

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA
TRITURADORA DE MANDÍBULAS DE EXCÉNTRICA
ELEVADA**

**EDGAR JOSÉ ORTIZ ORTEGA
RONALD JULIÁN TIRADO ABRIL**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2.005

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA
TRITURADORA DE MANDÍBULAS DE EXCÉNTRICA
ELEVADA**

**EDGAR JOSÉ ORTIZ ORTEGA
RONALD JULIÁN TIRADO ABRIL**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
ALFREDO PARADA CORRALES
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2.005**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado muy especialmente a mis padres José Ángel y Nelly, ellos han hecho posible la consecución de este logro, por su inmenso amor hacia mí.

A mis hermanos, especialmente a Osmar por estar conmigo y apoyarme durante estos años de estudio.

A la madre de mi hijo Leidy Johanna por su invaluable amor y compañía.

A mi hijo Juan Sebastián, enorme motivo de orgullo y felicidad para mí.

Edgar José Ortiz Ortega

AGRADECIMIENTOS

A Alfredo Parada Corrales, ingeniero mecánico, director del proyecto por su respaldo y colaboración oportuna.

Al ingeniero Mauricio Moreno por su invaluable ayuda, dedicación y apoyo.

A Víctor Torres, Iván Torres, Álvaro Fonseca y su compañero Don Hernando por su colaboración laboriosa y dedicada, por sus aportes en la construcción de la maquina.

A mis padres y familiares.

A todos mis amigos.

CONTENIDO

1. OCURRENCIA DEL MINERAL AURÍFERO	20
1.1 LOS SULFUROS METÁLICOS.	21
1.2 LAS ROCAS ÍGNEAS.	22
2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MINERALES.	24
2.1 EXFOLIACION.	24
2.2 PARTICIÓN.	25
2.3 FRACTURA.	25
2.4 PESO ESPECÍFICO.	25
2.5 DUREZA.	25
2.6 INFLUENCIA DE LA DUREZA EN LA CONMINUCIÓN.	26
2.7 TENACIDAD.	27
3. LA CONMINUCIÓN.	28
3.1 PASOS DE LA CONMINUCIÓN.	29
3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS EMPLEADAS EN LA CONMINUCIÓN.	30
TRITURADORAS DE MANDÍBULAS.	31
4. FRACTURA DE MINERALES.	35

4.1	FRACTURA DE PARTÍCULAS AISLADAS.	35
4.2	MECÁNICA DE LA FRACTURA DE LA PARTÍCULA.	36
4.3	RELACIONES ENTRE ENERGÍA Y REDUCCIÓN DE TAMAÑO.	42
4.4	MECANISMOS DE FRACTURA.	45
5.	PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE DISEÑO DE LA TRITURADORA.	49
5.1	RELACION DE REDUCCIÓN.	49
5.2	ANCHO MÍNIMO DE LA ABERTURA DE LA ALIMENTACIÓN (G).	50
5.3	LONGITUD MÍNIMA DE CARRERA DE LA MANDÍBULA (E).	50
5.4	VELOCIDAD MÍNIMA DE OPERACIÓN (N_{OP}).	50
5.5	POTENCIA REQUERIDA (N_B).	51
5.6	ÁNGULO MÁXIMO DE PELLIZCO (Θ).	52
5.7	DETERMINACION DE LA CARGA DE TRABAJO.	54
6.	DISEÑO VIRTUAL DE LA TRITURADORA DE MANDIBULAS DE EXCENTRICA ELEVADA.	58
6.1	GEOMETRÍA Y DINÁMICA	59
6.2	DISEÑO DE LA PLACA DENTADA	60
6.2.1	DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONES DE LA PLACA DENTADA.	60
6.2.2	CÁLCULOS DE LA PLACA DENTADA.	62
6.3	DISEÑO DEL CUERPO DE GIRO	65
6.3.1	DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONES DEL CUERPO DE GIRO.	66

6.3.2	CÁLCULOS DEL CUERPO DE GIRO.	66
6.4	DISEÑO DE LOS RODAMIENTOS CENTRALES	69
6.4.1	DESCRIPCIÓN DE LOS RODAMIENTOS CENTRALES.	69
6.4.2	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS CENTRALES.	70
6.5	DISEÑO DE LA LEVA	71
6.5.1	DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONES DE LA LEVA.	71
6.5.2	CÁLCULOS DE LA LEVA.	72
6.6	DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN DE POTENCIA.	75
6.7	DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL.	78
6.7.1	DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONES.	78
6.7.2	CÁLCULOS DEL EJE.	79
6.8	DISEÑO DE LA BIELA	82
6.8.1	DESCRIPCIÓN DE LA BIELA.	82
6.8.2	CÁLCULOS DE LA BIELA.	82
6.9	CÁLCULO DE LAS CALZAS	84
6.9.1	DESCRIPCIÓN DE LAS PIEZAS.	84
6.9.2	CÁLCULOS DE LAS CALZAS DE SOPORTE.	85
6.10	SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS LATERALES	87
6.11	DISEÑO DE LA PLACA LATERAL	88
6.11.1	DESCRIPCIÓN DE LA PLACA LATERAL.	89
6.11.2	CÁLCULO DE LA PLACA LATERAL.	90
6.12	DISEÑO DE LA PLACA FRONTAL Y PLACA POSTERIOR.	92
6.12.1	DESCRIPCIÓN DE LA PLACA FRONTAL.	93
6.12.2	DESCRIPCIÓN DE LA PLACA POSTERIOR.	93
6.12.3	CÁLCULOS DE LA PLACA FRONTAL Y PLACA POSTERIOR.	93

6.13 DISEÑO DE LA PLACA DE SOPORTE DE CALZA.	96
6.13.1 DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA.	97
6.13.2 CÁLCULO DE LA PIEZA.	97
7. PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.	99
8. CONCLUSIONES	103
9. RECOMENDACIONES	105
10. BIBLIOGRAFÍA	106

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. TRITURADORA DE MANDÍBULAS TIPO BLAKE.	32
FIGURA 2. TRITURADORA DE PIVOTE ELEVADO.	33
FIGURA 3. TRITURADORA DE MANDÍBULAS DE EXCÉNTRICA ELEVADA.	33
FIGURA 4. TRITURADORA DE MANDÍBULAS DE EXCÉNTRICA ELEVADA.	34
FIGURA 5. DIBUJO ESQUEMÁTICO TRITURADORA DODGE.	34
FIGURA 6. PROPAGACIÓN DE UNA GRIETA	37
FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS PRINCIPALES	40
FIGURA 8. FORMA GENERAL DE LA RELACIÓN ENERGÍA-REDUCCIÓN DE TAMAÑO.	43
FIGURA 9. REPRESENTACIÓN DE LOS MECANISMOS DE FRACTURA	47
FIGURA 10. COMBINACIÓN DE LOS MECANISMOS DE FRACTURA	48
FIGURA 11. ÁNGULO DE PELLIZCO.	52
FIGURA 12. ESQUEMA DEL MECANISMO DE MOVIMIENTO DE LA TRITURADORA.	60
FIGURA 13. PLACA DENTADA DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULAS.	61
FIGURA 14. FIJACIÓN DE LA PLACA DENTADA AL CUERPO DE GIRO	62
FIGURA 15. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE PARA LA PLACA DENTADA.	63
FIGURA 16. PLACA DE DESGASTE ANALIZADA EN ANSYS.	64
FIGURA 17. CUERPO DE GIRO.	65
FIGURA 18. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL CUERPO DE GIRO.	67
FIGURA 19. CUERPO DE GIRO ANALIZADO EN ANSYS.	68
FIGURA 20. UBICACIÓN DE LOS RODAMIENTOS CENTRALES	69
FIGURA 21. CARGA SOBRE EL RODAMIENTO RÍGIDO DE BOLAS	71
FIGURA 22. LEVA DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULAS.	72
FIGURA 23. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA LEVA	73
FIGURA 24. LEVA ANALIZADA EN ANSYS.	74
FIGURA 25. SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA.	75
FIGURA 26. EJE PRINCIPAL DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULAS	78

FIGURA 27. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA POLEA MAYOR.	79
FIGURA 28. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL EJE.	80
FIGURA 29. DIAGRAMA DE ESFUERZOS DEL EJE	81
FIGURA 30. DIAGRAMA DE FACTORES DE SEGURIDAD DEL EJE.	81
FIGURA 31. BIELA DE LA TRITURADORA DE MANDÍBULAS.	82
FIGURA 32. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA BIELA	82
FIGURA 33. ESFUERZOS SOBRE LA BIELA.	83
FIGURA 34. FACTOR DE SEGURIDAD DE LA BIELA	83
FIGURA 35. SISTEMA DE CALZAS	84
FIGURA 36. DIAGRAMA DE ESFUERZOS.	85
FIGURA 37. DIAGRAMA DE FACTORES DE SEGURIDAD.	86
FIGURA 38. DISEÑO VIRTUAL DE LA CHUMACERA CON RODAMIENTO.	87
FIGURA 39. PLACA LATERAL	89
FIGURA 40. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA PLACA LATERAL	90
FIGURA 41. ANÁLISIS EN ANSYS DE LA PLACA LATERAL.	91
FIGURA 42. PLACA FRONTAL.	92
FIGURA 43. PLACA POSTERIOR	92
FIGURA 44. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE.	94
FIGURA 45. DIAGRAMA DE ESFUERZOS.	94
FIGURA 46. FACTORES DE SEGURIDAD.	95
FIGURA 47. PLACA DE SOPORTE DE CALZA.	96
FIGURA 48. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL SOPORTE DE CALZA.	97
FIGURA 49. DIAGRAMA DE ESFUERZOS EN EL SOPORTE DE CALZA.	98
FIGURA 50. FACTOR DE SEGURIDAD DEL SOPORTE DE CALZA.	98
FIGURA 51. ESTRUCTURA DE SOPORTE Y ANCLAJE.	99
FIGURA 52. MONTAJE DE MOTOR Y TRANSMISIÓN.	100
FIGURA 53. GRADUACIÓN DE LA ABERTURA DE SALIDA.	100
FIGURA 54. ROCAS DE LA MENAS.	101
FIGURA 55. REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE LA ROCA.	102

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. SULFUROS METÁLICOS.	21
TABLA 2. MINERALES CONSTITUYENTES DE LAS ROCAS ÍGNEAS.	23
TABLA 3. ESCALA DE MOHS.	26
TABLA 4. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS.	56
TABLA 5. CARGAS DE FRACTURA EN ROCAS.	57
TABLA 6. RESULTADOS DE PRUEBAS.	101

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. TABLAS PARA LA SELECCIÓN DE CORREAS.	108
ANEXO B. TABLAS PARA LA SELECCIÓN DE RODAMIENTOS	112
ANEXO C. TABLAS PARA LA SELECCION DE ACEROS.	115
ANEXO D. CATALOGO DE MOTORES ELECTRICOS.	116

RESUMEN

TÍTULO:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRITURADORA DE MANDÍBULAS DE EXCENTRICA ELEVADA.

AUTORES:
Edgar José Ortiz Ortega.
Ronald Julián Tirado Abril. **

PALABRAS CLAVES:
Trituradora de mandíbulas, Excéntrica elevada.

DESCRIPCIÓN:

La finalidad de este trabajo de grado es diseñar y construir una trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada con el objeto de que esta cumpla a cabalidad con la segunda fase correspondiente a la primera etapa de la conminución de los minerales auríferos, proporcionando así el tamaño adecuado de roca para que se ejecute una posterior molienda de manera eficiente.

La trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada presenta mejores características de diseño que la hace sobresalir ante otras; debido a que se adapta a los parámetros establecidos de diseño, por ejemplo; la trituradora construida presenta un fácil montaje y mantenimiento, ya que todo su diseño es modular.

Así mismo la máquina facilita la alimentación y la descarga del material debido al movimiento excéntrico que la leva transmite a la placa de trituración, el cual produce un efecto de empuje del mineral hacia la cavidad de trituración, obteniéndose mayores velocidades de triturado y por ende mayor capacidad con menor consumo de energía.

* Proyecto de grado.

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Alfredo Parada.

SUMMARY

TITLE:

CONSTRUCTION AND DESIGN OF A ELEVATED EXCENTRIC JAW CRUSHER.*

AUTHORS:

Edgar José Ortiz Ortega.
Ronald Julián Tirado Abril.**

KEY WORDS:

Jaw crusher, Elevated excentric.

DESCRIPTION:

The main intention of this thesis work is to design and construct an elevated excentric jaw crusher with the objective that it fully accomplish the second fase of the first level of the conminution of gold ores, providing the adequate rock size to execute a posterior grinding in an efficient way.

The elevated excentric jaw crusher presents the best design characteristics that makes it excel against the others, because it adapts to the established design parameters, for example since al its design is modular.

The machine also facilitates the feeding and discharge due to the excentric movement that cam transmits to the crushing sheet witch produces a mineral thrust effect into the crushing cavity, obtaining faster speeds of crushing and as result a larger capacity with less energy consumption.

* Degree Work.

** Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Alfredo Parada.

INTRODUCCIÓN

El beneficio de minerales está compuesto de una serie de tratamientos a los que se someten los minerales para separar y desechar sus fracciones carentes de valor. La mena la constituyen materiales naturales, en su mayor parte rocas, que contienen una cantidad de elementos deseables, suficientes para justificar su explotación.

En muy raras ocasiones, los metales y minerales de importancia comercial se encuentran en forma y grados de pureza, que su utilización práctica exige. La sucesión de las operaciones principales en la explotación de un yacimiento mineral es el siguiente: extracción, preparación y purificación.

La separación de los elementos útiles de una MENA de los que carecen de valor, se logra gracias a la diferencia de las propiedades químicas y físicas de los minerales. Para que una máquina de separación trabaje adecuadamente es preciso que las partículas minerales tengan plena libertad de moverse unas con respecto a las otras, por eso el mineral debe sufrir una adecuada reducción de tamaño; si se lleva a cabo una eficiente trituración, los tiempos de paso del mineral por cada una de las etapas siguientes dentro de la planta de beneficio disminuirán.

Esto influirá en una reducción de los costos de operación de la planta de beneficio, gasto energético, reactivos químicos y un aumento de la capacidad.

Por tales motivos el presente trabajo de grado se centra en llevar a cabo el diseño y construcción de una trituradora de mandíbulas de excéntrica con características especiales, que permitan que dicha máquina cumpla con una adecuada y eficiente segunda etapa de reducción de tamaño de mineral aurífero.

1. OCURRENCIA DEL MINERAL AURÍFERO

El oro y la plata fueron posiblemente los primeros metales que llamaron la atención del hombre, ya que son los únicos que se encuentran en la naturaleza en estado nativo, es decir en sus menas normalmente está presente como metal.

El oro frecuentemente suele presentarse en pequeñas cantidades, o asociado a sulfuros metálicos tales como la pirita, estibina, arsenopirita, pirrotina y galena. Durante siglos por acción de la naturaleza el oro fue depositado por soluciones minerales ascendentes que los contenían. El oro fue simplemente mezclado mecánicamente con los sulfuros, y no en forma de combinación química alguna.

En la superficie terrestre y cerca de ella, los sulfuros que contienen oro normalmente están oxidados, dejándolo libre y, haciendo así su extracción muy fácil. Dichas menas se denominan libres.

La ocurrencia del oro más generalizada en el mundo se presenta en un simple ganga silicosa, su liberación total o parcial se hace por trituración y molienda húmeda. Si al finalizar este proceso, el oro libre de la ganga el limpio y brillante puede ser colectado fácilmente por el mercurio (amalgamación). Por su simplicidad y eficiencia fue este el proceso principal para recuperar el oro filoniano, antes que el proceso de cianuración.

1.1 LOS SULFUROS METÁLICOS.

Los sulfuros son una clase de minerales que están formados por las combinaciones de los metales con el azufre, selenio o telurio.

La importancia de los sulfuros metálicos se desprende del hecho de que comprenden la mayoría de las menas minerales, como por ejemplo la pirita, arsenopirita, calaverita y silvanita que son minerales que normalmente están acompañados de oro.

Tabla 1. Sulfuros metálicos.

Argentita	Cinabrio
Calcosina	Rejalgar
Galena	Oropimente
Blenda	Estibina
Bornita	Bismutina
Calcopirita	Pirita
Estannina	Cobaltina
Greenockita	Marcasita
Pirrotita	Arsenopirita
Nquelina	Molibdenita
Millerita	Calaverita
Pentlandita	Silvanita
Covelina	Skutterudita

1.2 LAS ROCAS ÍGNEAS.

La mayoría de los minerales aparecen en la naturaleza corrientemente como constituyentes de rocas, es el caso de los sulfuros metálicos que están íntimamente relacionados con las rocas ígneas.

Las rocas ígneas, como su nombre lo indica, son aquellas que se han formado por el enfriamiento y posterior solidificación de una masa de material rocoso, al mismo tiempo caliente y fluida, conocida con el nombre de magma rocoso, un magma es una solución que contiene los constituyentes químicos que al ser enfriado suficientemente cristalizan para formar los diversos minerales que forman la roca resultante. Los elementos químicos principales que constituyen los magmas de las rocas ígneas son, por orden de abundancia, el oxígeno, silicio, aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio y potasio.

Las rocas ígneas presentan la siguiente división:

Rocas plutónicas.

Rocas volcánicas.

Rocas fragmentarias.

Algunas de las rocas ígneas más comunes y conocidas son:

Granito-granodiorita.

Sienita-monzonita.

Tonalita.

Diorita-gabro.

Peridotito.

Riolita.

Traquita.

Fonolita.

Latita.

Dacita.

Andesita.

Basalto.

En las rocas ígneas se encuentran muchos minerales, pero los que se puede decir que forman las rocas ígneas, son muy pocos. La lista que se muestra a continuación se divide en dos partes.

Tabla 2. Minerales constituyentes de las rocas ígneas.

Minerales fundamentales.	Minerales accesorios.
Cuarzo	Circón
Feldespatos	Esfena
Nefelina	Magnetita
Sodalita	Ilmenita
Leucita	Oligisto
Micas	Apatito
Piroxenos	Pirita
Anfíboles	Rutilo
Olivino	Corindón
	Granate
	Silvanita
	Calaverita

2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MINERALES.

Gracias a las propiedades físicas de los minerales, estos pueden en algunos casos ser reconocidos por simple inspección o mediante la realización de pruebas sencillas.

La exfoliación, partición y fractura son propiedades de los minerales que dependen de su cohesión. El nombre de cohesión se da a la fuerza de atracción que existe entre las moléculas de un mismo cuerpo, como consecuencia de la cual ofrecen resistencia a cualquier influencia que tienda a separarlas, como en la rotura de un sólido, o el rayado de su superficie. La cohesión está íntimamente ligada a la cristalografía.

Las propiedades físicas principales de los minerales que más atañen en el campo de la conminución son las siguientes.

2.1 EXFOLIACION.

Es la tendencia de un mineral cristalino a romperse en ciertas direcciones definidas, produciéndose superficies más o menos planas. Las superficies de exfoliación son siempre planos de la estructura del cristal, donde se indica un valor mínimo de cohesión.

Por ejemplo el grafito y la mica (que se deshace en láminas muy finas y pulidas) tiene una exfoliación en forma laminar. Dentro de las láminas existen fuertes enlaces, pero en la dirección perpendicular a éstas, existen enlaces débiles que dan lugar a la exfoliación.

2.2 PARTICIÓN.

Es una propiedad en cual ciertos minerales, cuando se encuentran sometidos a tensión o compresión, desarrollan planos de debilidad estructural a lo largo de los cuales pueden más tarde romperse. Se diferencia de la exfoliación en que solo lo exhibirán todos los ejemplares de un determinado mineral que estén mezclados o que hayan sido sometidos a la presión indicada.

2.3 FRACTURA.

Es la forma como se rompe un mineral cuando no se exfolia o parte. Los siguientes son los nombres con que se designan las diferentes clases de fractura de minerales.

Concoidal: superficies suaves y lisas (vidrio).

Astillosa: se rompe según astillas o fibras.

Ganchuda: superficie irregular dentada.

Irregular: superficies bastas e irregulares.

2.4 PESO ESPECÍFICO.

Se nombra como peso específico de un mineral al número que expresa la relación entre su peso y el peso de un volumen igual de agua a 4°C. Si un mineral tiene un peso específico 2, ello implica que una muestra de dicho mineral pesa dos veces lo que pesa un volumen igual de agua.

2.5 DUREZA.

Se da este nombre a la resistencia que opone la superficie lisa de un mineral a ser rayado. El grado de dureza viene dado por la facilidad o dificultad

relativa con que un mineral es rayado por otro mineral o por una lima o punta de acero. La escala de dureza más conocida y utilizada es la escala de dureza de Mohs, la cual se basa en una serie de 10 minerales tomados de referencia, y por comparación con ellos puede determinarse la dureza relativa de cualquier otro mineral. La siguiente es la escala de Mohs.

Tabla 3. Escala de Mohs.

Talco.
Yeso.
Calcita.
Fluorita.
Apatita.
Ortosa.
Cuarzo.
Topacio.
Corindón.
Diamante.

El intervalo de dureza entre pares consecutivos en la escala es muy diferente, por ejemplo, la diferencia de dureza entre el corindón y el diamante es mucho mayor que la existente entre el topacio y el corindón.

2.6 INFLUENCIA DE LA DUREZA EN LA CONMINUCIÓN.

Para minerales poseedores de una gran dureza, la conminución se realiza por impacto ó aplastamiento.

Para minerales blandos es más adecuado emplear el proceso de frotamiento junto con el aplastamiento.

Para minerales frágiles se suele aplicar impacto ó el cizallamiento.

2.7 TENACIDAD.

Es la resistencia que un mineral opone a ser roto, molido, doblado ó desgarrado, en resumen es su cohesión. A continuación se citan los términos que se usan para designar las diversas clases de tenacidad de los minerales.

Frágil: se dice que un mineral es frágil cuando se rompe fácilmente o se reduce fácilmente a polvo.

Maleable: es un mineral que puede ser transformado en hojas delgadas por percusión.

Sectil: es un mineral que puede cortarse con un cuchillo.

Dúctil: es un mineral al cual se le puede dar forma de hilo.

Flexible. es un mineral que puede ser doblado, pero no recobra su forma original una vez se termina la presión que lo deforma.

Elástico: es un mineral que recobra su forma primitiva al cesar la fuerza que lo ha deformado.

3. LA CONMINUCIÓN.

La conminución es el término castellano preciso para definir el proceso de reducción simultánea de los tamaños de un conjunto. La separación de los minerales debe ir precedida de una conminución, en la cual se liberan las especies de una mena, por lo menos hasta un grado en que puedan separarse en fracciones valiosas y desechos.

Los sólidos minerales pueden romperse de tres maneras diferentes comunes, en las cuales se basan las máquinas de conminución: compresión, impacto y frotamiento con cizalla. Un mortero, un martillo y una lima, son ejemplos de los tipos de acción. En general, se usa la compresión tosca de sólidos duros, obteniéndose poca cantidad de finos; el impacto da productos gruesos, medios y finos; el frotamiento da productos muy finos.

La conminución en campo del beneficio de mineral aurífero se realiza con el fin de:

Producir partículas de un tamaño adecuado, tal que permita el acceso de las soluciones cianuradas.

Liberar el oro contenido en la matriz de la ganga.

Incrementar el área de superficie disponible para la cianuración, obteniéndose así una rápida cinética de extracción.

3.1 PASOS DE LA CONMINUCIÓN.

El proceso de conminución comprende dos etapas que se desarrollan secuencialmente: la trituración y la molienda. Existen tres tipos de básicos de circuitos de conminución.

Circuito cerrado convencional en tres etapas: trituración, molienda en molino de barras y molienda en molino de bolas.

Trituración primaria y molienda autógena.

Trituración primaria, trituración secundaria y por último molienda fina en molino de bolas.

La trituración primaria es la fase inicial de reducción de tamaño, y consiste en tomar el mineral que sale de la mina y llevarlo finalmente a tamaños desde 25-30 cm. hasta 10-15 cm.

La trituración secundaria es el paso siguiente de reducción de tamaños, y tiene por objeto reducir la MENA hasta un tamaño apropiado (1.27 a 0.635 cm.) de manera que permita efectuar una molienda económica, ya que ésta es la operación más costosa de todo el procesamiento de minerales.

La molienda parte de los productos obtenidos en la trituración secundaria, reduciéndolos a un tamaño de 0.15 mm. La molienda consta generalmente de una serie de fases intermedias en las que se utilizan tamices y dispositivos para determinar las dimensiones del mineral. Esta operación puede realizarse por vía seca o húmeda, siendo esta última la más corriente.

3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS EMPLEADAS EN LA CONMINUCIÓN.

Las principales clases de máquinas para la reducción de tamaños son:

- Trituradoras o quebrantadoras.
- Trituradora de mandíbulas.
- Trituradoras giratorias.
- Trituradora de rodillos.
- Molinos.
- Molinos de martillos.
- Molinos giratorios de compresión (Molino de rodillos, Molino de barras).
- Molinos de fricción.
- Molinos giratorios (Molino de barras, molino de bolas, molino de tubos).
- Pulverizadores.
- Molino de martillos con clasificación interna.
- Martillos que utilizan la energía de un fluido.

Estas máquinas realizan su trabajo de formas completamente diferentes. La compresión es la característica de las trituradoras; los molinos emplean impacto y fricción, combinados a veces con compresión; los pulverizadores operan principalmente por fricción, excepción obvia de los martillos que trabajan por impacto.

Trituradoras De Mandíbulas. Los trozos de roca grandes exigen la aplicación de fuerzas muy considerables para romperlas. Esta fuerza se obtiene, en la quebrantadora de mandíbulas, de la multiplicación progresiva, por un mecanismo de fuerza infinita, del tirón correspondiente de la correa de transmisión.

Las quebrantadoras usadas para rocas de una dureza grande o intermedia, se caracterizan porque las superficies trituradoras no son paralelas, sino convergen hacia abajo y se aproximan y alejan alternativamente con una pequeña amplitud, pero nunca llegan a establecer contacto entre si. El espacio en V que las separa, esta abierto en su parte superior para recibir la alimentación y, por abajo, para descargar el producto fragmentado, por lo que el género entra, circula y sale en virtud únicamente de la fuerza de la gravedad.

La amplitud del movimiento de la mandíbula varia entre 1.25 y 7.5 c m (1/2" a 3"), según el tamaño de la quebrantadora y el carácter de la roca. Las mandíbulas se abren y se cierran de 250 a 400 veces por minuto.

Es común en estas máquinas, utilizar una razón de reducción de 4 a 6. Excepcionalmente llega a 8, por las restricciones que impone el ángulo de pellizco.

Existen cuatro tipos generales de trituradoras de mandíbulas comerciales hasta el momento las cuales son la tipo Blake, de pivote elevado, de excéntrica elevada y la Dodge.

La trituradora de mandíbulas tipo Blake (Figura 1) es la quebrantadora original estándar utilizada para la trituración primaria y secundaria en rocas duras, tenaces y abrasivas, así como para materiales pegajosos, producto relativamente grueso con planos de separación o lajas con mínimo de finos. El volante hace uniforme el consumo de potencia.

Figura 1. Trituradora de mandíbulas tipo Blake.



La trituradora de pivote elevado (Figura 2.) tiene aplicaciones similares a las Blake, el pivote elevado reduce el rozamiento contra las caras de la quebrantadora, se reduce el atascamiento, se logran mayores velocidades y por tanto mayores capacidades. Es mayor la eficiencia de aprovechamiento de energía porque la quinada y la carga no se elevan durante el ciclo.

La trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada (Figura 3 y 4) originalmente estuvo restringida a los tamaños más pequeños por limitaciones estructurales. Actualmente se fabrican en los mismos tamaños que la Blake, a la cual viene a sustituir porque el excéntrico elevado ayuda a la alimentación y la descarga, permitiendo lograr mayores velocidades y capacidad, tiene en cambio alto desgaste, más roturas por fatiga y ligeramente menor eficiencia de aprovechamiento de energía.

Figura 2. Trituradora de pivote elevado.



Figura 3. Trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada.

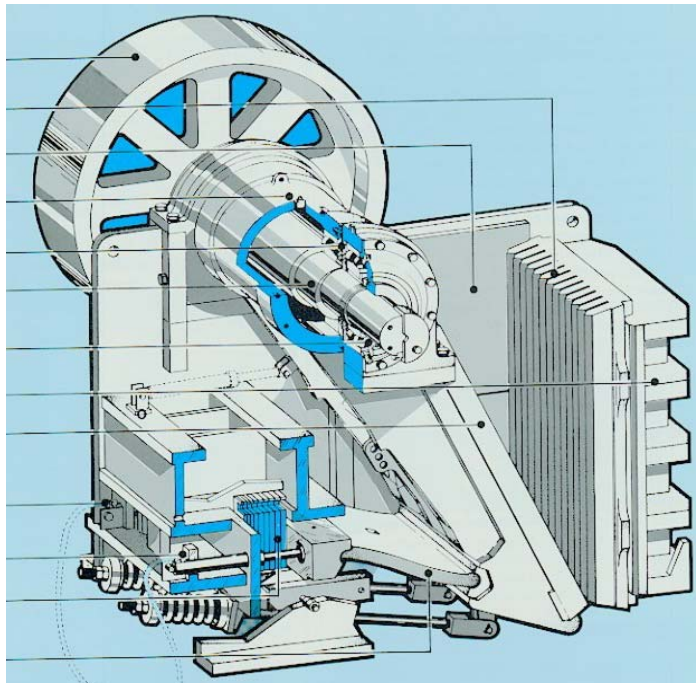
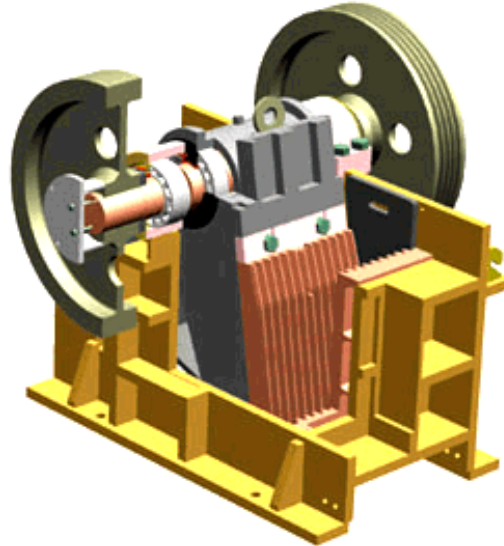


Figura 4. Trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada.



En la trituradora de mandíbulas tipo Dodge el pivote ubicado abajo motiva un producto con mejor control de tamaños que la Blake, pero la quebrantadora Dodge es difícil de fabricar en tamaños grandes y tiene tendencia a atascarse. Generalmente se le limita a uso de laboratorio.

Figura 5. Dibujo esquemático Trituradora Dodge.

1. Mandíbula fija, 2. Mandíbula móvil, 3. Pivote, 4. Excéntrica, 5. Balancín o seguidor, 6. Bastidor.

4. FRACTURA DE MINERALES.

La conminución o reducción de tamaño es de vital importancia en el procesamiento de minerales. Un mineral tiene que reducirse en tamaño hasta que los minerales valiosos que contiene son liberados de la roca que los aloja o quedan expuestos para tratarse químicamente.

En algunos casos, como la producción de agregados, es necesaria la reducción para obtener un producto comercial. También puede ser necesaria la reducción antes de efectuar una etapa de procesamiento subsiguiente como el peletizado. En todos los casos la fragmentación de la roca, operación necesaria para lograr esta reducción de tamaño, es una operación que consume gran cantidad de energía.

4.1 FRACTURA DE PARTÍCULAS AISLADAS.

En cualquier operación industrial de reducción de tamaño, la fragmentación de cualquier partícula individual ocurre simultáneamente con la de muchas otras partículas. Los productos de la fragmentación de una partícula se mezclan íntimamente con los de otras partículas y no son distinguibles unos de otros. Como consecuencia, una operación industrial de reducción de tamaño puede analizarse solamente en función de una distribución de partículas de la alimentación que ha de reducirse a una distribución de partículas de producto. Sin embargo, cada partícula individual se fractura como resultado de los esfuerzos que se inducen precisamente a ella.

4.2 MECÁNICA DE LA FRACTURA DE LA PARTÍCULA.

Al tratar de entender los mecanismos fundamentales por los que se fracturan las partículas de mineral, en el transcurso de muchos años diversos investigadores han intentado aplicar los conceptos de la “física de la fractura” y la “mecánica de la fractura” como se emplean en la ciencia de los materiales y en la mecánica de las rocas. Las partículas de mineral son heterogéneas, tienen normalmente fallas tanto a macro como a micro escala, y no siempre se comportan como materiales frágiles.

Empero, examinando materiales bien definidos y considerando luego los efectos de la naturaleza heterogénea de las partículas de mineral, se ha logrado avanzar substancialmente hacia la descripción del proceso de facturación. Rumpf y Schonert, así como Oka y Majima, han hecho aportaciones importantes. Los resultados de otros trabajos de investigación se pueden encontrar en la literatura.

Excepto en tamaños muy pequeños, una partícula de mineral puede considerarse como un material frágil; es decir que la deformación es proporcional al esfuerzo aplicado hasta el momento en que ocurre la fractura. Griffith analizó la fractura de los minerales frágiles, y este análisis ha servido de base para muchos trabajos de investigación subsecuentes. Griffith observó que estando bajo esfuerzo, la presencia de fallas en un material puede conducir a una concentración de esfuerzos en un sólido. La “la punta” o borde de guía de una falla o grieta se ilustra en la figura 5.

Las uniones químicas en la punta de la grieta varían desde la condición de esfuerzo nulo hasta la deformación plena en el punto de ruptura. Sin embargo, aunque no se requiere esfuerzo alguno para que ocurra la ruptura de las uniones, se requiere esfuerzo para aportar la energía necesaria para

propagación de la grieta y la creación consecuente de una nueva superficie. En consecuencia, se supone que la fractura ocurre cuando la energía de deformación local en la punta de la grieta es precisamente la suficiente para promover la energía de superficie de las dos nuevas superficies producidas por la fractura.

Figura 6. Propagación de una grieta por ruptura de uniones químicas bajo esfuerzo extremo.

El esfuerzo crítico de tensión aplicado normalmente a la grieta, T_G , conocido también como esfuerzo de Griffith, se obtiene mediante la ecuación

$$\tau_G = \left(\frac{2\gamma y}{Lcr} \right)^{1/2} \quad (1)$$

La ecuación 1 se conoce como el criterio de Griffith para la fractura. El concepto de la propagación de las grietas a partir de fallas diminutas de un material tiene gran aceptación, si bien se han hecho modificaciones a la

teoría de Griffith para explicar aspectos tales como la energía cinética asociada con el campo de esfuerzo que se propaga en la punta de la grieta, y el comportamiento plástico localizado de un material en la punta de la grieta.

Debe hacerse notar que, aunque no es necesario aportar suficiente energía para deformar todas las uniones hasta el punto de ruptura (debido a la presencia de fallas), se necesita más energía que la es justamente suficiente para aportar la energía libre de las nuevas superficies, porque las uniones alejadas de las superficies eventuales de fractura se deforman también, y por lo tanto absorben energía.

La teoría de Griffith precisa que exista un esfuerzo de tensión transversalmente a una grieta para abrirla más. Una carga de compresión uniforme sólo puede cerrar una grieta. Sin embargo, la carga de compresión no uniforme lleva a esfuerzos localizados de tensión; de aquí que ***en la conminución las partículas se fracturan normalmente a tensión, no a compresión.***

Gilvarry aplicó la teoría de Griffith a la fractura de partículas de mineral. Él consideró la fractura de partículas aisladas, suponiendo que las fallas están distribuidas en forma aleatoria por toda la partícula y que cada nueva superficie de fractura habrá de contener fallas en las que pueden originarse nuevas fracturas. A partir de esta base se deriva una distribución de productos de la fractura.

En el trabajo de Rumpf y su grupo de investigadores relativo a la fractura de partículas individualmente, se examinaron las relaciones esfuerzo-deformación en partículas de diferentes minerales y se relacionaron con la teoría de la grieta de Griffith. Lograron demostrar que en las partículas más pequeñas que tienen menos fallas, el esfuerzo aplicado al que ocurre la fractura es mayor. Estos investigadores también hacen notar que sin tener en

cuenta la distribución y densidad de fallas, se necesita un esfuerzo mayor para fracturar una partícula más pequeña.

Puesto que la energía absorbida por una grieta es proporcional a un área, mientras que la energía de deformación es proporcional al volumen, la cantidad de energía disponible a una condición de esfuerzo dada disminuye al disminuir el tamaño de la partícula. Esto significa que es necesaria una mayor densidad de energía, y por lo tanto aplicación de un esfuerzo mayor, para producir una grieta continua en una partícula de menor tamaño, cualquiera que sea la iniciación de la grieta o la resistencia del mineral.

También se ha investigado la fractura de partículas aisladas de tamaños muy pequeños. En esta situación la deformación plástica se convierte en un factor, y cuando puede ocurrir deformación significativa sin fractura, es cuando se ha alcanzado el límite de capacidad de molienda.

Oka y Majima analizaron teóricamente la fractura como ocurre en la conminución. Examinaron lo que ocurre cuando la fractura de una partícula se debe a los esfuerzos de tensión generados por un par de cargas concentradas F aplicadas en compresión, como se muestra en la figura 6. Las características de esfuerzos y deformación en una partícula irregular aparecen como similares a las de una esfera sometida a las mismas condiciones, y por lo tanto el análisis se basa en una esfera. Las distribuciones de esfuerzos en el eje de la esfera (partícula) se puede observar en la figura 7. Nótese que aunque el esfuerzo principal que obra en la dirección z es un esfuerzo de compresión en toda la partícula, el esfuerzo principal que actúa en el plano $x-y$ es un esfuerzo de compresión adyacente a los puntos de carga pero es un esfuerzo de tensión dentro de la partícula. Puesto que las partículas de mineral son mucho más débiles a la tensión que a la compresión (es decir, su resistencia a la tensión es mucho menor que su

resistencia a la compresión), la fractura de la partícula ocurre primordialmente a causa del esfuerzo de tensión. Al someter una partícula a una carga concentrada como se muestra en la figura 6, el resultado es un pequeño número de fragmentos grandes debido a la fractura por tensión, además de un gran número de fragmentos pequeños cuya separación se debe a la compresión adyacente a los puntos de carga.

Figura 7. Distribución de esfuerzos principales que obran en una partícula bajo carga de compresión localizada.

Para cualquier modulo de Young y relación de Poisson dados, el esfuerzo es proporcional a la carga e inversamente proporcional al cuadrado del diámetro de la partícula, mientras que la deformación de la partícula es proporcional a la carga, inversamente proporcional al cuadrado del diámetro de la partícula y también proporcional a la distancia desde el centro de la partícula a lo largo del eje z.

La energía E_p que actúa en la partícula de la figura 6 es el producto de la carga de compresión F y la deformación medida desde el punto de carga z_d , es decir,

$$E_p = F \cdot z_d \quad (2)$$

La deformación en este punto es

$$z_d = \frac{F}{dy} K_v \quad (3)$$

(K_v =una constante que depende sólo de la relación de Poisson de la partícula de roca; d = diámetro de la partícula). Mediante el empleo de la teoría de la elasticidad, Oka y Majima demostraron y confirmaron que el esfuerzo de tensión en el momento de la fractura (o la resistencia a la tensión) T_f que se genera en una partícula puede obtenerse en forma aproximada mediante la ecuación

$$\tau_f = 0.9 \frac{F_o}{d^2} \quad (4)$$

(F_o = valor de la carga aplicada en el momento de fractura). Si se sustituyen las ecuaciones 4 y 3 en la ecuación 2, la energía necesaria para fracturar una partícula puede expresarse en función del tamaño de la partícula y las propiedades del material de la misma, como

$$E_p = 1.23 K_v \frac{\tau_f^2 d^3}{y} \quad (5)$$

siendo K_v esencialmente constante.

Por la teoría de Griffith de la fractura que nombró anteriormente, se sabe que: 1) la resistencia a la tensión de una partícula depende de las grietas o fallas que contenga tal partícula, y 2) la probabilidad de que haya grietas presentes en una partícula disminuye al disminuir el tamaño de la partícula.

4.3 RELACIONES ENTRE ENERGÍA Y REDUCCIÓN DE TAMAÑO.

Una relación empírica entre la energía y la reducción de tamaño que se ha propuesto y generalmente se ha aceptado es

$$dE_0 = -K d[d/d^{fn(d)}] \quad (6)$$

(E_0 = energía específica necesaria para suministrar la energía de superficie de la nueva superficie; d = tamaño de la partícula). Esta ecuación también se ha empleado profusamente con $fn(d)$ reemplazado por una constante n , es decir

$$dE_0 = -K d[d/d^n] \quad (7)$$

La figura 8 muestra la forma general de la relación de energía y la reducción de tamaño, y claramente n no es constante en toda la gama de tamaños de partículas. Sin embargo, dentro de intervalos limitados de tamaños puede usarse un valor constante para n . Esta ecuación empírica (ecuación 7) es entonces la forma generalizada de las ecuaciones teóricas y empíricas de

energía-reducción de tamaño de Rittinger, Kick, Bond, Holmes, Charles, Svensson y Murkes, y otros.

Figura 8. Forma general de la relación energía-reducción de tamaño.

Las ecuaciones de Rittinger, Kick y Bond se han citado como “leyes”. Aunque las dos primeras tienen cierta base teórica, no son aplicables generalmente sobre una amplia gama de materiales o tamaños de partículas. La tercera “ley” de Bond es una relación puramente empírica obtenida por trituración y molienda de lotes de un gran número de minerales.

Rittinger estableció que la energía de fractura es proporcional al área de la nueva superficie producida, es decir,

$$E_0 = K_1(S_{o0} - S_{o1}) \quad (8)$$

(S_{o1} , S_{o0} = área específica de superficie antes y después del evento de fractura, respectivamente). Esta ecuación puede obtenerse integrando la ecuación (7) si $n=2$ y suponiendo que S_o es inversamente proporcional d . La ecuación 8 también puede escribirse de la forma

$$E_o = K_2 \left(\frac{1}{d_o} - \frac{1}{d_1} \right) \quad (9)$$

(d_1, d_o = tamaño de partícula antes y después del evento de fractura, respectivamente). Debe hacerse notar que para una distribución de tamaños de partícula, d debe reemplazarse por un tamaño de partícula representativo tal como una media. La definición del tamaño de partícula usado debe ser la misma antes y después de la fractura.

Kick propuso la teoría de que los cambios geométricos equivalentes en los tamaños de las partículas requieren igual energía. La ecuación resultante es

$$E_0 = K_3 \ln(d_1/d_o) \quad (10)$$

Esta ecuación puede obtenerse también por la integración de la ecuación 7, esta vez con $n=1$.

En una serie extensa de pruebas que cubre una amplia gama de minerales, Bond determinó que una ecuación de la forma siguiente resulta completamente aplicable:

$$E_o = K_4 \left(\frac{1}{d_o^{1/2}} - \frac{1}{d_l^{1/2}} \right) \quad (11)$$

La forma particular de la ecuación utilizada por Bond es

$$E_o = K_4 \left(\frac{1}{d_{80,o}^{1/2}} - \frac{1}{d_{80,l}^{1/2}} \right) \quad (12)$$

($d_{80,l}, d_{80,o}$ =80% del tamaño que pasa antes y después del evento de fractura, respectivamente). Las ecuaciones 11 y 12 pueden obtenerse por integración de la ecuación 7 con $n=1.5$.

4.4 MECANISMOS DE FRACTURA.

Para que se fracture una partícula se requiere un esfuerzo de suficiente magnitud para rebasar la resistencia a la fractura de la partícula. La manera en la cual se fractura la partícula depende de la naturaleza de ésta, y de la manera en que se aplique la fuerza a la partícula. La fuerza que obra sobre la partícula puede ser una fuerza de compresión como en la figura 6 que ocasione que la partícula se fracture por tensión. Esta fuerza puede aplicarse con más o menos rapidez, la cual afecta la naturaleza de la fractura. Además, en vez de una fuerza de compresión la partícula puede someterse a una fuerza cortante, tal como se ejerce cuando dos partículas se rozan una contra otra.

Se han utilizado muchos términos para definir los distintos mecanismos de fractura de una partícula. Este trabajo de grado se empleará los términos *abrasión*, *crucero* y *estallido* (figura 9).

La fractura por *abrasión* ocurre cuando se aplica insuficiente energía para causar la fractura generalizada de la partícula. Más bien ocurren esfuerzos localizados y se fractura un área pequeña para dar una distribución de partículas muy finas (fractura de estallido localizada efectivamente).

La fractura de *crucero* ocurre cuando la energía aplicada es la suficiente para cargar comparativamente pocas regiones de la partícula hasta el punto de fractura, sólo resultan unas cuantas partículas. Su tamaño es relativamente cercano al tamaño de la partícula original.

Típicamente ocurre esta situación bajo condiciones de compresión lenta en donde la fractura alivia inmediatamente la carga que obra la partícula. La fractura de *estallido* ocurre cuando la energía aplicada es mucho mayor que la necesaria para efectuar la fractura; bajo estas condiciones, muchas áreas de la partícula están sobrecargadas y el resultado es un número relativamente grande de partículas con un amplio espectro de tamaños.

Esto ocurre bajo condiciones de carga rápida como sucede en un impacto a alta velocidad.

En la práctica, por supuesto, estos tipos de fractura no ocurren aisladamente. Es particularmente significativa la situación ilustrada en la figura 10 (ésta ocurre comúnmente en las trituradoras), en la cual se desarrolla una fragmentación parcial en los puntos de carga.

Figura 9. Representación de los mecanismos de fractura de la partícula y las diferentes distribuciones resultantes de tamaño del producto.

La fractura debida a un impacto a alta velocidad en el que la energía es insuficiente para ocasionar la fragmentación total, puede todavía causar la fragmentación parcial de la superficie de la partícula; la fractura resultante es esencialmente de abrasión. Si se desprenden fracciones muy pequeñas de una partícula a causa de una fuerza cortante aplicada en la superficie, el efecto acumulativo es abrasión. Estrictamente hablando, por supuesto, éste no es el caso de una fractura individual.

Otro término que se emplea para describir un mecanismo de fractura es el desbarbado. Sin embargo, el desbarbado, que es la fractura de filos o esquinas de una partícula, puede considerarse como un caso especial de la fractura de *crucero*.

Figura 10. Combinación de los mecanismos de fractura, tal como ocurre en la practica.

5. PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE DISEÑO DE LA TRITURADORA.

Para el diseño de la trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada se emplearán algunos parámetros fundamentales para la adecuada operación de la máquina. Estos parámetros han sido definidos por diferentes investigadores y autores como Shovin y Bond entre otros, y se encuentran consignados en una amplia literatura especializada en la materia, por ejemplo en artículos y textos de procesamiento de minerales.

5.1 RELACION DE REDUCCIÓN.

En las operaciones de reducción de tamaño de minerales, se conoce por relación de reducción a la relación existente entre el tamaño máximo del material suministrado a la máquina en la alimentación y el tamaño máximo que pueden tener productos de la operación de reducción a la salida.

Para este caso específico, el tamaño máximo de alimentación es de 4", y el tamaño máximo de producto debe ser de 1/2". Por lo tanto la relación de reducción será:

$$Rr = (D_{\text{max alimentación}} / d_{\text{max producto}}) \quad (13)$$

$$Rr = (4'' / 0.5'') \quad \text{entonces, } Rr = 8.$$

5.2 ANCHO MÍNIMO DE LA ABERTURA DE LA ALIMENTACIÓN (G).

El ancho mínimo de la trituradora debe ser un 15% mayor que el tamaño máximo de la alimentación.

$$D_{\text{max alimentación}} = 0.85 * G \quad (14)$$

$$G = (D_{\text{max alimentación}} / 0.85)$$

$$G = (4'' / 0.85) = 4.7'' \approx 12\text{cm}.$$

5.3 LONGITUD MÍNIMA DE CARRERA DE LA MANDÍBULA (e).

La longitud mínima de carrera de la mandíbula móvil viene dada por la siguiente expresión

$$e = 0.06 * G^{0.85} \text{ [m]} \quad (15)$$

Entonces para el caso de este diseño.

$$e = 0.06 * (0.12\text{m})^{0.85} = 0.00989\text{m} \approx 10\text{mm}.$$

5.4 VELOCIDAD MÍNIMA DE OPERACIÓN (n_{op}).

$$n_{op} = 280 * 2.71^{(-0.212 * (G)^3)} \text{ [rpm]} \quad (16)$$

$$n_{op} = 280 * 2.71^{(-0.212 * (0.12)^3)} = 279.89 \text{ rpm} \approx 280 \text{ rpm}.$$

5.5 POTENCIA REQUERIDA (N_B).

La potencia requerida es calculada con la siguiente expresión de Bond.

$$N_B = 13.33W_i \frac{Q}{\Omega} \left(\frac{1}{\sqrt{P_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{F_{80}}} \right) \quad (17)$$

Donde:

W_i : índice de trabajo de Bond [Kw.-h/ton].

Q : Capacidad proyectada de trituración.

D_{\max} alimentación y d_{\max} producto deben estar en micras.

El W_i recomendado por Bond para trituración hasta de 4ton/h de mineral es de 35 [Kw.-h/ton].

P_{80} y F_{80} son las dimensiones de salida y alimentación, respectivamente, y deben estar en micras.

Ω es un valor de eficiencia mecánica supuesto.

Bond determino que K para el proceso de trituración era igual a $13.33 \mu\text{m}^{1/2}$.

Entonces:

$$N_B = 13.33 * 35 * \frac{0.5}{0.85} \left(\frac{1}{\sqrt{12700}} - \frac{1}{\sqrt{1016000}} \right) = 2.16\text{kw} \approx 2.8 \text{ HP}$$

Con este dato se puede concluir, que el motor que debe utilizarse es un motor de con una potencia de 3 HP.

5.6 ÁNGULO MÁXIMO DE PELLIZCO (θ).

El ángulo de pellizco, se define como el formado entre las caras de las superficies de trituración, en los puntos en que pinzan un trozo de mineral. Si las caras son planas, el ángulo será definido por el ángulo que formen éstas; si las caras son curvas, se utiliza el ángulo que formen las rectas tangentes en el punto de pellizco. La relación entre el ángulo de pellizco y las caras, se pone de manifiesto en la figura 10.

Sean S e I, respectivamente, las caras de conminución. Sea P la componente aplicada por S a un trozo hipotético de roca, A y R la componente normal de la reacción de I. Al despreciar las fuerzas de gravedad y suponer que las magnitudes de las componentes de rozamiento son, respectivamente, T_P y T_R .

Figura 11. Ángulo de pellizco.

Tomando como origen de los ejes horizontal y vertical el centro 0, de la esfera:

$$\sum F_H = 0 : \quad P \operatorname{sen} \theta - T_P \cos \theta - T_R = 0 \quad (18)$$

$$\sum F_V = 0 : \quad R - P \cos \theta - T_P \operatorname{sen} \theta = 0 \quad (19)$$

$$\sum M_o = 0 : \quad T_P * r - T_R * r = 0 \quad (20)$$

En virtud de (19), $T_P = T_R$.

Como T_R y T_P , son fuerzas de rozamiento, serán respectivamente, $T_P = \mu P$ y $T_R = \mu R$, donde μ es el coeficiente de rozamiento entre la roca el material de las caras de conminución.

Entonces: $P = R$.

De (18) por transposición y sustitución:

$$T_R = P * (\operatorname{sen} \theta - \mu \cos \theta), \text{ entonces}$$

$$R = P * ((\operatorname{sen} \theta / \mu) - \cos \theta)$$

Análogamente de (19):

$$R = P * (\cos \theta + \mu \operatorname{sen} \theta)$$

Por igualación y resolviendo se obtiene:

$$\operatorname{Tan} \theta = 2\mu / (1 - \mu^2) \quad (21)$$

Como esta fórmula se dedujo para el instante antes de iniciarse el deslizamiento, donde $(T_R / R) = (T_P / P) = \mu$, entonces, θ es el máximo ángulo permisible para que se pince la roca, según la definición del ángulo de pellizco.

Los valores experimentales de μ para la roca contra aleaciones de acero, tienen un valor medio de 0.3, de lo que se deduce que $\theta = 33^\circ$. Para ángulos mayores, T_R y T_P , no tienen la suficiente magnitud para evitar el deslizamiento y por lo tanto que la partícula salga de la cámara de trituración. Ángulos mucho menores, producirán un exceso de rozamiento.

El ángulo de pellizco en las trituradoras de mandíbulas rara vez excede de 24° , y con géneros excepcionalmente escurridizos, el ángulo disminuye a unos 18° .

5.7 DETERMINACION DE LA CARGA DE TRABAJO.

La trituradora diseñada debe procesar los minerales de manera flexible, tanto en calidad como en cantidad, debido a que de este diseño se construirán ocho trituradoras para ser instaladas en ocho sectores de integración minera deferentes en la zona sur del departamento de Bolívar. Tal condición imposibilitaba la proposición de un diseño específico para cada sector minero en particular, de acuerdo a las características mineralógicas y mineralúrgicas de estos sectores. Lo anterior hizo indispensable que se realizara una investigación bibliográfica profunda a cerca de las propiedades mecánicas de las diferentes rocas y minerales asociados a las menas de oro.

De la tabla 4 de las propiedades mecánicas de las rocas y minerales más comunes en la naturaleza, se puede decir que los esfuerzos necesarios para producir la fractura de estas, son relativamente altos, especialmente los esfuerzos de compresión. Sin embargo debe hacerse notar que estos esfuerzos son determinados bajo condiciones especiales de laboratorio, por ejemplo los ensayos de compresión se hacen con probetas confinadas en un fluido al cual se le eleva la presión hasta producir la fractura. En este ensayo se aplica una carga de compresión uniforme, lo cual no es el caso de la realidad de las operaciones de conminución.

Bond por medio de numerosas pruebas realizadas, de trituración y molienda de un gran número de minerales, las cuales le permitieron la publicación de la reconocida “ley de Bond”, pudo determinar que la fractura de los minerales en la práctica se produce muy por debajo de los valores de esfuerzos obtenidos en laboratorios, de acuerdo lo estudiado en el capítulo anterior.

Para el caso que atañe a este trabajo de grado, Bond determinó que para la trituración de rocas con contenidos minerales (rocas ígneas) de tamaño medio (entre 1” y 16” de diámetro) las cargas requeridas para lograr la fractura oscilaban entre 884.4 lbf y 5500 lbf. De esta información recopilada por Bond (tabla 5.) se tomará el valor de carga correspondiente para lograr la fractura en rocas hasta de 4”, es decir 2640 lbf, como carga de trabajo para realizar los cálculos (modelamiento en software CAE) de resistencia en el diseño de la trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada.

Tabla 4. Propiedades mecánicas de las rocas.

<i>ESFUERZO ÚLTIMO</i>			
<i>Roca</i>	<i>Modulo de Elasticidad</i> (x 10 ⁹ N/m ²)	<i>Esfuerzo de compresión</i> (x 10 ⁶ N/m ²)	<i>Esfuerzo de Tensión</i> (x 10 ⁶ N/m ²)
ANDESITA *	37.0	103	7.2
BASALTO *	32.4	58	3.2
FILITA	76.5	126	22.8
DIABASE	95.8	321	55.1
DIORITA *	46.9	119	8.2
DOLOMITA	51.0	90	3.0
GABRO *	55.3	186	13.8
GNEISS	55.16	223	15.5
GRANITO *	39.0	193	2.8
YESO	-----	22	2.4
CALIZA	63.8	63.8	4.0
MARMOL	48.3	106	6.5
QUARZITA	84.8	629	23.4
ARENISCA	10.52	38.9	5.17
ESQUISTO	58.19	215.8	17.2
PIZARRA	75.85	180	25.5

* Rocas ígneas.

Tabla 5. Cargas de fractura en rocas.

<i>DIAMETRO (pulg.)</i>	<i>CARGA (lbf)</i>
1 a 2	884.4
2 a 4	2640
4 a 8	3960
8 a 16	5500

6. DISEÑO VIRTUAL DE LA TRITURADORA DE MANDIBULAS DE EXCENTRICA ELEVADA.

Para el diseño de la trituradora se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- La trituradora de mandíbulas debe tener una capacidad de 500 Kg./hora.
- Su diseño debe ser modular
- Ninguna de las piezas individuales o subconjuntos que conforman la trituradora debe pesar más de 100 Kg. ya que se va a transportar a lomo de mula.

Se dispuso a utilizar el software ANSYS con el fin de desarrollar los cálculos y diseño de las piezas de la trituradora de mandíbulas para optimizar el tiempo de desarrollo del diseño y minimizar los errores de cálculo hechos a mano. Hay que tener en cuenta que los resultados del software de elementos finitos no son del todo exactos ya que la linealidad de los materiales en la realidad no es igual en toda su extensión ya que se pueden presentar incrustaciones e incluso no en todos los casos, las propiedades son lineales. Estos factores entre otros hay que tenerlos en cuenta en el análisis con elementos finitos. Otro factor que no se debe olvidar es que a pesar de los cálculos evaluados en ANSYS los materiales reales están sometidos a condiciones de desgaste y corrosión las cuales no se pueden analizar fácilmente en un software, además que no todos los materiales son homogéneos y tienen impurezas. Es por esto que el análisis ingenieril debe sobreponerse sobre el software, hacer que este sea una herramienta del ingeniero y no que el ingeniero se convierta en un seguidor del software.

6.1 GEOMETRÍA Y DINÁMICA

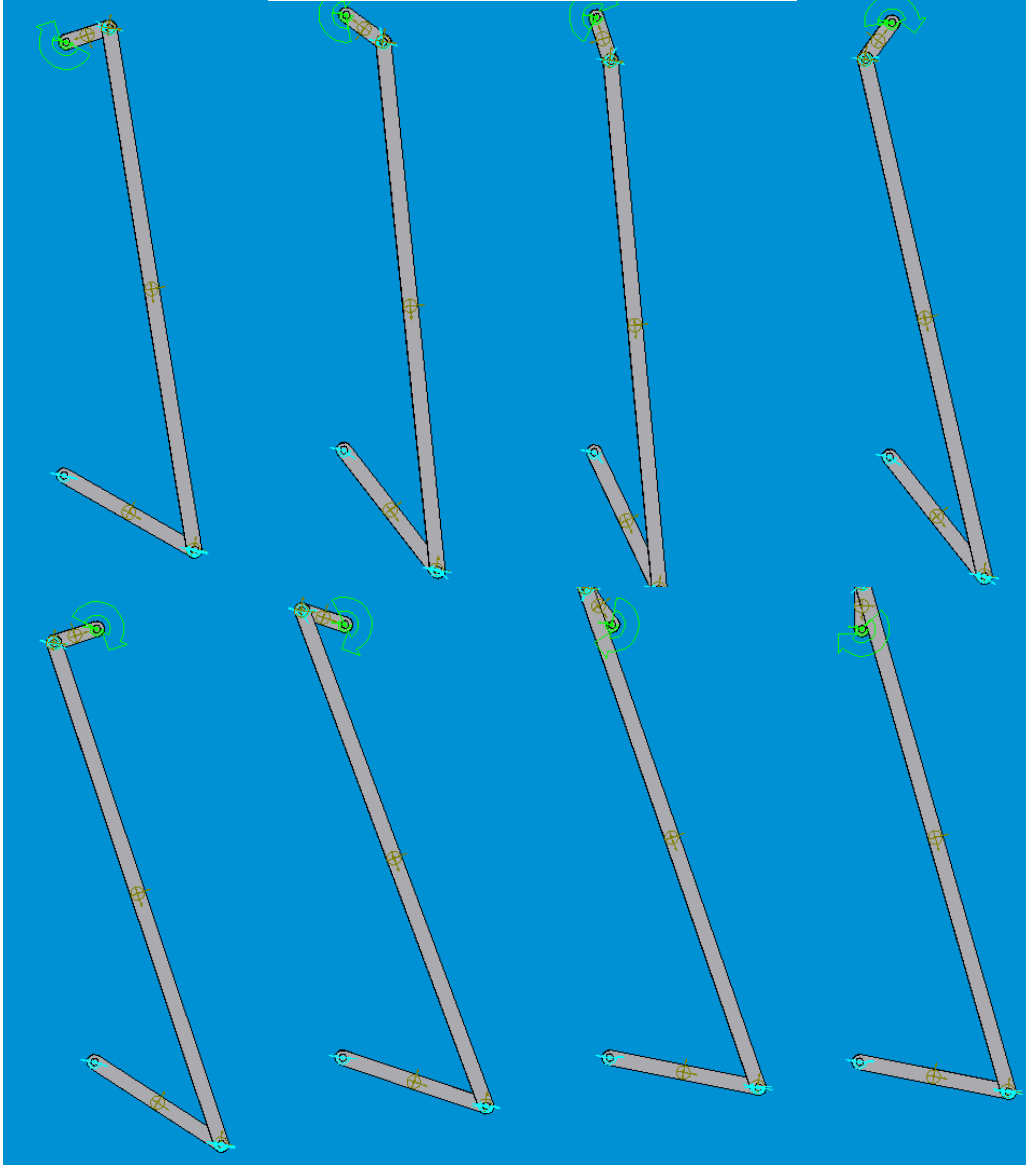
Con los parámetros iniciales obtenidos y la información recopilada se procede a elaborar esquemas de las partes de la máquina con el fin de determinar los valores geométricos de las piezas que van a ser parte constitutiva de la máquina.

Se inicio con el bosquejo de la figura 12 el cual se simuló en Solid Edge. Con los parámetros iniciales que se estudiaron en el capítulo 5 como son las rpm, la distancia de la entrada de la boca de la mandíbula, la distancia de salida de la mandíbula, entre otros, se determinan las dimensiones de las otras piezas por construcción, o a prueba y error para que cumplan con las condiciones iniciales.

Una vez determinada la geometría, se inicio el proceso de elaborar los cálculos para determinar las dimensiones reales y el tipo de material a utilizar en cada pieza. De la tabla 5 para un diámetro de 4" la carga que actuara para romper una roca es de 1200 Kgf o 12000 Newtons a impacto. Con esta carga como punto de partida se determinaron todas las reacciones que aparecen en cada una de las piezas de la máquina, este ejercicio se realizó con la ayuda de ANSYS, que es un software de elementos finitos.

Como punto adicional, una de las versatilidades que tienen estos software de elementos finitos es el ahorro de tiempo, por ejemplo, una persona puede demorar 2 horas en calcular un punto crítico de un eje, con ANSYS puede calcular todos los puntos del eje en casi la mitad del tiempo. Se hace entonces necesaria la utilización de estas herramientas con el fin de que el ingeniero no pierda tiempo en cálculos repetitivos y se preocupe en otras partes del proceso del diseño.

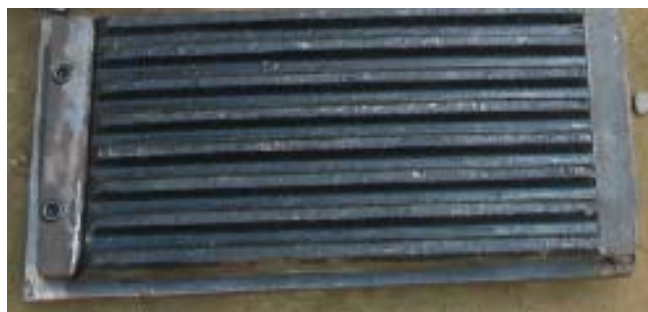
Figura 12. Esquema del mecanismo de movimiento de la trituradora.



6.2 DISEÑO DE LA PLACA DENTADA

6.2.1 Descripción y dimensiones de la placa dentada. Esta pieza se encuentra expuesta a excesivo impacto y alto desgaste abrasivo ya

Figura 13. Placa dentada de la trituradora de mandíbulas.

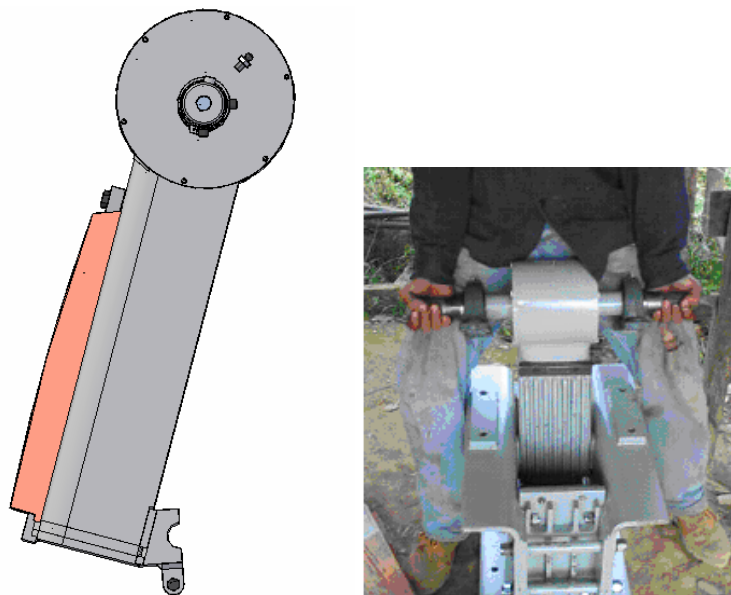


que es por esto que se requiere un material que resista este tipo de trabajo. de los catálogos de materiales encontrados se selecciono un acero al manganeso que cumple con los requerimientos, aunque es lógico que va a ver desgaste, solo que la durabilidad de este material traerá como beneficio menos paradas de producción de la planta lo que traerá con sigo ahorro de dinero.

Una característica de la placa dentada es que tiene dientes, una mejora de su antecesora que era plana. Estos dientes tienen como fin ocasionar en la roca concentración de esfuerzos y un mejor rendimiento de triturado ya que hay mas área de contacto.

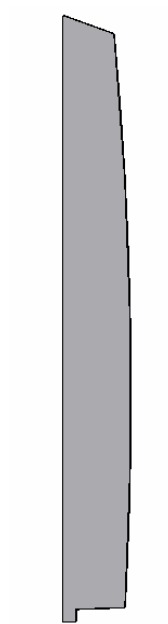
Para su fijación la placa dentada en su parte superior tiene una inclinación la cual con un sistema de cuña se fija al cuerpo de giro por el canal situado en su parte inferior como se observa en la figura 14.

Figura 14. Fijación de la placa dentada al cuerpo de giro por medio de una cuña



6.2.2 Cálculos de la placa dentada. La placa dentada presenta concentradores de esfuerzos en las raíces de sus dientes, la carga que se le aplica es de una tonelada a impacto, esta es la fuerza que se requiere para romper una roca, aunque esta sobre cargada ya que con un mazo de 5 Kg. se rompe una roca (prueba empírica).

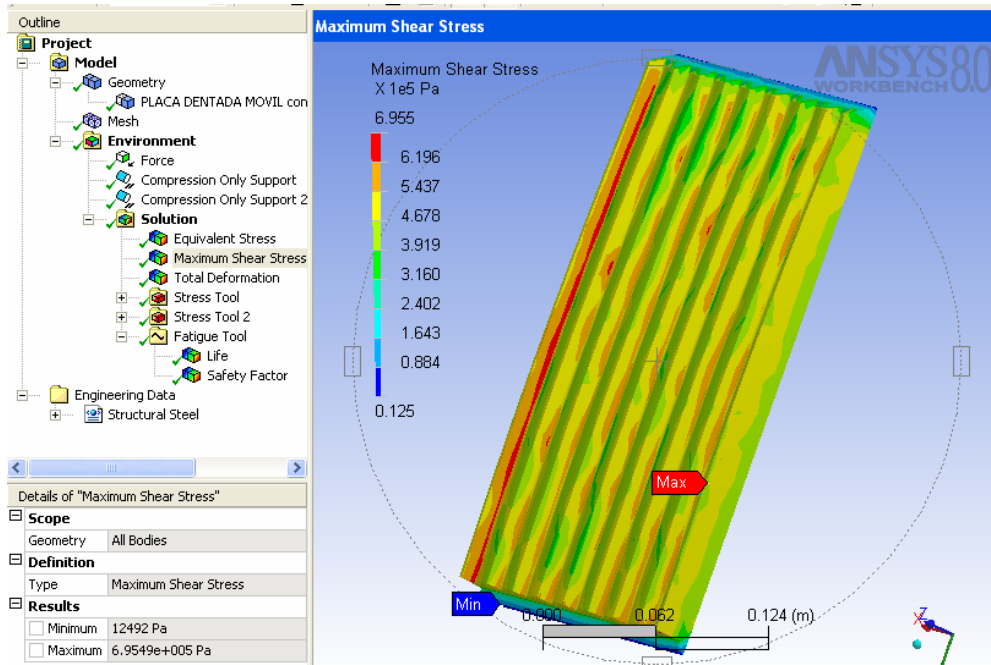
Figura 15. Diagrama de cuerpo libre para la placa dentada.



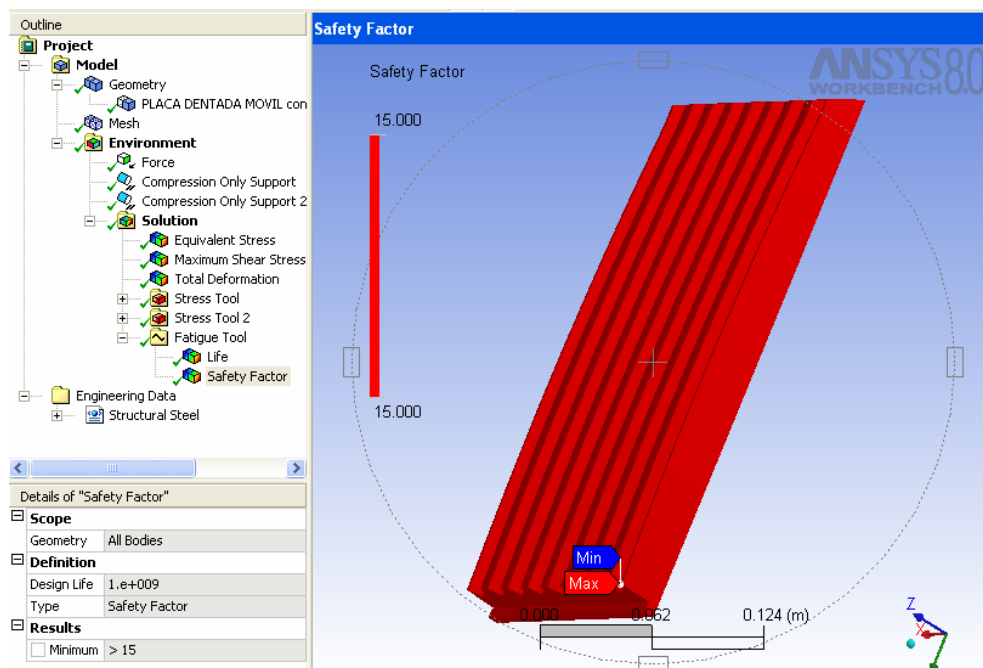
La sumatoria de fuerzas es muy sencilla, lo complicado es la simulación de los esfuerzos en ANSYS ya que la geometría es complicada. Los 12000 N de carga están distribuidos en la cara frontal y trasera de la placa ya que toda la placa en su parte frontal esta en contacto con la roca y en su parte trasera se encuentra apoyada en el cuerpo de giro.

El mínimo factor antifatiga presente en la pieza según ANSYS es de 15.

Figura 16. Placa de desgaste analizada en ANSYS. a. Diagrama de esfuerzos. b. Diagrama de factor de seguridad.



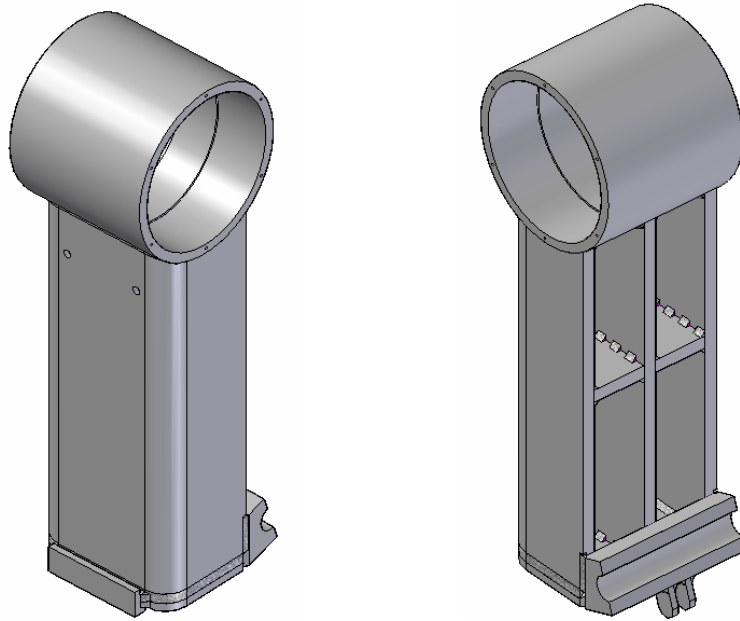
a.



b.

6.3 DISEÑO DEL CUERPO DE GIRO

Figura 17. Cuerpo de giro.



6.3.1 Descripción y dimensiones del cuerpo de giro. El cuerpo de giro esta conformado por 7 piezas individuales las cuales fueron soldadas con electrodo 7018 reduciendo su resistencia a la fatiga a la mitad.

Uno de sus componentes es un tubo de 6" cedula 80 de acero comercial, el cual lleva un torneado interno con tolerancias para rodamiento y un ajuste levemente forzado. el cuerpo es una lamina de 1/2" de espesor doblada simétricamente en la cual va apoyada la placa dentada, soldada a ésta se encuentran dos refuerzo centrales vertical y horizontalmente para darle mayor rigidez y resistencia a la pieza.

En la parte inferior hay un apoyo para la placa dentada, una tapa inferior y una pieza guía llamada calza de la biela la cual fue sometida a un proceso de carburación antes de ser soldada con el fin de darle dureza ya que es una pieza que va a estar sometida a desgaste por la biela pieza que se encuentra en el capitulo 6.7.

6.3.2 Cálculos del cuerpo de giro. Para la determinación de las cargas se hace sumatoria de momentos en R y se determina F y luego con sumatoria de fuerzas en X y Y se determinan Rx y Ry respectivamente, dando como resultado teniendo en cuenta que a tiene un valor de 45 grados:

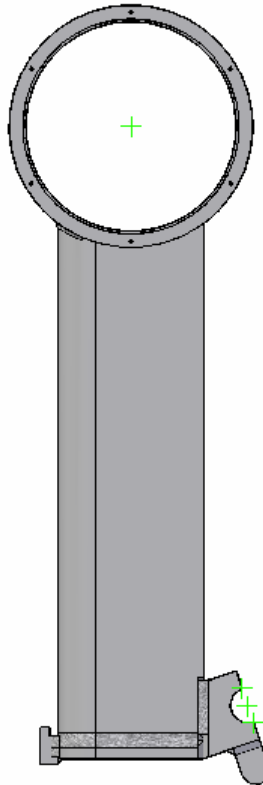
$$\begin{aligned}\sum M_R &= 0; \\ 274.8 \times 12000 - F \sin(45) \times 81 - F \cos(45) \times 402.5 + 1000 \times 438 &= 0 \quad (22) \\ F &= 10926 \text{ N};\end{aligned}$$

De la sumatoria de fuerzas en X y Y se tienen los siguientes resultados

$$R_x = 5274 \text{ N}$$

$$R_y = 7726 \text{ N}$$

Figura 18. Diagrama de cuerpo libre del cuerpo de giro.

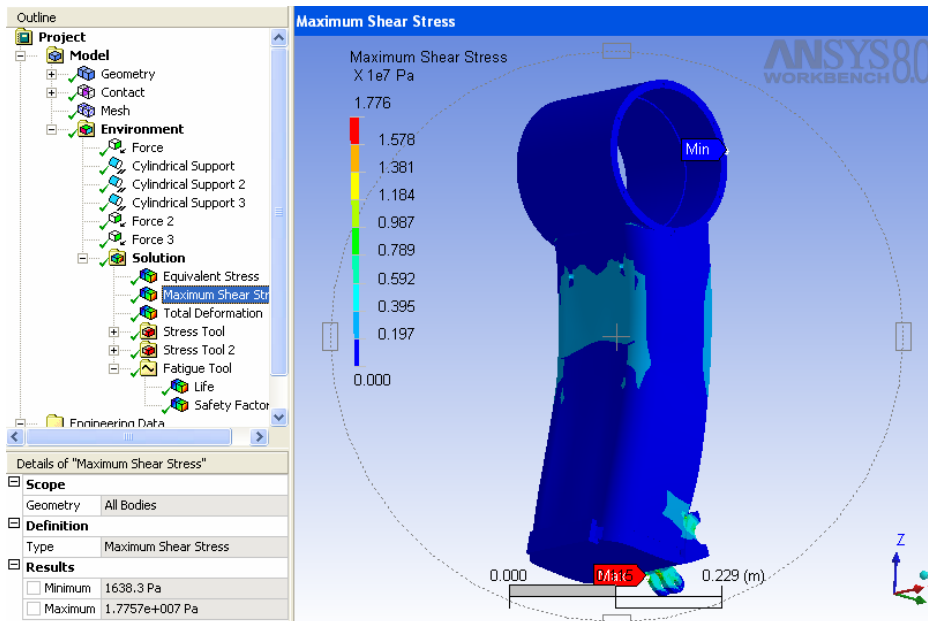


$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \tag{23}$$

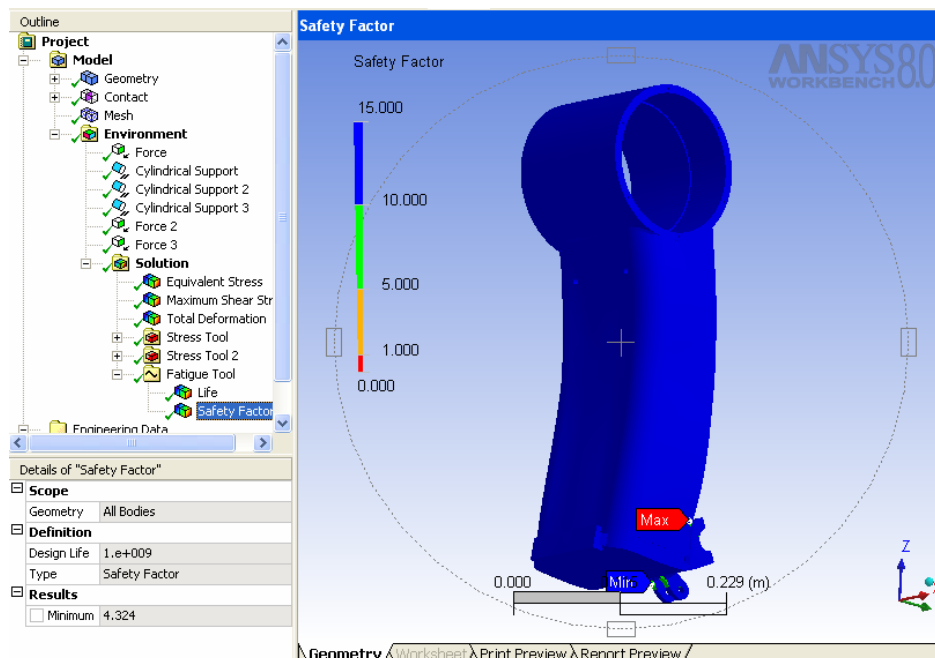
$$R = 9354 \text{ N.}$$

en donde R es la resultante de R_x y R_y .

Figura 19. Cuerpo de giro analizado en ANSYS. a. Esfuerzos máximos. b. Factor de seguridad igual a 4.



a.



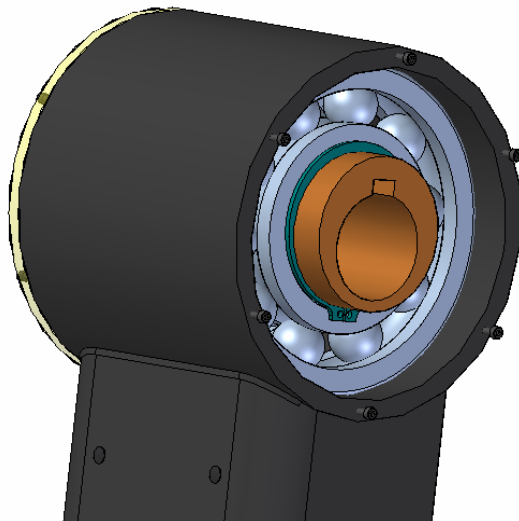
b.

El factor antifatiga del cuerpo de giro es de 4.32 en su parte mas critica, es decir que tiene vida infinita, como la pieza esta soldada y el punto critico se encuentra cerca de una parte soldada su factor se reduce a la mitad lo cual nos da un factor de 2.1, el cual asumimos que esta bien para esta pieza.

6.4 DISEÑO DE LOS RODAMIENTOS CENTRALES

6.4.1 Descripción de los rodamientos centrales. Estos rodamientos cumplen la función de permitir la libre rotación entre el cuerpo de giro y la leva para producir el movimiento de vaivén del cuerpo de giro. Su ubicación la podemos observar en la figura 20, este rodamiento debe soportar las cargas a las que esta sometido además de cumplir con las características geométricas de la maquina.

Figura 20. Ubicación de los rodamientos centrales



6.4.2 Cálculo y selección de los rodamientos centrales. Las reacciones que se generaron en el cuerpo de giro debido a la carga, son las que pasan como acciones sobre los rodamientos, así que la carga sobre estos es de 4677 N sobre cada rodamiento. Hay que agregar que sobre el rodamiento las carga axiales son mínimas por lo tanto se despreciaran para los cálculos correspondientes.

En este caso el rodamiento se selecciono para que cumpliera con ciertas características geométricas, como lo son su diámetro exterior, y su diámetro interior ya que el rodamiento se debe acomodar con respecto al cuerpo de giro en su diámetro exterior y a la leva en su diámetro interior. La selección de este rodamiento fue iterativa ya que se calculaban los esfuerzos sobre la leva y el cuerpo de giro, definiendo así su geometría, luego se buscaba el rodamiento que se acercara mas a las medida tanto interna como externa, se acomodaba de nuevo la leva y el cuerpo de giro y se chequeaban los esfuerzos, y por ultimo se verificaba que el rodamiento cumpliera con los requerimientos de carga.

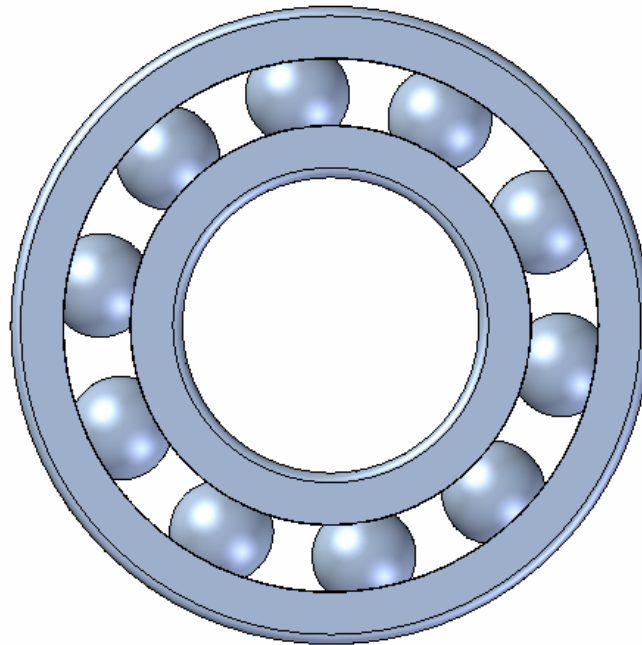
Así fue como se selecciono el rodamiento rígido de bolas 6214 por ser el más económico que cumplió con los requerimientos tanto de carga como geométricos.

Para un rodamiento rígido de bolas 6214, su resistencia dinámica es de 48000 N por lo tanto su relación C/P es de 10,2. Con esta relación y la velocidad de rotación de la maquina que es de 300 rpm se observa en la tabla 6.4 ubicada en el anexo B la duración en horas del rodamiento, la cual da como resultado 63000 horas de servicio.

En esta etapa del diseño observamos que el rodamiento seleccionado esta sobre diseñado con respecto a la carga que se le esta aplicando, el mayor

criterio de selección en este caso fue que cumpliera con la geometría del mecanismo para que este se desempeñara de una forma eficiente.

Figura 21. Carga sobre el rodamiento rígido de bolas 6214 seleccionado.



6.5 DISEÑO DE LA LEVA

6.5.1 Descripción y dimensiones de la leva. Pieza de principal importancia para el mecanismo seleccionado. Su principal característica es la excentricidad determinada como de 6 mm. El material se escogió de acero 1020 laminado en frío.

Otra característica de esta pieza es que en su diámetro mayor lleva una tolerancia de ajuste levemente forzado con el fin de asegurar el rodamiento que lleva en el exterior. Su diámetro interno lleva ajuste deslizante ya que en este se encuentra alojado el eje de la trituradora y debe moverse con

facilidad para su mantenimiento. Además lleva un tope y una ranura en la cual se coloca un anillo Seger con el fin de evitar que el rodamiento se mueva en dirección axial mientras trabaja; y a su vez tiene un prisionero que fija la leva al eje, en el lado de la cuña.

Figura 22. Leva de la trituradora de mandíbulas.

6.5.2 Cálculos de la leva. El punto crítico de la leva se encuentra ubicado en el cuñero ya que se acentúan los concentradores de esfuerzos.

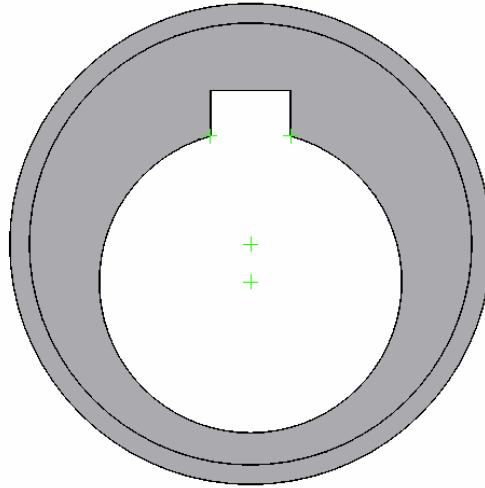
$$\sum M_R = 0$$
$$4677 * 6 - F * 27 = 0 \tag{24}$$

$$F = 1039 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$
$$F + R - 4677 = 0 \tag{25}$$

$$R = 3638 \text{ N}$$

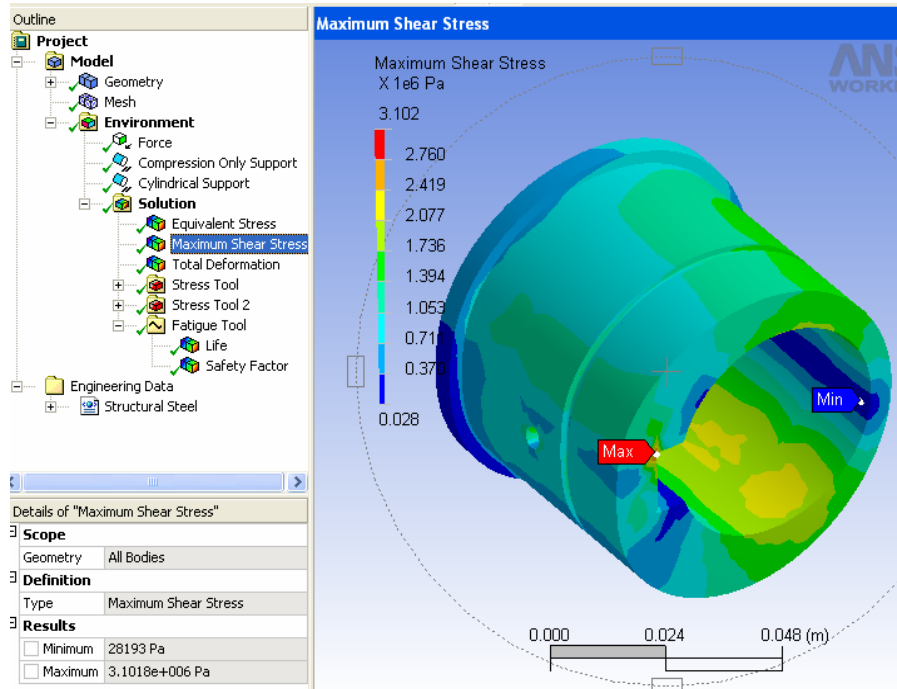
Figura 23. Diagrama de cuerpo libre de la leva



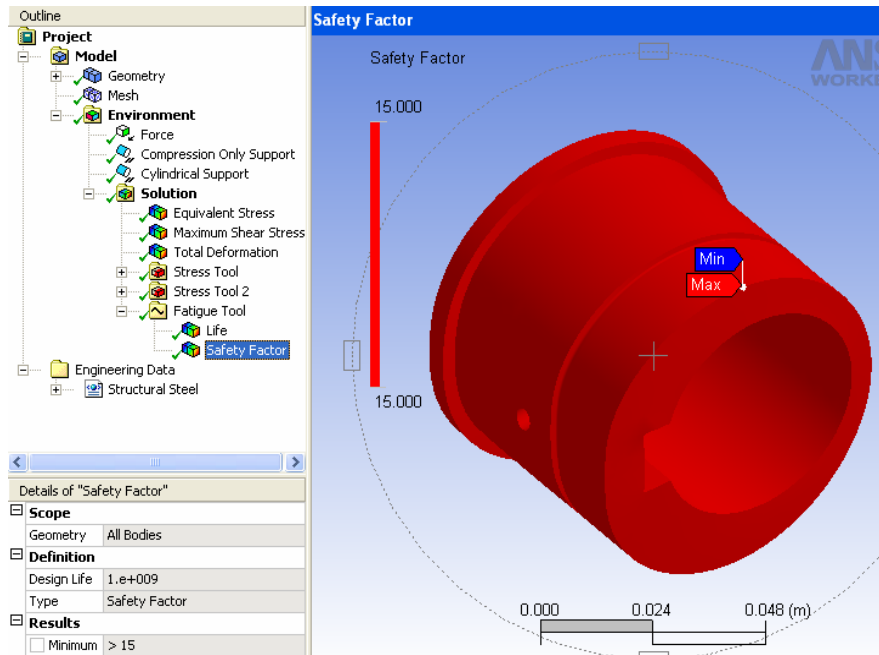
Agregando estas cargas a ANSYS y verificando las reacciones se determina el valor de los esfuerzos en todos los puntos de la leva y se examina que el punto crítico no tenga un valor antifatiga menor de 4.

Como en la realidad, el máximo esfuerzo se presenta en la esquina interior del cuñero de la leva, y el mínimo factor antifatiga es de 15 como se observa en la figura 24b.

Figura 24. Leva analizada en ANSYS, a. Valor de los esfuerzos, b. Factor antifatiga.



a.



b.

6.6 DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN DE POTENCIA.

Para el diseño del sistema de potencia se inicia con la potencia nominal que se va a utilizar en la transmisión de la trituradora de mandíbulas, esta fue calculada en el capítulo 5 y dio como resultado 3 Hp.

Según la tabla 4 en el anexo A, el factor de servicio para una trituradora de mandíbulas es de 1.6 tenemos entonces la siguiente relación:

Figura 25. Sistema de transmisión de potencia.



Potencia de diseño = Potencia nominal * Factor de servicio

$$P_d = 3 * 1.6$$

$$P_d = 4.8 \text{ Hp}$$

Con la potencia de diseño y el número de revoluciones de la polea pequeña se precisa el tipo de correa que se va a emplear en la transmisión. Esta selección se hace del ábaco de la Figura 3 en el anexo A, para 1800 rpm y 4.8 Hp de potencia de diseño se observa que la correa a emplear es una tipo A.

Como apunte intermedio, la polea más pequeña para una correa tipo A es de 2.6" pero comercialmente en Bucaramanga solo se consiguen poleas de 4" de aluminio, así que se hará el cálculo con esta polea.

Para determinar el diámetro de la polea mayor se halla la relación de velocidades

$$R = 1800/300 = 6$$

Diámetro de la polea mayor = R * Diámetro de la polea menor

$$DP = 6 * 4 = 24$$

$$DP = 24"$$

A continuación se calcula la potencia específica con la siguiente fórmula:

$$RatedHp = \frac{Vm}{10^3} \left[a \left(\frac{10^3}{Vm} \right)^{0.09} - \frac{c}{Kd * D1} - \frac{e * Vm^2}{10^6} \right] \quad (26)$$

En donde

De la tabla 5 anexo A se tienen las constantes que dependen del tipo de correa $a = 2.684$, $c = 5.326$, $e = 0.0136$.

$D1$ = diámetro de la polea pequeña en pulgadas = 4"

Kd = variable que depende de D_2/D_1 (ver anexo A tabla 6) = 1.14

V_m = Velocidad de la correa en pies por minuto = 1884 ft/min

Efectuando el cálculo de la potencia específica con los parámetros obtenidos tenemos:

$$RatedHp = \frac{1884}{1000} \left[2.684 \left(\frac{1000}{1884} \right)^{0.09} - \frac{5.326}{1.14 * 4} - \frac{0.0136 * 1884^2}{10^6} \right]$$

$$RatedHp = 2.4$$

Esta potencia hay que corregirla por dos factores que dependen de la longitud de la correa y del ángulo de abrace de la correa, para determinarlos se hace necesario halla el valor mínimo de la longitud de la correa

De la tabla 7 anexo A se tiene el factor de corrección K_θ por ángulo de abrace de la correa que es de 0.9

La longitud de la correa se determina de la siguiente formula:

$$L = 2 * C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4 * C} \quad (27)$$

$$L = 106.34''$$

De la tabla 8 anexo A, la correa estándar mas cercana (ya que la distancia entre centros no es critica) es de 105'' y el valor de K_L que es el factor de corrección por la longitud de la correa es de 1.1

$$Potencia\ corregida = RatedHp * K_\theta * K_L$$

$$Potencia\ corregida = 2.4 * 1.1 * 0.9 = 2.376$$

Por ultimo el número de correas que se va a emplear se calcula de la siguiente forma

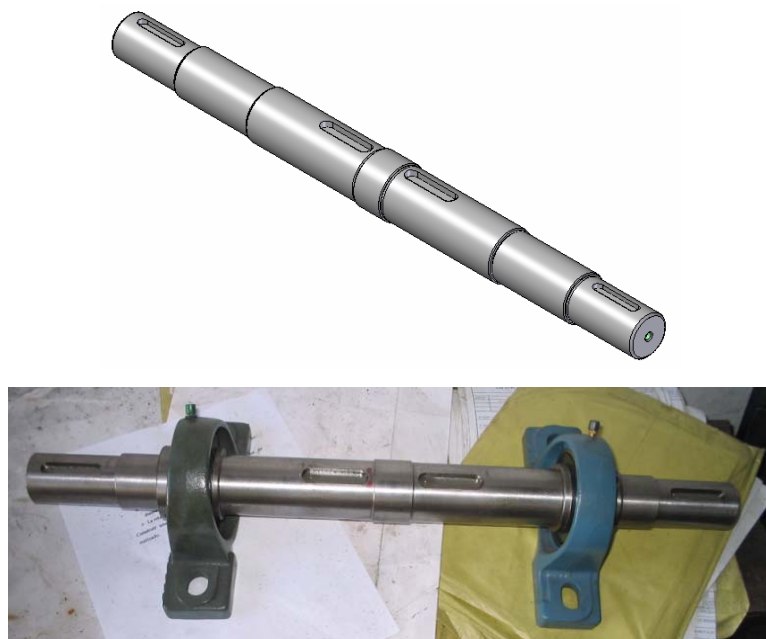
$$No.deRamales = \frac{Pot.diseño}{Pot.corregida} = 4.8/2.37 = 2.02 \quad (28)$$

$$No.deRamales = 2.02$$

Se escogen 3 ramales para la transmisión de potencia.

6.7 DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL.

Figura 26. Eje principal de la trituradora de mandíbulas



6.7.1 Descripción y dimensiones. El eje, es una de las piezas fundamentales de la trituradora de mandíbulas ya que es la pieza que soporta toda la maquina y esta sometida a los principales esfuerzos de

momentos y torque, ya que además es la que transmite la potencia para el funcionamiento de la maquina.

De esta forma se ha seleccionado un acero 1020 laminado en frío para la fabricación del eje por su bajo costo, quedo como parámetro de diseño encontrar el mínimo diámetro para el buen funcionamiento del eje el cual se calculo y dio como resultado 40 mm en su parte más delgada y critica.

6.7.2 Cálculos del eje. Al existir una transmisión de potencia sobre el eje, las poleas que la transmite generan esfuerzos sobre el eje los cuales se analizaran a continuación con el fin de hacer el DCL posterior al eje.

6.7.2.1. Cálculo de las fuerzas producidas por las correas.

Figura 27. Diagrama de cuerpo libre de la polea mayor.



Para el anterior diagrama se tiene:

$$\sum M_R = 0$$

$$T = (F_1 - F_2) * \text{Radio de la polea} \quad (29)$$

$$\sum F_i = 0$$

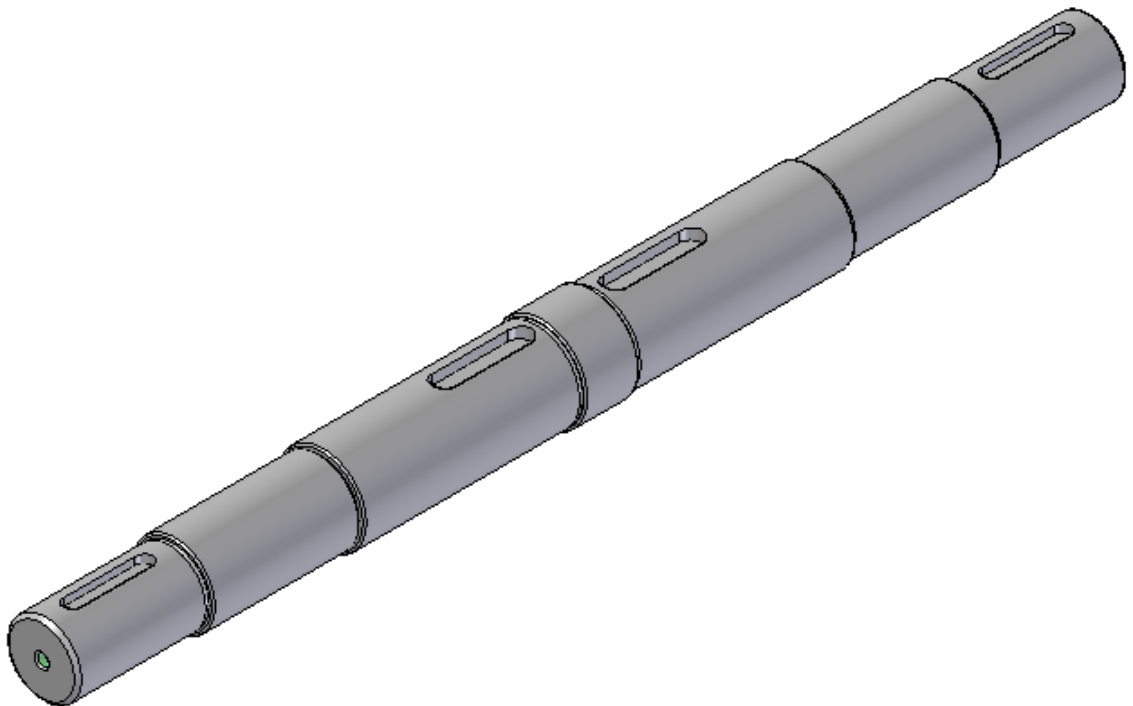
$$F_1 - F_2 = e^{(f\alpha)} \quad (30)$$

$$F_1/F_2 = 5 \text{ para correas en V}$$

De las ecuaciones anteriores se obtiene el valor de F_1 y F_2 ya que el valor del torque es de 28053 N*m y luego con la sumatoria de fuerzas en X y Y se obtienen las reacciones R_x y R_y cuyos valores son 492 N y 547 N respectivamente.

6.7.2.2 DCL del eje y análisis en ANSYS.

Figura 28. Diagrama de cuerpo libre del eje.



Colocando en ANSYS las acciones mostradas en el dibujo anterior se determinan las reacciones en los apoyos A y B que son rodamientos. Además ANSYS calcula los esfuerzos que se muestran en la figura 28 y también calculo el factor antifatiga que se muestra en la figura 30.

Figura 29. Diagrama de esfuerzos del eje de la trituradora de mandíbulas.

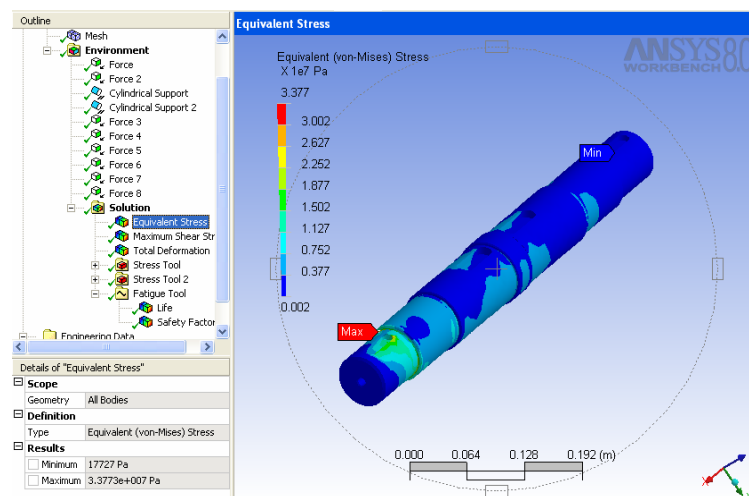
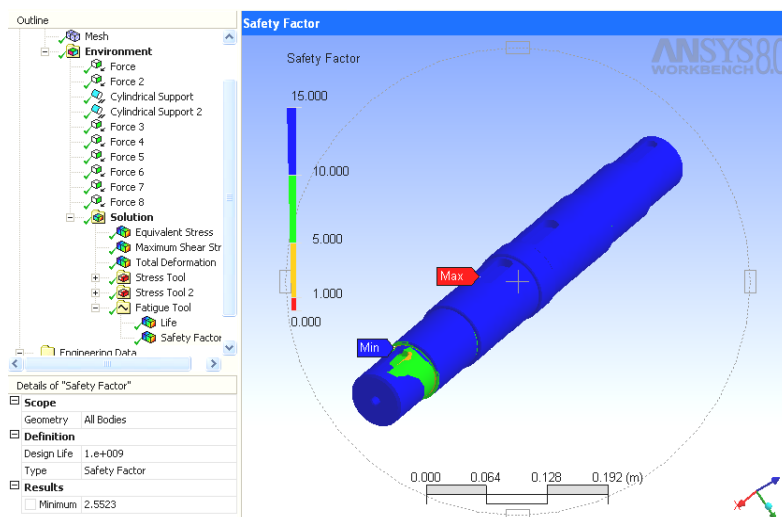
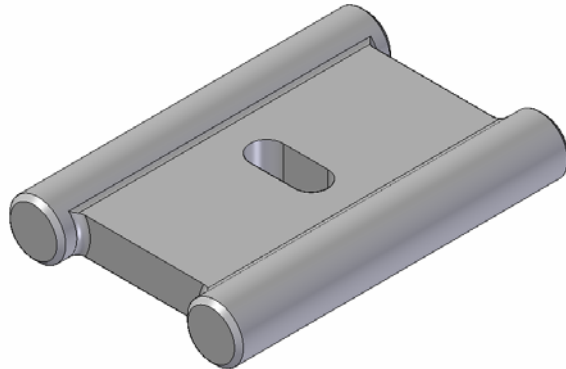


Figura 30. Diagrama de factores de seguridad del eje.



6.8 DISEÑO DE LA BIELA

Figura 31. Biela de la trituradora de mandíbulas.



6.8.1 Descripción de la biela. Esta pieza le da apoyo al cuerpo de giro y cumple la importante misión de absorber los principales esfuerzos para romper la roca. Además se encuentra expuesta a alto desgaste ya que hay movimiento relativo entre las piezas. Es por esto que el material seleccionado es de fundición gris.

6.8.2 Cálculos de la biela. Sobre esta solo actúa una gran fuerza de compresión la cual se observa en el siguiente diagrama de cuerpo libre.

Figura 32. Diagrama de cuerpo libre de la biela



Con este sencillo diagrama de cuerpo libre se lleva a ANSYS y se evalúa virtualmente obteniendo los siguientes resultados:

Figura 33. Esfuerzos sobre la biela.

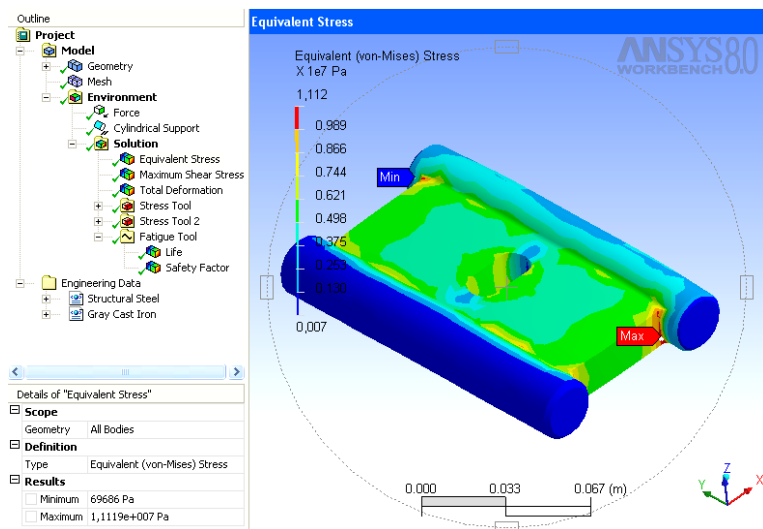
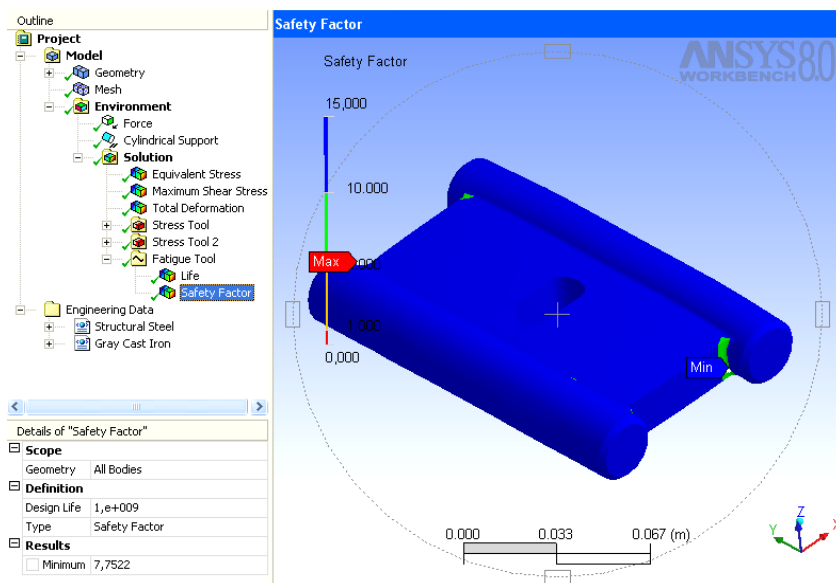


Figura 34. Factor de seguridad de la biela



El mínimo factor de seguridad encontrado fue de 7.75

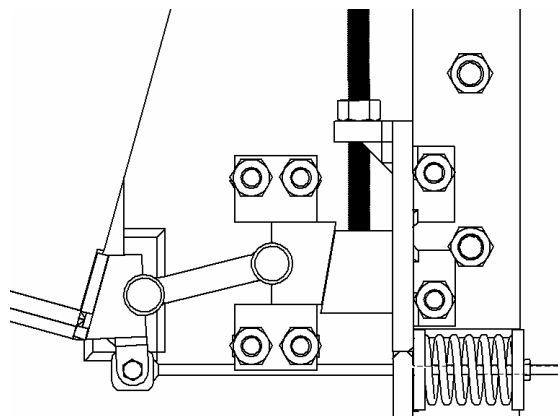
6.9 CALCULO DE LAS CALZAS

6.9.1 Descripción del las piezas. Estas dos piezas tiene como función principal la de dar apoyo a la biela para recibir la carga y para graduar la distancia entre las dos placas dentadas de la trituradora de mandíbulas para la salida del material.

La primera calza recibe la acción directa de la biela, por lo cual esta propensa al desgaste debido al movimiento relativo entre estas piezas y cumple la función de descomponer la carga de la biela en diferentes direcciones con el fin de disminuir los esfuerzos sobre las demás piezas.

La segunda calza transmite la carga a la estructura, pero su principal función es la de permitir la graduación de la distancia entre las placas dentadas por medio de un tornillo su forma de cuña como se observa en la figura X.

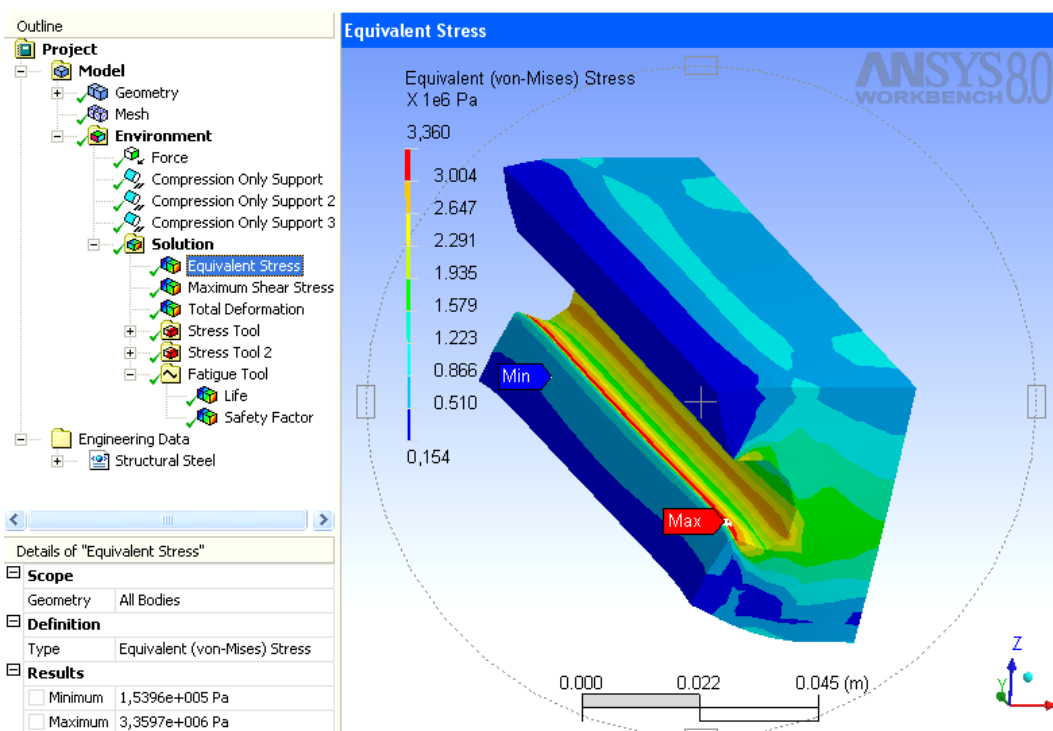
Figura 35. Sistema de calzas



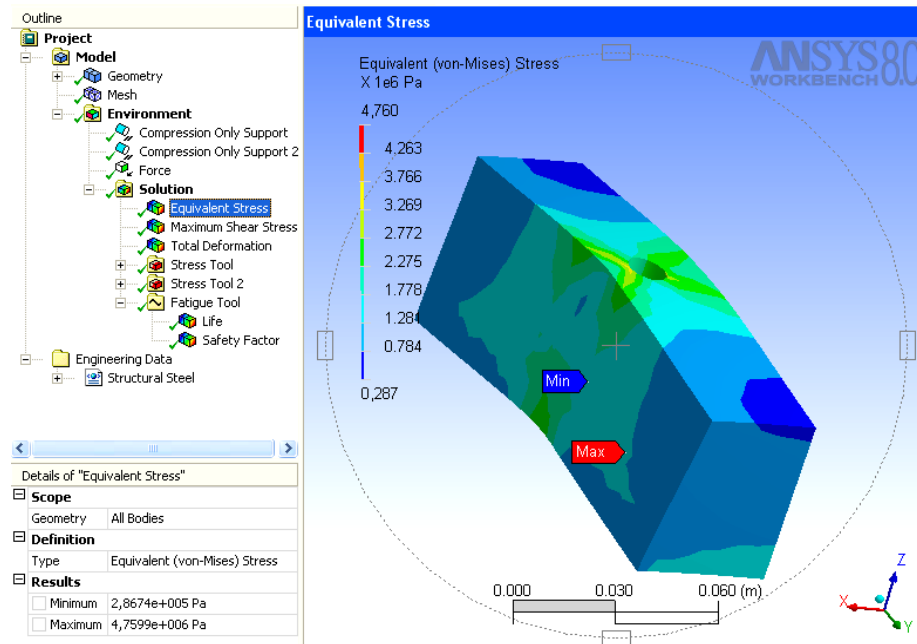
6.9.2 Cálculos de las calzas de soporte. Para los esfuerzos a los cuales se encuentran sometidas las calzas, se encuentran sobre diseñadas, la principal razón de su diseño es conservar una geometría definida con el fin de que el mecanismo funcione de una forma adecuada tal como sucedió con la selección de los rodamientos.

Haciendo los sencillos diagramas de cuerpo libre y simulando las cargas en ANSYS para verificar los esfuerzos, se determinó que los factores de seguridad sobre ambas calzas es de 15 como mínimo. Así que las piezas no presentan ningún inconveniente con respecto a las cargas aplicadas.

Figura 36. Diagrama de esfuerzos. a. Calza de biela. b. Calza de graduación.

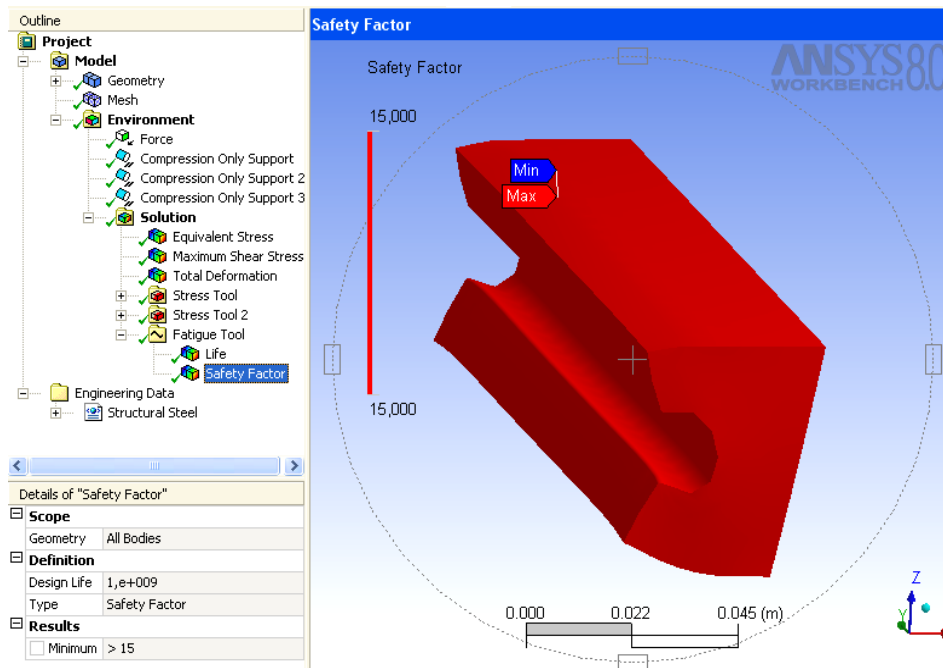


a.

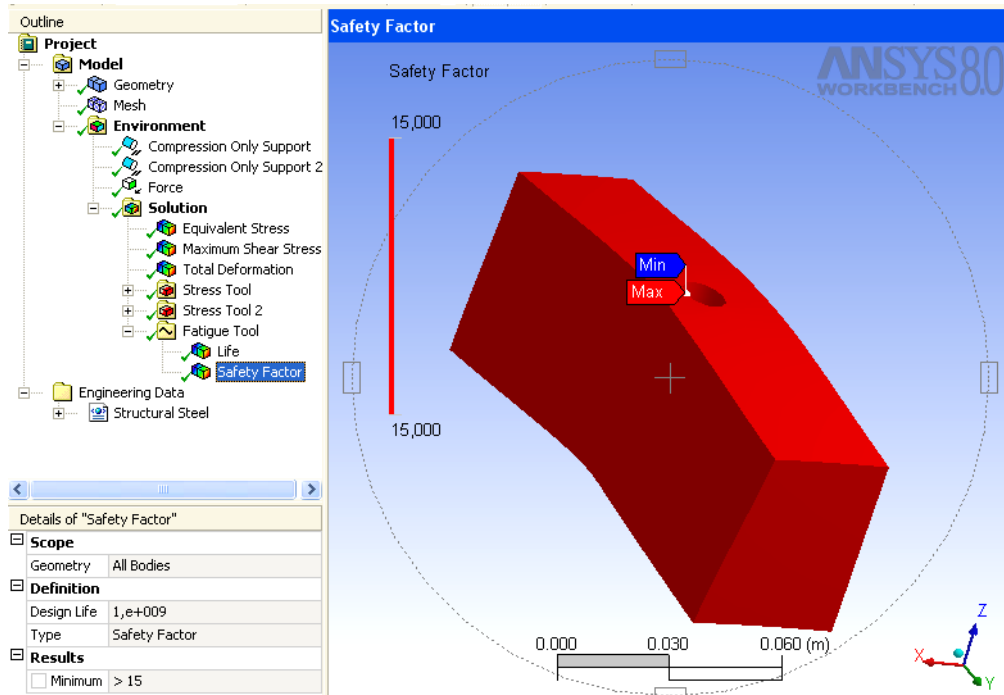


b

Figura 37. Diagrama de factores de seguridad. a. Calza de biela. b. Calza de graduación.



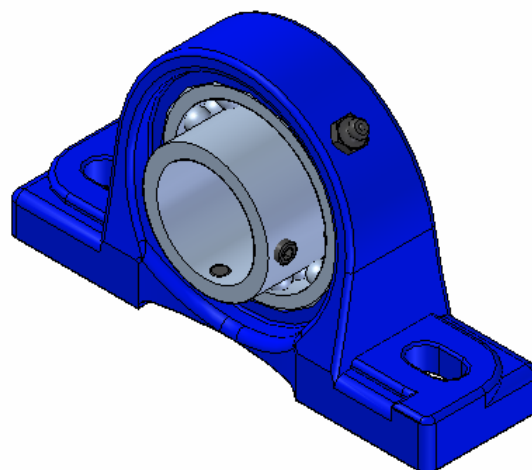
a.



b.

6.10 SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS LATERALES

Figura 38. Diseño virtual de la chumacera con rodamiento.



Al rodamiento cercano a la transmisión le llega una carga de 4769 N al otro le llega una carga de 2698 N, así que la selección del rodamiento se efectuara con la carga mayor entre los dos rodamientos, la cual es un parámetro importante para la selección del rodamiento al igual que su tiempo de trabajo y las revoluciones a las cuales trabaja.

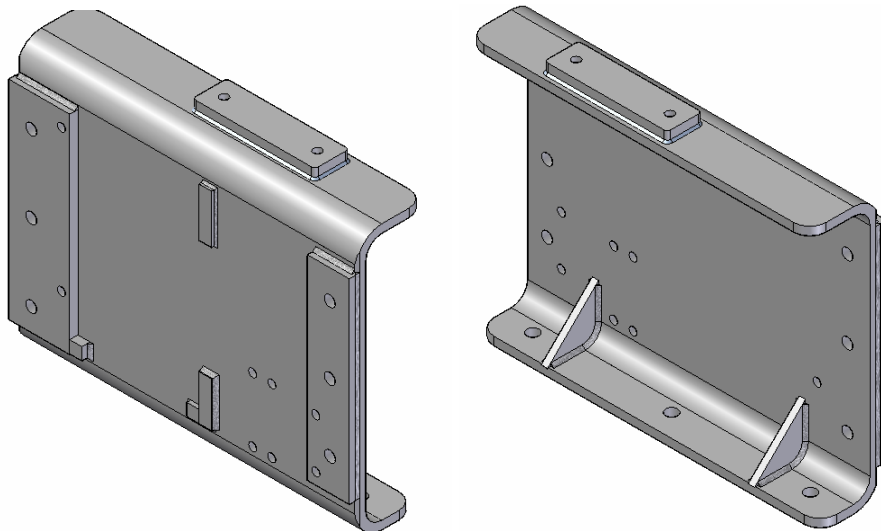
Es parte del ingeniero hacer este proceso de cálculos como requisito de comprobación de óptimo funcionamiento del rodamiento y teniendo en cuenta que entre más pequeño, mas ahorro de dinero, siempre y cuando el rodamiento seleccionado sea el adecuado para las cargas que se están aplicando.

Otro factor importante en la selección del rodamiento es la geometría del eje al cual va a apoyar, ya que dependiendo del diámetro de este se selecciona el rodamiento y luego se verifica si soporta las cargas. Es un proceso iterativo y análisis ingenieril que ha de efectuarse para seleccionar el rodamiento optimo.

Para un rodamiento rígido de bolas 6209 seleccionado por su geometría, su resistencia dinámica es de 25500 N por lo tanto su relación C/P es de 5.34. Con esta relación y la velocidad de rotación de la maquina que es de 300 rpm se observa en la tabla 6.4 ubicada en el anexo B la duración en horas del rodamiento, la cual da como resultado 10000 horas de servicio.

6.11 DISEÑO DE LA PLACA LATERAL

Figura 39. Placa lateral



6.11.1 Descripción de la placa lateral. Se hace necesario comprar una lamina de 4*8 pies de longitud para luego cortar las laminas para las placas dentadas, con el material a disposición se envían a doblar, allí hay dos costos incluidos que se deben tener en cuenta. Aparte se deben comprar y soldar 5 laminas cada una con sus respectivas medidas, para agregar a la placa principal, además de soldar los refuerzos.

Entra otro factor, es que el soldador sea calificado ya que se necesitan cordones excelentes, sin poros ni erupciones, esto lleva un costo adicional al proyecto. Luego se sueldan temporalmente las dos láminas de la trituradora para que los agujeros y el maquinado quede simétrico. Además, se maquina la parte inferior de los dobleces con el fin de que halla un mismo nivel de referencia y luego se perfora. Perforadas las láminas, se pule la soldadura temporal con el fin de soltarlas y se procede a soldar las calzas para elevar el cuerpo de giro. Para terminar la construcción se le hacen los agujeros a las calzas para los tornillos del rodamiento. Como un último toque se le da una capa de anticorrosivo y pintura para darle presencia.

6.11.2 Calculo de la placa lateral. Esta es la pieza que recibe todas las cargas internas y las pasa a la estructura sobre la cual va montada la lamina, recibe carga directa de la roca que se encuentra triturando, carga por adelante y atrás debido a las placas delantera y posterior respectivamente, además de las cargas transmitidas por los rodamientos laterales. Es una pieza con un complejo conjunto de cargas y de una variada geometría, lo cual la hace una pieza con dificultades para calcular sus esfuerzo, es en este punto donde ANSYS nos ofrece sus bondades como software de elementos finitos.

He aquí el análisis hecho en ANSYS:

Se inicio con un DCL como se muestra en la figura 39 con el subsiguiente paso del análisis numérico que dio como resultado un factor de seguridad antifatiga de 6.

Figura 40. Diagrama de cuerpo libre de la placa lateral

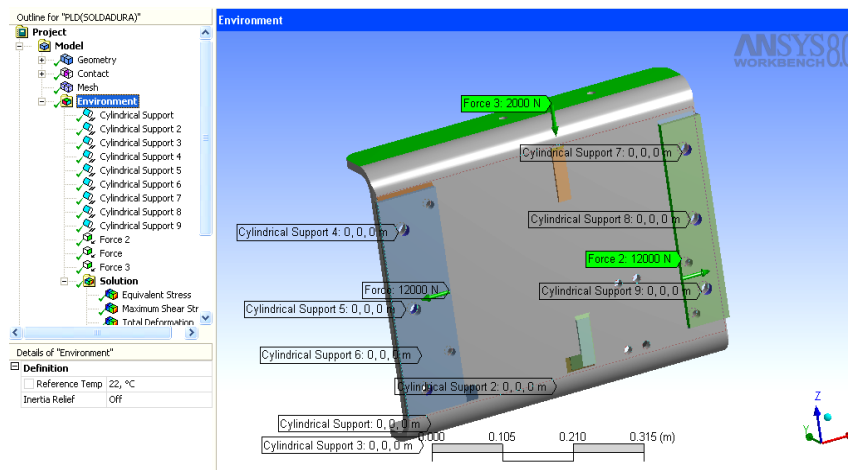
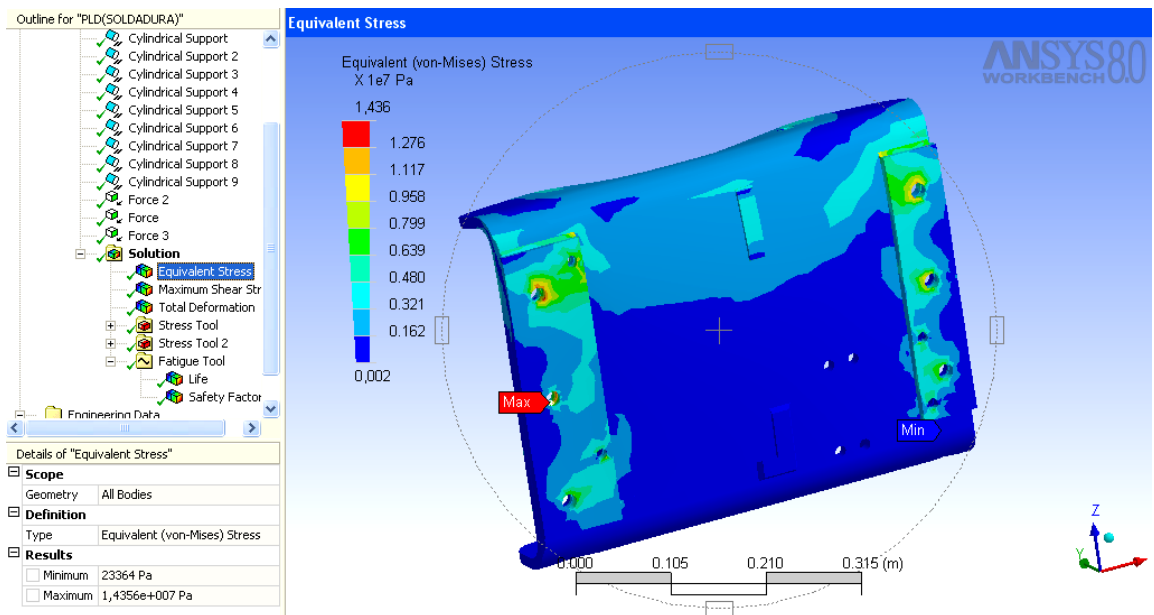
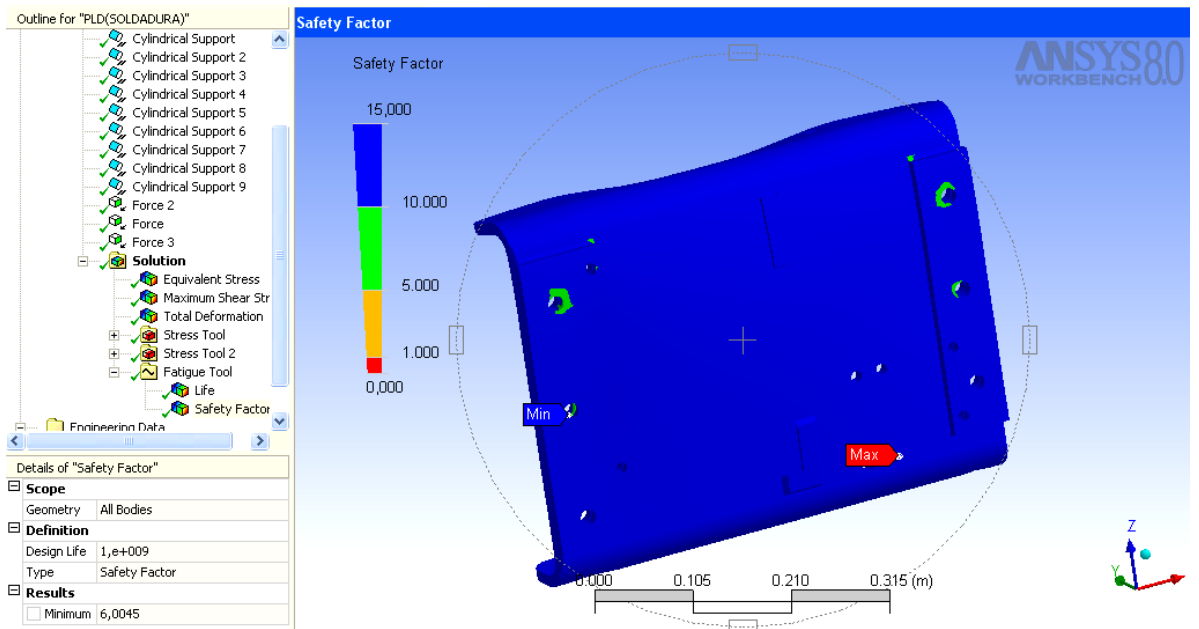


Figura 41. Análisis en ANSYS de la placa lateral. a Diagrama de esfuerzos.
 b. Diagrama de factores de seguridad,



a.



b.

El mínimo factor de seguridad encontrado en la placa es de 6.

6.12 DISEÑO DE LA PLACA FRONTAL Y PLACA POSTERIOR.

Figura 42. Placa frontal.

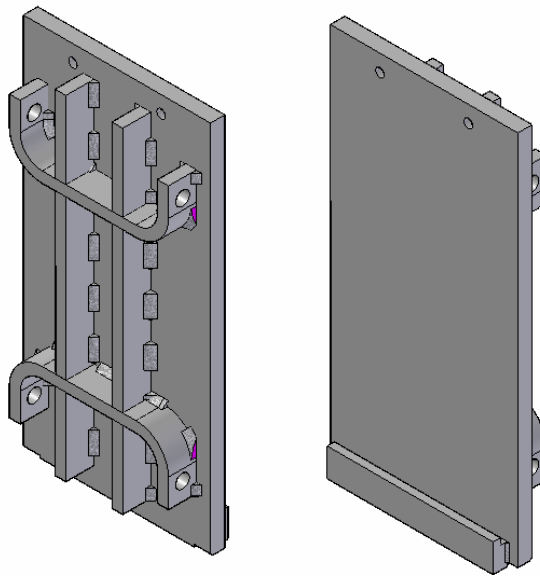
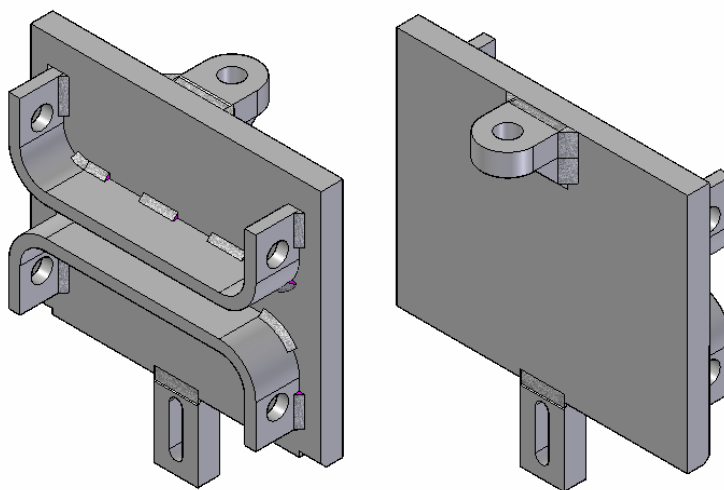


Figura 43. Placa posterior



6.12.1 Descripción de la placa frontal. Esta pieza esta conformada por 5 piezas diferentes las cuales fueron soldadas entre si para darle mayor rigidez a la estructura, la pieza soldada en la parte inferior de la placa sirve de apoyo para la placa dentada fija.

La placa y sus refuerzos se fabricaron con acero A36 por su economía y porque cumple con los requerimientos de carga.

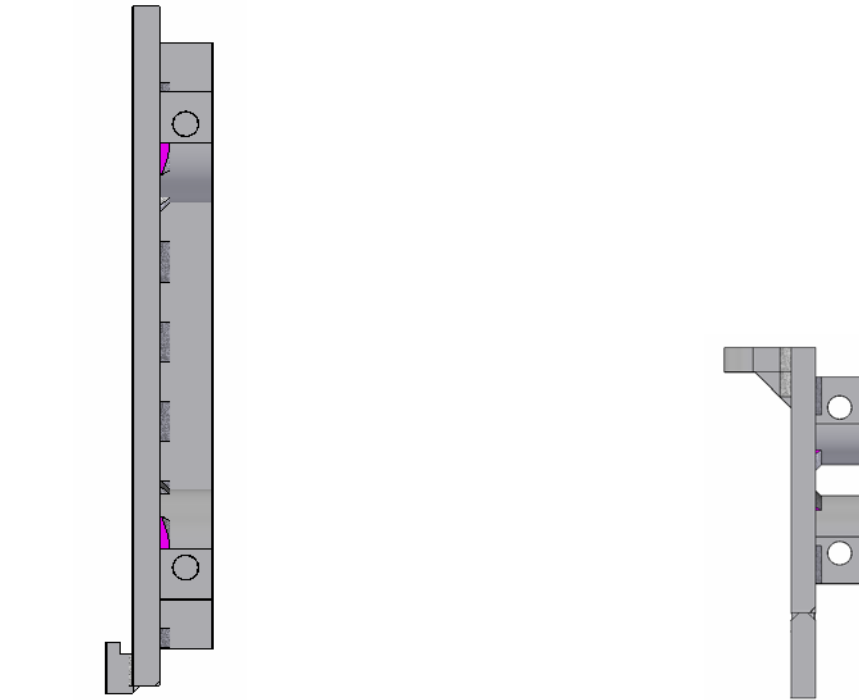
6.12.2 Descripción de la placa posterior. Esta pieza esta conformada por 4 piezas diferentes, las cuales cumplen diferentes funciones; esta la placa principal con sus refuerzos traseros para darle mayor rigidez a la estructura, la arandela superior que le da apoyo al tornillo que sostiene y mueve la calza de graduación, y en la parte inferior se encuentra una guía y apoyo del tensor del resorte, que es el utilizado para darle apoyo al cuerpo de giro con la biela.

Todas las piezas constitutivas de la placa posterior fueron fabricadas de acero A36 y soldadas con electrodo revestido 7010.

6.12.3 Cálculos de la placa frontal y placa posterior. Estas piezas presentan un grado de indeterminación de 4, es aquí donde ANSYS presenta otra de sus bondades, ya que se hace muy laborioso encontrar estas reacciones perdiendo tiempo y aumentando los márgenes de errores en los cálculos de las piezas. Teniendo el diagrama de cuerpo libre de cada una de las piezas se determinan las reacciones y los esfuerzos que estas presentan.

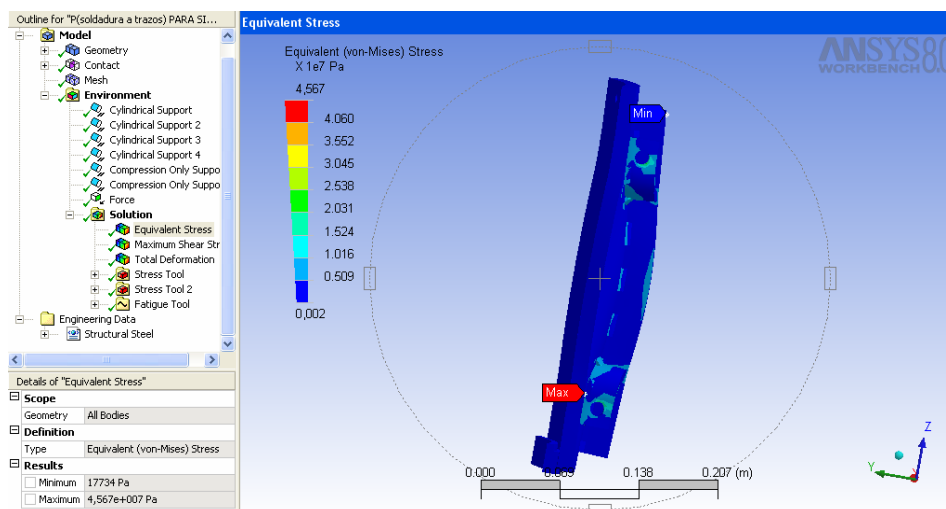
Los factores de seguridad obtenidos son de 1.8 y 1.5 para la placa frontal y para la placa posterior respectivamente.

Figura 44. Diagrama de cuerpo libre. a. Placa frontal. b. Placa posterior.

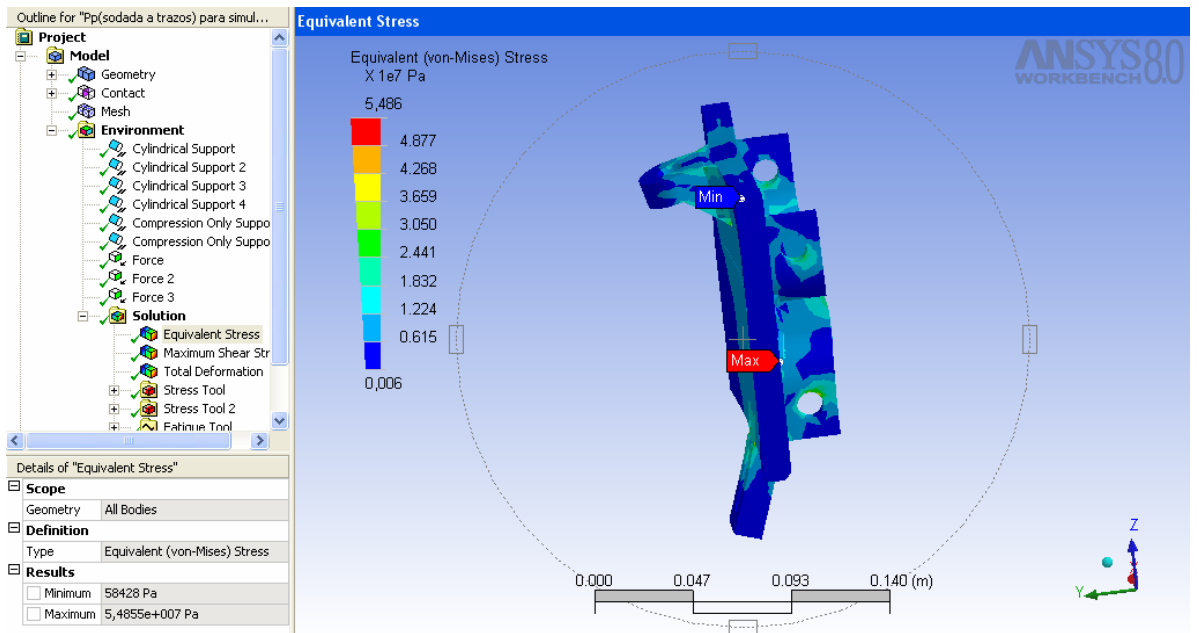


Se obtuvieron los siguientes resultados en ANSYS:

Figura 45. Diagrama de esfuerzos. a. Placa frontal. b. Placa posterior

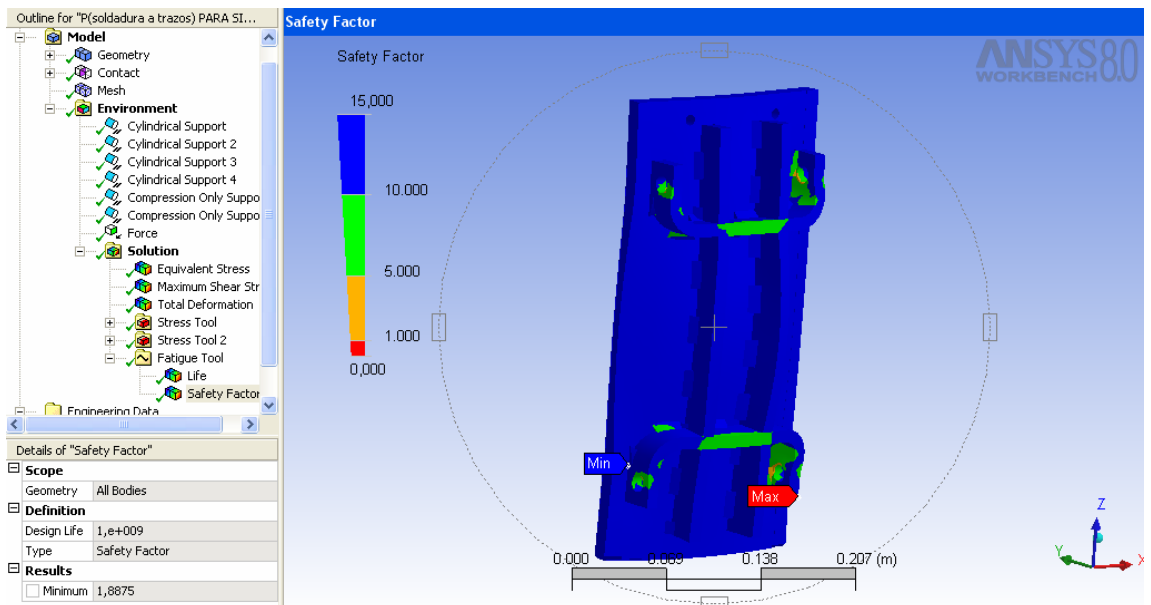


a.

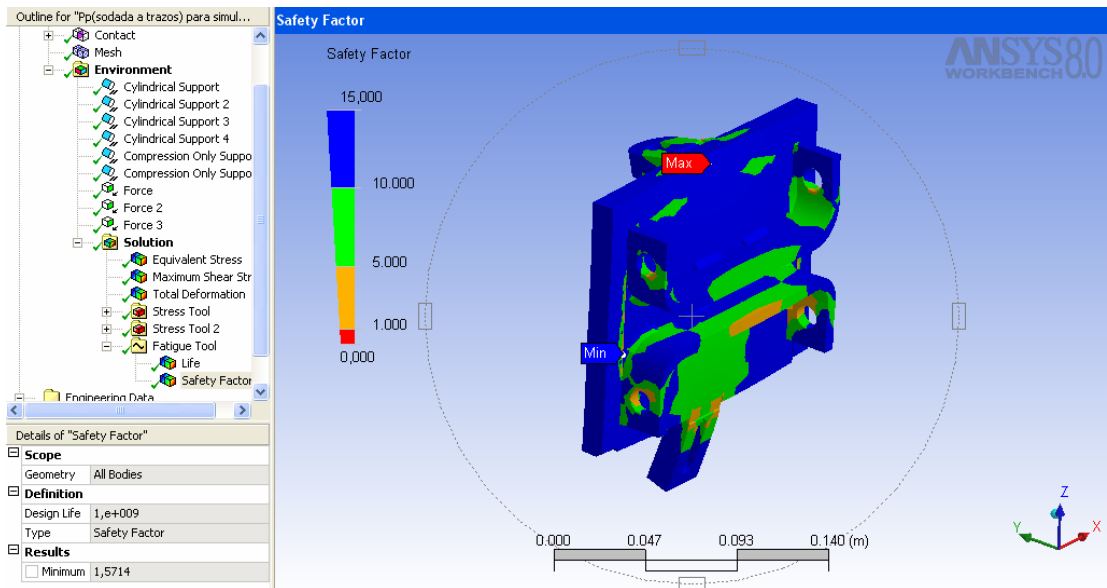


b.

Figura 46. Factores de seguridad. a. Placa frontal. b. Placa posterior.



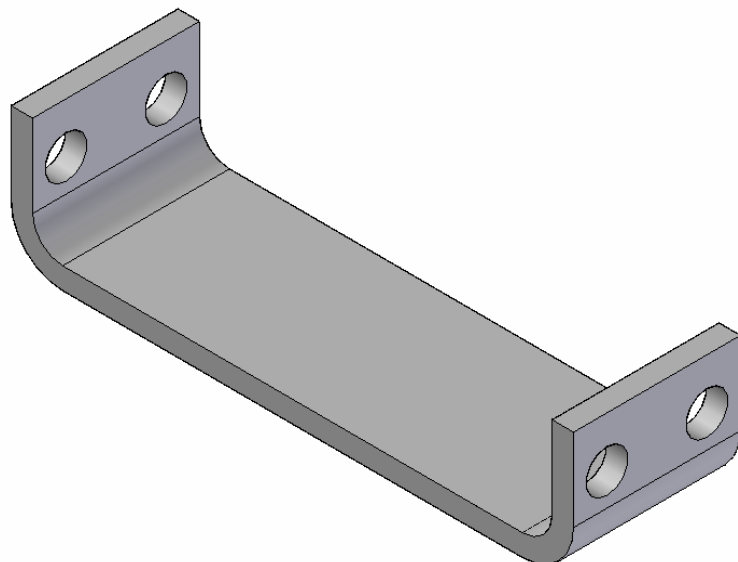
a.



b.

6.13 DISEÑO DE LA PLACA DE SOPORTE DE CALZA.

Figura 47. Placa de soporte de calza.

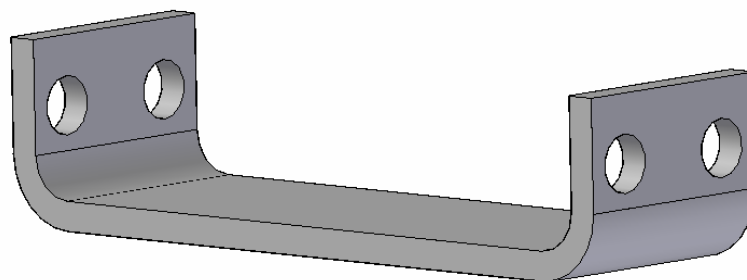


6.13.1 Descripción de la pieza. La pieza tiene como función dar soporte a la calza, además de guiarla para que tenga un movimiento horizontal cuando se quiera graduar la distancia entre las placas dentadas.

Esta pieza se fabrica en lamina A36 y luego se envió a doblar y perforar.

6.13.2 Cálculo de la pieza. Esta sencilla pieza tiene un grado de indeterminación de 1, se hace necesario el análisis de ANSYS para resolver este problema, se desarrolla el diagrama de cuerpo libre para poder ingresar los datos al software.

Figura 48. Diagrama de cuerpo libre del soporte de calza.



Los resultados de ANSYS muestran que el máximo esfuerzo que se presenta en la pieza es de 13 MPa el cual se presenta en los dobleces de la pestaña, como se observa en la figura 48.

El factor de seguridad mínimo que presenta la pieza es de 6 como se observa en la figura 49.

Figura 49. Diagrama de esfuerzos en el soporte de calza.

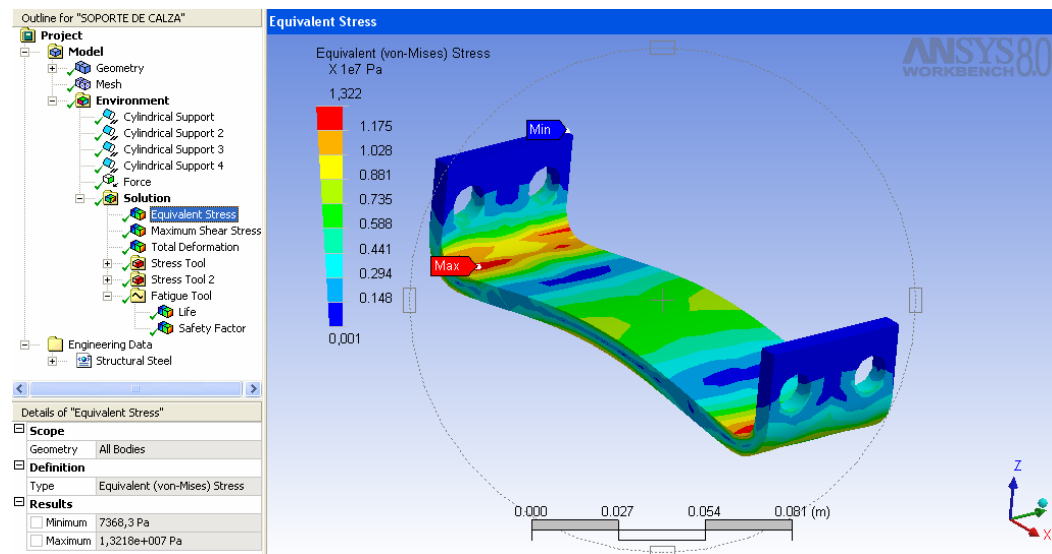
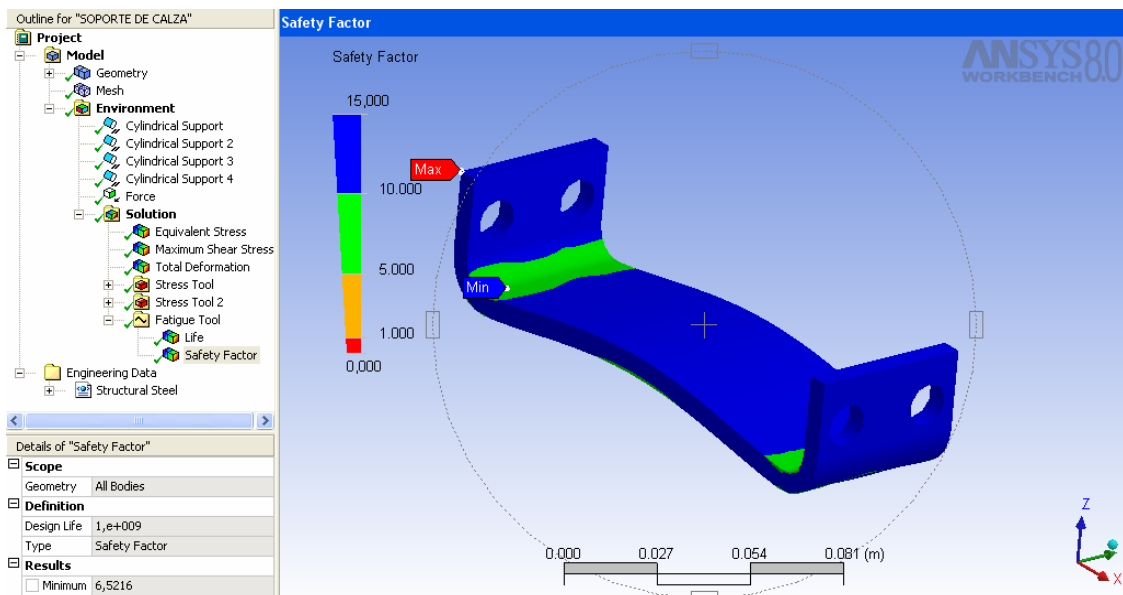


Figura 50. Factor de seguridad del soporte de calza.



7. PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Tanto la puesta en marcha como las pruebas de funcionamiento se realizaron en el sitio final de instalación de la máquina, específicamente en un asentamiento de integración minera en las montañas del sur de Bolívar.

Se construyó la adecuada estructura de soporte y anclaje (Figura 50) de la trituradora, con robustas columnas de madera enterradas firmemente en el sitio, y sobre éstas, vigas también de madera que servían de base a la máquina y el motor.

Figura 51. Estructura de soporte y anclaje.



Una vez hecha la instalación de la máquina con su respectivo motor y cableado (Figura 51), se procedió a realizar la puesta a punto, es decir dar la graduación a la abertura de salida de las rocas trituradas, hasta lograr la reducción de tamaño requerido; y demás ajustes pertinentes.

Figura 52. Montaje de motor y transmisión.



Figura 53. Graduación de la abertura de salida.



Por último se realizaron las pruebas de operación y capacidad de la trituradora, esto se hizo con rocas extraídas directamente de las menas del sector (Figura 53), tales rocas debían tener un tamaño menor o igual al tamaño máximo de alimentación de la máquina.

Figura 54. Rocas de la menas.



Se realizaron varias pruebas, de las cuales tabulamos (Tabla 6) tres a fin de mostrar datos concretos de la operación, capacidad esperada y real de máquina. En la tabla el tiempo estimado de trituración se calcula haciendo una simple regla de proporcionalidad, es decir si la máquina debe triturar 500Kg en 60 min. ¿Cuántos minutos tardará en triturar los 60 Kg? esto da como resultado 7.2 min.

Tabla 6. Resultados de pruebas.

<i>PESO</i> (Kg.)	<i>TIEMPO ESTIMADO</i> (min.)	<i>TIEMPO REAL</i> (min.)	<i>% DEL TIEMPO</i> <i>ESTIMADO</i>
60	7.2	6	83.33
60	7.2	5.1	70.83
60	7.2	5.3	73.61
PORCENTAJE PROMEDIO			76

Esto indica que haciendo una extrapolación, se puede afirmar que en promedio en una hora de trabajo estará triturando un 24% más de material, en otras palabras en una hora triturará 620Kg de roca.

Por otra parte, la trituradora esta cumpliendo con la relación de reducción requerida, que es 8, lo que es igual a que se están logrando tamaños de producto no superiores a $\frac{1}{2}$ ", siendo ésta la granulometría deseada para siguiente operación de molienda. Esto se puede observar en la figura 54

Figura 55. Reducción de tamaño de la roca.



8. CONCLUSIONES

Se dio satisfactorio cumplimiento a la solución de la problemática que presentaban las comunidades mineras del sur de Bolívar. Esto se logró dotando a dichas comunidades de una máquina de conminución, que llevará a cabo la primera etapa del mencionado proceso; para tal fin la máquina está provista de elementos constitutivos fabricados con materiales de calidad adecuada para su función y bajo los más rigurosos procesos de construcción. De esta manera se amplía la participación activa en un proceso de cambio por el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad.

Se diseñó una trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada con características especiales, únicamente observadas en este diseño; tales características son básicamente en cuanto a su modularidad, sencillez de las piezas, peso bajo de los subensambles y facilidad de armado y montaje. Todas estas particularidades de diseño le otorgan ventajas sobresalientes a la vista sobre otras trituradoras con su misma capacidad, puesto el diseño realizado es ideal para instalar en sitios con alto grado de dificultad de acceso y transporte de carga, donde el bajo peso y modularidad marcan la diferencia en la selección de la máquina a emplear.

Se construyó una trituradora de mandíbulas de excéntrica elevada, en concordancia con el diseño elaborado. Las pruebas de capacidad y operación arrojaron como resultado datos que dan constancia del buen funcionamiento de los mecanismos de la máquina. En cuanto a la capacidad se pudo observar que la trituradora procesó un 24% más de la cantidad en peso para la cual fue diseñada y construida.

Esto último se atribuye a que el mecanismo de leva excéntrica elevada le da a la máquina la facultad de ayudar a la alimentación y descarga del material traduciéndose esto en mayor velocidad de trituración.

Las pruebas realizadas proporcionaron distribuciones de tamaños de producto en un rango que va desde mineral pulverizado hasta pedazos de rocas con dimensiones inferiores de $\frac{1}{2}$ ", lo que en definitiva da como conclusión de que la relación de reducción requerida y planteada como objetivo de este trabajo de grado se cumplió eficazmente.

Según lo observado durante las pruebas, se concluye que el comportamiento de la máquina construida siguiendo el diseño con un bastidor desarmable es positivo, teniendo en cuenta que las vibraciones ocasionadas por su funcionamiento normal no exceden los valores que presentan las trituradoras ensambladas sobre un bastidor monobloque. Esto se debe a que en el diseño final no se sacrificó la rigidez que la máquina solicita durante su operación.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio detallado de vibraciones para verificar específicamente el comportamiento de la máquina durante la operación.

La utilización de materiales con características especiales de antidesgaste para las mandíbulas puede dar una optimización en el aspecto de el peso de la máquina ya que la ingeniería de materiales ha desarrollado nuevas aleaciones de gran duraza con un menor peso.

La implementación de máquinas herramientas de última generación en los procesos de mecanizados daría como resultado un menor gasto de tiempo a la hora de realizar en ensamble de la máquina.

10. BIBLIOGRAFÍA

CASILLAS, A. L. Máquinas, 22 ed. Madrid. Ed. Máquinas.1966.

DANA, James. Manual de mineralogía. Madrid. Ed Reverte.1960.

FAIRES, Virgil Moring. Diseño de elementos de máquinas. Barcelona. Ed Montaner y Simón. 1970.

HALL, John. Diseño de máquinas. México. Ed Mac Graw Hill. 1970.

KLOOCKMANN, F. Tratado de mineralogía. Barcelona. Ed Gustavo Pili. 1951.

MARKS, Lionel S. Manual del ingeniero Mecánico 6 ed. México. Ed Uteha.1967.

NASH. William A. Strength of materials. New York. Ed Schaum Publishing. 1957.

PARADA, Alfredo. Conferencias sobre fatiga. Bucaramanga. Ed UIS.1977.

PERRY, Rahn. Engineering Geology (an enviromental approach). Londres. Ed Elsevier science publishing Co. 1986.

PERRY, John H. Manual del ingeniero químico tomo II. México. Ed Uteha.1966.

TAGGART, K. Hand book of mineral dressing, ores and industrial minerals.
Toronto. Ed Wiley. 1945.

WAGANOFF, Nicolás P. Trituración, molienda y separación de minerales.
Buenos Aires. Ed Alsina. 1956.

ANEXO A. TABLAS PARA LA SELECCIÓN DE CORREAS.

Máquinas Accionadas	Máquinas Accionadoras	
	Motores Eléctricos	Motores Eléctricos
Ventiladores Pequeños hasta 10 H.P. Bombas Centrífugas Aspiradores de Líquidos Compresores Centrífugos Transportadores de Bandas Sopladores	CA Fase Dividida CA Fuerza Normal CA de Arrullo y Sincronismo CD Devanado en Serie con Ruedas Hidráulicas Turbinas de Vapor de Agua Motores de Combustión Interna	CA Monofásico Devanado en serie CA Alto Estirpe de Arranque CA Motor de Arrullo CA Regulación Inducción CD Arranque Compuesto Motores de Vapor Arboles de Transmisión Embrague en el Arbol Accionado u Accionador
Transportadores de Cinta Arboles de Transmisión Generadores Punciones, Cizallas y Prensas Líneas Rotatorias Ventiladores Máquinas Herramientas Maquinaria de Imprenta	1.1*	1.2*
Trituradora de Martillos Pulverizadores Compresores Soldadores Positivos Bombas de Embolo Transportadores de Tornillo Transportadores de Arrastre Maquinaria de Aserradero Maquinaria para Tejidos Elevadores de Cangilones Morteros de Barro y Maquinaria para hacer ladrillos Baticoras en Fábricas de Papel	1.2*	1.4*
Trituradoras Giratorias Trituradoras de Mandíbulas Trituradoras de Cono Molinos de Bolas Molinos de Tubos Molinos de Barras Mantacargas	1.4*	1.6*
	1.6*	1.8*

*Adición 0.2 al factor de servicio dado arriba si su transmisión
 — Tiene que funcionar 24 horas todos los días o
 — Tiene que funcionar bajo condiciones húmedas, o
 — Para una transmisión de aceleración rápida
 Disminuya 0.2 del factor de servicio dado arriba si su transmisión
 funciona intermitente o periódicamente

Sección Adecuada de Correas Vulco Rope

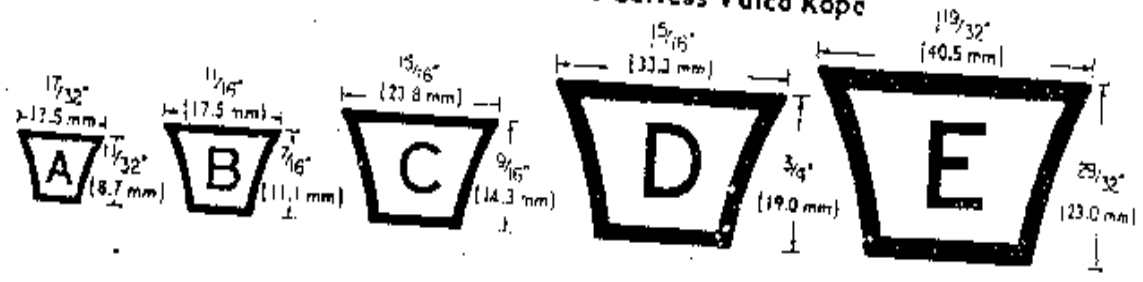


TABLA 5 LONGITUDES NORMALIZADAS DE CORREAS TRAPEZOIDALES NORTEAMERICANAS CONSTANTES DE POTENCIA

El valor D_1 mín es el diámetro primitivo de la polea menor que debe utilizarse con esta sección. Si se emplea una polea más pequeña, lo probable es que la correa tenga poca duración. L está expresada en pulgadas (y en centímetros).

SECCIÓN A			SECCIÓN B			SECCIÓN C			SECCIÓN D		
D_1 mín = 3 pulg (7.62 cm)			D_1 mín = 3.4 pulg (11.71 cm)			D_1 mín = 7 pulg (22.86 cm)			D_1 mín = 13 pulg (33 cm)		
Correa mín.	Longitud primitiva pulg (cm)		Correa mín.	Longitud primitiva pulg (cm)		Correa mín.	Longitud primitiva pulg (cm)		Correa mín.	Longitud primitiva pulg (cm)	
A26	27.0 (69.3)		B35	36.8 (93.4)		C51	53.9 (136.9)		D120	123.3 (313.1)	
A31	32.0 (82.0)		B38	39.3 (101.1)		C60	62.9 (159.7)		D138	131.3 (333.5)	
A35	36.3 (92.2)		B42	43.8 (111.2)		C68	70.9 (180.0)		D144	147.3 (374.3)	
A38	39.3 (99.8)		B46	47.8 (121.4)		C75	77.9 (197.8)		D158	161.3 (409.7)	
A42	43.3 (109.9)		B51	52.8 (134.1)		C81	83.9 (213.1)		D175	176.3 (447.8)	
A46	47.3 (120.1)		B55	56.8 (144.2)		C85	87.9 (223.2)		D180	183.3 (465.5)	
A51	52.3 (132.8)		B60	61.8 (156.9)		C90	92.9 (235.9)		D195	198.3 (503.6)	
A55	56.3 (143.0)		B68	69.3 (177.2)		C96	98.9 (251.2)		D210	213.3 (541.7)	
A61	61.3 (155.7)		B75	76.8 (195.0)		C105	107.9 (274.0)		D240	240.3 (613.6)	
A68	69.3 (176.0)		B82	82.8 (210.2)		C112	114.9 (291.8)		D270	270.3 (687.8)	
A75	76.3 (193.0)		B85	86.8 (220.4)		C120	122.9 (312.1)		D300	300.3 (754.0)	
A80	81.3 (206.3)		B90	91.3 (233.1)		C128	130.9 (332.4)		D330	330.3 (840.2)	
A85	86.3 (219.2)		B97	98.8 (250.9)		C144	146.9 (373.1)		D160	360.3 (916.4)	
A90	91.3 (231.9)		B105	106.3 (270.2)		C158	168.9 (408.6)		D390	390.3 (992.6)	
A96	97.3 (247.1)		B112	113.3 (289.0)		C175	175.9 (446.7)		D420	420.3 (1068.8)	
A105	106.3 (270.0)		B120	121.3 (308.2)		C180	182.9 (464.5)		D480	480.3 (1221.2)	
A112	113.3 (287.7)		B128	129.3 (326.6)		C185	187.9 (476.6)		D540	540.3 (1371.6)	
A120	121.3 (308.3)		B144	145.8 (370.3)		C210	212.9 (540.7)		D600	600.3 (1526.0)	
A128	129.3 (328.4)		B158	159.3 (405.8)		C240	240.9 (611.8)		D660	660.3 (1672.4)	
			B175	174.3 (444.0)		C270	270.9 (688.0)				
			B180	181.3 (461.7)		C300	300.9 (764.2)				
			B195	196.3 (499.8)		C330	330.9 (840.4)				
			B210	211.3 (537.9)		C360	360.9 (916.6)				
			B240	240.3 (610.3)		C390	390.9 (992.8)				
			B270	270.3 (688.0)		C420	420.9 (1069.0)				
			B300	300.3 (762.7)							
Constantes para potencia nominal: $a = 2.684$ $c = 5.326$ $e = 0.0116$			Constantes para potencia nominal: $a = 4.737$ $c = 11.962$ $e = 0.0204$			Constantes para potencia nominal: $a = 8.792$ $c = 18.819$ $e = 0.0416$			Constantes para potencia nominal: $a = 18.758$ $c = 117.7$ $e = 0.0848$		

ALGUNOS DIÁMETROS DE POLEA NORMALIZADOS

Varía en aumentos de 0.2 pulg (0.50 cm) desde 0.2 pulg (0.50 cm) hasta 2.5 pulg (6.35 cm) hasta 5.2 pulg (13.20 cm); luego en aumentos de 0.4 pulg (1.01 cm) hasta 6.4 pulg (16.25 cm); luego los diámetros de 7; 8.2; 9; 10.6; 12; 15; 18 pulg (o sea, respectivamente, 17.78; 20.82; 22.86; 26.92; 30.48; 38.10; 54.72 cm).	Varía en aumentos de 0.2 pulg (0.50 cm) hasta 4.6 pulg (11.68 cm); luego los diámetros de 5; 5.2; 5.4; 5.6; 6; 6.4; 6.8; 7.4; 8.6; 9.4; 11; 12.4; 13.4; 18.4; 20; 25; 30; 38 pulg (o sea, respectivamente, 12.70; 13.20; 13.71; 14.22; 15.24; 16.25; 17.27; 18.79; 21.84; 23.87; 27.94; 31.50; 39.12; 46.74; 50.80; 63.50; 76.20; 96.52 centímetros).	Varía en aumentos de 0.5 pulg (1.27 cm) desde 7 pulg (17.78 cm) hasta 13 pulg (33.02 cm); luego en aumentos de 1 pulg (2.54 cm) hasta 14 pulg (35.56 cm); de 2 pulg (5.08 cm) hasta 20 pulg (50.80 cm); luego los diámetros de 24; 30; 36; 44; 50 pulg (o sea, respectivamente, 60.96; 76.20; 91.41; 111.76; 127 centímetros).	Varía en aumentos de 0.5 pulg (1.27 cm) desde 13 pulg (33.02 cm) hasta 16 pulg (40.64 cm); luego los diámetros de 18; 22; 27; 33; 40; 48; 58 pulg (o sea, respectivamente, 45.72; 55.85; 68.58; 83.82; 101.60; 121.92; 147.32 cm).
---	---	--	--

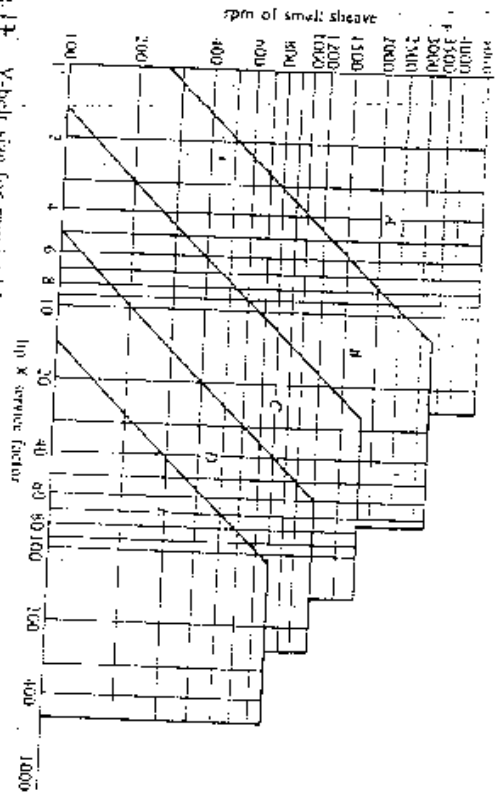


Fig. 11 - V-belt size for required horsepower rating. (Courtesy of Thermoid Division, H. K. Porter Co., Inc.)

TABLE 6 COEFICIENTES DE DIAMETRO PEQUEÑO K_d (in)

d_1/d_2	K_d
1.000-1.010	1.00
1.020-1.032	1.01
1.033-1.055	1.02
1.056-1.081	1.03
1.082-1.109	1.04
1.110-1.142	1.05
1.143-1.178	1.06
1.179-1.222	1.07
1.223-1.274	1.08
1.275-1.340	1.09
1.341-1.429	1.10
1.430-1.562	1.11
1.563-1.814	1.12
1.815-2.948	1.13
2.949 y más	1.14

TABLE 7 COEFICIENTES DE ARCO DE CONTACTO, K_a (in)

D_1/D_2	K_a	
	VY	V - ρ plano
0.60	1.00	0.75
0.10	0.99	0.76
0.20	0.97	0.78
0.30	0.96	0.79
0.40	0.94	0.80
0.50	0.91	0.81
0.60	0.91	0.83
0.70	0.89	0.84
0.80	0.87	0.85
0.90	0.85	0.85
1.00	0.82	0.82
1.10	0.80	0.80
1.20	0.77	0.77
1.30	0.73	0.73
1.40	0.70	0.70
1.50	0.65	0.65

TABLE 8 FACTORES DE CORRECCION DE LONGITUD K_l (in)

HECTONACION DE LA LONGITUD NOMINAL (L2)	COR	Pulg	SECCION TRANSVERSAL DE LA CORREA				
			A	H	C	D	E
66.0	36	0.81	..	..	..	..	..
78.7	31	0.84	..	..	..	..	..
88.9	25	0.87	..	..	..	..	..
96.5	38	0.88	..	..	..	..	..
106.6	42	0.90	..	..	..	..	..
116.8	46	0.92	..	..	..	..	..
129.5	51	0.94	..	..	..	..	..
139.7	55	0.96	..	..	..	..	..
152.4	60	0.98	..	..	..	..	..
172.7	68	1.00	..	..	..	..	..
190.5	75	1.02	..	..	..	..	..
203.2	80	1.04	..	..	..	..	..
205.7	81	..	..	..	..	..	..
215.9	85	1.05	..	..	..	..	..
238.6	90	1.06	..	..	..	..	..
243.8	96	1.08	..	..	..	..	..
246.1	97	1.10	..	..	..	..	..
266.7	105	1.11	..	..	..	..	..
284.5	112	1.13	..	..	..	..	..
304.8	120	1.15	..	..	..	..	..
325.3	128	1.14	..	..	..	..	..
365.8	144	..	..	..	..	..	..
401.7	158	..	..	..	..	..	..
439.4	173	..	..	..	..	..	..
457.2	180	..	..	..	..	..	..
495.1	195	..	..	..	..	..	..
533.4	210	..	..	..	..	..	..
609.6	240	..	..	..	..	..	..
685.8	270	..	..	..	..	..	..
762.0	300	..	..	..	..	..	..
838.2	330	..	..	..	..	..	..
914.4	360	..	..	..	..	..	..
990.6	390	..	..	..	..	..	..
1066.8	420	..	..	..	..	..	..
1219.2	480	..	..	..	..	..	..
1321.6	540	..	..	..	..	..	..

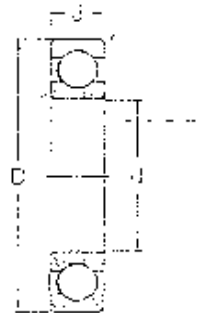
ANEXO B. TABLAS PARA LA SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Tabla 6.4 Seguridad de carga C_p para diferentes duraciones expresadas en horas de funcionamiento y para diferentes velocidades

RODAMIENTOS DE BOLA

Duración en horas L_h	Revoluciones por minuto													
	50	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100									1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,04	1,24	1,45	1,66	1,87	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,39	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,36	1,24	1,45	1,66	1,96	2,12	2,47	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61
1600		1,35	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61
2000	1,06	1,24	1,45	1,66	1,96	2,29	2,47	2,67	2,68	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,66	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56	4,91
5000	1,45	1,66	1,96	2,29	2,47	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56	4,91	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56	4,91	5,32	5,75	6,20
8000	1,66	1,96	2,29	2,67	3,11	3,61	3,91	4,23	4,56	4,91	5,32	5,75	6,20	6,70
10000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,91	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23
12500	1,96	2,29	2,67	3,11	3,61	4,23	4,56	4,91	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81
16000	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	4,91	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43
20000	2,29	2,67	3,11	3,61	4,23	4,91	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11
25000	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
32000	2,67	3,11	3,61	4,23	4,91	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
40000	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
50000	3,11	3,61	4,23	4,91	5,75	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
63000	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
80000	3,61	4,23	4,91	5,75	6,70	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
100000	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
200000	4,91	5,75	6,70	7,81	9,11	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6

Duración en horas L_h	Revoluciones por minuto														
	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	
100	1,88	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56	
500	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56	4,91	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	
1000	3,61	3,91	4,23	4,56	4,91	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	
1250	3,91	4,23	4,56	4,91	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	
1600	4,23	4,56	4,91	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	
2000	4,56	4,91	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	
2500	4,91	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	
3200	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	
4000	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	
5000	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	
6300	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	
8000	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	
10000	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	
12500	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	
16000	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	
20000	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	
25000	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	
32000	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1	
40000	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1		
50000	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1			
63000	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1				
80000	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1					
100000	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1						
200000	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1									

Serie 62


Rodamiento num.	Milímetros				Capacidad de base en kg		Velocidad máxima permitida rpm
	d	D	B	r mm	estática C_0	dinámica C	
6200	10	30	9	1	224	400	20000
01	12	32	10	1	300	540	20000
02	15	35	11	1	355	610	15000
6203	17	40	12	1,5	440	750	16000
04	20	47	14	1,5	555	1000	16000
05	25	52	15	1,5	710	1100	13000
6206	30	62	16	1,5	1000	1530	13000
07	35	72	17	2	1370	2000	10000
08	40	80	18	2	1500	2280	10000
6209	45	85	19	2	1830	2550	8000
10	50	90	20	2	2120	2750	8000
11	55	100	21	2,5	2600	3400	8000
6212	60	110	22	2,5	3200	4050	6000
13	65	120	23	2,5	3550	4400	6000
14	70	125	24	2,5	3900	4800	5000
6215	75	130	25	2,5	4250	5200	5000
16	80	140	26	3	4550	5700	5000
17	85	150	28	3	5500	6550	4000
6218	90	160	30	3	6300	7500	4000
19	95	170	32	3,5	7200	8500	4000
20	100	180	34	3,5	8150	9650	3000
6221	105	190	36	3,5	9300	10400	3000
22	110	200	38	3,5	10400	11200	3000
24	120	215	40	3,5	10400	11400	3000
6226	130	230	40	4	11500	12200	2500
28	140	250	42	4	12900	12900	2500
30	150	270	45	4	14300	13700	2500
32	160	290	48	4	15600	14300	2000
6234	170	310	52	5	19000	16600	2000
36	180	320	52	5	20400	17600	1600
38	190	340	55	5	24000	20000	1600
40	200	360	58	5	26500	21200	1600

ANEXO C. TABLAS PARA LA SELECCION DE ACEROS.

ANEXO D. CATALOGO DE MOTORES ELECTRICOS.

Características de operación - 60 Hz.

P. P. (KVA)	P. S. (KVA)	A. (A)	V. (V)	C. (A)	C. (A)	C. (A)	C. (A)	C. (A)	C. (A)	C. (A)	Factor de Potencia						C. (A)	C. (A)	C. (A)	C. (A)						
											0.8										0.9					
											1	2	3	4	5	6					1	2	3	4	5	6
0.15	0.15	1.5	120	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5							
0.25	0.25	2.5	120	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5							
0.375	0.375	3.75	120	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75							
0.5	0.5	5.0	120	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0							
0.75	0.75	7.5	120	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5							
1.0	1.0	10.0	120	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0							
1.5	1.5	15.0	120	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0							
2.0	2.0	20.0	120	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0							
3.0	3.0	30.0	120	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0							
4.0	4.0	40.0	120	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0							
5.0	5.0	50.0	120	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0							
7.5	7.5	75.0	120	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0							
10.0	10.0	100.0	120	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0							
15.0	15.0	150.0	120	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0							
20.0	20.0	200.0	120	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0							
30.0	30.0	300.0	120	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0							
40.0	40.0	400.0	120	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0							
50.0	50.0	500.0	120	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0							
75.0	75.0	750.0	120	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0	750.0							
100.0	100.0	1000.0	120	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0							
150.0	150.0	1500.0	120	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	1500.0							
200.0	200.0	2000.0	120	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0							
300.0	300.0	3000.0	120	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0							
400.0	400.0	4000.0	120	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0							
500.0	500.0	5000.0	120	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0	5000.0							
750.0	750.0	7500.0	120	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0	7500.0							
1000.0	1000.0	10000.0	120	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0							

1) Para obtener corriente en 240 V multiplicar por 2. Para obtener 480 V multiplicar por 4.
 2) Las potencias "Módulos" con "son normales" se obtienen del diagrama de potencia.
 3) Las informaciones obtenidas en esta hoja están sujetas a modificaciones sin previo aviso. Para saber más consulte el manual.

MOTORES DE INDUCCION ASINCRONICOS TRIFASICOS



FORMAS CONSTRUCTIVAS NORMALIZADAS

Los motores WEG son normalmente suministrados en la forma constructiva B3D, para funcionamiento en posición horizontal. Ellos pueden ser instalados en cualquier otra posición. Bajo consulta y de acuerdo con las posibilidades de fábrica, se aceptan pedidos de motores especiales: con brida, o con características especiales, verticales, sin pies, etc.

El cuadro al lado indica las diversas formas constructivas normalizadas EC. Cada figura representa la configuración, relación de la posición de armaduras (con o sin pies), el sentido de la punta del eje (con relación al armadura y la caja de conexión) y la forma de la junción del motor.

Forma constructiva	Configuración	Relación de armaduras	Relación de la punta del eje	Forma de la junción
B3D	B3D	B3D	B3D	B3D
B3L	B3L	B3L	B3L	B3L
B35	B35	B35	B35	B35
B36	B36	B36	B36	B36
B37	B37	B37	B37	B37
B38	B38	B38	B38	B38

Forma constructiva	Configuración	Relación de armaduras	Relación de la punta del eje	Forma de la junción
B39	B39	B39	B39	B39
B40	B40	B40	B40	B40
B41	B41	B41	B41	B41
B42	B42	B42	B42	B42
B43	B43	B43	B43	B43
B44	B44	B44	B44	B44

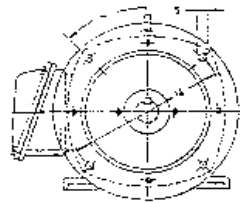
Forma constructiva	Configuración	Relación de armaduras	Relación de la punta del eje	Forma de la junción
B45	B45	B45	B45	B45
B46	B46	B46	B46	B46
B47	B47	B47	B47	B47
B48	B48	B48	B48	B48
B49	B49	B49	B49	B49
B50	B50	B50	B50	B50

DIMENSIONES DE LA BRIDA

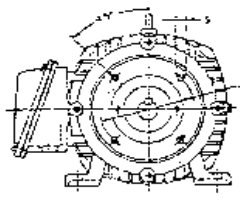
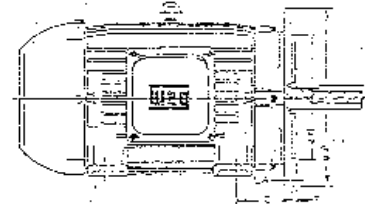
Armadura	DIMENSIONES DE LA BRIDA PROTECTOR							Comodidad
kW	1	2	3	4	5	6	7	
15	100	110	120	130	140	150	160	A
22	110	120	130	140	150	160	170	
30	120	130	140	150	160	170	180	
37	130	140	150	160	170	180	190	A
45	140	150	160	170	180	190	200	
55	150	160	170	180	190	200	210	
75	170	180	190	200	210	220	230	A
90	180	190	200	210	220	230	240	
110	190	200	210	220	230	240	250	
132	210	220	230	240	250	260	270	B
160	230	240	250	260	270	280	290	
180	240	250	260	270	280	290	300	
220	270	280	290	300	310	320	330	B
250	290	300	310	320	330	340	350	
280	300	310	320	330	340	350	360	
330	330	340	350	360	370	380	390	B
370	350	360	370	380	390	400	410	
400	360	370	380	390	400	410	420	

Armadura	DIMENSIONES DE LA BRIDA PROTECTOR							Comodidad
kW	1	2	3	4	5	6	7	
15	100	110	120	130	140	150	160	A
22	110	120	130	140	150	160	170	
30	120	130	140	150	160	170	180	
37	130	140	150	160	170	180	190	A
45	140	150	160	170	180	190	200	
55	150	160	170	180	190	200	210	
75	170	180	190	200	210	220	230	A
90	180	190	200	210	220	230	240	
110	190	200	210	220	230	240	250	
132	210	220	230	240	250	260	270	B
160	230	240	250	260	270	280	290	
180	240	250	260	270	280	290	300	
220	270	280	290	300	310	320	330	B
250	290	300	310	320	330	340	350	
280	300	310	320	330	340	350	360	
330	330	340	350	360	370	380	390	B
370	350	360	370	380	390	400	410	
400	360	370	380	390	400	410	420	

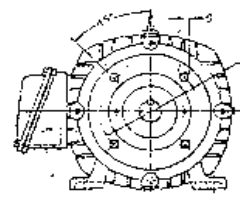
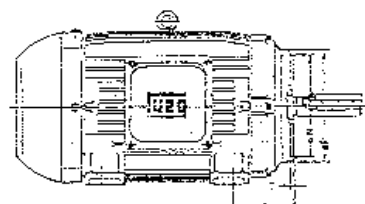
Armadura	DIMENSIONES DE LA BRIDA PROTECTOR							Comodidad
kW	1	2	3	4	5	6	7	
15	100	110	120	130	140	150	160	A
22	110	120	130	140	150	160	170	
30	120	130	140	150	160	170	180	
37	130	140	150	160	170	180	190	A
45	140	150	160	170	180	190	200	
55	150	160	170	180	190	200	210	
75	170	180	190	200	210	220	230	A
90	180	190	200	210	220	230	240	
110	190	200	210	220	230	240	250	
132	210	220	230	240	250	260	270	B
160	230	240	250	260	270	280	290	
180	240	250	260	270	280	290	300	
220	270	280	290	300	310	320	330	B
250	290	300	310	320	330	340	350	
280	300	310	320	330	340	350	360	
330	330	340	350	360	370	380	390	B
370	350	360	370	380	390	400	410	
400	360	370	380	390	400	410	420	



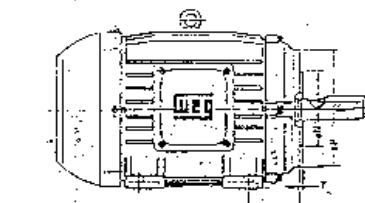
FORMA CONSTRUCTIVA B350



FORMA CONSTRUCTIVA B340



FORMA CONSTRUCTIVA B340



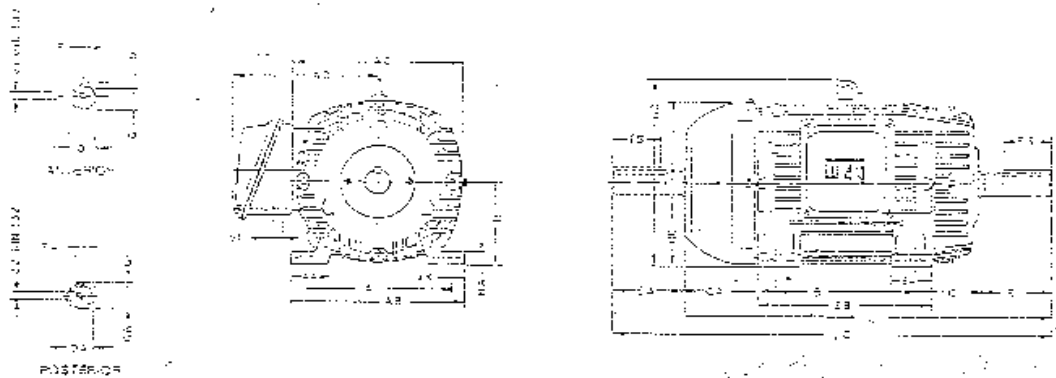
Características normales

- Control de jaula
- Rodamientos de bolas
- Tipo: totalmente cerrado con ventilación exterior
- Protección: IP64 (IEC-34)
- Aislación clase "B" (130 °C) - IEC-31-1
- Categoría: M-IEC 31-1
- Tensiones nominales:
 - 30 Hz: 220/440V - hasta 5hp inclusive
 - 220/380/440V - 7,5hp inclusive y en adelante
 - 50 Hz: 220/380V - 380/560V
- Servicio continuo
- Dimensiones IEC 72
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Armado de función gris

Características especiales (sujeto a consulta)

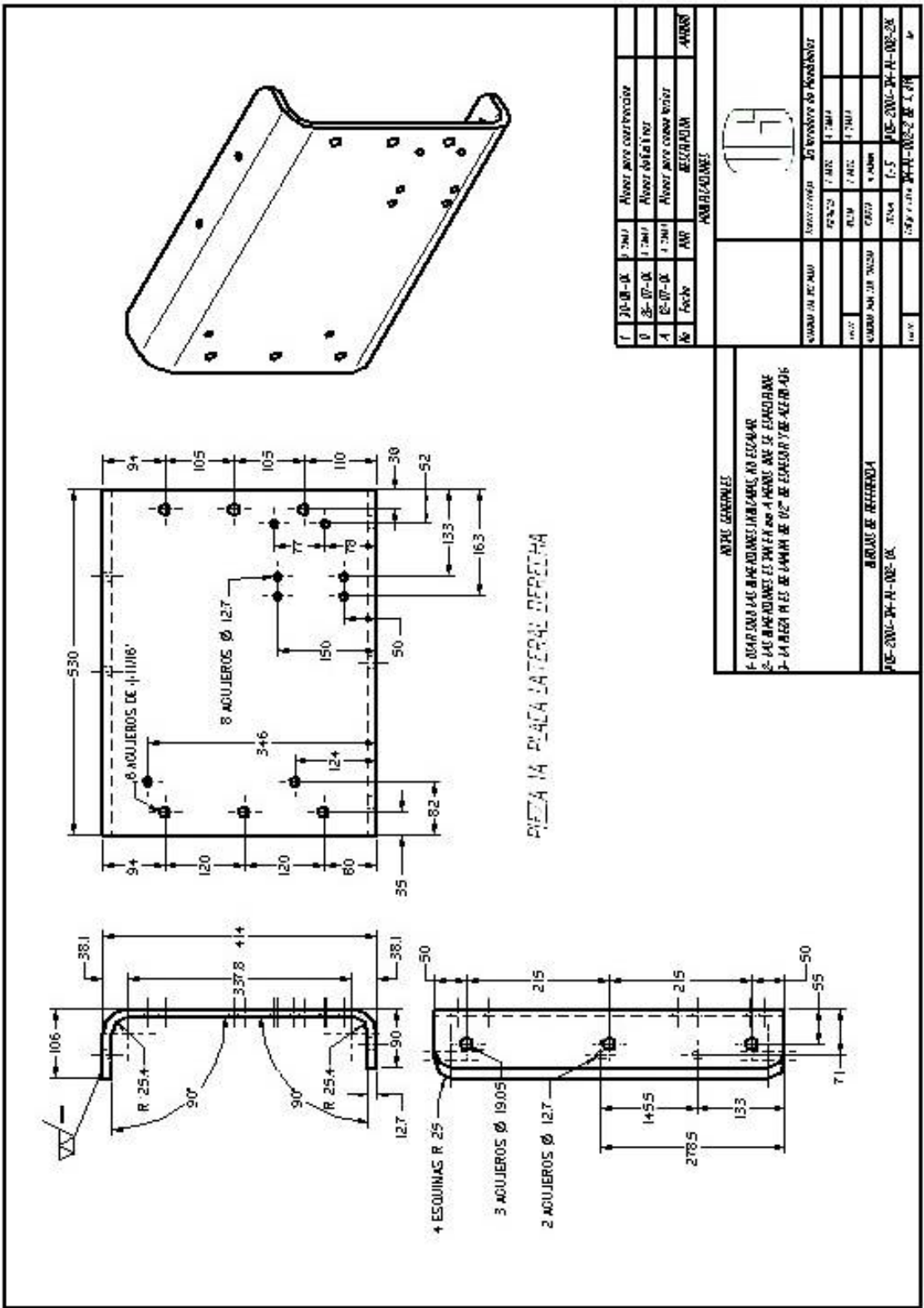
- Rodamientos de rodillos
- Labirinto laberinto o rotor
- Doble punto de eje
- Eje con dimensiones especiales
- Masa de acero inox
- Casco de chapa para aplicación vertical
- Engranador
- Pintura especial
- Resistentes al sobrecalentamiento
- Protector térmico
- Clase de aislamiento: "F" (155 °C)
- Placa adicional para número de serie, ubicación, entidad clasificadora
- Otras características eléctricas y mecánicas bajo consulta

DIMENSIONES EN MILIMETROS

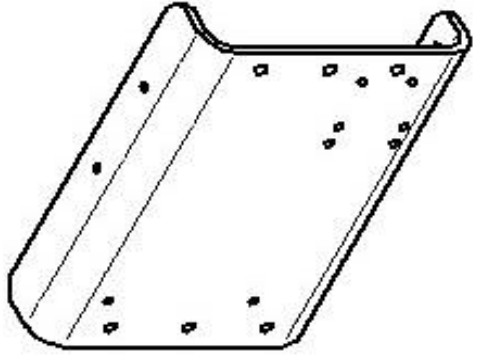


Armadura	A	AA	AB	AC	AD	B	BA	BB	BC	CA	Plata de conexión										Cinta del estator										Rodamientos																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
											DD	EE	FF	GG	HH	II	JJ	KK	LL	MM	NN	OO	PP	QQ	RR	SS	TT	UU	VV	WW	XX	YY	ZZ	AA1	BB1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
EE	100	21	115	124	133	22	28	33	38	43	115	121	127	133	139	145	151	157	163	169	175	181	187	193	199	205	211	217	223	229	235	241	247	253	259	265	271	277	283	289	295	301	307	313	319	325	331	337	343	349	355	361	367	373	379	385	391	397	403	409	415	421	427	433	439	445	451	457	463	469	475	481	487	493	499	505	511	517	523	529	535	541	547	553	559	565	571	577	583	589	595	601	607	613	619	625	631	637	643	649	655	661	667	673	679	685	691	697	703	709	715	721	727	733	739	745	751	757	763	769	775	781	787	793	799	805	811	817	823	829	835	841	847	853	859	865	871	877	883	889	895	901	907	913	919	925	931	937	943	949	955	961	967	973	979	985	991	997	1003	1009	1015	1021	1027	1033	1039	1045	1051	1057	1063	1069	1075	1081	1087	1093	1099	1105	1111	1117	1123	1129	1135	1141	1147	1153	1159	1165	1171	1177	1183	1189	1195	1201	1207	1213	1219	1225	1231	1237	1243	1249	1255	1261	1267	1273	1279	1285	1291	1297	1303	1309	1315	1321	1327	1333	1339	1345	1351	1357	1363	1369	1375	1381	1387	1393	1399	1405	1411	1417	1423	1429	1435	1441	1447	1453	1459	1465	1471	1477	1483	1489	1495	1501	1507	1513	1519	1525	1531	1537	1543	1549	1555	1561	1567	1573	1579	1585	1591	1597	1603	1609	1615	1621	1627	1633	1639	1645	1651	1657	1663	1669	1675	1681	1687	1693	1699	1705	1711	1717	1723	1729	1735	1741	1747	1753	1759	1765	1771	1777	1783	1789	1795	1801	1807	1813	1819	1825	1831	1837	1843	1849	1855	1861	1867	1873	1879	1885	1891	1897	1903	1909	1915	1921	1927	1933	1939	1945	1951	1957	1963	1969	1975	1981	1987	1993	1999	2005	2011	2017	2023	2029	2035	2041	2047	2053	2059	2065	2071	2077	2083	2089	2095	2101	2107	2113	2119	2125	2131	2137	2143	2149	2155	2161	2167	2173	2179	2185	2191	2197	2203	2209	2215	2221	2227	2233	2239	2245	2251	2257	2263	2269	2275	2281	2287	2293	2299	2305	2311	2317	2323	2329	2335	2341	2347	2353	2359	2365	2371	2377	2383	2389	2395	2401	2407	2413	2419	2425	2431	2437	2443	2449	2455	2461	2467	2473	2479	2485	2491	2497	2503	2509	2515	2521	2527	2533	2539	2545	2551	2557	2563	2569	2575	2581	2587	2593	2599	2605	2611	2617	2623	2629	2635	2641	2647	2653	2659	2665	2671	2677	2683	2689	2695	2701	2707	2713	2719	2725	2731	2737	2743	2749	2755	2761	2767	2773	2779	2785	2791	2797	2803	2809	2815	2821	2827	2833	2839	2845	2851	2857	2863	2869	2875	2881	2887	2893	2899	2905	2911	2917	2923	2929	2935	2941	2947	2953	2959	2965	2971	2977	2983	2989	2995	3001	3007	3013	3019	3025	3031	3037	3043	3049	3055	3061	3067	3073	3079	3085	3091	3097	3103	3109	3115	3121	3127	3133	3139	3145	3151	3157	3163	3169	3175	3181	3187	3193	3199	3205	3211	3217	3223	3229	3235	3241	3247	3253	3259	3265	3271	3277	3283	3289	3295	3301	3307	3313	3319	3325	3331	3337	3343	3349	3355	3361	3367	3373	3379	3385	3391	3397	3403	3409	3415	3421	3427	3433	3439	3445	3451	3457	3463	3469	3475	3481	3487	3493	3499	3505	3511	3517	3523	3529	3535	3541	3547	3553	3559	3565	3571	3577	3583	3589	3595	3601	3607	3613	3619	3625	3631	3637	3643	3649	3655	3661	3667	3673	3679	3685	3691	3697	3703	3709	3715	3721	3727	3733	3739	3745	3751	3757	3763	3769	3775	3781	3787	3793	3799	3805	3811	3817	3823	3829	3835	3841	3847	3853	3859	3865	3871	3877	3883	3889	3895	3901	3907	3913	3919	3925	3931	3937	3943	3949	3955	3961	3967	3973	3979	3985	3991	3997	4003	4009	4015	4021	4027	4033	4039	4045	4051	4057	4063	4069	4075	4081	4087	4093	4099	4105	4111	4117	4123	4129	4135	4141	4147	4153	4159	4165	4171	4177	4183	4189	4195	4201	4207	4213	4219	4225	4231	4237	4243	4249	4255	4261	4267	4273	4279	4285	4291	4297	4303	4309	4315	4321	4327	4333	4339	4345	4351	4357	4363	4369	4375	4381	4387	4393	4399	4405	4411	4417	4423	4429	4435	4441	4447	4453	4459	4465	4471	4477	4483	4489	4495	4501	4507	4513	4519	4525	4531	4537	4543	4549	4555	4561	4567	4573	4579	4585	4591	4597	4603	4609	4615	4621	4627	4633	4639	4645	4651	4657	4663	4669	4675	4681	4687	4693	4699	4705	4711	4717	4723	4729	4735	4741	4747	4753	4759	4765	4771	4777	4783	4789	4795	4801	4807	4813	4819	4825	4831	4837	4843	4849	4855	4861	4867	4873	4879	4885	4891	4897	4903	4909	4915	4921	4927	4933	4939	4945	4951	4957	4963	4969	4975	4981	4987	4993	4999	5005	5011	5017	5023	5029	5035	5041	5047	5053	5059	5065	5071	5077	5083	5089	5095	5101	5107	5113	5119	5125	5131	5137	5143	5149	5155	5161	5167	5173	5179	5185	5191	5197	5203	5209	5215	5221	5227	5233	5239	5245	5251	5257	5263	5269	5275	5281	5287	5293	5299	5305	5311	5317	5323	5329	5335	5341	5347	5353	5359	5365	5371	5377	5383	5389	5395	5401	5407	5413	5419	5425	5431	5437	5443	5449	5455	5461	5467	5473	5479	5485	5491	5497	5503	5509	5515	5521	5527	5533	5539	5545	5551	5557	5563	5569	5575	5581	5587	5593	5599	5605	5611	5617	5623	5629	5635	5641	5647	5653	5659	5665	5671	5677	5683	5689	5695	5701	5707	5713	5719	5725	5731	5737	5743	5749	5755	5761	5767	5773	5779	5785	5791	5797	5803	5809	5815	5821	5827	5833	5839	5845	5851	5857	5863	5869	5875	5881	5887	5893	5899	5905	5911	5917	5923	5929	5935	5941	5947	5953	5959	5965	5971	5977	5983	59

PLANOS



PLACA 14 PLACA LATERAL DEPERLINA



1	20-08-08	1 2000	Aliser para contrapunto
2	25-07-08	1 2000	Aliser de latón
3	25-07-08	1 2000	Aliser para coque tener
4	Fecha	AWP	REVISOR/A
5			APROB

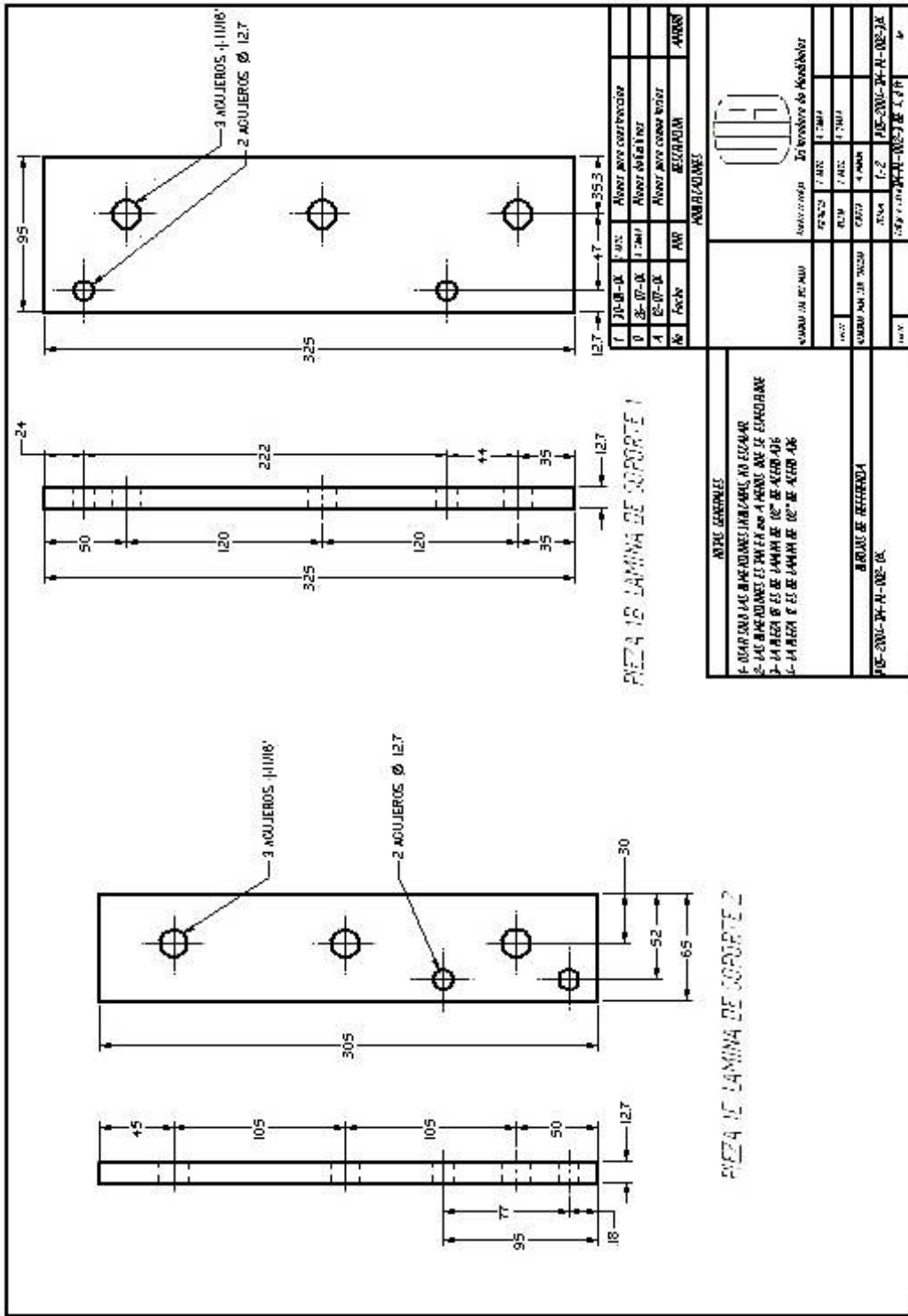
CANTIDAD DE MATERIAL		En toneladas de Acabado	
FECHA	1 2000	1 2000	1 2000
FECHA	1 2000	1 2000	1 2000
FECHA	1 2000	1 2000	1 2000
FECHA	1 2000	1 2000	1 2000
FECHA	1 2000	1 2000	1 2000

OTROS COMENTARIOS

SE DEBE DAR LAS MEDIDAS JUNTAS, NO SEPARAR
 SE DÁN MEDIDAS EN MM EN 4 PARES ANTE EL ESPACIO
 3-14 DEBE EN EL DE 14MM DE 0.2 DE ESPESOR Y DE 0.2 DE 0.15

BRUNO DE REFORMA


20-200-24-PL-02-08



PIEZA 15 LAMINA DE SOPORTE 1

PIEZA 16 LAMINA DE SOPORTE 2

1	20-02-06	AN	Aluer para contructor
0	08-02-06	1.700	Aluer de la 1 vez
1	08-02-06	AN	Aluer para contructor
0	08-02-06	AN	Aluer para contructor

	
En nombre de Mandatario	
FE-2000-24-A-02-06	FE-2000-24-A-02-06
FE-2000-24-A-02-06	FE-2000-24-A-02-06
FE-2000-24-A-02-06	FE-2000-24-A-02-06
FE-2000-24-A-02-06	FE-2000-24-A-02-06

OTRO GENERAL

1- MATERIAL DE ACERO INOXIDABLE 304

2- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

3- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

4- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

5- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

6- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

7- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

8- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

9- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

10- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

11- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

12- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

13- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

14- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

15- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

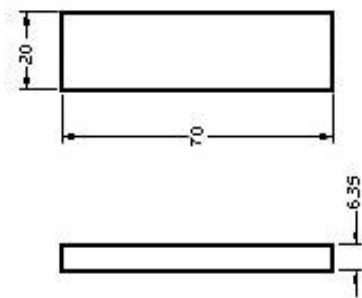
16- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

17- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

18- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

19- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR

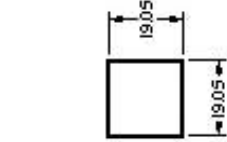
20- LA LAMINA DE SOPORTE DEBE SER DE 1.5 MM DE ESPESOR



PIEZA 14. GUÍA DE LA PLACA DE DESGASTE INFERIOR



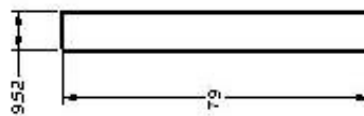
PIEZA 18. PLACA SOPORTE 2



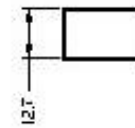
PIEZA 19. PLACA SOPORTE 1



PIEZA 15. GUÍA DE LA PLACA DE DESGASTE SUPERIOR



PIEZA 10. REFUERZO



NOTAS GENERALES:
 1- NO SE DEBE MODIFICAR NADA SIN ACUERDO.
 2- LAS MEDIDAS SE DAN EN A MENOS A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE.
 3- LA PLACA DE DESGASTE DEBE SER DE ACERO Y TENER UN GRADO DE DUREZA DE 40-45.
 4- LA PLACA DE SOPORTE DEBE SER DE ACERO Y TENER UN GRADO DE DUREZA DE 15-20.
 5- LA PLACA DE SOPORTE DEBE SER DE ACERO Y TENER UN GRADO DE DUREZA DE 15-20.

BRANCO DE REFERENCIA

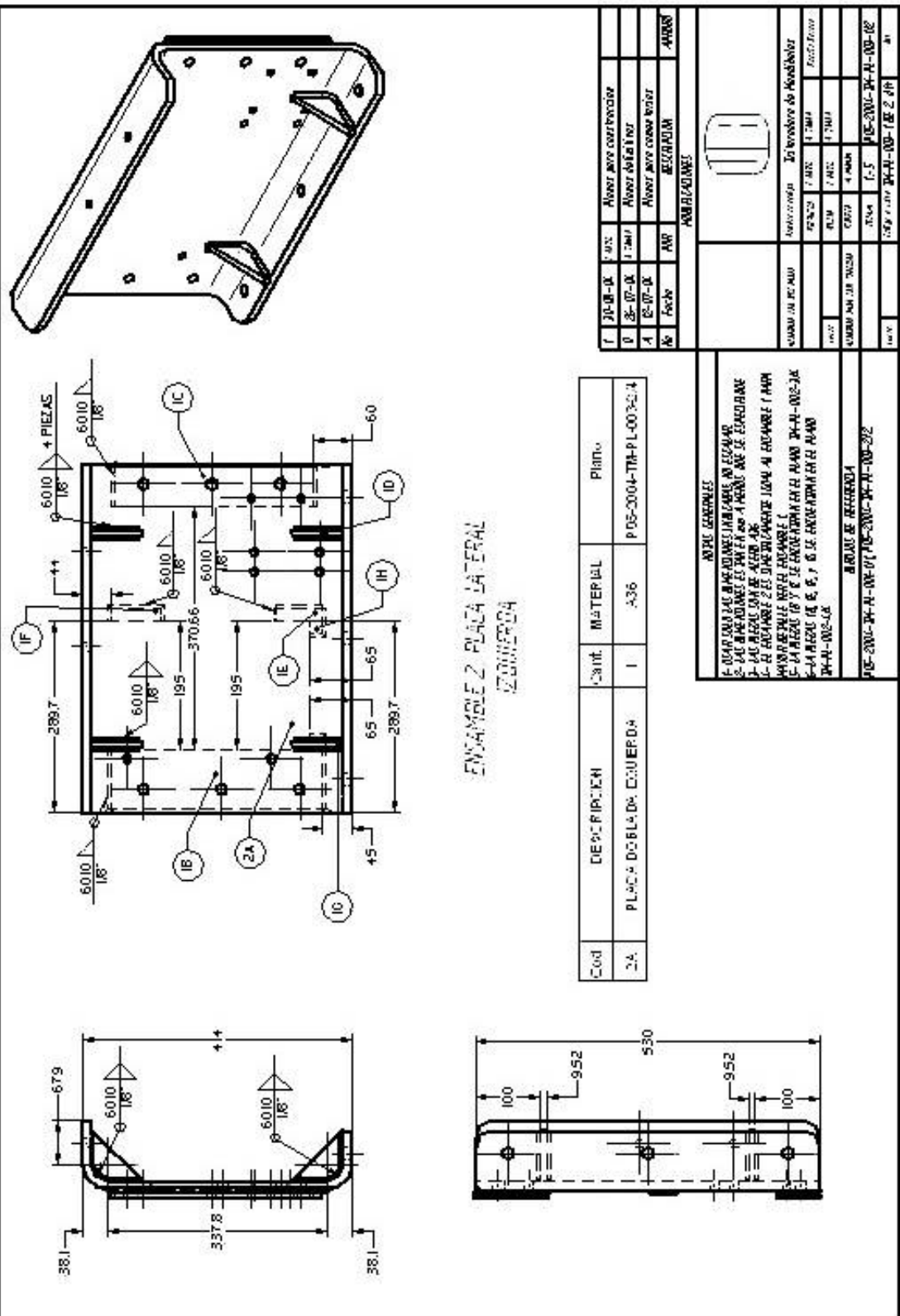
PIEZA 2000-24-PL-002-04

REV.	FECHA	ANOTACIONES	APROBADO
1	20-08-04	Alcance con corrección	
2	28-07-04	Alcance definitivo	
3	28-07-04	Alcance con corrección	

AUTORIZACIONES	
DESIGNADO	CONSEJO TECNICO
REVISADO	CONSEJO TECNICO
APROBADO	CONSEJO TECNICO

AUTORIZACIONES	
DESIGNADO	CONSEJO TECNICO
REVISADO	CONSEJO TECNICO
APROBADO	CONSEJO TECNICO

AUTORIZACIONES	
DESIGNADO	CONSEJO TECNICO
REVISADO	CONSEJO TECNICO
APROBADO	CONSEJO TECNICO

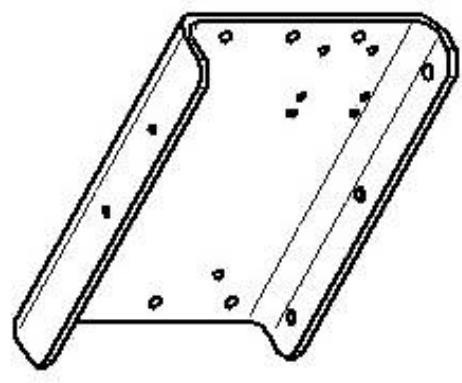
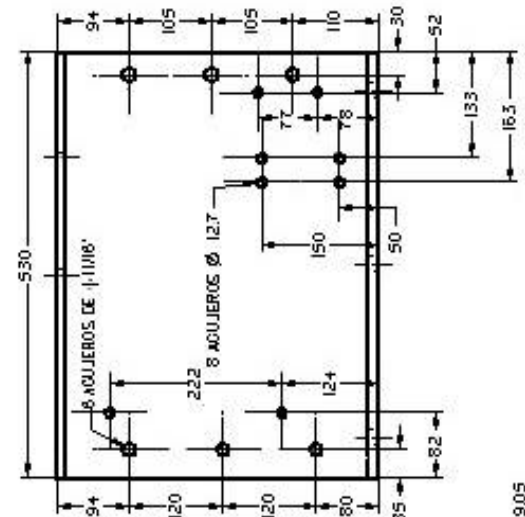
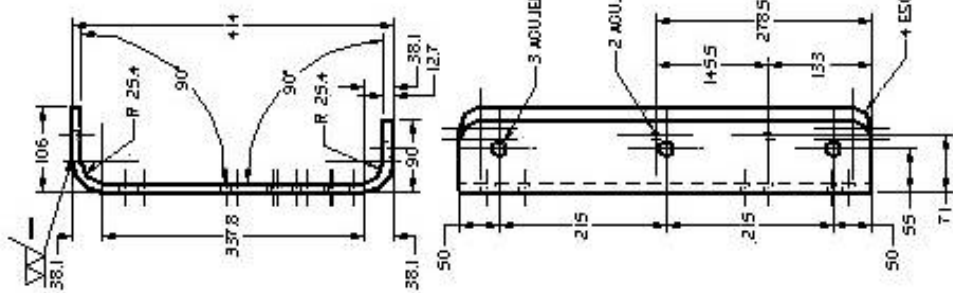


ENSAMBLE 2 PLACA LATERAL ZOMERDA

Codi	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	Plano
2A	PLACA DOBLE DA ZOMERDA	1	A36	P05-2004-TM-PL-0032.1

NOTAS GENERALES
 1- SE DEBE VERIFICAR LAS MEDIDAS DE LOS COMPONENTES ANTES DE EMPEZAR EL MONTAJE.
 2- LAS MEDIDAS SON EN MILIMETROS.
 3- LAS MEDIDAS SON EN MILIMETROS.
 4- LAS MEDIDAS SON EN MILIMETROS.
 5- LAS MEDIDAS SON EN MILIMETROS.
 6- LAS MEDIDAS SON EN MILIMETROS.
 7- LAS MEDIDAS SON EN MILIMETROS.
 8- LAS MEDIDAS SON EN MILIMETROS.
 9- LAS MEDIDAS SON EN MILIMETROS.
 10- LAS MEDIDAS SON EN MILIMETROS.

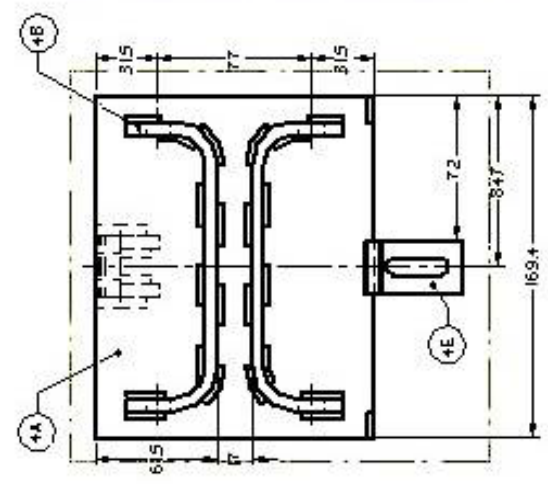
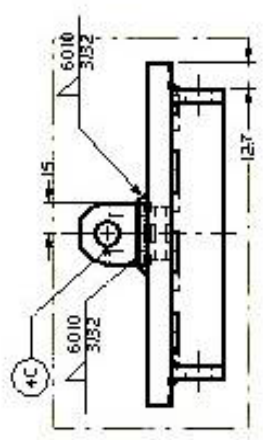
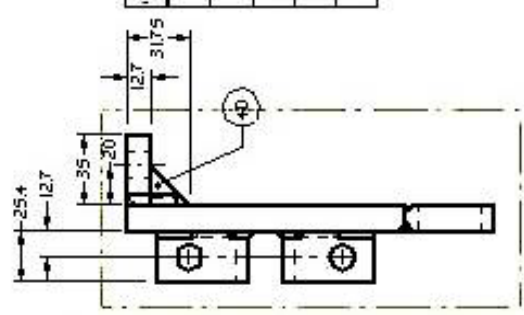
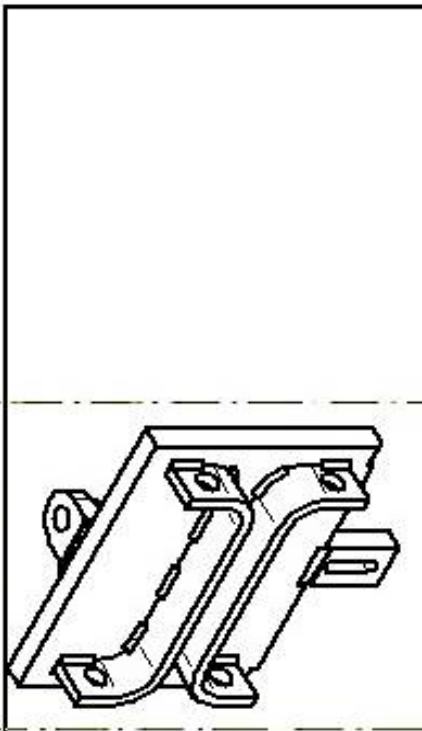
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	Plano
1	2A-01-01	1	ALUMINIO	
2	2A-01-02	1	ALUMINIO	
3	2A-01-03	1	ALUMINIO	
4	2A-01-04	1	ALUMINIO	
5	2A-01-05	1	ALUMINIO	
6	2A-01-06	1	ALUMINIO	
7	2A-01-07	1	ALUMINIO	
8	2A-01-08	1	ALUMINIO	
9	2A-01-09	1	ALUMINIO	
10	2A-01-10	1	ALUMINIO	
11	2A-01-11	1	ALUMINIO	
12	2A-01-12	1	ALUMINIO	
13	2A-01-13	1	ALUMINIO	
14	2A-01-14	1	ALUMINIO	
15	2A-01-15	1	ALUMINIO	
16	2A-01-16	1	ALUMINIO	
17	2A-01-17	1	ALUMINIO	
18	2A-01-18	1	ALUMINIO	
19	2A-01-19	1	ALUMINIO	
20	2A-01-20	1	ALUMINIO	
21	2A-01-21	1	ALUMINIO	
22	2A-01-22	1	ALUMINIO	
23	2A-01-23	1	ALUMINIO	
24	2A-01-24	1	ALUMINIO	
25	2A-01-25	1	ALUMINIO	
26	2A-01-26	1	ALUMINIO	
27	2A-01-27	1	ALUMINIO	
28	2A-01-28	1	ALUMINIO	
29	2A-01-29	1	ALUMINIO	
30	2A-01-30	1	ALUMINIO	
31	2A-01-31	1	ALUMINIO	
32	2A-01-32	1	ALUMINIO	
33	2A-01-33	1	ALUMINIO	
34	2A-01-34	1	ALUMINIO	
35	2A-01-35	1	ALUMINIO	
36	2A-01-36	1	ALUMINIO	
37	2A-01-37	1	ALUMINIO	
38	2A-01-38	1	ALUMINIO	
39	2A-01-39	1	ALUMINIO	
40	2A-01-40	1	ALUMINIO	
41	2A-01-41	1	ALUMINIO	
42	2A-01-42	1	ALUMINIO	
43	2A-01-43	1	ALUMINIO	
44	2A-01-44	1	ALUMINIO	
45	2A-01-45	1	ALUMINIO	
46	2A-01-46	1	ALUMINIO	
47	2A-01-47	1	ALUMINIO	
48	2A-01-48	1	ALUMINIO	
49	2A-01-49	1	ALUMINIO	
50	2A-01-50	1	ALUMINIO	
51	2A-01-51	1	ALUMINIO	
52	2A-01-52	1	ALUMINIO	
53	2A-01-53	1	ALUMINIO	
54	2A-01-54	1	ALUMINIO	
55	2A-01-55	1	ALUMINIO	
56	2A-01-56	1	ALUMINIO	
57	2A-01-57	1	ALUMINIO	
58	2A-01-58	1	ALUMINIO	
59	2A-01-59	1	ALUMINIO	
60	2A-01-60	1	ALUMINIO	
61	2A-01-61	1	ALUMINIO	
62	2A-01-62	1	ALUMINIO	
63	2A-01-63	1	ALUMINIO	
64	2A-01-64	1	ALUMINIO	
65	2A-01-65	1	ALUMINIO	
66	2A-01-66	1	ALUMINIO	
67	2A-01-67	1	ALUMINIO	
68	2A-01-68	1	ALUMINIO	
69	2A-01-69	1	ALUMINIO	
70	2A-01-70	1	ALUMINIO	
71	2A-01-71	1	ALUMINIO	
72	2A-01-72	1	ALUMINIO	
73	2A-01-73	1	ALUMINIO	
74	2A-01-74	1	ALUMINIO	
75	2A-01-75	1	ALUMINIO	
76	2A-01-76	1	ALUMINIO	
77	2A-01-77	1	ALUMINIO	
78	2A-01-78	1	ALUMINIO	
79	2A-01-79	1	ALUMINIO	
80	2A-01-80	1	ALUMINIO	
81	2A-01-81	1	ALUMINIO	
82	2A-01-82	1	ALUMINIO	
83	2A-01-83	1	ALUMINIO	
84	2A-01-84	1	ALUMINIO	
85	2A-01-85	1	ALUMINIO	
86	2A-01-86	1	ALUMINIO	
87	2A-01-87	1	ALUMINIO	
88	2A-01-88	1	ALUMINIO	
89	2A-01-89	1	ALUMINIO	
90	2A-01-90	1	ALUMINIO	
91	2A-01-91	1	ALUMINIO	
92	2A-01-92	1	ALUMINIO	
93	2A-01-93	1	ALUMINIO	
94	2A-01-94	1	ALUMINIO	
95	2A-01-95	1	ALUMINIO	
96	2A-01-96	1	ALUMINIO	
97	2A-01-97	1	ALUMINIO	
98	2A-01-98	1	ALUMINIO	
99	2A-01-99	1	ALUMINIO	
100	2A-01-100	1	ALUMINIO	



PIEZA 2A. PLACA LATERAL IZQUIERDA

1	20-07-08	1.000	Aliser serie castrovaie
0	20-07-08	1.000	Aliser defa'it noi
A	20-07-08		Aliser serie castro vaier
AP	factur	APR	RECIBIDAM
APR			APR

<p>NOTAS GENERALES</p> <p>1- DIBUJADO POR: ADRIAN IANCIU</p> <p>2- LAS MEDIDAS SE TOMAN DE LA LINEA DE REFERENCIA</p> <p>3- LA PLACA ES DE 10" DE ESPESOR Y DE ALUMINIO</p>		
<p>NUMERO DE PIEZA</p> <p>1000</p> <p>NUMERO DE PIEZA</p> <p>1000</p> <p>REV.</p>	<p>DESCRIPCION</p> <p>PIEZA 2A</p> <p>PIEZA 2A</p> <p>PIEZA 2A</p> <p>PIEZA 2A</p>	<p>QUANTIDAD</p> <p>1.000</p> <p>1.000</p> <p>1.000</p> <p>1.000</p>
<p>PIEZA 2A-PI-08-02</p>		<p>PIEZA 2A-PI-08-02</p>



Cod.	DESCRIPCION	Cant.	MATERIAL	Plano
4A	LAMINA DE 12°	1	436	P05-2004-TM-PL-00542
4B	PERUENO HORICONTAL	2	436	P05-2004-TM-PL-00542
4C	GUA DEL TORNILLO DE GRADUACION	1	436	P05-2004-TM-PL-00542
4D	PERUENO DE LA GUA DEL TORNILLO DE GRADUACION	2	436	P05-2004-TM-PL-00542
4E	GUA DEL TORNILLO DEL RECEPTO	1	436	P05-2004-TM-PL-00542

1	20-08-08	AW	Aliser para carboclar	
0	08-07-08	12M0	Aliser de la Test	
4	02-07-08		Aliser para cable tensor	
6	Fecha	AW	REVISOR	40008

AVIC GARIBAY

FABRICA DE COMBUSTIBLES PARA EL AERONAVE DE LINEAS DE CONTINENTAL

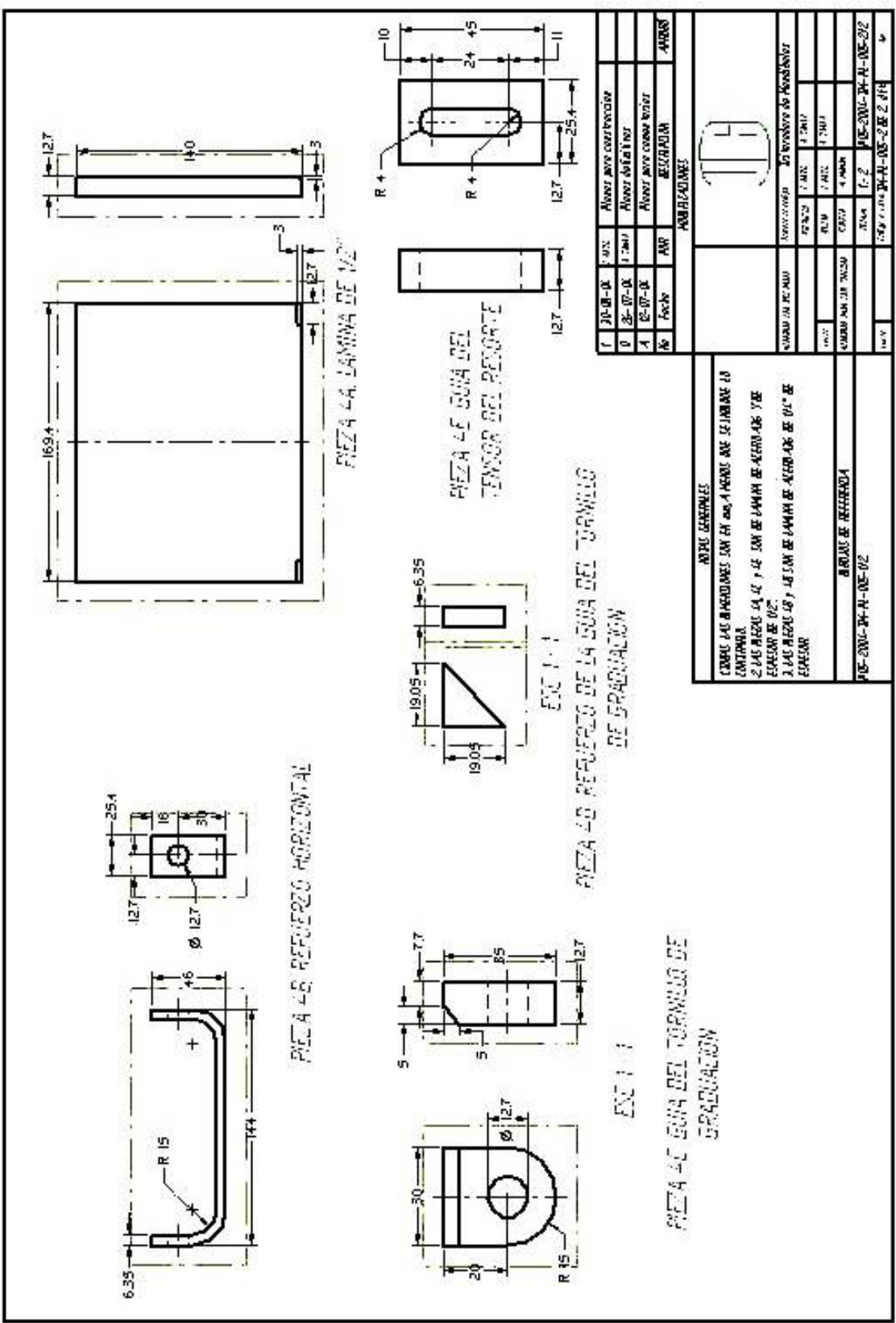
SOCIOS: INGENIEROS JUAN CARLOS ESCOBAR

BOJAS DE REFERENCIA

105-2004-24-A-05-01 105-2004-24-A-05-02

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
1	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
2	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
3	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
4	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
5	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
6	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
7	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
8	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
9	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
10	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
11	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
12	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
13	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
14	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
15	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
16	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
17	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
18	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
19	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
20	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
21	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
22	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
23	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
24	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
25	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
26	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
27	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
28	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
29	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
30	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
31	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
32	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
33	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
34	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
35	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
36	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
37	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
38	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
39	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
40	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
41	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
42	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
43	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
44	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
45	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
46	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
47	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
48	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
49	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
50	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
51	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
52	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
53	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
54	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
55	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
56	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
57	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
58	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
59	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
60	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
61	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
62	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
63	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
64	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
65	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
66	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
67	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
68	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
69	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
70	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
71	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
72	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
73	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
74	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
75	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
76	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
77	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
78	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
79	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
80	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
81	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
82	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
83	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
84	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
85	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
86	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
87	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
88	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
89	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
90	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
91	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
92	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
93	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
94	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
95	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
96	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
97	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
98	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
99	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000
100	BOJA DE REFERENCIA	1	UNIDAD	1.000

ENSAMBLE 4 PLACA POSTERIOR FLA



PIEZA 40 REFUERZO HORIZONTAL

PIEZA 42 GUSA DEL TENSOR DEL RESORTE

PIEZA 43 REFUERZO DE LA GUSA DEL TORNILLO DE GRADUACION

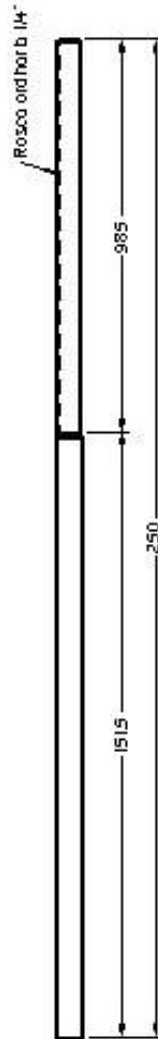
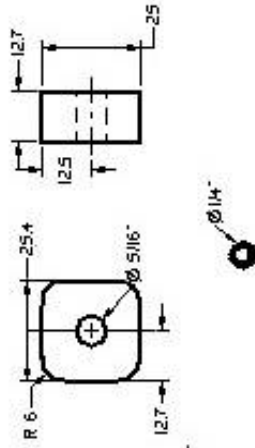
PIEZA 44 GUSA DEL TORNILLO DE GRADUACION

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	PROCESADO	NOTAS
1	20-08-08	Alloy steel corrosion		
2	28-07-08	Alloy steel		
3	02-07-08	Alloy steel case hard		
4	Feche	ANIL	RECHUPON	ANIL

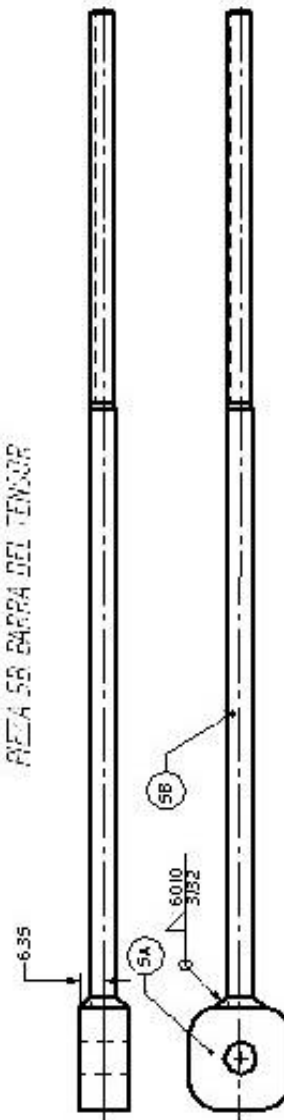
REVISIONES	
NO.	FECHA
1	15-08-2010
2	15-08-2010
3	15-08-2010
4	15-08-2010
5	15-08-2010
6	15-08-2010
7	15-08-2010
8	15-08-2010
9	15-08-2010
10	15-08-2010
11	15-08-2010
12	15-08-2010
13	15-08-2010
14	15-08-2010
15	15-08-2010
16	15-08-2010
17	15-08-2010
18	15-08-2010
19	15-08-2010
20	15-08-2010

NOTAS GENERALES
 1. COMO LAS MEDIDAS SON EN MILIMETROS SE LEAN SIN COMILLAS.
 2. LAS MEDIDAS DE 12.7 Y 19.05 SON DE LAMINA DE ACERO AISI 304 Y DE ALUMINIO DE 6061.
 3. LAS MEDIDAS DE 10 Y 11 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 4. LAS MEDIDAS DE 20 Y 30 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 5. LAS MEDIDAS DE 24 Y 45 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 6. LAS MEDIDAS DE 10 Y 11 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 7. LAS MEDIDAS DE 20 Y 30 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 8. LAS MEDIDAS DE 24 Y 45 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 9. LAS MEDIDAS DE 10 Y 11 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 10. LAS MEDIDAS DE 20 Y 30 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 11. LAS MEDIDAS DE 24 Y 45 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 12. LAS MEDIDAS DE 10 Y 11 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 13. LAS MEDIDAS DE 20 Y 30 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 14. LAS MEDIDAS DE 24 Y 45 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 15. LAS MEDIDAS DE 10 Y 11 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 16. LAS MEDIDAS DE 20 Y 30 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 17. LAS MEDIDAS DE 24 Y 45 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 18. LAS MEDIDAS DE 10 Y 11 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 19. LAS MEDIDAS DE 20 Y 30 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.
 20. LAS MEDIDAS DE 24 Y 45 SON DE LAMINA DE ALUMINIO DE 6061.

PIEZA 5A PLACA CON AGUERO



PIEZA 5B BARRA DEL TENSOR

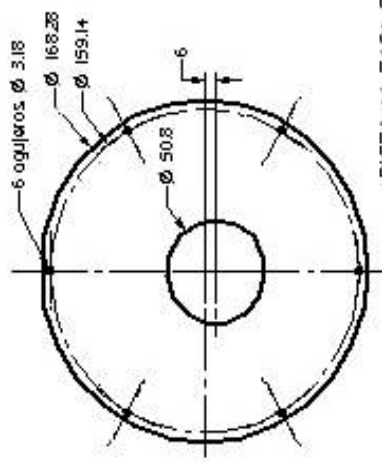


ENSAMBLE 5. TENSOR DEL RESORTE

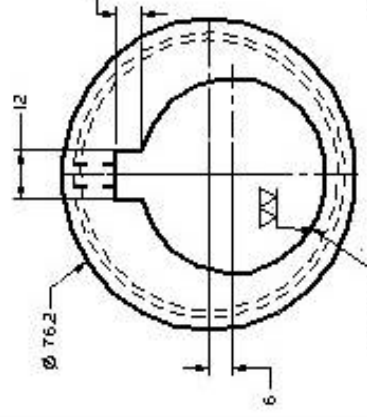
Cod.	DESCRIPCION	CANT.	MATERIAL	Plano
5A	PLACA CON AGUERO	1	10C0	P05-2004-TR-PL-010-01
5B	BARRA DEL TENSOR	1	10C0	P05-2004-TR-PL-010-01

1	20-00-00	1.2000	Aliser con contrabala
0	20-00-00	1.2000	Aliser de la 1 vez
1	20-00-00	1.2000	Aliser con contrabala
06	Fosfo	APR	RECUBRIM
			APRUB

MTCU GARONNE	
1	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
2	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
3	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
4	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
5	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
6	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
7	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
8	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
9	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
10	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
11	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
12	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
13	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
14	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
15	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
16	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
17	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
18	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
19	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO
20	REPARACION DE BARRAS DE TENSIÓN EN EL CARRO

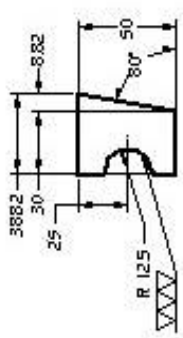
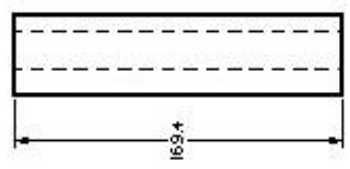
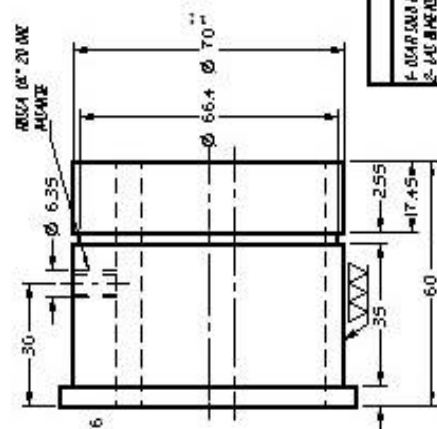


PIEZA II TAPA DEL CUERPO DE GIRO

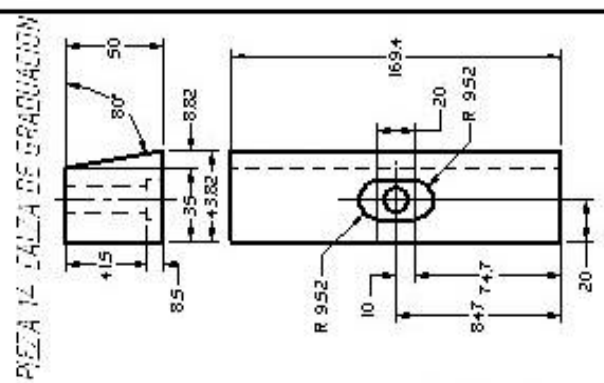


ESC. 1:1

PIEZA I LEVA EXCENTRICA



PIEZA III CALZA



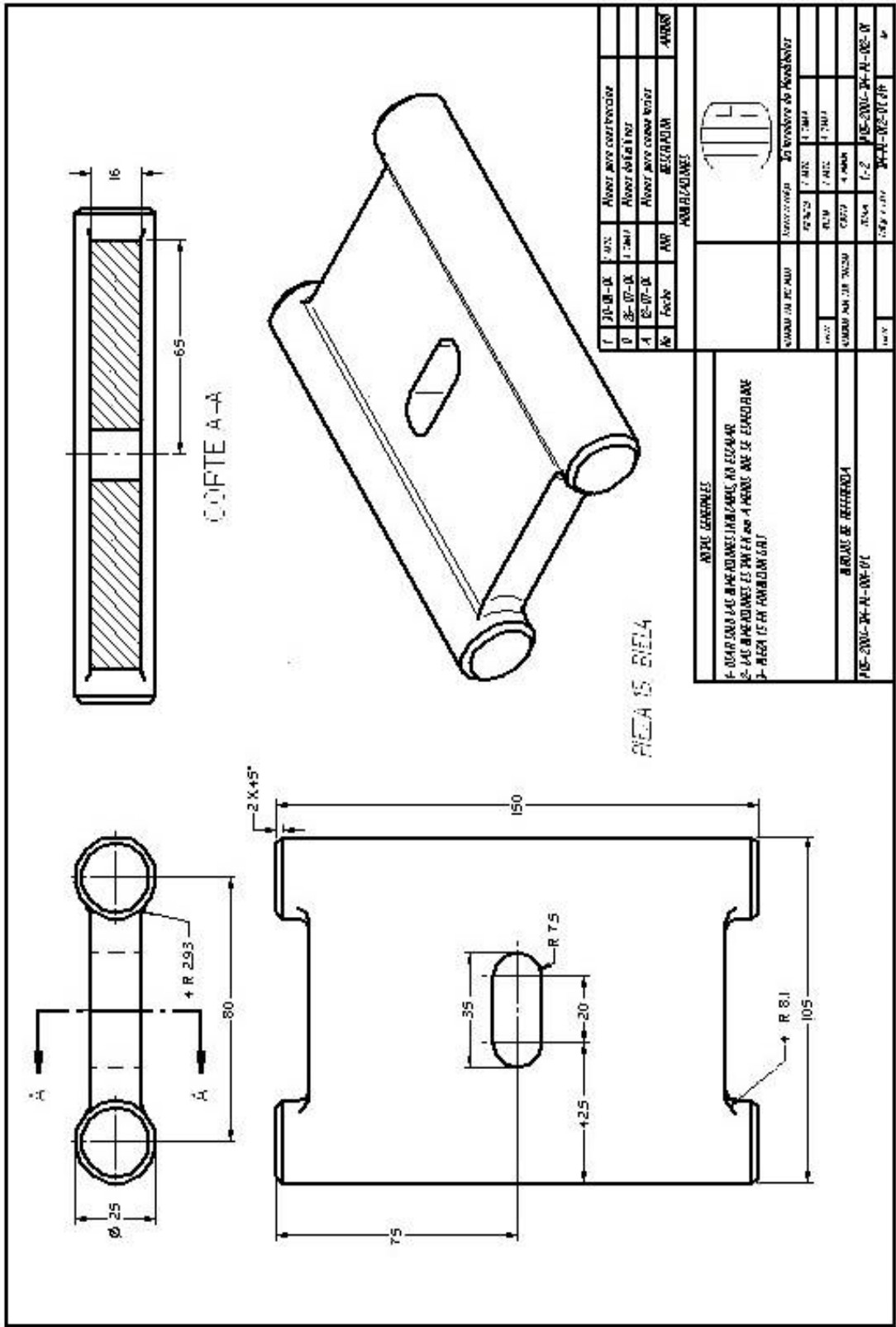
PIEZA IV CALZA DE GRADUACION

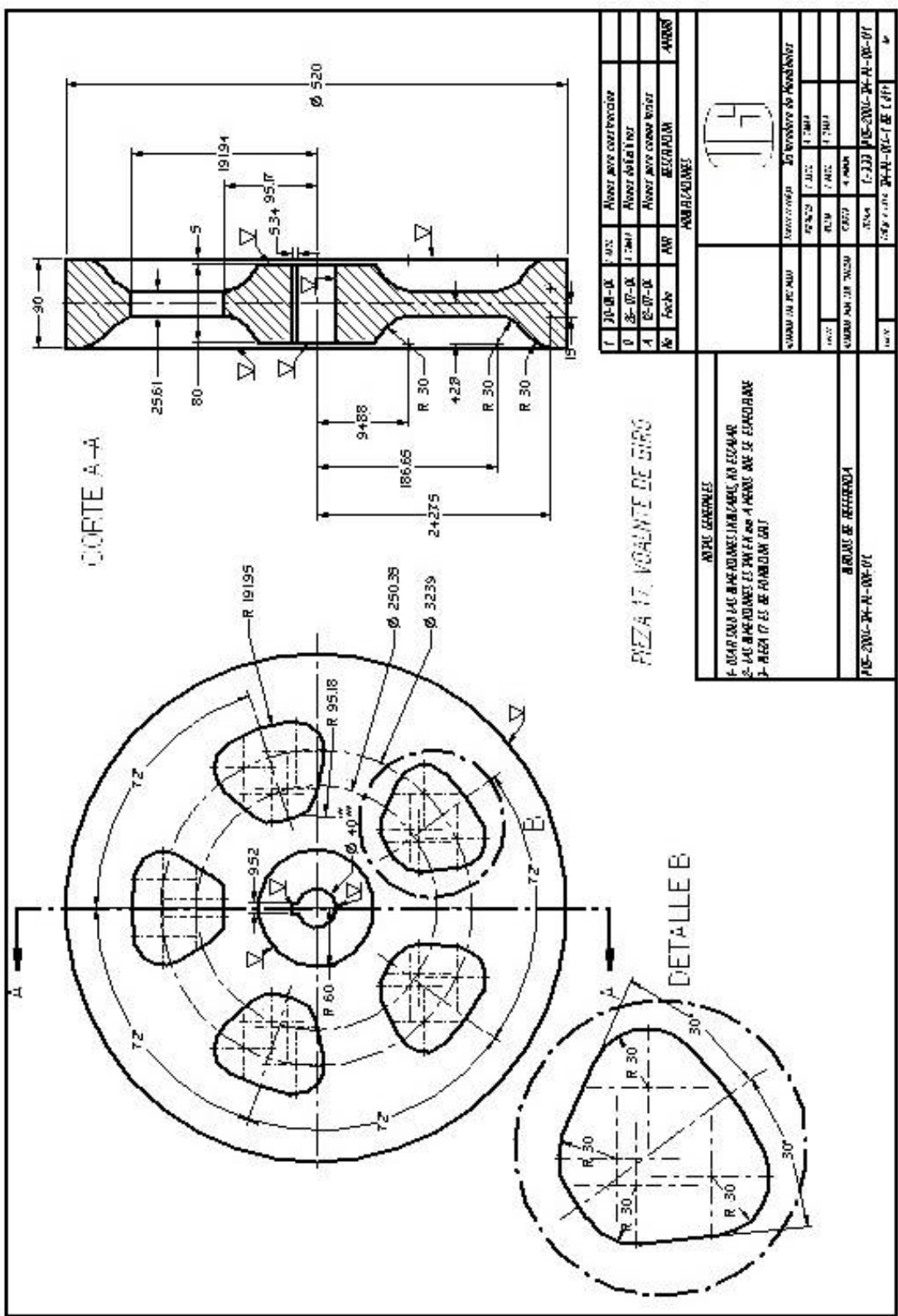
- NOTAS GENERALES
- 1- DAR UNA LIGERA BARRIDA EN EL INTERIOR AL ESCALAR.
 - 2- LAS BARRIDAS SE HACEN EN LA PARTE INTERNA DE LA ESCALA.
 - 3- LAS BARRIDAS SE HACEN EN LA PARTE EXTERNA DE LA ESCALA.
 - 4- LA BARRIDA SE HACEN EN LA PARTE EXTERNA DE LA ESCALA.
 - 5- LA BARRIDA SE HACEN EN LA PARTE EXTERNA DE LA ESCALA.
 - 6- LA BARRIDA SE HACEN EN LA PARTE EXTERNA DE LA ESCALA.

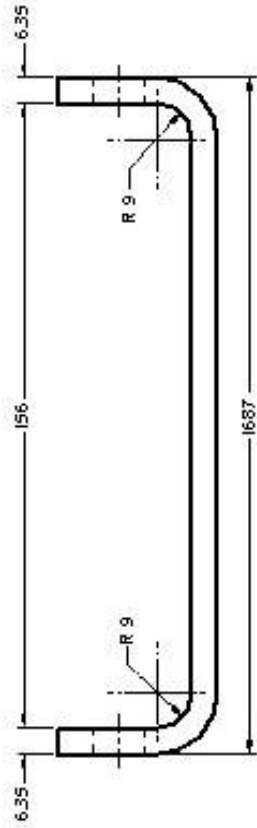
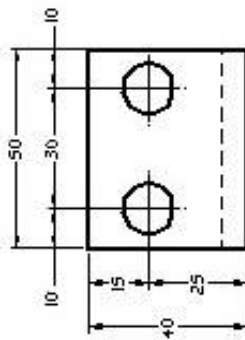
REVISOR DE REVISIONES

ITEM	FECHA	DESCRIPCION	REVISOR	APROBADO
1	20-07-08	Almox. para control de calidad		
2	20-07-08	Almox. para control de calidad		
3	20-07-08	Almox. para control de calidad		
4	20-07-08	Almox. para control de calidad		
5	20-07-08	Almox. para control de calidad		
6	20-07-08	Almox. para control de calidad		

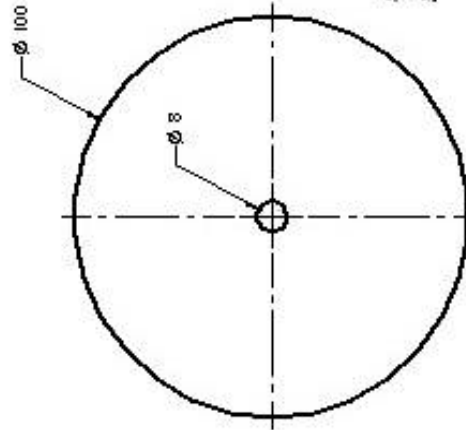
REVISIONES		APROBACIONES	
NO.	FECHA	REVISOR	APROBADO
1	20-07-08		
2	20-07-08		
3	20-07-08		
4	20-07-08		
5	20-07-08		
6	20-07-08		



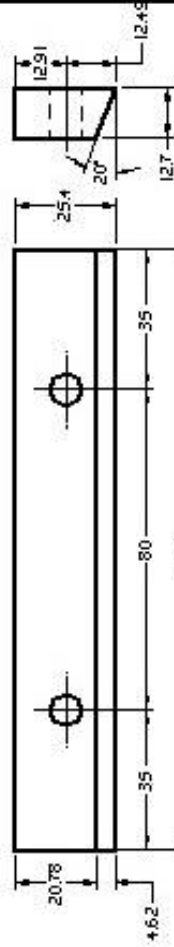
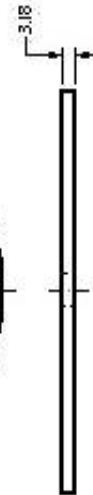




PIEZA 19. SOPORTE DE LA CALZA



PIEZA 20. TAPA DE INSULANTE Y PULEA
CONJUNTO



PIEZA 21. CONA DE ANCLAJE DE LAS PLAGAS DENTADAS

T	30-07-06	001	Revisar serie constructiva
0	26-07-06	1.700	Revisar datos liter
A	02-07-06		Revisar serie constructiva
de	Fecha	IMP	REVISADO POR
MODIFICACIONES			
NUMERO DE MODIF	FECHA	IMP	DE
1	02-07-06	1.700	20
2	02-07-06	1.700	20
3	02-07-06	1.700	20
4	02-07-06	1.700	20
5	02-07-06	1.700	20
6	02-07-06	1.700	20
7	02-07-06	1.700	20
8	02-07-06	1.700	20
9	02-07-06	1.700	20
10	02-07-06	1.700	20
11	02-07-06	1.700	20
12	02-07-06	1.700	20
13	02-07-06	1.700	20
14	02-07-06	1.700	20
15	02-07-06	1.700	20
16	02-07-06	1.700	20
17	02-07-06	1.700	20
18	02-07-06	1.700	20
19	02-07-06	1.700	20
20	02-07-06	1.700	20
21	02-07-06	1.700	20
22	02-07-06	1.700	20
23	02-07-06	1.700	20
24	02-07-06	1.700	20
25	02-07-06	1.700	20
26	02-07-06	1.700	20
27	02-07-06	1.700	20
28	02-07-06	1.700	20
29	02-07-06	1.700	20
30	02-07-06	1.700	20

NOTAS GENERALES	
1	REVISAR LAS DIMENSIONES EN CARAS NO ESQUADRA
2	LAS DIMENSIONES EN PUNTA SON A MENOS QUE SE ESPERACIONE
3	LA PIEZA DEBE OBTENERSE DE UN MATERIAL DE 02" DE ESPESOR DE ACERO A304
4	LA PIEZA DEBE OBTENERSE DE UN MATERIAL DE 02" DE ESPESOR DE ACERO A304
5	LA PIEZA DEBE OBTENERSE DE UN MATERIAL DE 02" DE ESPESOR DE ACERO A304
BOMBA DE REFRIGERACION	
PIEZA 2000-24-A-06-01	

Nombre de archivo: completo

Directorio: C:\Documents and Settings\RAYSTH\Mis documentos

Plantilla: C:\EDGAR proyecto de grado\MEMORIAS.dot

Título: Plantilla de las Memorias

Asunto:

Autor: osmar

Palabras clave:

Comentarios:

Fecha de creación: 17/04/2005 16:27:00

Cambio número: 46

Guardado el: 18/04/2005 12:41:00

Guardado por: edgar

Tiempo de edición: 58 minutos

Impreso el: 18/04/2005 20:25:00

Última impresión completa

Número de páginas: 146

Número de palabras: 15.100 (aprox.)

Número de caracteres: 83.055 (aprox.)