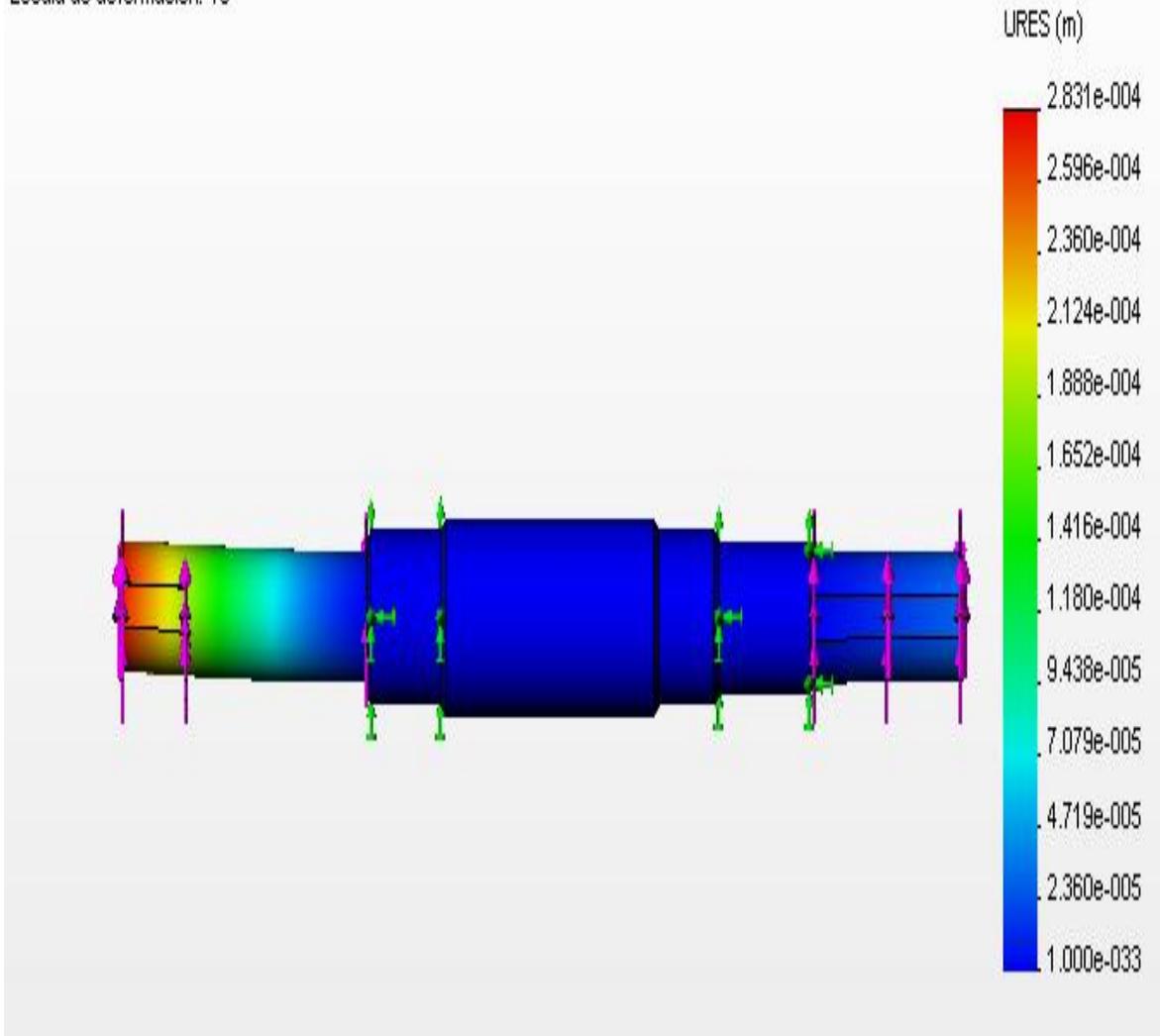
ANEXO 9 .Resultado de desplazamiento. Árbol de trabajo

Nombre de modelo: ejearreglado 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Desplazamiento estático Plot1

Escala de deformación: 10



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

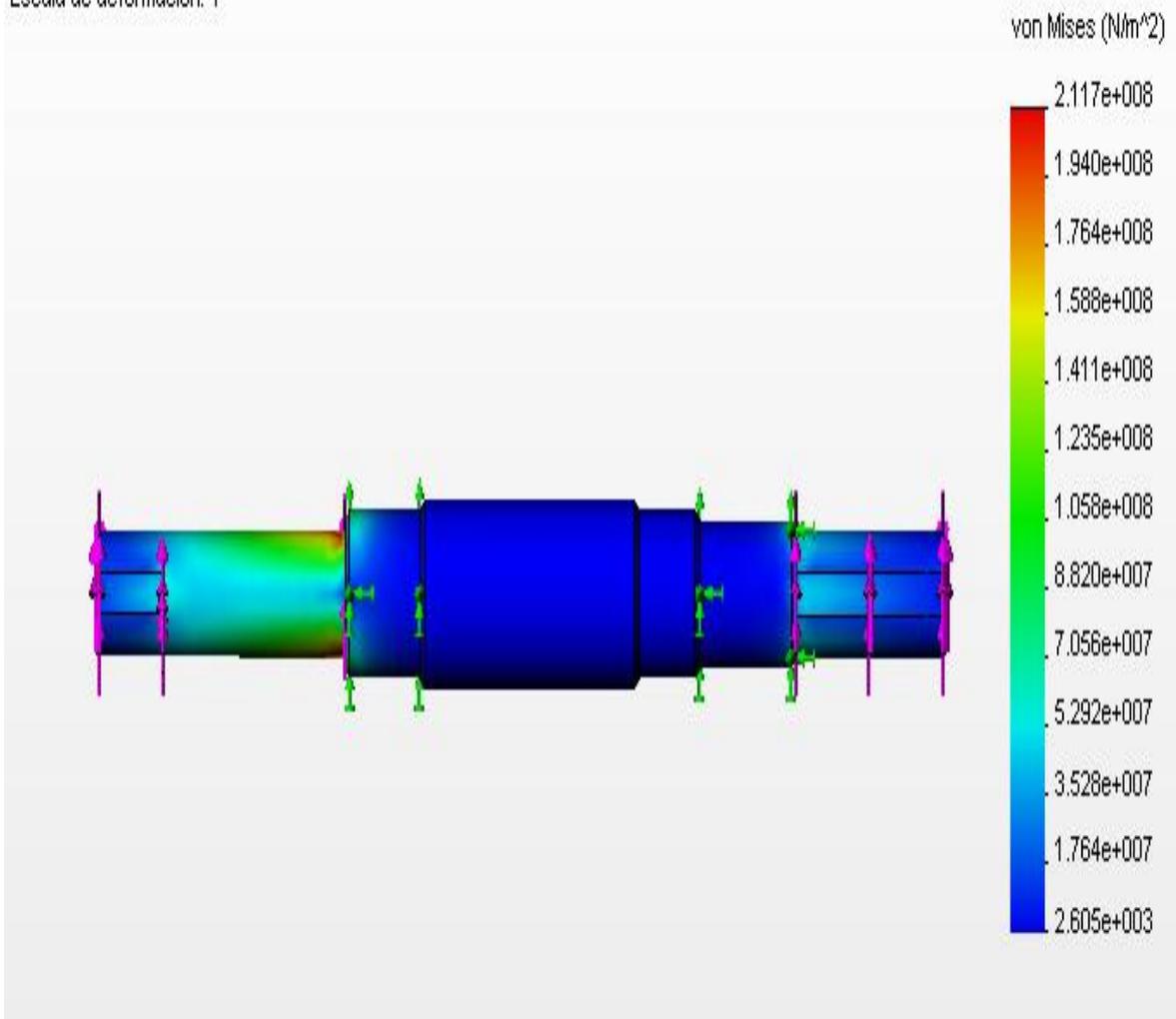
ANEXO 10 .Resultado de tensiones. Árbol de trabajo.

Nombre de modelo: ejearreglado 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Static esfuerzo nodal Plot1

Escala de deformación: 1



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

ANEXO 11 .Coeficiente de seguridad. Árbol de trabajo.

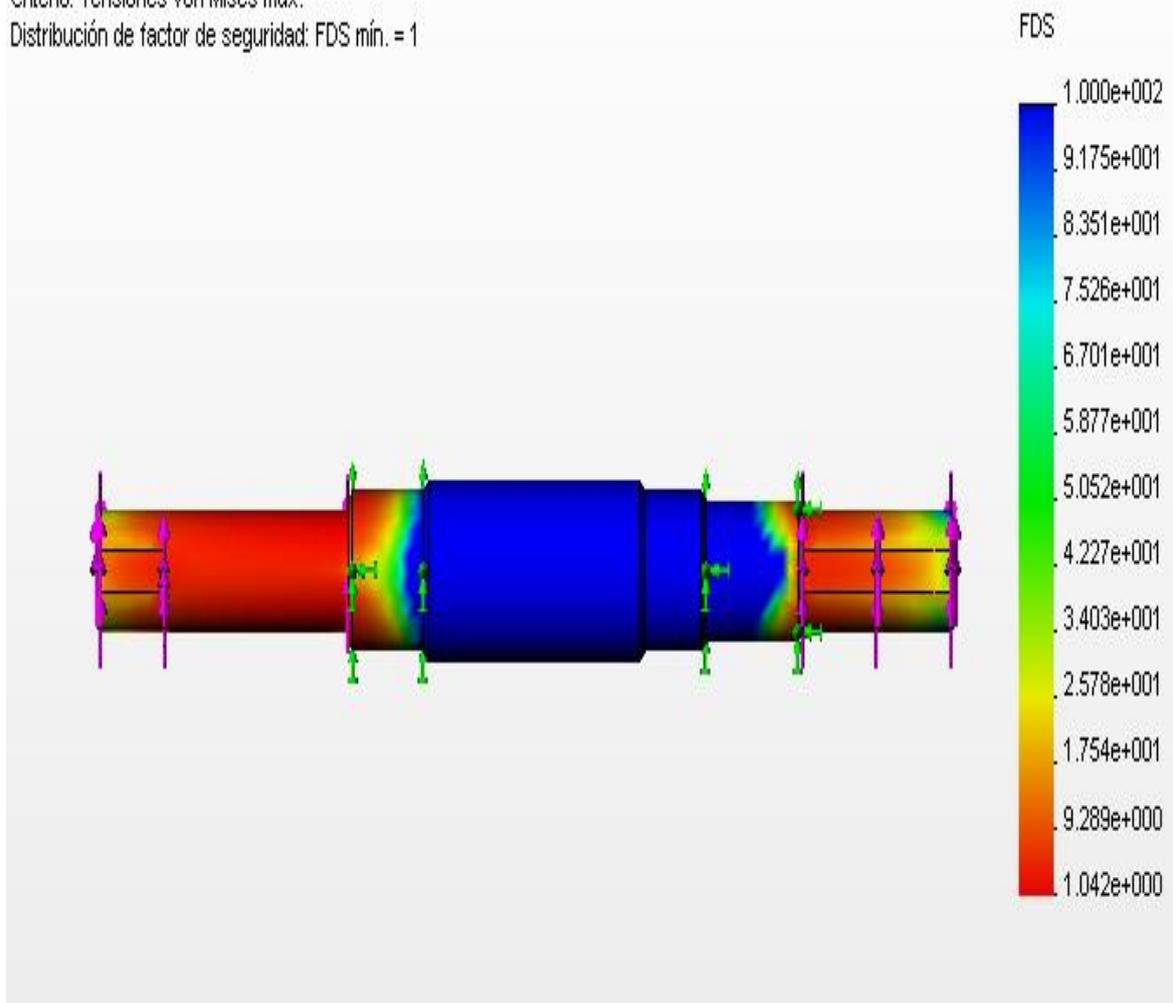
Nombre de modelo: ejearreglado 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Verificación de diseño Plot1

Criterio: Tensiones von Mises máx.

Distribución de factor de seguridad: FDS mín. = 1



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

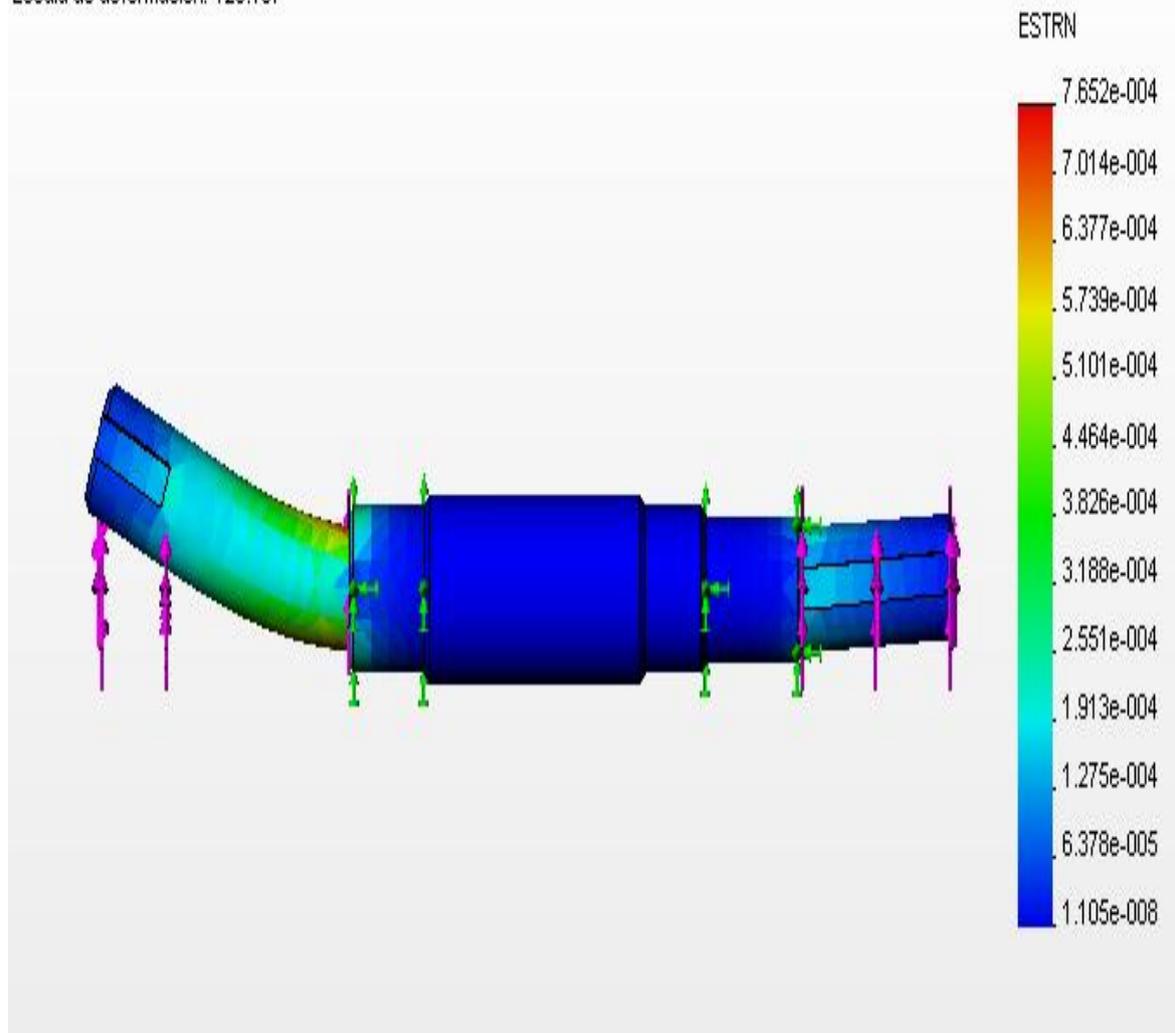
ANEXO 12 .Resultado de deformaciones unitarias. Árbol de trabajo.

Nombre de modelo: ejearreglado 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Plot1

Escala de deformación: 129.137



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

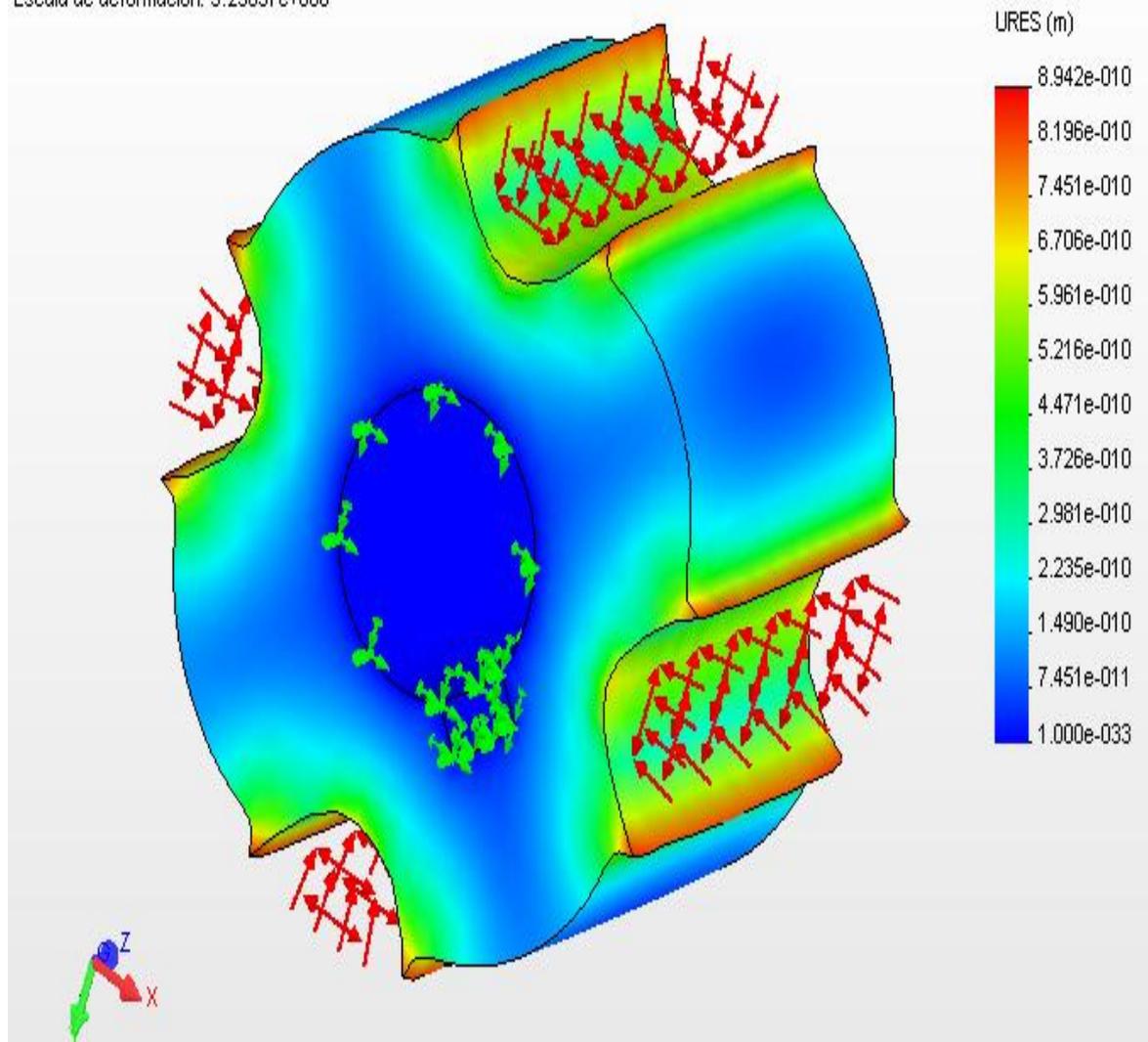
ANEXO 13 .Resultado de desplazamiento. Portacuchilla.

Nombre de modelo: porta cuchilla estudio 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Desplazamiento estático Plot1

Escala de deformación: 9.29657e+006



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

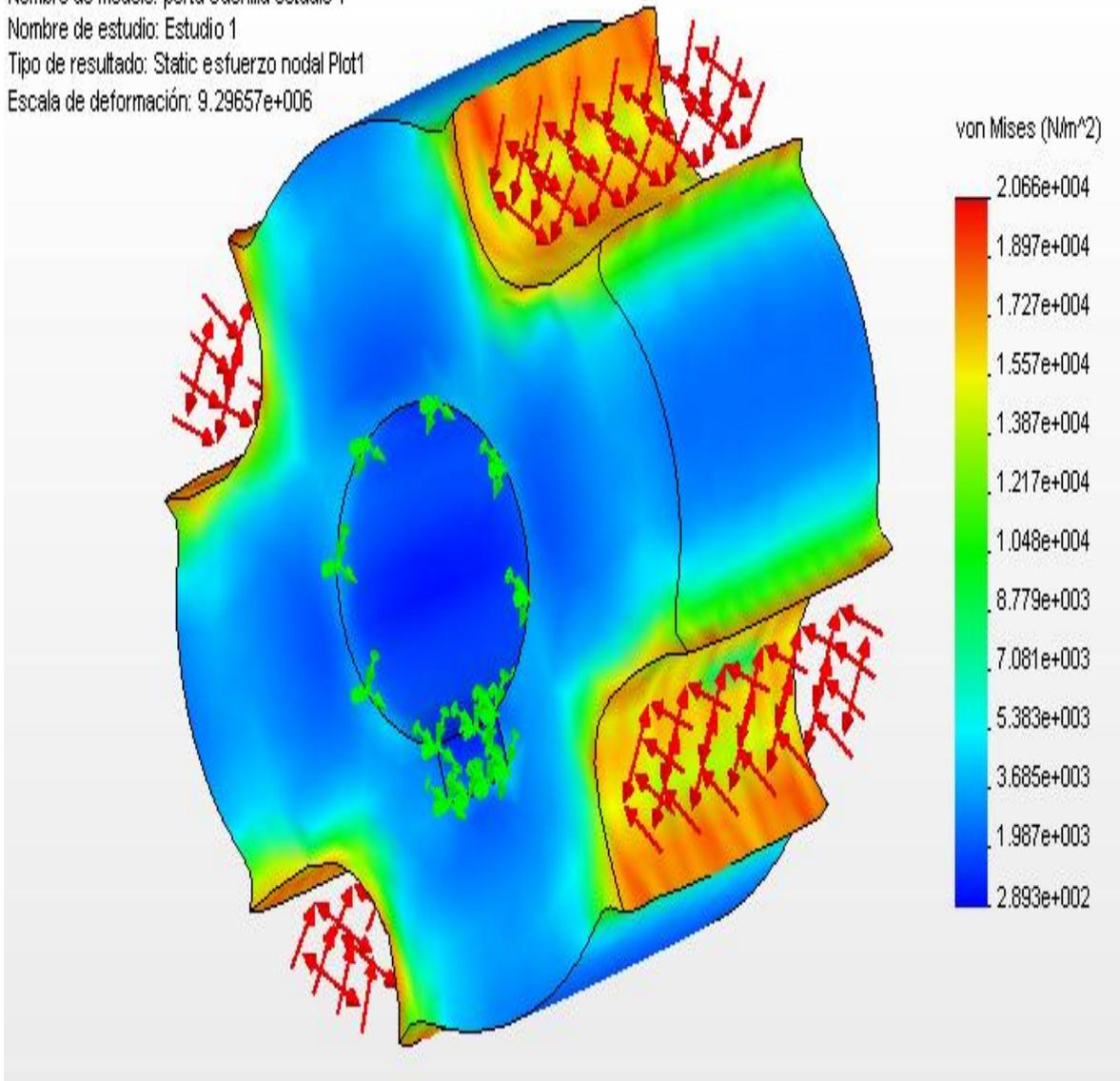
ANEXO 14. Resultado de tensiones. Portacuchilla.

Nombre de modelo: porta cuchilla estudio 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Static esfuerzo nodal Plot1

Escala de deformación: 9.29657e+006



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

ANEXO 15 .Coeficiente de seguridad. Portacuchilla.

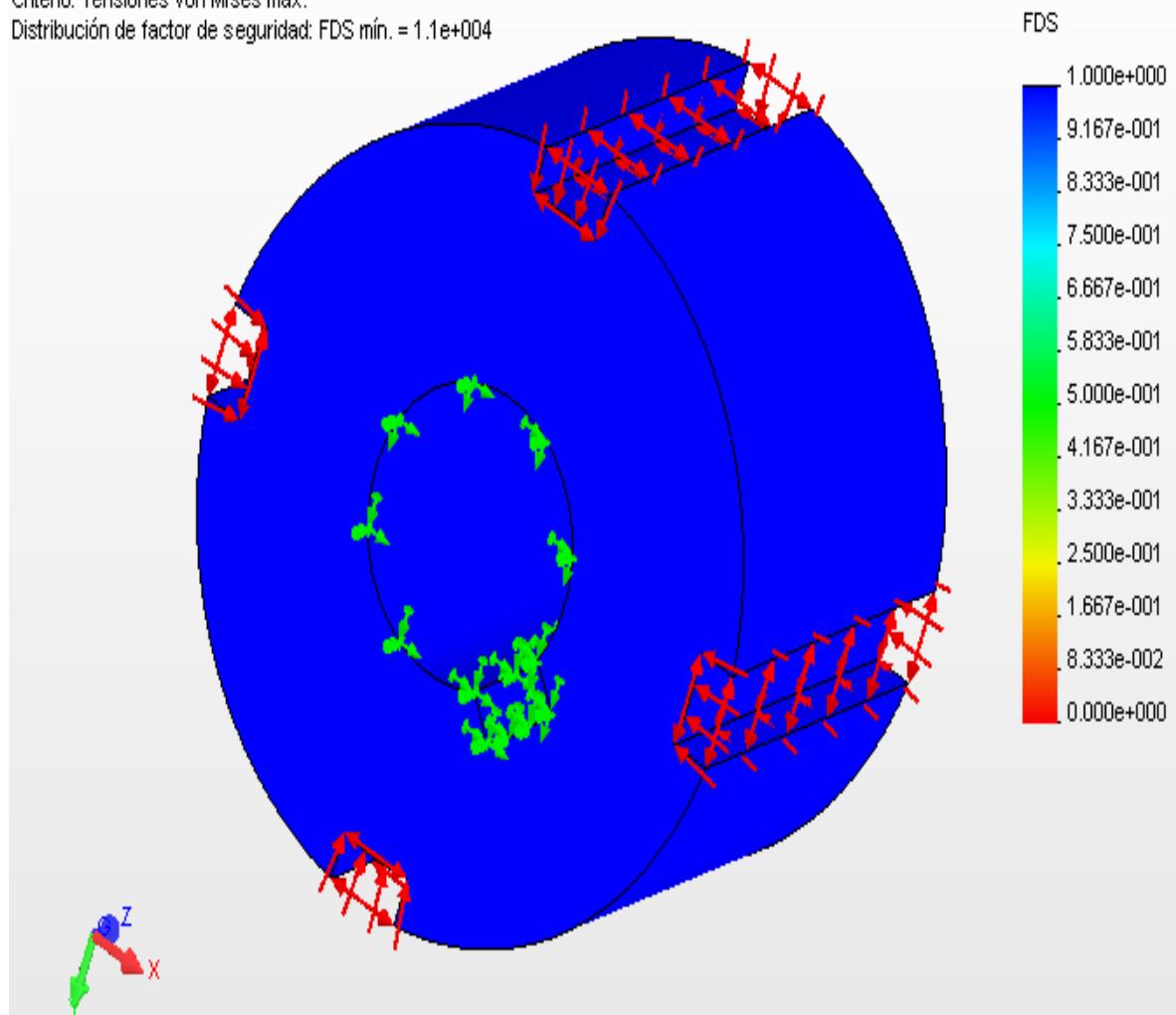
Nombre de modelo: porta cuchilla estudio 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Verificación de diseño Plot1

Criterio: Tensiones von Mises máx.

Distribución de factor de seguridad: FDS mín. = 1.1e+004



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.

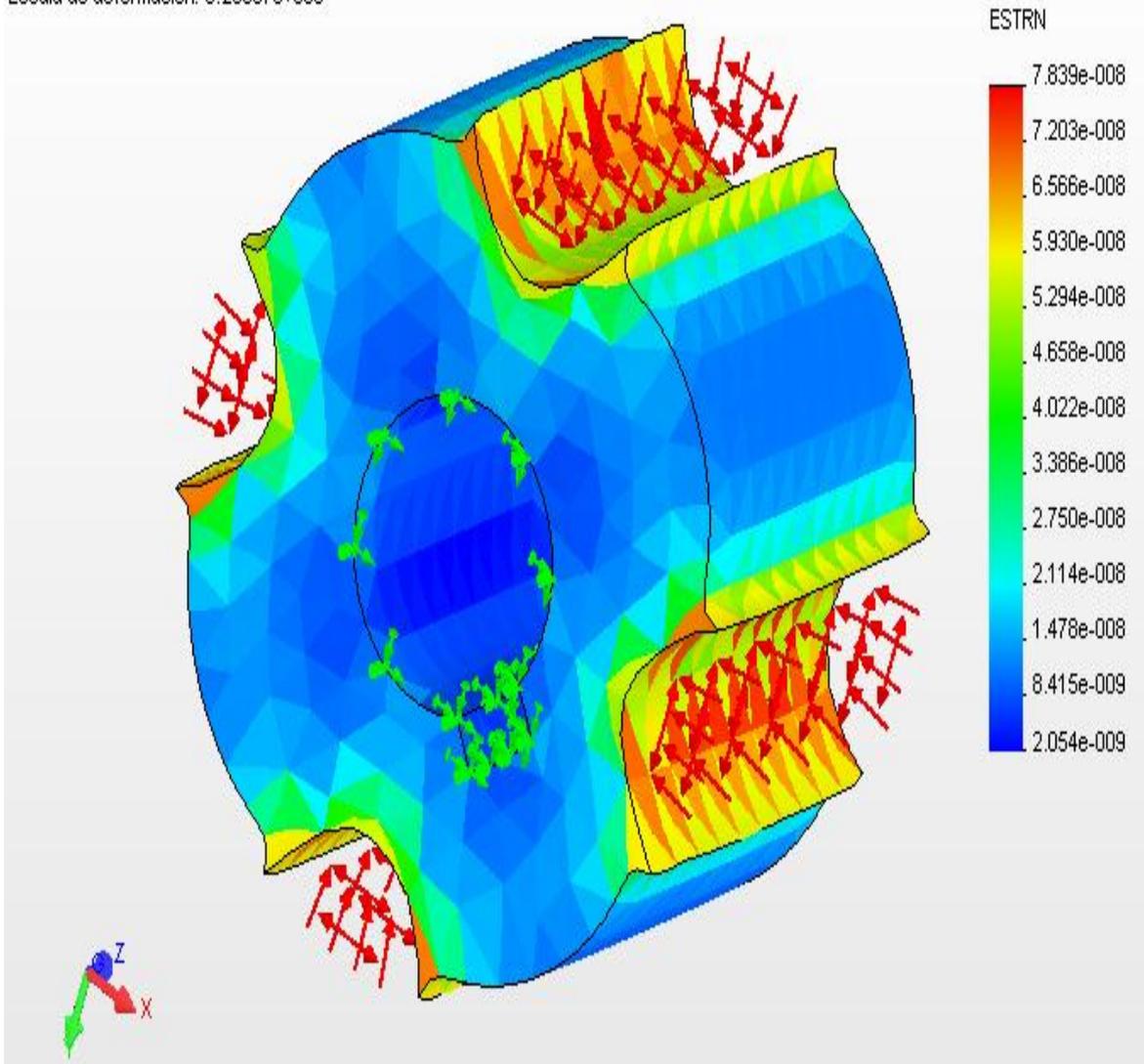
ANEXO 16.Resultado de deformaciones unitarias. Portacuchilla.

Nombre de modelo: porta cuchilla estudio 1

Nombre de estudio: Estudio 1

Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Plot1

Escala de deformación: 9.29657e+006



Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por Transmisión Flexible.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Trabajo de Diploma

*Tecnología de Diseño y Fabricación de un Molino de Martillo Triturador de Piedra por
Transmisión Flexible.*