



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

## **TESIS**

**“DISEÑO DE UNA MÁQUINA CHANCADORA DE PIEDRA DE 40 TN/HR, PARA  
LA PRODUCCIÓN DE AGREGADO DE CONSTRUCCIÓN EN LA EMPRESA  
HPM UBICADA EN EL DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO,  
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

**ROMÁN ANDRÉS, GAMONAL DE LA TORRE**

**ASESOR:**

**MG. ÁNGEL MARCELO ROJAS CORONEL**

**PIMENTEL – PERÚ**

**2017**

**“DISEÑO DE UNA MÁQUINA CHANCADORA DE PIEDRA DE 40 TN/HR, PARA LA PRODUCCIÓN DE AGREGADO DE CONSTRUCCIÓN EN LA EMPRESA HPM UBICADA EN EL DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE”**

**PRESENTADO POR:**

---

Román Andrés Gamonal de La Torre  
**Autor**

---

Mg. Sc. Guerrero Millones Ana María  
**Asesor Metodológico**

---

Mg. Rojas Coronel Angel Marcelo  
**Asesor Especialista**

**APROBADO POR:**

---

Dr. Luján López Jorge Eduardo  
**Presidente**

---

Ing. MBA. Serrepe Ranno Marcela Miriam  
**Secretario**

---

Mg. Gastiaburú Morales Silvia Yvone  
**Vocal**

## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado de manera especial a Dios, porque con su poder me llenó de fe, iluminando mi camino para crecer.

A mis padres, José Gamonal Ulloa y Vilma De La Torre, por darme la vida y apoyarme confiando siempre en mí de manera incondicional.

A mis hermanos Ricardo Gamonal de la Torre, Mariela Gamonal de la Torre, Rodolfo Gamonal de la Torre y Pilar Gamonal de la Torre, que fueron testigos del esfuerzo indesmayable, sorteando grandes obstáculos sin medir alguno.

A mis seres queridos por ayudarme y confiar incondicionalmente en todo momento.

Román A. Gamonal De La Torre.

## AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, por estar conmigo en cada momento de mi vida, por guiarme por los senderos de bien, por darme la dicha de compartir alegrías y tristezas con los seres que amo y poder descubrir día a día su gracia y poder, siendo instrumento de él, logrando éxitos.

Agradecer hoy y siempre a mis padres, hermanos, familiares y amigos, que me apoyaron de manera directa e indirecta en el desarrollo de esta de tesis.

Al Ingeniero Ángel Marcelo Rojas Coronel, Director de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por su constante apoyo académico, por los acertados consejos que lograron hacer realidad esta tesis demostrando capacidad técnica y humana.

A los ingenieros Luis Farfán Neira, Jorge Lujan López, Jorge Linares, porque con su gran iniciativa y dedicación, se hicieron realidad las visitas técnicas (SIDER PERÚ Chimbote) (Fabrica de Carrocería Hermanos Carranza, Trujillo), dando la oportunidad a cada uno de nosotros de descubrir nuestra vocación profesional ingeniería.

A los docentes de la USS, Dr. Soc. Mariela Ramos Santamaría, Mg. Sc. Ana Guerrero Millones, Ing. MBA. Marcela Ranno Serrepe, Dr. Mat. Marily Delgado B, Lic. Mat. Juan Bardales Mío, Ing. Lucho Mondragón, por sus enseñanzas.

## RESUMEN

La presente tesis consiste en la investigación de un diseño de una máquina chancadora de mandíbulas, con una capacidad de 40 TN/HR, destinada al sector industrial que se dedica a la producción de agregados de construcción (piedra chancada). En el primer capítulo del proyecto reflejaremos la problemática que hay en nuestro país para el diseño de máquinas chancadoras de mandíbulas.

La metodología utilizada de cómo se realizó la investigación para el diseño de la máquina chancadora de mandíbulas, la encontraremos en el capítulo tres la cual distingue dos partes: Por un lado el dimensionamiento y cálculo de la estructura de la máquina con todas las hipótesis de esfuerzos necesarios y los coeficientes de seguridad que indica la normativa; por otro lado el diseño y selección de todos los accesorios estándar que permiten a la máquina la función de chancado en forma eficiente.

Obteniéndose como resultado de la investigación el diseño de la máquina chancadora, teniendo en cuenta las condiciones de trabajo y la norma vigente, logrando una máquina de 40 TN/h de capacidad, con una potencia de 75KW, pudiendo indicar que se encuentra dentro del rango del mercado.

**Palabras claves:** Diseño, chancadora de mandíbulas, chancadora primaria, cargas y esfuerzos, piedra chancada.

## ABSTRACT

This thesis is the design of a machine jaw crusher with a capacity of 40 TN / H, for the industrial sector dedicated to the production of construction aggregate (crushed stone). In the first chapter of the project will reflect the problems in our country for the design of machines jaw crushers.

The methodology for the design of the machine jaw crusher to be found in chapter three which distinguishes two parts: firstly sizing and design of the structure of the machine with all the effort hypothesis and safety factors specified by the regulations, on the other hand the design and selection of all standard accessories that allow the crushing machine function efficiently.

**Key words:** Design, Jaws crusher, Primary crusher, Charges and efforts, crushed stone.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT .....	vi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.1 Realidad Problemática.....	19
1.2 Formulación del problema .....	20
1.3 Justificación e importancia de la investigación .....	20
1.4 Limitación de la Investigación .....	21
1.5 Objetivos.....	22
1.5.1 Objetivo General .....	22
1.5.2 Objetivos específicos .....	22
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	23
2.1 Antecedentes de Estudios .....	24
2.2 Bases teórico científicas .....	25
2.2.1 El proceso de chancado .....	25
2.2.2 Objetivo del proceso de chancado .....	26
2.2.3 Etapas de trituración .....	27
2.2.4 Tamaño de partículas.....	27
2.2.5 Grado de desintegración .....	28
2.2.6 Etapas de trituración .....	29
2.2.7 Características de las rocas .....	29
2.2.8 Teoría general de la desintegración .....	30
2.2.9 Reducción de tamaño trituración.....	31
2.2.9.1 Machacadoras de mandíbulas.....	31
2.2.10 Movimiento del porta-mandíbulas móvil. ....	37
2.2.11 Comparación entre las trituradoras de simple efecto y las trituradoras de doble efecto.....	38

2.2.11.1 Dureza y agresividad.....	38
2.2.11.2 Clasificación por el tamaño del agregado:.....	40
2.2.11.3 Áridos y Arenas: .....	40
2.2.11.4 Agregado fino: .....	41
2.2.11.5 La textura del material: .....	43
2.2.11.6 Granulometría del agregado:.....	45
2.2.11.7 Granulometría del agregado fino: .....	46
2.2.11.8 Granulometría del agregado grueso:.....	47
2.2.11.9 Propiedades físicas del agregado: .....	48
2.2.11.10 Propiedades resistentes del agregado: .....	49
2.2.11.11 Propiedades térmicas del agregado: .....	50
2.2.11.12 Equipos utilizados para el proceso de Chancado.....	52
2.2.11.13 Clasificación de las máquinas chancadoras de piedra: .....	53
2.2.11.14 Selección de una chancadora primaria: .....	54
2.2.11.15 Características de diseño de una chancadora de quijada. ...	55
2.2.11.16 Partes de una chancadora de quijada .....	56
2.2.11.17 Elementos del precio de coste de una trituradora. ....	60
2.2.12 Normas Internacionales utilizadas.....	61
2.2.12.1 ISO: Norma de Estandarización .....	61
2.2.12.2 Norma ASTM:.....	61
2.2.13 Fórmulas para cálculo de la máquina chancadora de Mandíbula: ....	62
2.2.13.1 D <sub>máx.</sub> y Boca de Admisión.....	62
2.2.13.2 Capacidad y reglaje.....	63
2.2.13.3 Granulometría y porcentaje de paso por la malla de reglaje: 68	
2.2.13.4 Potencia de las trituradoras de mandíbulas.....	69
2.2.13.5 Consumo energético por tonelada de material triturado: .....	69
2.2.13.6 Cálculo capacidad chancadora de mandíbula: .....	70
2.2.13.7 Razón reducción.....	71
2.2.13.8 Cálculo de la fuerza aplicada a la mandíbula móvil: (P2) .....	72
2.2.13.9 Cálculo energía consumida por la máquina: (E).....	73
2.2.13.10 Cálculo del ángulo de trituración .....	74
2.2.13.11 Cálculo de la capacidad de trituración:.....	75

2.2.13.12	Cálculo de potencia del motor de la chancadora de mandíbulas: .....	75
2.2.13.13	Ángulo de sujeción: .....	76
2.2.13.14	Número de oscilaciones de la mandíbula móvil y número de revoluciones del árbol de transmisión.....	78
2.2.13.15	Relación entre el grosor inicial y definitivo del material las dimensiones de la boca y la productividad de la trituradora. 82	
2.2.13.16	Longitud de la boca de la trituradora. ....	83
2.2.13.17	Potencia requerida .....	85
2.2.13.18	Selección del motor .....	87
2.2.13.19	Selección de las correas.....	88
2.2.13.20	Selección de rodamientos .....	88
2.2.13.21	Selección de las placas para las mandíbulas .....	88
2.2.13.22	Ángulo de sujeción .....	89
2.2.13.23	..... Determinación del número de revoluciones del árbol de transmisión: .....	89
2.2.13.24	Determinación de la longitud de la boca.....	89
2.2.13.25	Altura de la pared delantera .....	90
2.2.13.26	Cálculos de resistencia y selección de los equipos .....	90
2.3	Definición conceptual de la terminología empleada:.....	96
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		98
3.1	Tipo y diseño de Investigación.....	99
3.2	Población y Muestra .....	99
3.2.1	Población.....	99
3.2.2	Muestra .....	99
3.3	Hipótesis .....	100
3.4	Variables.....	101
3.5	Métodos y técnicas de investigación.....	102
3.5.1	Métodos .....	102
3.5.2	Técnicas.....	102
3.6	Descripción de instrumentos utilizados:.....	103
3.7	Análisis estadístico e interpretación de los datos.....	104

3.8 Método de encuestas:.....	104
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN .....	106
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	109
5.1 Determinación de parámetros.....	110
5.2 Determinación de las dimensiones principales .....	110
5.3 Cálculos de resistencia y selección de los equipos: .....	112
5.4 Diseño del sistema eléctrico y de control.....	147
5.4.1 Sistema de control de la zona de triturado: .....	147
5.4.2 Diseño del sistema eléctrico para los motores trifásicos: .....	148
5.4.3 Características técnicas de los motores.....	148
5.4.4 Selección de los equipos de protección de la zona de molienda: ...	152
5.5 Selección del lubricante .....	156
5.6 Alcances de selección de componentes y accesorios. ....	157
CONCLUSIONES.....	158
RECOMENDACIONES .....	159
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	160
APÉNDICES.....	162
ANEXOS.....	171

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación trituradoras .....	38
Tabla 2: Características trituradora simple efecto.....	65
Tabla 3: Características trituradora simple efecto.....	65
Tabla 4: Valor de “f” .....	67
Tabla 5: Coeficiente de fricción .....	77
Tabla 6: Características trituradora mandíbulas .....	80
Tabla 7: Límite de resistencia y módulo de elasticidad .....	86
Tabla 8: Peso específico aparente de materiales.....	87
Tabla 9: Peso específico aparente de materiales .....	89
Tabla 10: Esfuerzos máximos en placa plana .....	132
Tabla 11: Resistencia de los electrodos de soldadura .....	136
Tabla 12: Propiedades mínimas del material de aporte .....	136
Tabla 13: Máxima demanda .....	150
Tabla 14: Características de la alimentación a motores .....	152
Tabla 15: Características interruptor termomagnético .....	153
Tabla 16: Grado de lubricación.....	156

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes de una trituradora tipo Blake o de doble efecto .....	32
Figura 2: Trituradora de simple efecto .....	32
Figura 3: Piezas antidesgaste y mandíbula de una trituradora.....	33
Figura 4: Trituradora tipo “Kue-Ken” .....	34
Figura 5: Trituradora de accionamiento directo .....	34
Figura 6: Trituradora de cámara inclinada .....	35
Figura 7: Trituradora de simple efecto .....	36
Figura 8: Trituradora de simple efecto .....	36
Figura 9: Partes de una Trituradora de simple efecto.....	37
Figura 10: Piedra Chancada .....	39
Figura 11: Máquina de Chancado de Piedra .....	53
Figura 12: Máquina de Chancado de Piedra .....	56
Figura 13: Vista isométrica chancadora de mandíbulas .....	57
Figura 14: Vista lateral chancadora de mandíbulas .....	58
Figura 15: Partes chancadora de mandíbulas .....	58
Figura 16: Diagrama de flujo Proceso Productivo.....	60
Figura 17: Medidas Boca de Admisión .....	62
Figura 18: Reglaje chancadora mandíbulas .....	63
Figura 19: Ábaco para encontrar recorrido mandíbula .....	64
Figura 20: Valor de “n” (rpm).....	67
Figura 21: Coeficiente de utilización “u” .....	68
Figura 22: Curvas granulométricas para diferentes equipos .....	68
Figura 23: Porcentaje de paso por la malla de reglaje.....	69
Figura 24: Abertura mandíbula.....	70
Figura 25: Abertura, la separación y las fuerzas puestas en juego en una trituradora de mandíbulas.....	71
Figura 26: Fuerzas aplicadas en una trituradora de mandíbulas.....	72
Figura 27: Fuerzas aplicadas para triturar roca .....	74
Figura 28: Ángulo de trituración .....	75
Figura 29: Esquema para det. dimensiones y productividad chancadora mandíbulas .....	82
Figura 30: Motor trifásico jaula de ardilla .....	87
Figura 31: Placas para mandíbulas.....	88
Figura 32: Dispositivo de Protección.....	93
Figura 33: Esquema de cálculo.....	118
Figura 34: Tensiones y cargas en el eje .....	122
Figura 35: Cargas en el eje PLANO VERTICAL .....	123
Figura 36: Diagrama de momentos PLANO VERTICAL.....	124
Figura 37: Cargas en el eje PLANO HORIZONTAL .....	125
Figura 38: Diagrama de momentos PLANO HORIZONTAL .....	126

Figura 39: Diagrama de la excéntrica .....	128
Figura 40: Placa delantera de la chancadora .....	131
Figura 41: Disposición de los cordones de soldadura .....	133
Figura 42: a: Detalle del cordón .....	134
Figura 43: b: Biselado de la junta.....	134
Figura 44: Detalle de área de corte de cordón de soldadura.....	135
Figura 45: Tapa biela .....	137
Figura 46: Dispositivo de Protección.....	139
Figura 47: Posición del perno.....	144
Figura 48: Posición del perno y aplicación de fuerzas.....	145
Figura 49: Posición del perno y aplicación de fuerzas.....	145
Figura 50: Posición del perno y aplicación de fuerzas.....	146
Figura 51: Motorreductor .....	148
Figura 52: Equipo de protección del motor .....	153
Figura 53: Sistema de arranque directo para motores, fuerza y mando.....	155
Figura 54: Arranque estrella-triangulo para motores, circuito de fuerza.....	155

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	62
Ecuación 2.....	62
Ecuación 3.....	63
Ecuación 4.....	66
Ecuación 5.....	66
Ecuación 6.....	67
Ecuación 7.....	68
Ecuación 8.....	69
Ecuación 9.....	69
Ecuación 10.....	69
Ecuación 11.....	69
Ecuación 12.....	70
Ecuación 13.....	70
Ecuación 14.....	70
Ecuación 15.....	71
Ecuación 16.....	72
Ecuación 17.....	72
Ecuación 18.....	72
Ecuación 19.....	72
Ecuación 20.....	73
Ecuación 21.....	73
Ecuación 22.....	73
Ecuación 23.....	73
Ecuación 24.....	73
Ecuación 25.....	73
Ecuación 26.....	73
Ecuación 27.....	74
Ecuación 28.....	74
Ecuación 29.....	74
Ecuación 30.....	74
Ecuación 31.....	74
Ecuación 32.....	74
Ecuación 33.....	74
Ecuación 34.....	75
Ecuación 35.....	75
Ecuación 36.....	75
Ecuación 37.....	76
Ecuación 38.....	76
Ecuación 39.....	77

Ecuación 40.....	77
Ecuación 41.....	77
Ecuación 42.....	78
Ecuación 43.....	78
Ecuación 44.....	78
Ecuación 45.....	79
Ecuación 46.....	79
Ecuación 47.....	79
Ecuación 48.....	79
Ecuación 49.....	80
Ecuación 50.....	80
Ecuación 51.....	80
Ecuación 52.....	81
Ecuación 53.....	82
Ecuación 54.....	83
Ecuación 55.....	83
Ecuación 56.....	83
Ecuación 57.....	83
Ecuación 58.....	84
Ecuación 59.....	84
Ecuación 60.....	84
Ecuación 61.....	84
Ecuación 62.....	85
Ecuación 63.....	85
Ecuación 64.....	89
Ecuación 65.....	89
Ecuación 66.....	89
Ecuación 67.....	90
Ecuación 68.....	90
Ecuación 69.....	90
Ecuación 70.....	90
Ecuación 71.....	91
Ecuación 72.....	91
Ecuación 73.....	91
Ecuación 74.....	91
Ecuación 75.....	91
Ecuación 76.....	91
Ecuación 77.....	92
Ecuación 78.....	92
Ecuación 79.....	92

Ecuación 80.....	92
Ecuación 81.....	92
Ecuación 82.....	92
Ecuación 83.....	92
Ecuación 84.....	92
Ecuación 85.....	92
Ecuación 86.....	93
Ecuación 87.....	93
Ecuación 88.....	93
Ecuación 89.....	94
Ecuación 90.....	94
Ecuación 91.....	94
Ecuación 92.....	94
Ecuación 93.....	94
Ecuación 94.....	94
Ecuación 95.....	95
Ecuación 96.....	95
Ecuación 97.....	95
Ecuación 98.....	95
Ecuación 99.....	95
Ecuación 100.....	95
Ecuación 101.....	96
Ecuación 102.....	96
Ecuación 103.....	96
Ecuación 104.....	96
Ecuación 105.....	150

## INTRODUCCIÓN

El sector de construcción, es uno de los sectores más grandes del Perú, diariamente se mueven millones de soles en lo que respecta a agregados, uno de los principales constituyentes de este mercado. Por ser un país en vías de desarrollo, la tecnología es importada y las máquinas, por más simples que sean, se tienen que adquirir del exterior.

Al pasar por la universidad, uno adquiere habilidades y conocimientos que los tiene que aplicar a favor del bienestar y comodidad de la población, por tal motivo viendo la necesidad de generar puestos de trabajo y avanzar tecnológicamente, se toma la decisión de diseñar una máquina para triturar piedra para agregado.

El beneficio final del agregado para construcción, está compuesto por una serie de tratamientos o procesos a los que se somete la materia prima, en este caso la roca, el triturado es uno de los primeros procedimientos y uno de los más críticos, pues se demanda mucha potencia para lograr el objetivo del chancado.

Por tales motivos, el presente trabajo de grado se centra en llevar a cabo el diseño de una trituradora de mandíbulas de excéntrica, con una capacidad de 40 tn/hr, eficiente y adecuada para la primera etapa de reducción de tamaño de piedra.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## 1.1 Realidad Problemática

### A Nivel internacional

El avance tecnológico, la globalización y la competitividad han dado como frutos el desarrollo de distintos sectores industriales para satisfacer las necesidades de los distintos campos de producción, una de las necesidades en la industria de la construcción, es un buen agregado de construcción (piedra chancada).

El agregado de construcción con medidas estándares y uniformes es producto de un diseño apropiado en la zona de chancado, obteniendo piedra con propiedades adecuadas a la hora de mezclado.

Según Velásquez, P (2011), hoy en día, el diseño de una máquina chancadora de piedra será de gran importancia económica, con enormes potencialidades para el desarrollo empresarial sostenible, por la calidad del producto y el posicionamiento en los mercados a nivel internacional, nacional, regional y local. Para lo cual productores de Agregados de Construcción aumentarían su capacidad de producción, ya que la máxima demanda en el mercado cada día se eleva.

En la actualidad, países como Colombia, Brasil está surgiendo un cambio radical, reemplazando el proceso de chancado de piedra artesanal por lo tecnológico y automatizado, teniendo así como resultado una piedra chancada de tamaño uniforme.

### A nivel nacional:

El Perú, debido a la alta demanda que se genera el día a día por la compra de Agregado de Construcción, se ha visto en abundancia de empresarios que producen elementos artesanalmente sin cumplir con los estándares de calidad; con la única finalidad de ganar dinero sin ofrecer un excelente producto; son pocas las empresas que están entrando al mercado con un sistema de producción correcto. Actualmente no hay productores de agregado de construcción que tengan por completo un proceso con tecnología de punta, algunas no cuentan ni con sus reglamentos

actualizados, ni medidas de seguridad, por consiguiente no pueden posicionarse en buenos mercados del Perú, ni mejorar su sistema y procesos de comercialización.

### **A nivel local:**

El proceso de chancado de piedra en la ciudad de Chiclayo, en la mayoría de las empresas industriales sus máquinas chancadoras de piedra, no tienen una larga vida útil ya que no están diseñadas para resistir altos esfuerzos y el material con la que son fabricadas son de acero comercial y esto tiene como resultado la rotura de las mandíbula de la chancadora de piedra.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Es factible diseñar una máquina chancadora de piedra normalizada y eficiente para la producción de agregado de construcción?

## **1.3 Justificación e importancia de la investigación**

La elección de este proyecto se debe al amplio campo tecnológico que abarca el diseño de una máquina chancadora para la producción de agregados en cualquier empresa, dadas las diferentes necesidades y combinaciones posibles para optimizar un proceso de producción

Todo el proyecto en sí permitirá desarrollar y ampliar los conocimientos adquiridos hasta el momento.

### **Relevancia Tecnológica:**

El motivo por el cual se va a diseñar una chancadora de piedra, es para mejorar la producción de agregado de construcción utilizando tecnología avanzada para la simplificación de los cálculos basados en normas estandarizadas. Con ello estaremos elevando tecnológicamente el diseño de la máquina chancadora de piedra, facilitando su construcción en serie.

### **Relevancia social:**

Con el aporte del Diseño de la máquina chancadora de piedra vamos a impulsar el desarrollo de las industrias dedicadas a la producción de agregados abriendo así las puertas a puestos de trabajo en lo que se refiere a talleres o fábricas de diseño y construcción.

### **Relevancia económica:**

Con el diseño de la chancadora de piedra para la producción de agregado de construcción se adquirirán equipos adecuados para una capacidad específica, cumpliendo así, con el tiempo de vida de dichas maquinas, mayor eficiencia y durabilidad; obteniendo en un futuro, mayores ganancias, menos pérdidas de tiempo por mantenimiento, mejor resistencia de la maquinaria y buen producto en el mercado.

También se reduciría los costos de reparación y mantenimiento en tiempos no previstos, por el mal uso de los diferentes equipos dentro de una empresa, la mala instalación y medidas de seguridad.

### **Relevancia ambiental:**

Se ha visto que fábricas de agregado no cuentan con sus respectivas medidas de seguridad, obteniendo así accidentes dentro de las empresas, daños en la salud de los trabajadores y daños con el medio ambiente por las partículas expulsadas a la hora de su producción.

Es por eso que a la hora de diseñar una chancadora de producción de agregado se debe tener en cuenta la selección de piedra y sus características para obtener buenas propiedades, diseño de una planta con eficiencia al máximo, cálculo adecuado para sus diferentes equipos de la zona de chancado y molienda, obteniendo así un mejor producto, por lo que se evitara daños dentro y fuera de la empresa.

## **1.4 Limitación de la Investigación**

Problemas a la hora de recopilación de datos, ya que a nivel regional, internet, no hay información profundizada sobre temas de esta tesis e incluso las mismas plantas de chancado de piedra, son celosas cuando se trata de brindar información con respecto al diseño, funcionamiento o mantenimiento de sus unidades de trabajo.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo General

Diseñar una máquina chancadora de piedra de 40 tn/hr para la producción de agregado de construcción de acuerdo a la normatividad vigente.

Diseñar una máquina chancadora de piedra de 40 tn/hr para la producción de agregado de construcción en la empresa HPM de acuerdo a la normatividad vigente.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la cantidad de producción de piedra chancada en Lambayeque.
- b) Calcular el esfuerzo de rotura y tiempo de chancado de la piedra.
- c) Determinar la abertura de mandíbulas y fuerza de trituración.
- d) Modelar la Máquina Chancadora de Piedra de 40 tn/hr y así poder comprobar los cálculos realizados.
- e) Seleccionar el material adecuado para el diseño de la chancadora de piedra según Normas ISO y ASTM.
- f) Elaborar un presupuesto y resumen económico.
- g) Elaborar los planos de fabricación de la máquina chancadora.

# **CAPITULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

## 2.1 Antecedentes de Estudios

### **Maquinaria empleada para trituración de agregado de construcción, 1998.**

**Autor:** Robert Nonast

**Objetivos:** Dar a conocer las máquinas empleadas en la construcción.

**Conclusiones:** En las pruebas se determina en cuanto tiempo se chanca la piedra a determinada dimensión y bases para su selección

### **Gerencia de equipos para obras civiles y minería, 2001.**

**Autor:** Jorge H. Solanilla B.

**Objetivos:** El objetivo es brindar un apoyo estimativo, práctico y una guía a ingenieros civiles, mecánicos, de minas, de vías, profesores y estudiantes; también para crear y mantener una disciplina y hábito de trabajo más eficiente en el momento de presupuestar y controlar proyectos que involucren estos equipos.

**Conclusiones:** Este libro sirve para saber controlar y administrar eficientemente máquinas utilizadas en la minería especial máquina chancadora de mandíbula.

### **Equipos de trituración, molienda y clasificación, 1993.**

**Autor:** Luis Fueyo Casado

**Objetivos:** El objetivo es brindar información sobre el diseño de máquinas utilizadas en el proceso de trituración y fabricación de áridos.

**Conclusiones:** El repaso y la puesta de al día de la tecnología de todas y cada una de las máquinas que componen los procesos y el tratamiento de rocas y minerales, es sencillamente, esta nueva obra que nace con vocación divulgadora para obtener una solución al diseño de máquinas utilizadas en el tratamiento de rocas.

## 2.2 Bases teórico científicas

### 2.2.1 El proceso de chancado

Según Fueyo, L. (2002), para el tratamiento industrial de rocas y minerales, es necesario practicar una preparación de los mismos y dentro de esa preparación normalmente se requiere efectuar una reducción de tamaño.

Las operaciones mediante las que se efectúan dichas reducciones de tamaño por medios físicos se denominan trituración y molienda. Estas operaciones son de aplicación habitual en los procesos industriales. Las operaciones citadas se realizan con el objeto de facilitar el transporte de los materiales.

Si bien no existe una diferencia clara entre la trituración y la molienda, en general se habla de trituración cuando se fragmentan partículas de tamaños superiores a 1 pulgada (1") (se utilizarán unidades métricas e inglesas pues es común en el desarrollo de la materia la utilización de manuales y catálogos con valores expresados en unidades inglesas) y de molienda cuando se tratan partículas de tamaños menores a 1" (1" = 2.54 cm).

Según Velásquez, P (2011), la trituración es también denominada desintegración y las máquinas que la producen son las trituradoras, desintegradoras, quebrantadoras, chancadoras o machacadoras según los diversos autores.

La chancadora es la primera etapa de la reducción de tamaños, generalmente trabaja en seco y se realiza en dos o tres etapas que son: chancadora primaria, secundaria y ocasionalmente terciaria.

Las chancadoras se diseñan de modo que reduzcan las rocas, de tal manera que todos los fragmentos sean menores que el tamaño establecido, la energía que se gasta en la chancadora es convertida en gran parte, en sonido y calor; por lo que se acepta generalmente, que la eficiencia de chancado sea baja; ésta eficiencia puede variar, porque las menas tienen cierta dureza, humedad, contenido de finos, etc.

Según Fueyo, L. (2002), el chancado, se lleva a cabo mediante máquinas que se mueven lentamente en una trayectoria fija y que ejercen presiones inmensas a bajas velocidades, la acción de chancado se aplica sobre la roca por una parte móvil que se acerca y se aleja de una parte fija, el mineral es cogido y presionado entre estas dos partes. Si las deformaciones producidas por las fuerzas aplicadas no exceden el límite elástico del material, entonces no habrá chancado. Por otro lado, si se excede el límite elástico en los puntos donde se aplica la fuerza, se producirán grietas y roturas: las cuales originan que la energía de deformación, fluya hacia la superficie y las grietas se propaguen causando fracturamiento. Una vez que las rocas grandes han sido rotas, los fragmentos caen hacia abajo dentro de la máquina, hasta que son nuevamente cogidas y presionadas por la quijada. Hay cuatro maneras básicas de reducir el tamaño del material que son: impacto, atrición (fricción), deslizamiento y compresión.

**Impacto:** Se refiere a un golpe instantáneo de un objeto moviéndose contra otro; ambos pueden estar moviéndose en cuyo caso nos encontramos ante un impacto dinámico.

**Atrición:** El término es aplicado para la reducción de material, por medio de fricción entre dos superficies duras.

**Deslizamiento:** La reducción de tamaño por deslizamiento, consiste en cortar el material por hendiduras.

**Compresión:** En las chancadoras mayormente intervienen fuerzas de compresión, como su nombre lo indica la chancadora por compresión realiza su proceso entre dos superficies, este método es utilizado por las chancadoras de quijada y las giratorias. Generalmente el equipo usado en la trituración, hace uso combinado de los métodos descritos, donde la naturaleza y dureza del material juega un rol importante.

### 2.2.2 Objetivo del proceso de chancado

Según Fueyo, L. (2002), el mineral proveniente de la mina presenta una granulometría variada, desde partículas de menos de 1 mm hasta fragmentos mayores que 1 m de diámetro, por lo que el objetivo del

chancado es reducir el tamaño de los fragmentos mayores hasta obtener un tamaño uniforme máximo de  $\frac{1}{2}$  pulgada (1,27 cm). En el chancador se realiza el primer proceso de reducción de tamaño de las rocas de mineralizado extraído de la cantera.

### 2.2.3 Etapas de trituración

Para lograr los tamaños deseados, en el proceso del chancado se utilizan la combinación de dos o más equipos en línea que van reduciendo el tamaño de los fragmentos en etapas, las que se conocen como etapa primaria, etapa secundaria, etapa terciaria, etc.

Etapla primaria, el chancador primario reduce el tamaño máximo de los fragmentos a 8 pulgadas de diámetro.

Etapla secundaria, el tamaño del material se reduce a 3 pulgadas.

Etapla terciaria, el material mineralizado llega a  $\frac{1}{2}$  pulgada.

### 2.2.4 Tamaño de partículas

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

Material grueso: Trozos de un tamaño mayor a 75 cm (30").

Material mediano: Trozos de un tamaño de 10 a 75 cm (4" a 30").

Material fino: Trozos de un tamaño menor a 10 cm (4").

Según Velásquez, P (2011), según el tamaño que tienen las partículas a la salida de las máquinas de desintegración, se pueden distinguir las distintas etapas de trituración y molienda. Seguidamente se detallan las mismas:

Trituración gruesa: Tamaños de partículas de salida: 15 cm (6").

Trituración mediana: Tamaños de partículas de salida: entre 3 y 15 cm ( $1\frac{1}{4}$ " a 6").

Trituración fina: Tamaños de partículas de salida: entre 0.5 y 3 cm (1/5" a 1¼").

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

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

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

$$\bar{A} = \sum_{i=1}^n a_i/n$$

En realidad, los trozos de materiales constituyen conjuntos de diversos tamaños, por consiguiente resultaría imposible, desde el punto de vista industrial, practicar las mediciones señaladas anteriormente.

En la industria, lo que se hace es clasificar los trozos con una serie de tamices (o zarandas) y, de acuerdo a los tamaños de los agujeros de los tamices, se le equiparan a las partículas dichos tamaños según pasen o no cada tamiz.

### 2.2.5 Grado de desintegración

Según Fueyo, L. (2002), el coeficiente de reducción que se obtiene en las máquinas de trituración (trituradoras) o de molienda (molinos) se denomina grado de desintegración y se define como la relación entre los tamaños máximos de las partículas a la entrada y salida de la máquina.

El grado de desintegración ( $\Sigma$ ) se expresa de la siguiente manera:

$$\Sigma = \frac{D_{inicial}}{D_{final}} \%$$

El grado de desintegración en trituración se encuentra acotado entre 2 y 15.

$$2 \leq \sum_{\text{trituración}} \leq 15$$

### 2.2.6 Etapas de trituración

Según Fueyo, L. (2002), con frecuencia, la capacidad de reducción de una trituradora o molino será insuficiente para asegurar la desintegración total deseada, por lo que se hará necesario efectuarla en dos o más etapas. Para ello se colocan trituradoras o molinos en serie, de modo tal que el mineral extraído del yacimiento alimenta una trituradora (o molino) primario, y la descarga de esta alimenta la trituradora (o molino) secundario, y así sucesivamente llamándose las etapas posteriores terciaria, cuaternaria, etc.

Este modo de disposición de maquinarias no solo es utilizado para obtener un mayor grado de reducción en el mineral, sino que también es utilizado por empresas que comercializan mineral triturado para optimizar la obtención porcentual de un determinado intervalo de granulometría.

### 2.2.7 Características de las rocas

Según Bocquet, J.A. (1987), las características de las rocas nos dan una idea general acerca del comportamiento esperado en las operaciones de trituración y molienda. Las características más relevantes son: dureza, resistencia a los distintos esfuerzos, peso específico, grado de humedad, forma y tamaño del grano, etc.

La dureza, por ejemplo, determina el procedimiento de desintegración a seguir. Los materiales se clasifican en:

Muy duros (diamante).

Duros (granito, cuarzo).

Medios (caliza, dolomita).

Blandos (yeso, talco).

Los muy duros y duros conviene que sean desintegrados por trituradoras que trabajen al aplastamiento y choque. Los medios y blandos también pueden ser tratados por maquinas que trabajen al frotamiento y al aplastamiento.

El grado de humedad es otra característica importante dado que permite decidir, en molienda, por ejemplo, el tipo a utilizar, seca o húmeda, e incluso el molino más conveniente.

Según Fueyo, L. (2002), el peso específico de una roca varia con el tamaño de partícula (dado que el utilizado es el denominado peso específico aparente), por lo que permite calcular las capacidades reales de producción de trituradoras y molinos en función de los volúmenes a tratar y el grado de desintegración requerido.

### **2.2.8 Teoría general de la desintegración**

Desde hace más de un siglo, la desintegración ha sido objeto de investigaciones teóricas, fundamentalmente, con el fin de determinar el trabajo necesario para desintegrar las partículas.

Según Fueyo, L. (2002), en términos generales, se puede decir que las leyes y teorías existentes están superadas, dado que las mismas consideraban que el proceso era puramente mecánico, cuando en realidad se ha determinado que se trata, también, de un proceso cinético, donde influye, en forma importante, el estado físico-químico de los sólidos. En la actualidad se puede decir que todavía no existe una teoría general satisfactoria.

No obstante, algunas leyes dan una aproximación, al menos parcial, de los fenómenos reales, por ejemplo las Leyes de la desintegración que se pueden clasificar de la siguiente forma:

Leyes de distribución granulométrica.

Leyes energéticas.

## 2.2.9 Reducción de tamaño trituración

### 2.2.9.1 Machacadoras de mandíbulas

#### a. Tipo Blake o de doble efecto:

Según Urday, D. (2013), son los equipos de trituración de minerales más antiguos (EE.UU (1858)), capaces de machacar minerales de gran tamaño y dureza.

La figura 3 muestra el corte esquemático de este tipo de máquinas. La mandíbula móvil (1), da lugar a un balancín articulado en su parte superior, que está sólidamente fijado al bastidor.

A través del movimiento de la biela (3), por efecto de la excéntrica (5), la mandíbula móvil se aproximará y alejará de la mandíbula fija (2), triturando el mineral.

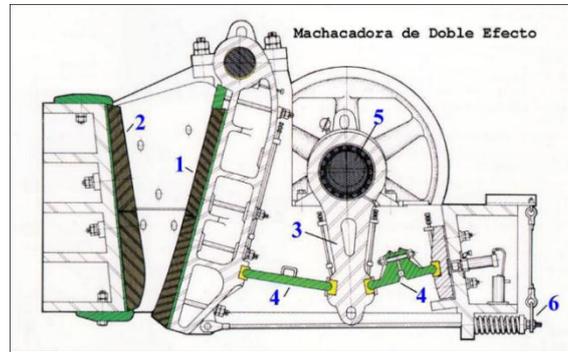
El movimiento de la biela transmite a la mandíbula móvil el movimiento de oscilación a través de las placas de articulación (4).

Los extremos de las placas se apoyan sobre semi-cojinetes de acero extraduro, embutidos en el pie de la biela, en el pie del balancín y en la corredera (punto de apoyo fijo).

Según Fueyo, L. (2002), sobre la corredera se puede actuar, a través de un sistema mecánico o hidráulico, desplazándola tanto vertical como horizontalmente, regulando de esta forma la amplitud de la carrera, abertura de salida de la trituradora, y disminuir efectos de desgaste sobre mandíbula y articulaciones. La varilla y los resortes de recuperación (6), mantendrán el sistema de articulaciones en su posición durante la operación de trituración.

Según Urday, D. (2013), la fuerza que origina el movimiento de los mecanismos descritos anteriormente, es proporcionada por grandes volantes de acero

fundido, los cuales son accionados por motores eléctricos a través de la transmisión de correas trapezoidales.



**Figura 1:** Partes de una trituradora tipo Blake o de doble efecto

Fuente: (FUEGO, 2017)



**Figura 2:** Trituradora de simple efecto

Fuente: (CASADO, 2007)

**Bastidor:**

Según Bocquet, J.A. (1987), va a constituir el soporte de los elementos de trituración. Con el tiempo se ha ido desarrollando para soportar los grandes esfuerzos y vibraciones que se producen. Está constituido por chapas de acero laminadas de gran espesor, electrosoldadas y con nervios de refuerzo para evitar deformaciones. Los laterales se protegen con chapas o forros de acero al manganeso intercambiables.

### **Cámara de fragmentación:**

Viene definida por el espacio comprendido entre las mandíbulas móvil y fija y las placas laterales antidesgaste. Es donde tienen lugar los fenómenos de fragmentación. Esta cámara tiene forma angular debido a la disposición de las dos mandíbulas que normalmente forman un ángulo de aproximadamente 27°.

### **Revestimientos:**

Son planchas o placas intercambiables, fabricadas normalmente por aceros al manganeso de gran resistencia.

Permiten ser acopladas a la cara exterior de las mandíbulas por medio de sistemas de fijación. Pudiendo invertirse su colocación (reversibles) para equilibrar el desgaste y optimizar su aprovechamiento.

Dependiendo del tipo de roca a triturar, los revestimientos adoptan diferentes formas y tamaños:

Dientes en forma de pico (estrías verticales): Materiales de dureza media.

Dientes ondulados (estrías verticales): Materiales duros.

Revestimientos lisos: Materiales extremadamente duros.



**Figura 3:** Piezas antidesgaste y mandíbula de una trituradora

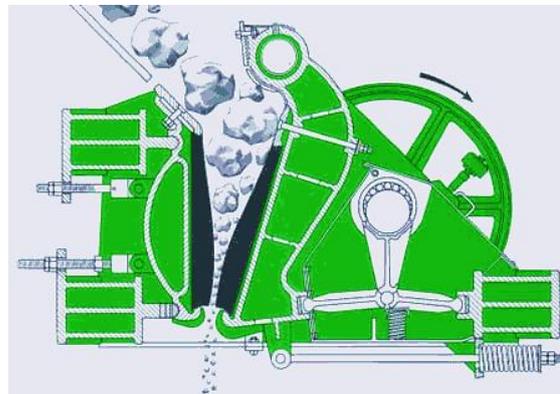
Fuente: (CASADO, 2007)

### Sistema de accionamiento:

Es el formado por aquel conjunto de elementos mecánicos que, mediante su movimiento interrelacionado, van a hacer que las mandíbulas trituren el mineral.

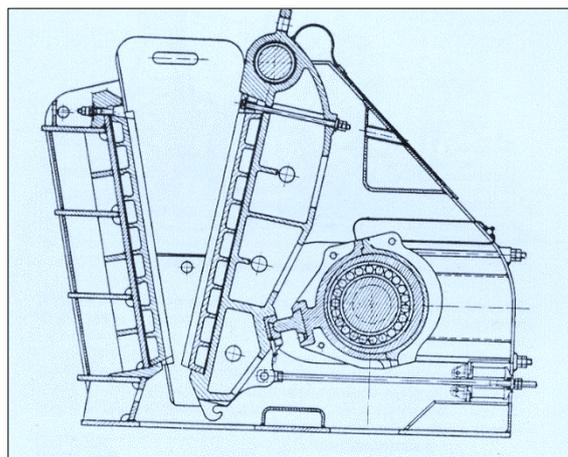
Según Fueyo, L. (2002), el sistema o conjunto de accionamiento estará formado por: el volante, la biela, las placas de articulación, los resortes, el motor, las correas, la excéntrica, la pieza porta-mandíbulas móvil y los cojinetes. Elementos comentados anteriormente.

Diferentes tipos de trituradoras de doble efecto.



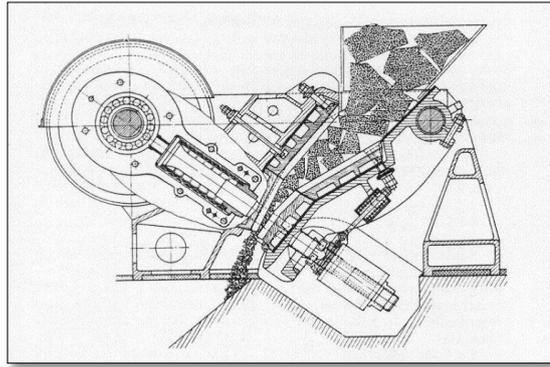
**Figura 4:** Trituradora tipo “Kue-Ken”

Fuente: (Chancadoras:, 2016)



**Figura 5:** Trituradora de accionamiento directo

Fuente: (Chancadoras:, 2016)



**Figura 6:** Trituradora de cámara inclinada

Fuente: (Chancadoras:, 2016)

**b. Tipo Blake o De Simple efecto:**

Según Bocquet, J.A. (1987), estos equipos aparecieron 25 años después de la aparición del Triturador Blake. Actualmente se ha generalizado su uso debido a sus ventajas respecto a los primeros. Ventajas que comentaremos posteriormente.

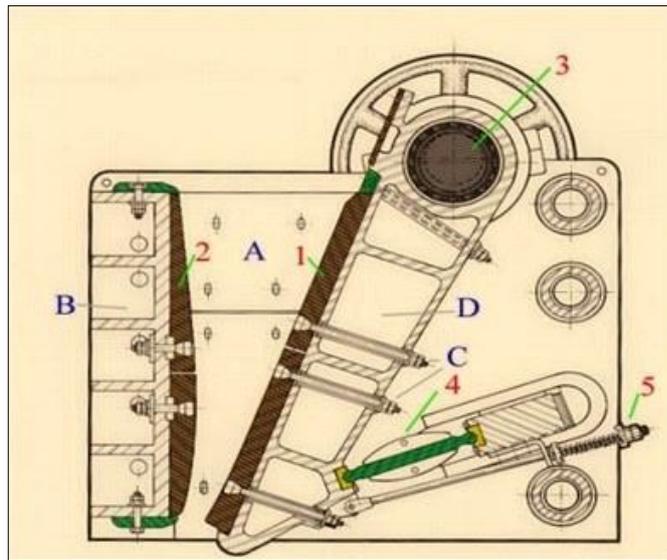
En este tipo de equipos la pieza porta-mandíbulas móvil (D) (ver figura 07) se encuentra articulada directamente sobre el eje excéntrico (3), que está situado encima de la boca de alimentación de la trituradora.

Según Fueyo, L. (2002), el movimiento de la parte inferior de la pieza porta-mandíbulas móvil, está controlado por una única placa de articulación (4), que está embutida al pie de la pieza porta-mandíbulas y de la corredera por medio de cojinetes semi-esféricos. Al igual que en la de Doble Efecto, dispone de un resorte de recuperación (5), para mantener la placa de articulación en su posición de trabajo y regular la salida del producto. Tanto en la pieza porta-mandíbulas móvil como en la pieza porta-mandíbulas fija (B), existen elementos de fijación (C), para acoplar los

revestimientos de las mandíbulas (2) y (1) y de los laterales y formar la Cámara de trituración (A).

Principales partes de una Trituradora de Simple Efecto

- Cámara de trituración.
- Batidor o carcasa
- Revestimientos de desgaste.
- Sistema mecánico de accionamiento.



**Figura 7:** Trituradora de simple efecto

Fuente: (Chancadoras:, 2016)



**Figura 8:** Trituradora de simple efecto

Fuente: (Chancadoras:, 2016)

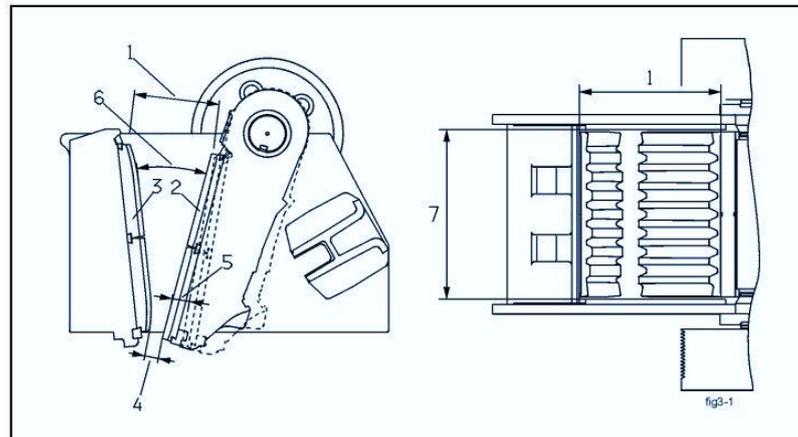
### 2.2.10 Movimiento del porta-mandíbulas móvil.

Según Urday, D. (2013), en la zona superior próxima al eje excéntrico, el movimiento de la pieza porta-mandíbulas es circular, efectuándose la fragmentación por fuerzas de compresión.

En la zona inferior próxima a la salida de la máquina, el movimiento de la pieza porta-mandíbulas es elíptico. Por lo tanto la fragmentación se efectúa por medio de fuerzas de fricción (evitan el atasco del material).

Según Fueyo, L. (2002), en la zona intermedia, existe un movimiento intermedio entre elíptico y circular. Produciéndose la fragmentación por compresión y por fricción.

En las máquinas tipo Blake el movimiento de la mandíbula móvil es circular, luego las fuerzas de fragmentación que aparecen son fundamentalmente compresión.



Número	Descripción	Número	Descripción
1	Profundidad de boca de alimentación	5	Carrera
2	Mandíbula móvil	6	Ángulo de mordedura
3	Mandíbula fija	7	Ancho de boca de alimentación
4	Reglaje lateral cerrado (css)		

**Figura 9:** Partes de una Trituradora de simple efecto

Fuente: (SVEDALA, 1994)

## 2.2.11 Comparación entre las trituradoras de simple efecto y las trituradoras de doble efecto.

**Tabla 1:**

Comparación de trituradoras

CARACTERÍSTICAS	MÁQUINA FAVORABLE
Peso de la máquina	Doble Efecto= 1.3 - 1.4 Simple Efecto
Precio	Doble Efecto= 1.25 Simple Efecto
Capacidad	Simple Efecto=1,3 Doble Efecto
Razón de reducción	Simple Efecto
Desgaste de mandíbulas	Simple Efecto = 2 Doble Efecto

Fuente: (FUEGO, 2017)

En **trituration primaria**, la forma del producto que dan ambos tipos de máquinas es similar.

En **trituration secundaria**, las trituradoras de simple efecto dan un producto más cúbico que las de doble efecto.

Según Fueyo, L. (2002), las trituradoras de simple efecto se han impuesto frente a las trituradoras de doble efecto. Éstas últimas únicamente se emplean para la trituration de minerales extremadamente duros y muy abrasivos.

### 2.2.11.1 Dureza y agresividad.

En trituration la dureza se entiende como la resistencia a compresión de una roca. Atendiendo a lo anterior los materiales los podemos clasificar como:

Materiales Blandos (< 1000 kg/cm<sup>2</sup>): asbestos, yeso, pizarra, carbón, sales, talco, caliza blanda, cal.

Materiales medios (1000-1500 kg/cm<sup>2</sup>): caliza, dolomía, arenisca, bauxita.

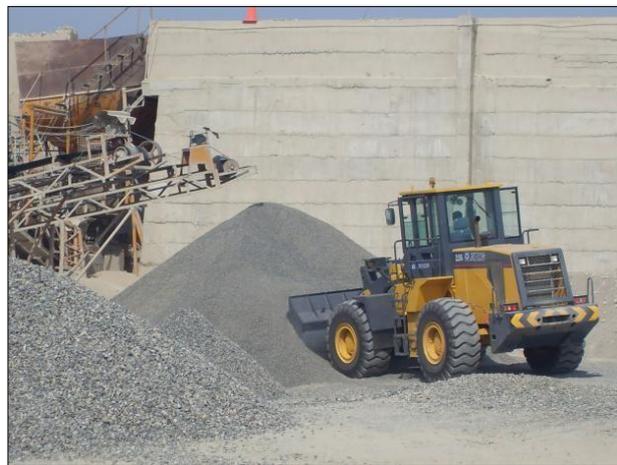
Materiales duros (1500-2000 kg/cm<sup>2</sup>): cuarcita, granito, diorita, gabro, andesita, basalto, clinker.

Materiales muy duros (> 2000 kg/cm<sup>2</sup>): granito, taconita, grava granítica, ferroaleaciones.

Un mineral se clasifica como **abrasivo** cuando contiene: **6 – 8 %** de sílice libre o piritita.

**Agregado:**

Según Fueyo, L. (2002), es un tipo de derivado de la piedra que se utiliza en la construcción cumpliendo la función de esqueleto granular llamado agregado que son elementos inertes, generalmente más resistentes que la pasta cementicia y además económicos. Por lo tanto conviene colocar la mayor cantidad posible de agregados para lograr un concreto resistente, que no se presente grandes variaciones dimensionales y sea económico.



**Figura 10:** Piedra Chancada

Fuente: (dueño, 2016)

La piedra **chancada** se obtiene de la trituración con maquinarias de las rocas. Se utiliza en la preparación del concreto.

Se vende en tamaños máximos de 1", 3/4" y 1/2" y su elección depende del lugar de la estructura donde se le empleará (ver figura 25).

### **Consideraciones:**

- Se vende por metros cúbicos (m<sup>3</sup>).
- Esta piedra debe ser de alta resistencia; no debe tener una apariencia porosa o romperse fácilmente.
- No debe tener arcilla, barro, polvo, ni otras materias extrañas.
- Antes del mezclado, es recomendable humedecerla para limpiarla del polvo y para evitar que absorba agua en exceso.

#### **2.2.11.2 Clasificación por el tamaño del agregado:**

El tamiz que separa un agregado grueso de uno fino es el de 4,75 mm. Es decir, todo agregado menor a 4,75 mm es un agregado fino (arena).

Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

- Áridos y Arenas
- Agregados finos (arenas).
- Agregados gruesos (piedras).

#### **2.2.11.3 Áridos y Arenas:**

La arena o árido fino es el material que resulta de la desintegración natural de las rocas o se obtiene de la trituración de las mismas, y cuyo tamaño es inferior a los 5mm.

Para su uso se clasifican las arenas por su tamaño. A tal fin se les hace pasar por unos tamices que van reteniendo los granos más gruesos y dejan pasar los más finos.

Arena fina: es la que sus granos pasan por un tamiz de mallas de 1mm de diámetro y son retenidos por otro de 0.25mm.

Arena media: es aquella cuyos granos pasan por un tamiz de 2.5mm de diámetro y son retenidos por otro de 1mm.

Arena gruesa: es la que sus granos pasan por un tamiz de 5mm de diámetro y son retenidos por otro de 2.5mm.

Las arenas de granos gruesos dan, por lo general, morteros más resistentes que las finas, si bien tienen el inconveniente de necesitar mucha pasta de conglomerante para rellenar sus huecos y será adherente. En contra partida, el mortero sea plástico, resultando éste muy poroso y poco adherente.

#### **2.2.11.4 Agregado fino:**

Según Fueyo, L. (2002), un agregado fino con partículas de forma redondeada y textura suave ha demostrado que requiere menos agua de mezclado, y por lo tanto es preferible en los HAD.

Se acepta habitualmente, que el agregado fino causa un efecto mayor en las proporciones de la mezcla que el agregado grueso.- Los primeros tienen una mayor superficie específica y como la pasta tiene que recubrir todas las superficies de los agregados, el requerimiento de pasta en la mezcla se verá afectado por la proporción en que se incluyan éstos.

Una óptima granulometría del árido fino es determinante por su requerimiento de agua en los HAD, más que por el acomodamiento físico.

La experiencia indica que las arenas con un módulo de finura (MF) inferior a 2.5 dan hormigones con consistencia pegajosa, haciéndolo difícil de compactar. Arenas con un módulo de finura de 3.0 han dado los mejores resultados en cuanto a trabajabilidad y resistencia a la compresión.

Numerosos estudios han demostrado que para una resistencia a la compresión alta con un elevado contenido de cemento y baja relación agua-cemento el tamaño máximo de agregado debe mantenerse en el mínimo posible (12,7 a 9,5).

En principio el incremento en la resistencia a medida que disminuye el tamaño máximo del agregado se debe a una reducción en los esfuerzos de adherencia debido al aumento de la superficie específica de las partículas.

Se ha encontrado que la adherencia a una partícula de 76 mm. Es apenas un 10% de la correspondiente a una de 12,5 mm., y que excepto para agregados extremadamente buenos o malos, la adherencia es aproximadamente entre el 50 a 60% de la resistencia de la pasta a los 7 días.

Las fuerzas de vínculo dependen de la forma y textura superficial del agregado grueso, de la reacción química entre los componentes de la pasta de cemento y los agregados.

Otro aspecto que tiene que ver con el tamaño máximo del agregado es el hecho de que existe una mayor probabilidad de encontrar fisuras o fallas en una partícula de mayor tamaño provocadas por los procesos de explotación de las canteras (dinamitado) y debido a la reducción de tamaño (trituration), lo cual lo convertirá en un material indeseable para su utilización en concreto.

Según Fueyo, L. (2002), también se considera que la alta resistencia producida por agregados de menor tamaño se debe a una baja en la concentración de esfuerzos alrededor de las partículas, la cual es causada por la diferencia de los módulos elásticos de la pasta y el agregado

Se ha demostrado que la grava triturada produce resistencias mayores que la redondeada.- Esto se debe a la trabazón mecánica que se desarrolla en las partículas angulosas.

Sin embargo se debe evitar una angulosidad excesiva debido al aumento en el requerimiento de agua y disminución de la trabajabilidad a que esto conlleva.

El agregado ideal debe ser limpio, cúbico, anguloso, triturado 100%, con un mínimo de partículas planas y elongadas

#### **2.2.11.5 La textura del material:**

Dice que tan lisa o rugosa es la superficie del material, es una característica ligada a la absorción pues agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos además que producen concretos menos plásticos

Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla, y en la economía.

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5mm. Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de grava o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5mm y generalmente entre 9.5 mm y 38mm. Algunos depósitos naturales de agregado, a veces llamados gravas de mina, río, lago o lecho marino. El agregado triturado se produce triturando roca de cantera, piedra bola, guijarros, o grava de gran

tamaño. La escoria de alto horno enfriada al aire y triturada también se utiliza como agregado grueso o fino.

Recuperado de: Empresa GOMAFILTROS S.A. Productos para el Agro y la Industria (en línea). Disponible en: <<http://www.gomafiltros.com/lampresa/index.php>>

El esqueleto granular está formado por los agregados que son elementos inertes, generalmente más resistentes que la pasta cementicia y además económicos. Por lo tanto conviene colocar la mayor cantidad posible de agregados para lograr un concreto resistente, que no presente grandes variaciones dimensionales y sea económico.

Pero hay un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva la mezcla se volverá difícil de trabajar y habrá una tendencia de los agregados gruesos a separarse del mortero (segregación). Llegado este caso se suele decir que el concreto es "áspero", "pedregoso" y "poco dócil".

En el concreto fresco, es decir recién elaborado y hasta que comience su fraguado, la pasta cementicia tiene la función de lubricar las partículas del agregado, permitiendo la movilidad de la mezcla. En este aspecto también colabora el agregado fino (arena).

La arena debe estar presente en una cantidad mínima que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero no debe estar en exceso porque perjudicará las resistencias.

Se debe optimizar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades deseadas al mismo costo.

Los agregados de calidad deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia la pasta del cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Los agregados que contengan cantidades apreciables de esquistos o de otras rocas esquistas, de materiales suaves y porosos, y ciertos tipos de horsteno deberán evitarse en especial, puesto que tiene baja resistencia al intemperismo y pueden ser causa de defectos en la superficie tales como erupciones.

#### **2.2.11.6 Granulometría del agregado:**

La granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado tal como se determina por análisis de tamices (norma ASTM C 136). El tamaño de partícula del agregado se determina por medio de tamices de malla de alambre aberturas cuadradas. Los siete tamices estándar ASTM C 33 para agregado fino tiene aberturas que varían desde la malla No. 100 (150 micras) hasta 9.52 mm.

Los números de tamaño (tamaños de granulometría), para el agregado grueso se aplican a las cantidades de agregado (en peso), en porcentajes que pasan a través de un arreglo de mallas. Para la construcción de vías terrestres, la norma ASTM D 448 enlista los trece números de tamaño de la ASTM C 33, más otros seis números de tamaño para agregado grueso. La arena o agregado fino solamente tiene un rango de tamaños de partícula.

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción.

#### **2.2.11.7 Granulometría del agregado fino:**

Según Fueyo, L. (2002), depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y el tamaño máximo del agregado grueso. En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad. En general, si la relación agua – cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango de granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia.

Entre más uniforme sea la granulometría, mayor será la economía.

Estas especificaciones permiten que los porcentajes mínimos (en peso) del material que pasa las mallas de 0.30mm (No. 50) y de 15mm (No. 100) sean reducidos a 15% y 0%, respectivamente, siempre y cuando:

- 1.- El agregado que se emplee en un concreto que contenga más de 296 Kg de cemento por metro cubico cuando el concreto no tenga inclusión de aire.
- 2.- Que el módulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, el agregado fino se deberá rechazar a menos de que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones el agregado fino y grueso.

Las cantidades de agregado fino que pasan las mallas de 0.30 mm (No. 50) y de 1.15 mm (No. 100), afectan la trabajabilidad, la textura superficial, y el sangrado del concreto.

El módulo de finura (FM) del agregado grueso o del agregado fino se obtiene, conforme a la norma ASTM C 125, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100.

Según Bocquet, J.A. (1987), el módulo de finura es un índice de la finura del agregado entre mayor sea el modo de finura, más grueso será el agregado. El módulo de finura del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto.

#### **2.2.11.8 Granulometría del agregado grueso:**

Según Fueyo, L. (2002), el tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores, para revenimiento de aproximadamente 7.5 cm para un amplio rango de tamaños de agregado grueso.

El número de tamaño de la granulometría (o tamaño de la granulometría) se aplica a la cantidad colectiva de agregado que pasa a través de un arreglo de mallas.

Según Bocquet, J.A. (1987), el tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño. Por

ejemplo, el agregado de número de tamaño 67 tiene un tamaño máximo de 25 mm y un tamaño máximo nominal de 19 mm. De noventa a cien por ciento de este agregado debe pasar la malla de 19 mm y todas sus partículas deberán pasar la malla 25 mm.

Por lo común el tamaño máximo de las partículas de agregado no debe pasar:

- 1.- Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro de concreto.
- 2.- Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.
- 3.- Un tercio del peralte de las losas.

#### **2.2.11.9 Propiedades físicas del agregado:**

##### **Densidad**

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario.

Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

##### **Porosidad**

Según Fueyo, L. (2002), la palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

## **Peso Unitario**

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa.

### **2.2.11.10 Propiedades resistentes del agregado:**

#### **Resistencia**

Según Fueyo, L. (2002), la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; la textura la estructura y composición de las partículas del agregado influyen sobre la resistencia.

Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante.

#### **Tenacidad**

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.

#### **Dureza**

Según Fueyo, L. (2002), se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarzita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

### **Módulo de elasticidad**

Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

El módulo elástico se determina en muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto. El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

#### **2.2.11.11 Propiedades térmicas del agregado:**

##### **Coefficiente de expansión**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), cuantifica la capacidad de aumento de dimensiones de los agregados en función de la temperatura, depende mucho de la composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de roca.

En los agregados secos es alrededor de un 10% mayor que en estado parcialmente saturado. Los valores oscilan normalmente entre  $0.9 \times 10^{-6}$  a  $8.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ .

##### **Calor específico**

Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado centígrado la temperatura. No varía mucho en los

diversos tipos de roca salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos.

### **Conductividad térmica**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), es la mayor o menor facilidad para conducir el calor. Está influenciada básicamente por la porosidad siendo su rango de variación relativamente estrecho. Los valores usuales en los agregados son de 1.1 a 2.7 BTU/ pie.hr.°F

### **Difusividad**

Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa. Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto de calor específico por la densidad.

### **Hormigón de construcción:**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), el hormigón es un material formado por cemento, áridos de diferentes granulometrías, agua y aditivos que, mezclado en diferentes proporciones, permite obtener el hormigón que es distribuido en camiones hormigoneras.

Es un material vivo, no almacenable, ya que su tiempo de uso se limita a 90 minutos; a partir de los cuales el hormigón pierde sus propiedades.

Las características especiales de este material obligan a fabricar bajo pedido, adecuando la producción a la situación geográfica, al horario y ritmo de cada obra, debiendo optimizar los recursos para ofrecer no sólo un producto de calidad sino un buen servicio al cliente.

Según Bocquet, J.A. (1987), cualquiera sea el tipo de material utilizado, sus partículas deben ser duras y

resistentes, ya que el concreto, como cualquier otro material se romperá por su elemento más débil. Si el agregado es de mala calidad sus partículas se romperán antes que la pasta cementicia, o el mortero.

Es un tipo de derivado de la piedra que se utiliza en la construcción cumpliendo la función de esqueleto.

#### **2.2.11.12 Equipos utilizados para el proceso de Chancado**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), las chancadoras son equipos eléctricos de grandes dimensiones. En estos equipos, los elementos que trituran la roca mediante movimientos vibratorios están contruidos de una aleación especial de acero de alta resistencia. Los chancadores son alimentados por la parte superior y descargan el mineral chancado por su parte inferior a través de una abertura graduada de acuerdo al diámetro requerido. Todo el manejo del mineral en la planta se realiza mediante correas transportadoras, desde la alimentación proveniente de la mina hasta la entrega del mineral chancado a la etapa siguiente.

El chancador primario es el de mayor tamaño (54' x 74', es decir 16,5 m de ancho por 22,5 m de alto). En algunas plantas de operaciones, este chancador se ubica en el interior de la mina (cerca de donde se extrae el mineral)

Recuperado de: Empresa KAUMAN S.A. Productos de bandas transportadoras (en línea). Disponible en: <[http://www.kauman.com/es/products/calc\\_bases\\_es.asp](http://www.kauman.com/es/products/calc_bases_es.asp)>



**Figura 11:** Máquina de Chancado de Piedra

#### **2.2.11.13 Clasificación de las máquinas chancadoras de piedra:**

Según Flender drives & automation., (1991), las chancadoras se clasifican de acuerdo al tamaño del mineral tratado que es:

##### **Chancadora primaria.**

La cual tritura tamaños enviados directamente de las minas (rocas de un máximo de 60”) hasta un producto de 8” a 6”. En este tipo se usan mayormente las chancadoras de quijadas o mandíbula.

##### **Chancadora secundaria.**

Que toma el producto de la chancadora primaria y lo reduce a productos de 3” a 2”. En este tipo se usan las chancadoras giratorias o de cono.

##### **Chancadora terciaria.**

Según Goodyear (1991), el producto de la chancadora secundaria y lo reduce a fragmentos de 3/4”, 1/2”, 3/8” y 1/4”; los cuales se envían a un molino de barras o bolas según sea el caso. En este tipo se usan las chancadoras Giratorias o de Cono.

### **Chancador de quijada o mandíbulas:**

Según Bocquet, J.A. (1987), es un chancador que tiene dos superficies casi verticales que se llaman muelas y funcionan como una mandíbula. Una de las muelas es móvil y la otra es fija. Cuando la muela móvil se aleja de la muela fija, caen piedras y cuando se acerca a la muela fija las tritura.

### **Características de la chancadora de quijada o mandíbula**

Podemos mencionar las siguientes características:

Abertura grande de recepción

Según Flender drives & automation., (1991), la forma de la abertura de recepción, favorece la alimentación de rocas de tamaño grande. Esto le da una ventaja sobre la chancadora giratoria.

Las muelas o blindajes pueden invertirse en la quijada y los costos operarios son varias veces menores que las giratorias.

La chancadora de quijada manipula alimentación sucia y pegajosa, ya que no existe lugar debajo de la quijada, donde el material se puede acumular y obstruya la descarga.

Los mantenimientos de rutina se efectúan más fácilmente en una chancadora de quijada.

#### **2.2.11.14 Selección de una chancadora primaria:**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), la selección del tipo y tamaño ideal de una chancadora primaria, es un problema de gran importancia para el diseño de una planta de chancado. Generalmente, la chancadora primaria es una

de las más grandes y más costosas de las unidades de una plantas. En la selección se tiene que tener en cuenta los siguientes factores:

Según Goodyear (1991), las características del material que va a ser chancado; lo cual involucra la clasificación geológica de la roca, su estructura física y su resistencia al chancado; es decir suave, medio duro, duro, muy duro y extremadamente duro.

El promedio de capacidad diaria u horaria, las capacidades de las chancadoras deben diseñarse considerando las diferentes interrupciones, fundamentalmente en el transporte del mineral; por eso se considera una capacidad de reversa de 25 a 50 %

Según Bocquet, J.A. (1987), el tamaño del producto; este tamaño está relacionado con la capacidad. Es usual operar con un radio de reducción tan grande como sea posible.

El tipo y tamaño de los equipos del tajo, tienen importancia en la selección del tamaño de la chancadora. Los efectos de la voladura, tamaño de las palas y del transporte.

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), los arreglos en la alimentación, si no hay una buena alimentación se podrían formar puentes o campaneos, originando costosos retrasos para limpiar los atoros.

#### **2.2.11.15 Características de diseño de una chancadora de quijada.**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), las chancadoras de quijada permiten triturar rocas de cualquier tenacidad, su sencillez mecánica conlleva a reducidos gastos de mantenimiento y no requiere cuidado de personal especializado. Estas son algunas de las características de

diseño que se debe de considerar para la selección de una chancadora.

Según Flender drives & automation., (1991), la capacidad de producción varía de acuerdo al modelo de la chancadora y el material a triturar.

Mandíbulas de acero al manganeso.

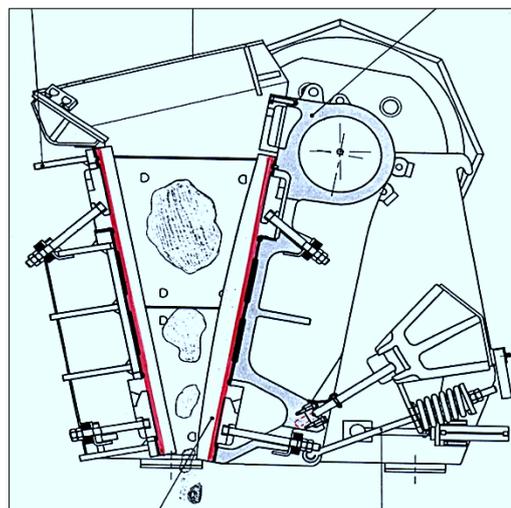
El cabezal y los apoyos deben de ir con rodamientos de doble hilera de rodillos.

Las volantes o volante deben ser prefabricados de acero.

Cuente con una base de apoyo para chancadora.

Contar con un motor de acuerdo al modelo de chancadora.

Si sus componentes son fabricados en aleaciones antidesgaste prolongaran la vida de la maquinaria, además de dotarla de extraordinaria resistencia y confiabilidad.



**Figura 12:** Máquina de Chancado de Piedra

Fuente: (CASADO, 2007)

#### 2.2.11.16 Partes de una chancadora de quijada

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), las Chancadoras de Quijada consisten básicamente en dos ensambles;

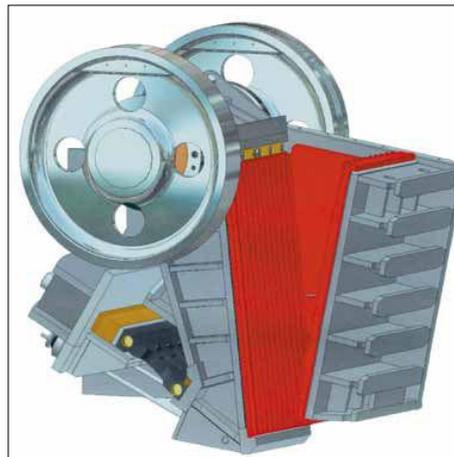
llamados, Base y Pitman. El ensamble de la base está constituido por todas aquellas piezas que permanecen fijas o sin movimiento durante el funcionamiento de la máquina, estas piezas son:

**Quijada estacionaria:**

Según Shigley, Edward J. (1983), es una base sólida construida de acero, la cual permite soportar el impacto entre el material a triturar y la quijada movable.

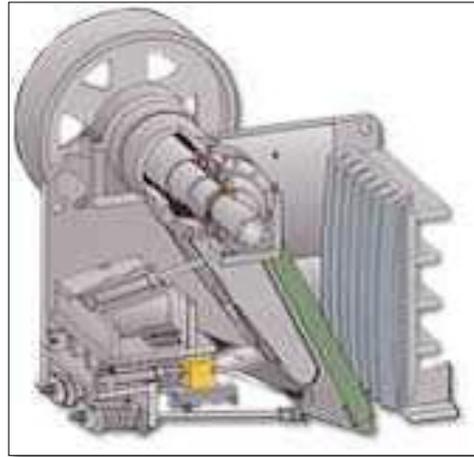
**Platos de ajuste:**

Según Jimmy L. (1991), estos van fijados en la base de la trituradora para evitar que la quijada estacionaria se regrese durante el proceso de trituración.



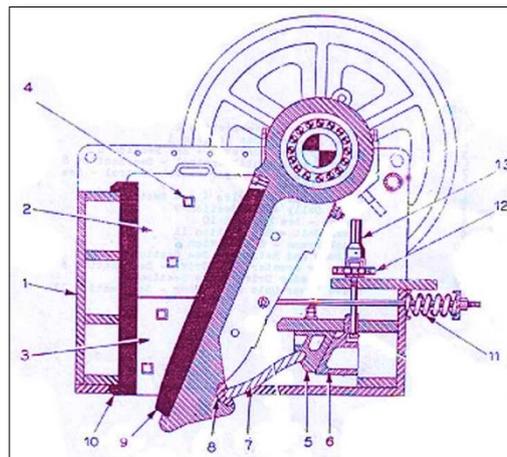
**Figura 13:** Vista isométrica chancadora de mandíbulas

Fuente: (SVEDALA, 1994)



**Figura 14:** Vista lateral chancadora de mandíbulas

Fuente: (SVEDALA, 1994)



**Figura 15:** Partes chancadora de mandíbulas

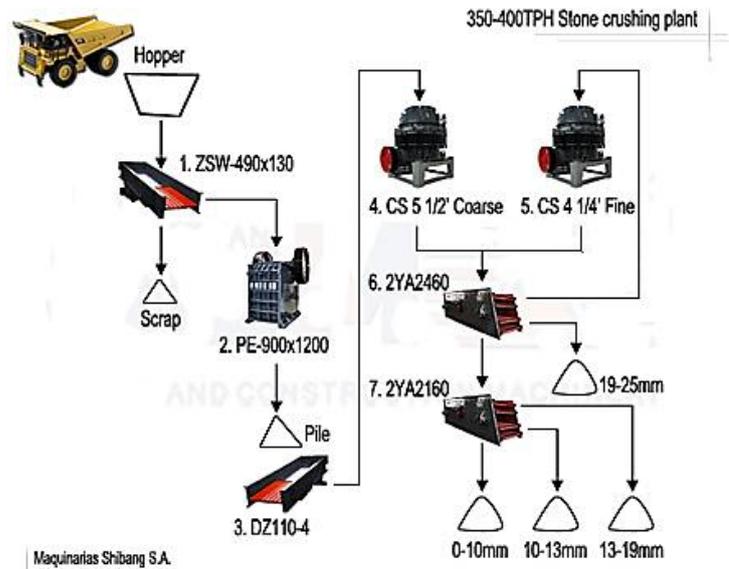
- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| 1 Base de la trituradora        | 8 Cuña de ajuste entre quijada móvil y barra móvil |
| 2 Plato de ajuste superior      | 9 Quijada móvil                                    |
| 3 Plato de ajuste inferior      | 10 Quijada estacionaria                            |
| 4 Tornillos de platos de ajuste | 11 Resorte de ajuste                               |
| 5 Cuña de barra móvil           | 12, 13 Roscas de ajuste                            |
| 6 Cuña de ajuste del bloque     |  |
| 7 Barra móvil (barra loca)      |  |

La barra móvil o barra loca como se le llama comúnmente en la planta, actualmente tiende a desgastarse debido a la falta de lubricación. Los cojinetes del Pitman se calientan frecuentemente también a causa de una lubricación deficiente.

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), el efecto de trituración se obtiene directamente como consecuencia del trabajo en conjunto de las partes móviles las cuales causan un efecto de golpe a través de la quijada móvil contra la materia prima y la quijada fija, produciéndose así la fractura de la materia prima.

Un eje excéntrico que se encuentra en el interior del Pitman montado sobre dos cojinetes, tiene dos puntas montadas sobre otros dos cojinetes laterales, y en sus extremos tiene una polea con un contrapeso, todo este conjunto de piezas se mueve a través de la transmisión de fuerza de un grupo que generalmente está formada de 8 fajas que recibe tracción a través de un motor eléctrico.

Según Jimmy L. (1991), el proceso de trituración primaria puede ser inspeccionado directamente por medio de una base; esta es una plataforma de metal con su respectiva baranda con la cual se puede desplazar una persona a través del área de alimentación de la trituradora para poder observar su proceso y dar mantenimiento a las áreas móviles de la trituradora con total seguridad cuando la maquinaria no está en funcionamiento.



**Figura 16:** Diagrama de flujo Proceso Productivo

Fuente: (SVEDALA, 1994)

#### 2.2.11.17 Elementos del precio de costo de una trituradora.

##### **Amortización: (5-10 años)**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), este periodo es muy variable dependiendo de diversos factores como el mantenimiento que ha sufrido, calidad de la máquina, etc.

##### **Fuerza motriz:**

El consumo medio se sitúa entre 0.5 y 1.5 kw·h por tonelada tratada.

##### **Mano de obra:**

Debe considerarse un vigilante por máquina en machaqueo primario, mientras que un vigilante es suficiente en trituración secundaria a cargo de una batería de trituradoras.

##### **Desgaste:**

Los principales elementos de desgaste son las mandíbulas, los revestimientos, las placas de articulación y los puntos de apoyo.

### **Mantenimiento general:**

Según Bocquet, J.A. (1987), se refiere al engrase, los reglajes periódicos, el cambio de piezas de desgaste, varillas, resortes, fijaciones, etc.

## **2.2.12 Normas Internacionales utilizadas.**

### **2.2.12.1 ISO: Norma de Estandarización**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) es una federación de alcance mundial integrada por cuerpos de estandarización nacionales de 130 países, uno por cada país.

Según Celestino M., (1991), la ISO es una organización no gubernamental establecida en 1947. La misión de la ISO es promover el desarrollo de la estandarización y las actividades con ella relacionada en el mundo con la mira en facilitar el intercambio de servicios y bienes, y para promover la cooperación en la esfera de lo intelectual, científico, tecnológico y económico.

Todos los trabajos realizados por la ISO resultan en acuerdos internacionales los cuales son publicados como Estándares Internacionales.

### **2.2.12.2 Norma ASTM:**

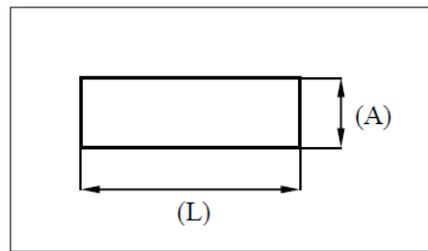
Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), ASTM International es una de las organizaciones de desarrollo de normas internacionales más grande del mundo. En ASTM se reúnen productores, usuarios, consumidores, entre otros, para crear normas consensuales voluntarias. Las normas de ASTM se crean usando un procedimiento que adopta los principios del World Trade Organization Technical Barriers to Trade Agreement (Convenio de obstáculos técnicos al comercio de la Organización Mundial de Comercio). El proceso de

creación de normas de ASTM es abierto y transparente; lo que permite que tanto a individuos como gobiernos participen directamente, y como iguales, en una decisión consensual global. Estas normas son utilizadas y aceptadas mundialmente y abarcan áreas tales como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo, construcción, energía, el medio ambiente, productos para consumidores, dispositivos y servicios médicos y productos electrónicos.

### 2.2.13 Fórmulas para cálculo de la máquina chancadora de Mandíbula:

#### 2.2.13.1 D<sub>máx.</sub> y Boca de Admisión.

La boca de admisión de una trituradora queda definida por las dimensiones del ancho de la boca (A) y el largo de la boca (L).



**Figura 17:** Medidas Boca de Admisión

Fuente: (dueño, 2016)

Para no tener problemas con la entrada de fragmentos grandes a la trituradora, ésta se debe cumplir que:

$$D_{máx} = 0,8 A \tag{Ecuación 1}$$

Según Celestino M., (1991), el ancho y el largo de boca están relacionados por la siguiente expresión:

$$L = (1,5 - 2) \cdot A \tag{Ecuación 2}$$

El D<sub>máx.</sub> se obtiene:

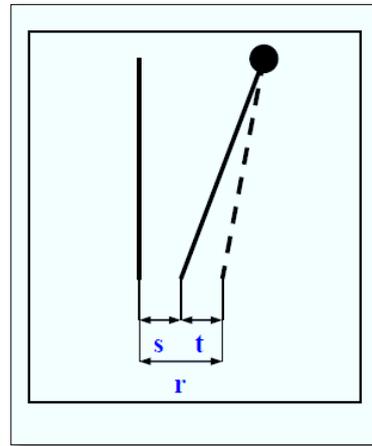
Obtenido por precibado previo (parrillas).

Por medio de ábacos que relacionan el  $D_{m\acute{a}x}$ . con la capacidad del caso ( $m^3$ ).

Dato conocido (tamaño material explotado).

### 2.2.13.2 Capacidad y reglaje.

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), el reglaje en máquina de trituración primaria, es la abertura de la boca de salida en posición abierta.



**Figura 18:** Reglaje chancadora mandíbulas

Fuente: (dueño, 2016)

Según Bocquet, J.A. (1987), el reglaje de una trituradora viene dado por:

$$r = s + t$$

**Ecuación 3**

$r$  = reglaje.

$t$  = recorrido.

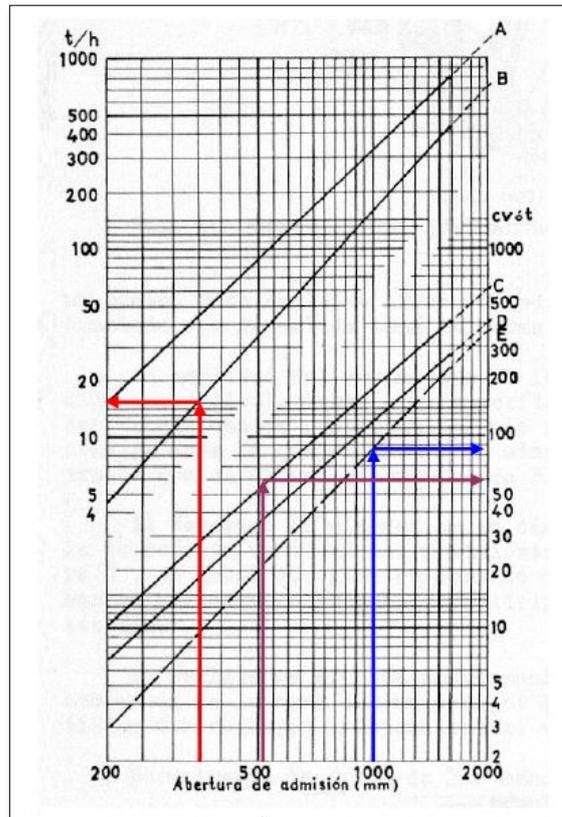
$s$  = boca de salida en posición cerrada.

La capacidad de una trituradora de mandíbulas la podemos obtener por medio de:

Ábacos. (ver figura 19)

Tablas (proporcionadas por los fabricantes de equipos).

Fórmulas empíricas. (Tabla 02 y Tabla 03)



**Figura 19:** Ábaco para encontrar recorrido mandíbula

Fuente: (SVEDALA, 1994)

- A:** Capacidad (t/h) para un reglaje igual a  $\frac{1}{4}$  A
- B:** Capacidad (t/h) para un reglaje igual a  $\frac{1}{8}$  A
- C:** Potencia instalada máxima en CV.
- D:** Potencia instalada media en CV.
- E:** Peso de la Trituradora en t.

El ábaco de la figura N°19, nos proporciona la capacidad de una trituradora tipo Blake (doble efecto) para minerales de densidad aparente  $1.6 \text{ t/m}^3$ , cumpliéndose que  $L = 1.5 \cdot A$  (ver ecuación 3.2) y los mayores fragmentos de la alimentación no sobrepasan el valor de  $0.8 \cdot A$ .

### Tablas de características técnicas.

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), la capacidad de una trituradora de mandíbulas puede calcularse por medio de las tablas que proporcionan los fabricantes de equipos. Teniendo en cuenta el tipo de material que se ha empleado para los ensayos.

**Tabla 2:**

Características Trituradora simple efecto.

Dimensiones de entrada m/m	Reproducciones medias en Tonelada						r.p.m.	Motor recomendado KW	Peso kg
	R. min m/m	Tm.	R. medio m/m	Tm.	R. máximo m/m	Tm.			
350 x 225	25	3 a 4,5	40	7,5 a 9	70	9 a 11	350	10	2 500
450 x 275	25	6 a 7,5	40	9 a 11	70	15 a 20	320	20	4 000
550 x 325	40	12 a 38	70	25 a 35	100	40 a 50	300	30	6 000
650 x 400	70	38 a 45	100	52 a 60	120	55 a 70	270	40	11 500
800 x 500	70	50 a 60	100	70 a 80	100	80 a 100	250	50	18 500
1 000 x 700	80	60 a 90	125	90-120	150	120-150	220	70	35 000
1 250 x 700	90	75 -110	125	110-150	150	150-200	220	75	40 000
1 250 x 900	100	100-120	150	150-200	200	190-225	170	90	60 000
1 650 x 900	100	135-160	150	210-240	200	225-300	170	100	67 000
1 400 x 1 070	125	150-186	175	190-225	225	250-300	150	115	82 500
2 000 x 1 070	135	200-250	175	270-315	225	375-430	150	125	100 000
1 600 x 1 250	150	200-266	200	260-300	250	375-415	132	135	117 000
2 000 x 1 250	150	260-335	200	335-390	250	495-540	132	150	129 000
2 000 x 1 600	200	375-450	250	450-495	300	495-555	112	200	230 000
2 500 x 1 600	250	600-650	300	720-800	350	800-1 000	112	260	250 000

Fuente: N° 02

**Tabla 3:**

Características Trituradora simple efecto.

Dimensiones de entrada m/m	Reproducciones medias en Tonelada						r.p.m.	Motor recomendado Kw	Peso Kg
	R. min m/m	Tm.	R. medi m/m	Tm.	R. máximo m/m	Tm.			
350 x 225	25	4 - 5	50	7-9	70	42348	400	6	1 600
450 x 300	25	7 - 9	60	10-14	90	13-18	360	15	2 600
550 x 350	30	10-15	60	15-25	90	20-40	340	25	5 500
650 x 400	35	15-25	60	30-55	100	55-85	300	32	8 500
800 x 600	45	20-30	75	45-65	110	70- 100	280	40	13 000
1 000 x 700	75	65-85	140	100-140	200	130-180	260	80	22 000
1 100 x 900	90	120-240	140	150-270	200	175-350	250	100	35 000
1 250 x 1 000	100	150-300	150	190-350	200	230-450	240	115	47 000
1 400 x 1 100	110	200-400	150	250-500	200	300-600	220	125	60 000
1 600 x 1 300	120	300-550	170	350-650	220	460-800	200	150	185 000
2 000 x 1 250	125	350-600	200	375-750	280	450-900	175	165	100 000
600 x 150	25	9-11	45	11-16	65	15-22	360	18	2 800
800 x 225	25	12-18	45	16-25	65	22-35	330	30	4 900
1 000 x 275	25	16-22	45	22-30	65	30-40	300	50	9 500

Fuente: N° 04

Según Nordberg (1997), la capacidad de una trituradora se puede obtener a través de las siguientes expresiones, que no son las únicas pero sí las más conocidas y empleadas:

- Taggart

$$T = (0,6)(L)(s + t) = 0,6L.r \quad \text{Ecuación 4}$$

**Donde:**

T = Capacidad de la máquina (ht).

L = Longitud de la máquina (pulgadas).

r = reglaje de la máquina (pulgadas).

- Gieskieng

$$T = f \cdot \rho_a \cdot w \cdot r \cdot t \cdot n \cdot a \cdot u \quad \text{Ecuación 5}$$

**Donde:**

T = Capacidad de la máquina (t/h).

f = Coeficiente cuyo valor se obtiene de la Tabla N°04

$\rho_a$  = Densidad aparente. Puede tomar el valor de  $0.6 \cdot \rho_r$  ( $\rho_r$  = densidad real).

w = Ancho de la cámara de trituración (cm).

r = reglaje (cm). Abertura en posición abierta.

t = recorrido (cm). Si lo desconocemos podemos tomarlo igual a  $t = 0.33 \cdot r$  (ver ecuación 03).

n = número de oscilaciones por minuto. Igual al número de r.p.m. del volante. Su valor depende del ancho de boca y se determina por la curva de la figura 20.

$a$  = Coeficiente que depende del ángulo que forman las mandíbulas en posición cerrada (ver ecuación 06).

$u$  = Coeficiente de utilización. Su valor se obtiene de la gráfica de la figura 21.

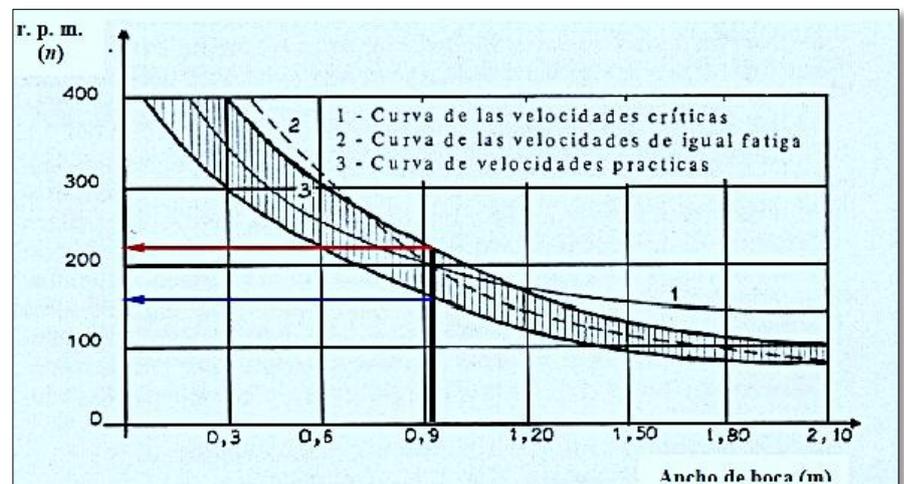
**Tabla 4**

Valor de “f”

Naturaleza de la alimentación	Mandíbulas Lisas	Mandíbulas Acanaladas
Con sus finos normales	0.000144	0.000106
Finos eliminados	0.000126	0.000088
Cribado cuidadosamente	0.000108	0.000072

Fuente: N° 02

En el caso de mandíbulas acanaladas el reglaje será la distancia entre la punta de la acanaladura de la mandíbula móvil y el fondo de la acanaladura de la mandíbula fija.



**Figura 20:** Valor de “n” (rpm)

Fuente: (Cutipa, 2016)

$$a = 1 + 0,03(26 - \alpha)$$

Ecuación 6

Siendo  $\alpha$ , el ángulo que forman las mandíbulas, a la entrada, en posición cerrada.

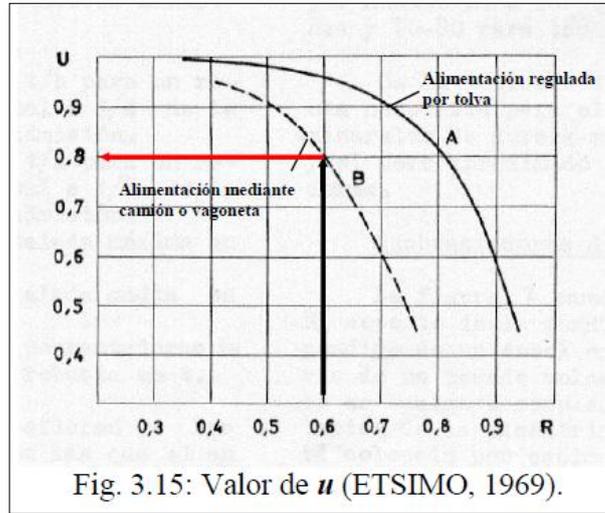


Fig. 3.15: Valor de  $u$  (ETSIMO, 1969).

**Figura 21:** Coeficiente de utilización “ $u$ ”

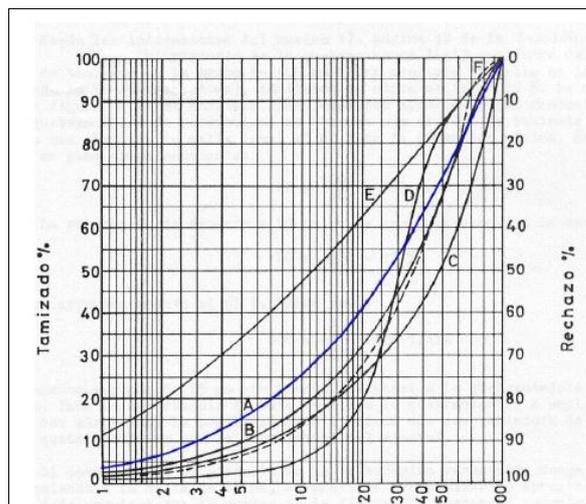
Fuente: (Cutipa, 2016)

Siendo:

$$R = D_{m\acute{a}x} / A(\text{abertura de alimentaci3n}) \quad \text{Ecuaci3n 7}$$

### 2.2.13.3 Granulometría y porcentaje de paso por la malla de reglaje:

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), la curva granulométrica del producto de una trituradora de mandíbulas viene dada por la curva de la figura N°22



**Figura 22:** Curvas granulométricas para diferentes equipos

Fuente: (Cutipa, 2016)

Según Bocquet, J.A. (1987), el porcentaje de paso por la malla de reglaje para las trituradoras de mandíbulas viene dado por la tabla siguiente y varía entre un 0.6% y un 0.9%.

Tipo de máquina	Tipo de Alimentación	Caliza (%)	Granito (%)	Cuarcita (%)	Minerales
Doble Efecto	Todo-Uno	85-90	70-75	65-70	85-90
Doble Efecto	Finos eliminados	80-85	65-70	60-65	80-85
Doble Efecto	Cribado	75-80	60-70	55-60	75-80
Simple Efecto	Cribado	80-85	70-75	60-65	80-85

**Figura 23:** Porcentaje de paso por la malla de reglaje

Fuente: (Cutipa, 2016)

#### 2.2.13.4 Potencia de las trituradoras de mandíbulas

La potencia absorbida, viene dada por:

$$P_a = 10 \cdot W_i \cdot \frac{1}{0.907} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{d_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{80}}} \right) \cdot Q \quad \text{Ecuación 8}$$

**Donde:**

$P_a$  = Potencia absorbida (kW).

$Q$  = Capacidad de la trituradora (t/h).

La potencia del motor o potencia útil:

$$P_m = 2P_a \quad \text{Ecuación 9}$$

#### 2.2.13.5 Consumo energético por tonelada de material triturado:

Según CEMA (1977),

$$P = \frac{VxAx\sqrt{3}x \cos \phi}{1000} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$W = \frac{P}{T} \quad \text{Ecuación 11}$$

**Donde:**

P: Energía realmente suministrada

W: Consumo de energía (Kw-h/Tc)

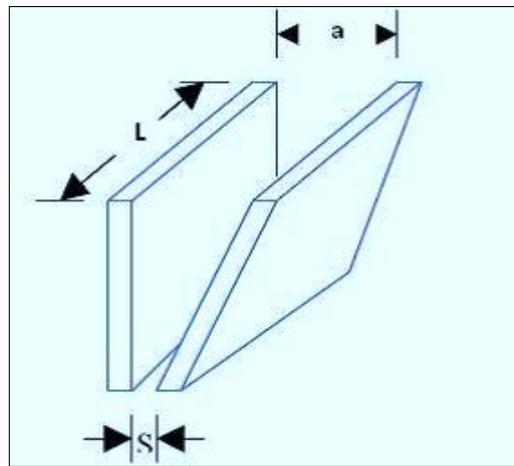
V: Voltaje

A: Amperaje realmente suministrado al motor

Cos  $\phi$ : Factor de potencia

T: Tonelaje material alimentado (Tc/hr)

**2.2.13.6 Cálculo capacidad chancadora de mandíbula:**



**Figura 24:** Abertura mandíbula

Fuente: (Tprre, 2016)

$$T = 0,6 LS$$

**Ecuación 12**

**Donde:**

T: Capacidad chancadora Tc/h

L: Longitud chancadora en pulgadas

S: Abertura de descarga en pulgadas.

Considerando factores como: Dureza, humedad, rugosidad

$$A = L x a$$

**Ecuación 13**

$$T_r = K_c x K_m x K_f x T$$

**Ecuación 14**

**Donde:**

Kc: Factor de dureza (0.65 – 1)

Km: Factor de humedad (Km=1) La chancadora primaria no es afectada severamente por la humedad.

Kf: Factor de arreglo de alimentación. (Kf: 0.75 – 0.85)  
Para una operación eficiente, un sistema de alimentación mecánica supervisado por un operador.

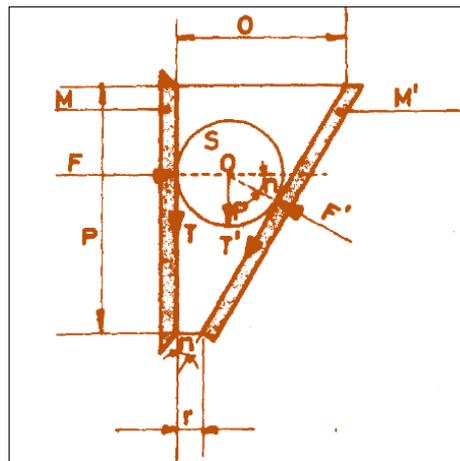
**2.2.13.7 Razón reducción.**

Según Bocquet, J.A. (1987),

Rr: Tamaño alimento / Tamaño producto

Para una partícula a la que se le aplica una carga de compresión, tanto el esfuerzo que se produce sobre la partícula, como su deformación, son en función de la carga aplicada e inversamente proporcional al diámetro de la partícula al cuadrado.

$$\sigma = \frac{F}{d^2} \tag{Ecuación 15}$$



**Figura 25:** Abertura, la separación y las fuerzas puestas en juego en una trituradora de mandíbulas.

Fuente: (Tprre, 2016)

Según Christopher H. (2009), la energía que actúa sobre la partícula en el punto de carga es en función de la carga y de la deformación.

$$E_p = FxZ \quad \text{Ecuación 16}$$

$$\sigma = \frac{F}{dxe} x k_v \quad \text{Ecuación 17}$$

**Donde:**

Ep: Energía en el punto de carga

F: Carga aplicada.

Z: Deformación desde el punto de carga

d: Diámetro de la partícula

e: módulo de elasticidad

Kv: Constante depende módulo de Poisson del mineral

El esfuerzo de fractura podría ser determinado aproximadamente mediante la expresión.

$$\sigma = 0.9 x \frac{f_0}{d^2} \quad \text{Ecuación 18}$$

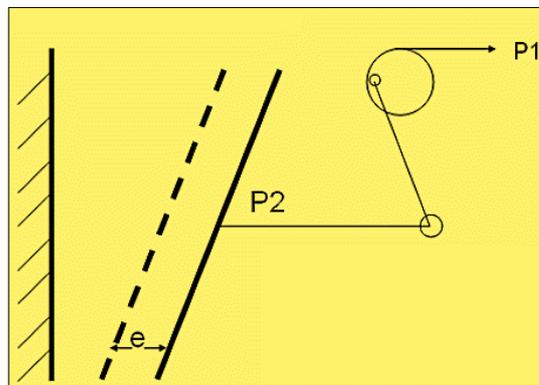
**Donde:**

F<sub>0</sub> = es la carga aplicada en el momento de la fractura.

Por lo tanto la energía necesaria para la fractura puede expresarse como:

$$E_p = 1.23 K_v x \frac{\sigma_f^2 x d^3}{E} \quad \text{Ecuación 19}$$

### 2.2.13.8 Cálculo de la fuerza aplicada a la mandíbula móvil: (P<sub>2</sub>)



**Figura 26:** Fuerzas aplicadas en una trituradora de mandíbulas.

Fuente: N° 09

$$P_2 = \frac{P_1 \times \pi \times d}{2e} \quad \text{Ecuación 20}$$

**Donde:**

P1: Fuerza aplicada a la polea

P2: Fuerza aplicada a la mandíbula móvil.

d: Diámetro de la polea

e: desplazamiento de la polea

### 2.2.13.9 Cálculo energía consumida por la máquina: (E)

$$E = P_1 \times 2\pi \times n \times r \quad \text{Ecuación 21}$$

$$E = F \times d \quad \text{Ecuación 22}$$

$$d = 2\pi \cdot n \cdot r \quad \text{Ecuación 23}$$

Entonces:

$$P_1 = \frac{E}{2\pi r n} \quad \text{Ecuación 24}$$

También se puede encontrar con la ecuación 25

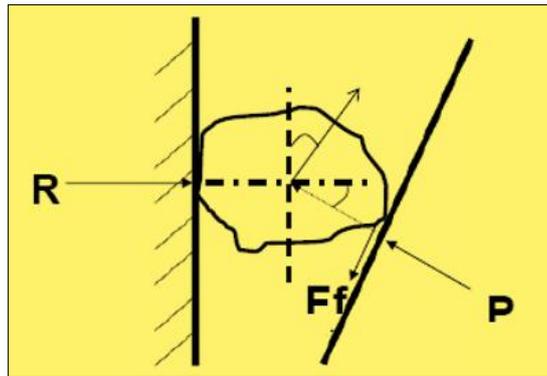
$$P_1 = \frac{0.16E}{rxn} \quad \text{Ecuación 25}$$

$$P_2 = \frac{0.16 \times E \times \pi \times d}{2rne} \quad \text{Ecuación 26}$$

$P_2 >$  que la energía necesaria para fracturar el mineral por compresión.

Se ha encontrado experimentalmente que la energía necesaria para fracturar el mineral es entre el 1- 10% de la energía que se debe aplicar a la trituradora.

### 2.2.13.10 Cálculo del ángulo de trituración



**Figura 27:** Fuerzas aplicadas para triturar roca

Fuente: N° 03

$$\sum F_x = 0 \quad \text{Ecuación 27}$$

$$\sum F_y = 0 \quad \text{Ecuación 28}$$

$$\sum F = R - P_x - F_f = 0 \quad \text{Ecuación 29}$$

Entonces:

$$R - P \cos \alpha - U_p \cdot \sin \alpha = 0 \quad \text{Ecuación 30}$$

$$\sum F_y = uR - uP' \cos \alpha - P \sin \alpha = 0 \quad \text{Ecuación 31}$$

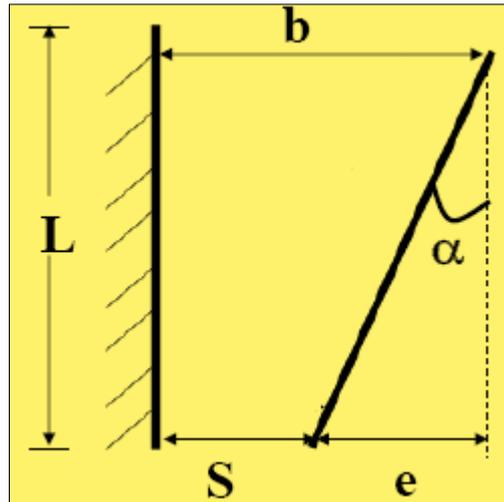
Entonces:

$$\tan \alpha = \frac{-2u}{u^2 - 1} \tan \frac{\alpha}{2} = u \quad \text{Ecuación 32}$$

Si  $\frac{\alpha}{2} > u$  La partícula será expulsada y por lo tanto no será triturada

$$\cot \alpha = \frac{L}{b-s} \quad \text{Ecuación 33}$$

L debe ser mayor cuanto menor sea s, para evitar el riesgo de que la partícula no sea triturada.



**Figura 28:** Ángulo de trituración

Fuente: N° 03

#### 2.2.13.11 Cálculo de la capacidad de trituración:

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), la capacidad de trituración está dada por el flujo de material triturado por la densidad de flujo.

$$T = 0,6L(S + e) \quad \text{Ecuación 34}$$

**Donde:**

T: Toneladas/hora

Q: m<sup>3</sup>/h

$\rho_f$ : Ton/m<sup>3</sup>

El flujo de material triturado (q) depende de:

La geometría de la abertura máxima de la trituradora.

La velocidad de salida del material triturado

De sus propiedades mecánicas.

#### 2.2.13.12 Cálculo de potencia del motor de la chancadora de mandíbulas:

$$P = 1.362 \times 10^{-4} \left( \frac{\pi \times l \times N \times \sigma_c^2}{E} \right) (D^2 - d^2) \quad \text{Ecuación 35}$$

$$N = \sqrt{\frac{450 \times g \times \text{tng} \alpha}{e}} \quad \text{Ecuación 36}$$

**Donde:**

P: Vatios

N: rev/min

$\sigma_c$ : Kg/cm<sup>2</sup>

L, D, d: cm

**2.2.13.13 Ángulo de sujeción:**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), el ángulo entre las mandíbulas de la trituradora es un parámetro muy importante. En las trituradoras de mandíbulas el material se tritura como resultado de la compresión del mismo con dos mandíbulas que se acercan como se muestra en los planos.

En el pedazo de material comprimido entre las dos mandíbulas actúa la fuerza de empuje R, que es la resultante de las fuerzas de compresión (P) y de retención (N), que son proyecciones de las fuerzas de fricción T en el eje paralelo a la dirección de la fuerza R:

$$N = T \cos \frac{\alpha}{2} \quad \text{Ecuación 37}$$

En el pedazo también actúa la fuerza del peso, pero en comparación con las otras fuerzas es muy pequeña y se puede prescindir de la misma.

La fuerza de fricción:

$$T = Pf \quad \text{Ecuación 38}$$

**Donde:**

f = coeficiente de fricción del material del pedazo sobre la superficie de la mandíbula (Tabla 6)

La tabla 06 es muy importante porque los valores que esta tabla contiene son experimentales y fundamentales para determinar correctamente el ángulo de abertura de la boca.

**Tabla 5:**

Coeficiente de fricción

COEFICIENTE DE FRICCIÓN								
MATERIAL	Sobre hierro		Sobre madera		Sobre concreto		Ángulo de talud natural	
	f	f <sub>0</sub>	f	f <sub>0</sub>	f	f <sub>0</sub>	α	α
Antracita	0,29	0,84	0,47	0,84	0,51	0,9	27	45
Carbón fino	0,32	0,84	0,47	0,84	0,5	0,9	30	45
Carbón pardo seco	0,58	1	0,7	1	0,7	1	35	50
Coque	0,47	1	0,84	1	0,84	1	35	50
Ceniza seca	0,47	0,84	0,84	1	0,84	1	40	50
Tierra, arena, grava	0,58	1	-	-	-	-	30	45
Piedra caliza	0,58	1	-	-	-	-	30	45
Diferentes minerales	0,58	1,19	-	-	-	-	30	50
Escorita	0,7	1,19	-	-	-	-	35	50
Carbón	1	2,77	-	-	-	-	-	-

F y α = en movimiento: f<sub>0</sub> y α = en reposo

Fuente: N° 05

Según Cappelletti, E. (1988), se debe tener en cuenta que el coeficiente "f" para el material dado puede variar en dependencia del estado de la superficie la cual puede estar seca o mojada en las condiciones de producción.

Después de sustituir (Ec.38) y (Ec.37), obtenemos:

$$N = P \cdot f \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \quad \text{Ecuación 39}$$

Los pedazos de material se quedarán en la boca de la trituradora, si:

$$2N \leq R \quad \text{Ecuación 40}$$

$$2P \cdot f \cdot \cos \frac{\alpha}{2} > 2P \sin \frac{\alpha}{2} \quad \text{Ecuación 41}$$

**De donde:**

$$f \geq \tan \frac{\alpha}{2} \quad \text{Ecuación 42}$$

El coeficiente de fricción "f" con frecuencia se expresa a través del ángulo fricción  $\theta$ , es decir,  $f = \tan \theta$

Entonces:

$$\tan \theta \geq \tan \tan \frac{\alpha}{2} \quad \text{Ecuación 43}$$

$$2\theta \geq \alpha \quad \text{Ecuación 44}$$

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), el ángulo de sujeción de la trituradora es menor que el doble del ángulo de fricción.

Si  $\alpha$  es mayor que el doble del ángulo de fricción, entonces los pedazos del material, al ser comprimidos entre las mandíbulas saldrán despedidos de la boca de la trituradora, y esto no sólo evita que se rompa el material, sino que resulta peligroso para el personal de servicio y para el personal que se encuentre próximo al equipo.

Si  $\alpha$  es menor que el doble del ángulo de fricción disminuye el grado de trituración que se puede obtener en la trituradora de mandíbula.

El ángulo de fricción se determina por vía experimental; para la mayoría de minerales se toma igual a  $15^\circ$  -  $25^\circ$ .

#### **2.2.13.14 Número de oscilaciones de la mandíbula móvil y número de revoluciones del árbol de transmisión.**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), durante la oscilación de la mandíbula su extremo inferior ocupa dos posiciones extremas 1 y 2. "La amplitud de la oscilación

de la mandíbula es igual a S (Fig. 28). Durante el movimiento de la mandíbula de la posición 2, a la posición 1, se produce la compresión y la trituración del material, y durante el movimiento en dirección inversa se produce la salida del material de la boca de la trituradora bajo la acción del propio peso.

Según Cappelletti, E. (1988), en una amplitud de la mandíbula puede salir de la boca libremente un volumen de mineral que aproximadamente es igual al contorno punteado F. Para esto es necesario que el tiempo de recorrido de la posición 1, a la posición 2, sea igual al tiempo de caída del material de la trituradora en el volumen del contorno punteado con una altura h.

Si la mandíbula móvil realiza "z" oscilaciones completas por minuto,

Entonces su tiempo de recorrido del punto 1 al punto 2 será:

$$V_1 = \frac{30}{z} \text{ seg} \quad \text{Ecuación 45}$$

Por otro lado, el tiempo necesario para que de la trituradora salga la partícula más alta del contorno punteado del material, será:

$$V_2 = \frac{2h}{g} \quad \text{Ecuación 46}$$

Pero la condición  $v_1 = v_2$  por consiguiente:

$$\frac{2h}{g} = (30)^{2/z} \quad \text{Ecuación 47}$$

$$z^2 = \frac{30^2}{2h} \quad \text{Ecuación 48}$$

Según Cappelletti, E. (1988), el ángulo de sujeción varía poco durante el movimiento de la mandíbula. Teniendo en cuenta el carácter del problema a resolver se puede determinar el valor de h por la expresión:

$$h = \frac{s}{\text{tng } \alpha} \tag{Ecuación 49}$$

Entonces es evidente que:

$$z^2 = \frac{30^2}{2s} g * \text{tg } \alpha \tag{Ecuación 50}$$

$$z = 66.5 \sqrt{\frac{\text{tg } \alpha}{s}} \tag{Ecuación 51}$$

El valor se toma generalmente desde 0.005 hasta 0.03m.

Los valores menores para las trituradoras pequeñas, y los mayores para las grandes.

**Tabla 6:**

**Características Trituradora mandíbulas**

Dimensiones características en mm	Ancho de la boca	Dimensión máxima de los pedazos a cargar en mm	Ancho de la abertura de descarga con las mandíbulas cerradas mm	Productividad medio (con un peso específico aparente % = 1,6 l/m2) l/h	Velocidad de rotación del árbol principal tev/min	Excentricidad del árbol en mm	Marcha de la mandíbula en la abertura, en mm.	Ángulo de sujeción en grados	Potencia del motor en kw	Potencia del motor en kw	Longitud	Ancho
<b>Trituradoras con oscilación sencilla de la mandíbula</b>												
900 x 1 200	900	650	150 - 200	140 - 200	170	30	30	22	110	59	4 600	3 800
1 200 x 1500	1 200	850	200 - 250	250 - 350	135	35	30	22	180-200	139	5 600	4 400
1 500 x 2 100	1 500	1 100	250 - 300	400 - 500	100	58(40)	43,6	22	260-280	215	6 600	5 700
<b>Trituradoras con oscilación compleja de la mandíbula</b>												
80 x 150	80	60	08-Oct	0,05 - 0,12	300	-	-	-	1,5	0,33	845	550
250 x 175	250	150	15 - 40	1,6 - 4,0	375	-	-	-	7	1,5	1 200	1 055
250 x 400	250	200	15 - 40	3,2 - 9,6	375	-	-	-	14	3,6	1 470	1 450
250 x 400	250	200	20 - 40	3,5 - 14,0	275	-	-	-	20	2,5	1 470	1 450
250 x 900	250	200	20 - 80	6,0 - 30,0	275	-	-	-	28	5,8	1 352	2 045
400 x 600	400	350	40 - 100	8,5 - 22,0	250	-	-	-	28	5,7	1 650	2 003
600 x 900	600	500	75 - 200	35,0 - 120,0	250	-	-	-	75	15,4	2 280	2 950

Fuente: N° 06

Recuperado de: Empresa EQUIPCERAMIC S.A.  
Equipos y fábricas completas para trituración Piedra.  
Disponibile en: <<http://www.equipc Ceramic.com/es/>>

Al seleccionar el valor “s” se debe tener en cuenta lo siguiente. El grosor definitivo del material a triturar  $d_f$  se da generalmente según la dimensión máxima de los pedazos.

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), por la boca de la trituradora pueden salir pedazos con una dimensión desde “e” (anchura mínima de la abertura) hasta  $e + s$  (anchura máxima de la abertura). Si se adopta  $e = d_f$  entonces el contenido, en el producto, de pedazos cuya dimensión es mayor que “ $d_f$ ” será muy grande, y si se adopta  $d_f = e + s$ , entonces en el producto habrá más pedazos con una dimensión menor de  $d_f$ . Para obtener un producto más homogéneo es necesario que sea mínima en comparación con  $d_f$ . Estas consideraciones sirven de guía para la selección de “s” dentro de los límites señalados anteriormente.

Según Cappelletti, E. (1988), utilizando la (Ec.51) así como el esquema de la transmisión de la mandíbula se determina el número de revoluciones del árbol de transmisión. Para la transmisión de palanca-articulada el número de oscilaciones completas de la mandíbula móvil coincide con el número de revoluciones del árbol de transmisión, es decir:

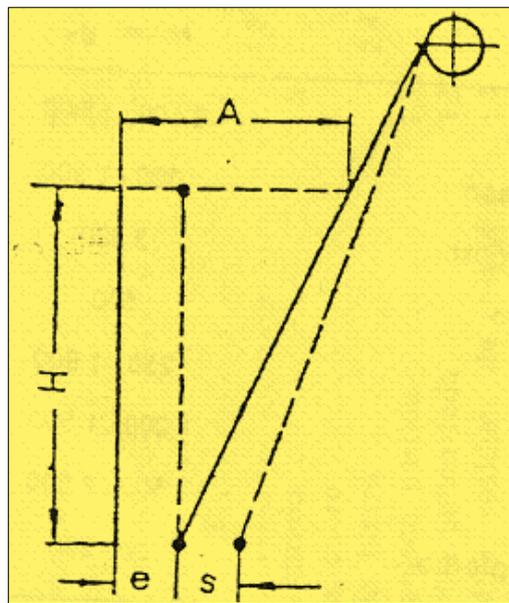
$$n = Z \text{ rev/min}$$

Ecuación 52

**2.2.13.15 Relación entre el grosor inicial y definitivo del material las dimensiones de la boca y la productividad de la trituradora.**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), el ancho de la abertura de salida "e" se toma, como se señaló anteriormente, igual a  $d_f$  o  $d_f - s$  teniendo en cuenta las observaciones antes mencionadas con respecto al grosor del producto.

El siguiente esquema nos ayuda a dimensionar la máquina y verificar si el mecanismo funciona de la manera que se ha proyectado.



**Figura 29:** Esquema para det. dimensiones y productividad chancadora mandíbulas

Fuente: N° 07

El grado de trituración en la trituradora de mandíbula se selecciona dentro de los límites desde 3 hasta 5, es decir:

$$\frac{d_i}{d_f} = i = 3 \text{ a } 5 \tag{Ecuación 53}$$

Según Cappelletti, E. (1988), el ancho de la boca de la trituradora A (Figura 28) se toma generalmente un 15 – 20 mayor que los pedazos máximos contenidos en el material inicial:

$$A = (1,15 \text{ a } 1,2)d_i \quad \text{Ecuación 54}$$

Esto es imprescindible para que sea más libre la entrada de los pedazos de material en la boca de la trituradora.

La altura de la pared delantera de la trituradora se determina por la fórmula:

$$H = A - \frac{e}{\tan \alpha} \quad \text{Ecuación 55}$$

#### 2.2.13.16 Longitud de la boca de la trituradora.

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), la productividad de la trituradora se determina partiendo de la condición de que en cada oscilación total de la mandíbula móvil salga de la máquina un volumen de material triturado igual al área del contorno punteado multiplicado por la longitud de la trituradora, es decir:

$$V = \frac{e+s+e}{2} * hl \quad \text{Ecuación 56}$$

Pero

$h = s/\text{tg}$ , y la suma de  $(e + s + e)$  se puede tomar igual a  $2df$ .

Entonces:

$$V = df * \frac{s}{\text{tg}\alpha} * L \quad \text{Ecuación 57}$$

Si el número de oscilaciones de la mandíbula móvil por minuto es igual a "z", la productividad de volumen por hora se halla por la fórmula:

$$VL = 60\mu \cdot V \cdot z \quad \text{Ecuación 58}$$

Según Cappelletti, E. (1988), por los datos experimentales el coeficiente de variación del peso específico aparente  $\mu$  oscila dentro de los límites de 0,4 a 0.6. Este tiene en cuenta el llenado incompleto del volumen punteado de la trituradora. Si en la fórmula (Ecuación 58) se coloca  $\gamma_a$  obtendremos una productividad de la trituradora.

$$G = \frac{60 \cdot \mu \cdot \gamma_a \cdot z \cdot L \cdot df}{\text{tg}\alpha} \quad T/m \quad \text{Ecuación 59}$$

En esta fórmula se adoptan las dimensiones siguientes de las magnitudes que se incluyen en la misma:  $G = t/n$

$df$ , s,  $L$  en m

$\gamma_a$  en  $t/m^3$ .

Por la expresión (Ecuación 59) se puede determinar la longitud de la boca de la trituradora:

$$L = \frac{G \cdot \text{tg}\alpha}{60 \cdot \mu \cdot \gamma_a \cdot z \cdot S \cdot dt} \quad \text{Ecuación 60}$$

La longitud de la boca de la trituradora debe ser mayor que la dimensión de los pedazos mayores de la materia prima inicial  $d$ . Esta longitud puede expresarse a través de la dimensión de los pedazos iniciales:

$$L = m \cdot d_i + (0,15 \text{ a } 0,2) \cdot d_i \quad \text{Ecuación 61}$$

Aquí  $m = 1, 2, 3, \dots$ , etc., demuestra que  $L$  debe ser múltiplo de  $d_i$ ; la adición  $(0,15 \text{ a } 0,2) d_i$  permite garantizar la entrada libre de los pedazos en la boca de la trituradora.

Según Cappelletti, E. (1988), las fórmulas (Ecuación 54), (Ecuación 55) y (Ecuación 59) están relacionadas con el grosor inicial y definitivo del material a triturar, con las dimensiones geométricas de la boca y con la productividad de la trituradora. Utilizando estas fórmulas se pueden resolver diferentes problemas tecnológicos relacionados con la selección y la explotación de las trituradoras de mandíbulas, así como con su construcción.

#### 2.2.13.17 Potencia requerida

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), para los materiales absolutamente elásticos y materiales semejantes a estos con una composición tecnológica constante al efectuarse la trituración por aplastamiento se obtiene.

$$N_{m\acute{a}x} = 13,7(10E) - 3 \quad \text{Ecuación 62}$$

Donde

$\sigma_n$ =límite de resistencia a la compresión  $\text{kg/cm}^2$

$G$ =productividad  $\text{kg/h}$

$E$ =módulo de elasticidad,  $\text{kg/cm}^2$

$\gamma$ =peso específico del material igual al peso específico aparente  $\text{kg/cm}^3$

$l$ =grado de trituración

$n$ =eficiencia. Se puede tomar de 0.32 a 0.35

También se puede utilizar la fórmula empírica para las trituradoras con balanceo sencillo de la mandíbula

$$N = c. A. L \text{ (Kw)} \quad \text{Ecuación 63}$$

**Tabla 7:**

Límite de resistencia y módulo de elasticidad

Material	Límite de resistencia Kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad
Basalto	2 500 - 5 000	-
Basalto en masa	300 - 1 500	-
Granito muy duro	3 500	6,1
Granito blando	500	-
Caliza	250 – 1 900	-
Cuarzo	1200 – 1 500	-
Mármol	500 – 2 500	-
Carbón de piedra	20 - 290	7.10' – 60.10'

Fuente: N°04

Recuperado de: Empresa ROTRANS S.A. Productos industriales (en línea). Disponible en: <http://rotranssa.com/rodillos>

NOTA: Los valores indicados sirven solo como orientación, pues las propiedades pueden variar.

Donde

c = coeficiente que depende de la dimensión del orificio de carga.

A y B = anchura y longitud del orificio de carga de la trituradora, cm.

Según Cappelletti, E. (1988), para las trituradoras con una dimensión del orificio menor de 250 x 400, c=1/60; desde 250 x 400 hasta 900 x 1200, c=1/100, y más de 900 x 1200, c=1/120. La potencia nominal del motor debe ser de un 50% mayor que la calculada.

**Tabla 8:**

**Peso Específico Aparente de Materiales**

MATERIAL	$\gamma_a \text{ t/m}^3$	ABRASIVIDAD
Acilla	0,55 ... 0,85	Se agarra. A veces abrasiva.
Arena seca	1,5 ... 1,6	Abrasiva.
Arena y grava	1,75 ... 2	Abrasivas.
Cal apagada	0,3 ... 0,5	Se apeloona por la presión. Sensible a la humedad.
Carbón mineral en trozos	1,2 ... 1,5	Muy abrasivo. A veces. Corrosivo si está húmedo. Polvo explosivo.
Cemento, clínas	1,2 ... 1,3	En terrones, muy abrasivo.
Ceniza seca	0,55 ... 0,65	Abrasiva. Granular.
Coque en trozos	0,45 ... 0,65	Muy abrasivo.
Cuarzo partido	1,6 ... 1,75	Muy abrasivo.
Escorias	1,2 ... 1,3	Muy abrasivas.
Grava	1,8	Abrasivas.
Mármol triturado	1,5 ... 1,6	
Mineral de cobre	2 ... 2,4	En terrones. Muy abrasivo.
Mineral de hierro	2,4	Abrasivo. A veces en grandes terrones.
Piedra arenisca partida	1,35 ... 1,55	Abrasiva.
Piedra caliza pulverizada	1,3 ... 1,4	Abrasiva. Producción de polvo.
Piedra caliza, residuos de cribado	1,4 ... 1,5	Abrasiva y pulverulenta.
Piedras clasificadas	1,3 ... 1,6	Muy abrasiva.
Piedras sin clasificar	1,4 ... 1,6	Muy abrasiva.
Sal en terrones	1,2 ... 1,45	Higroscópica. Se adhiere al hierro y al acero. Corrosiva. No es abrasiva.
Sal fina	1,2 ... 1,3	Higroscópica. Se adhiere al hierro y al acero. Corrosiva. No es abrasiva.
Sal gruesa	0,7 ... 0,8	Higroscópica. Se adhiere al hierro y al acero. Corrosiva. No es abrasiva.
Yeso calcinado	0,85 ... 1	Algo abrasivo.
Yeso en terrones	1,35	Protéjase de la humedad.

Fuente: N° 04

**2.2.13.18 Selección del motor**

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), el motor del proyecto es tomado del catálogo electrónico WEG, catálogo del cual tomaremos todas las características necesarias para los cálculos, como por ejemplo la velocidad, dimensiones de la carcasa, etc.



**Figura 30:** Motor trifásico jaula de ardilla

Fuente: N° 06

### 2.2.13.19 Selección de las correas

Para la transmisión de potencia se utilizarán correas, el cálculo estará basado en los catálogos Goodyear. Las poleas y todos los elementos necesarios para el montaje correcto del motor están especificados y dimensionados en el capítulo de cálculos.

### 2.2.13.20 Selección de rodamientos

Según Cappelletti, E. (1988), los rodamientos seleccionados para el eje como para la biela pertenecen a la marca SKF, para este catálogo electrónico los datos necesarios serán obtenidos de los cálculos del eje, provocados por los elementos que estén ensamblados a él.

### 2.2.13.21 Selección de las placas para las mandíbulas

Las placas para las mandíbulas tanto la móvil como la fija, son de Acero al manganeso. Material cuya estructura se densifica por esfuerzos de compresión poniéndose más duro con el paso del tiempo (endurecimiento por trabajo).



**Figura 31:** Placas para mandíbulas

Fuente: N° 06

**Tabla 9:**

**Peso específico aparente de materiales**

GUÍA PARA SELECCIÓN DE MANDÍBULAS							
Composición del material							
Mandíbulas	Ref.	BB 51	BB 100	BB 200	BB 300	Dureza	Composición %
	material					aprox.	
Acero al manganeso	13.401	■	■	■	■	**	C(1,3), P(0,1), S(0,04), Mn(1,3), Fe(85,06)
Acero inoxidable	14.027	■	-	-	-	35 HRC	C(0,25), Si(1), P(0,05), Mn(1), S(0,05), Cr(14,5), Fe(83,17)
	14.312	-	■	■	■	150-200 HV	C(0,12), Si(2), P(0,045), Mn(1,5), S(0,03), Cr(19,5), Ni(10), Fe(66,805)
Carburo de tungsteno		■	■	■	■	>70 HRC	WC (92), Co (8)
Óxido de circonio*		■	-	-	-	8,5 Mohs	ZrO <sub>2</sub> (94,5), Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (5,2), SiO <sub>2</sub> / MgO/ CaO/ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Na <sub>2</sub> O/ K <sub>2</sub> O(>0,3)
Acero sin metales pesados	11.750	■	■	■	■	58 HRC	C(0,82), Si(0,4), P(0,35), S(0,035), Mn(0,8), Fe(97,91)
Chapas antidesgaste							
Acero inoxidable	14.301	■	■	■	■	**	Cr(19), S(0,03), P(0,045), Mn(2), Si(1), C(0,07), Ni(10,05), Fe(67,35)
Carburo de tungsteno		■	■	■	■	>70 HRC	WC(90), Co(10)
Óxido de circonio*		■	-	-	-	8,5 Mohs	ZrO <sub>2</sub> (94,5), Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (5,2), SiO <sub>2</sub> / MgO/ CaO/ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O(<0,3)
Acero sin metales pesados	10.344	■	■	-	■	**	C(0,1), Cu(0,35), P(0,05), S(0,05), N(0,008), Mn(0,45), Fe(98,992)
	10.038	-	-	■	-	**	C(0,17), P(0,045), S(0,045), N(0,009), Mn(1,4), Fe(98,331)

Fuente: N° 04

### 2.2.13.22 Ángulo de sujeción

Coeficiente de fricción sobre acero  $f$ , durante el movimiento. Por consiguiente, el ángulo de fricción:

$$\varphi = \tan^{-1} f \quad \text{Ecuación 64}$$

### 2.2.13.23 Determinación del número de revoluciones del árbol de transmisión:

$$n = 66,5 \sqrt{\frac{tg\alpha}{s}} \text{ rev/min} \quad \text{Ecuación 65}$$

### 2.2.13.24 Determinación de la longitud de la boca.

$$L = \frac{Gtg\alpha}{60 \mu \gamma_{ans} d_f} m; \quad \text{Ecuación 66}$$

**Donde:**

$\gamma_a$  = peso específico aparente del material – grava;

Tabla 09

G = Capacidad

$\mu$  = coeficiente de porosidad  $\mu = 0,4 \div 0,6$

La longitud de la boca se verifica por la dimensión de los pedazos iniciales

$$L = m d_i + (0.15 \div 0.2) d_i \quad \text{Ecuación 67}$$

### 2.2.13.25 Altura de la pared delantera

Según Cappelletti, E. (1988),

$$H = \frac{A - d_f}{t g \alpha} \quad \text{Ecuación 68}$$

### 2.2.13.26 Cálculos de resistencia y selección de los equipos

**Determinación de la potencia del motor eléctrico.**

$$P_{max} = 13,7 \times 10^{-8} \frac{\sigma_R^2 G}{\eta E \gamma_a} \lg i \text{ kw} \quad \text{Ecuación 69}$$

**Donde:**

$\sigma_R$  = límite de resistencia del material a la compresión

E = módulo de elasticidad; para la caliza tomamos  $E = 300000 \text{ kg/cm}^2$

$G = 40 \text{ t/m}^3 = 0,002 \text{ kg/cm}^3$

$\eta$  = coeficiente de eficiencia de la trituradora  $\eta = 0,32 \div 0,35$ ;  
tomemos  $\eta = 0,33$

$$i = \frac{d_i}{d_f} \quad \text{Ecuación 70}$$

Como el cálculo de esta fórmula tiene un carácter convencional; entonces verificamos la potencia por la fórmula (Ec.63).

$$P = c AL, \quad \text{kw}$$

**Determinación de las fuerzas en los eslabones del mecanismo.**

$$P = 405L.H \quad \text{Ecuación 71}$$

**Cálculo de la transmisión por correa trapezoidal.**

**a) Determinación de la potencia del proyecto**

Según Cappelletti, E. (1988),

$$\text{Potencia del Proyecto} = F_s.P \quad \text{Ecuación 72}$$

Fs es el factor de servicio para la trituradora de mandíbulas 1.4

**b) Selección de los diámetros primitivos recomendados (Dp y dp).**

$$Dp = VR.dp \quad \text{Ecuación 73}$$

**c) Calculo de la velocidad periférica**

$$V = 0,262dp.rpm \quad \text{Ecuación 74}$$

**d) Determinación de la distancia entre centros de los ejes (C) y del largo primitivo de la correa (Lp).**

$$C_1 = \frac{Dp+3dp}{2} \quad \text{Ecuación 75}$$

$$C_3 = C_1 - \frac{[Lp]_{(calculado)} - [Lp]_{listado}}{2} \quad \text{Ecuación 76}$$

### e) Numero de correas

$$N = \frac{Hp_{proyecto}}{Hp_{efectivo}} \quad \text{Ecuación 77}$$

### f) Calculo de los momentos torsores de la correa

$$\tau = 63000 * \frac{Hp}{n_{Dp}} \quad \text{Ecuación 78}$$

### Cálculo de volante.

El grado de irregularidad de la marcha:

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_m} = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2} C_1 = \frac{Dp + 3dp}{2} \quad \text{Ecuación 79}$$

Energía

$$A_1 = J \frac{\omega_{max}^2}{2} - J \frac{\omega_{min}^2}{2} \quad \text{Ecuación 80}$$

$$A_1 = J \omega_m^2 \delta \quad \text{Ecuación 81}$$

De donde:

$$GD^2 = 4 gJ \quad \text{Ecuación 82}$$

La magnitud de la energía absorbida por el volante  $A_1$  se recomienda tomarla igual a la mitad del trabajo de trituración.

$$A_1 = \frac{A}{2} \quad \text{Ecuación 83}$$

Donde:

$\eta = 0,75$  = eficiencia del mecanismo de transmisión de la trituradora.

El peso general de las masas giratorias:

$$G_t = \frac{(GD^2)}{D_m^2} \quad \text{Ecuación 84}$$

Tomamos el peso de la polea igual al peso del volante

$$G_p = G_v \quad \text{Ecuación 85}$$

El espesor de la llanta del volante es c.

$$G_V = \pi D_m \cdot c \cdot B \cdot \gamma \quad \text{Ecuación 86}$$

$$\tau = 63000 * \frac{H_p}{n_{Dp}} \quad \text{Ecuación 87}$$

### Cálculo del dispositivo de protección y placas de apoyo.

#### Placas de apoyo:

$$\sigma = \frac{p_s}{a_t} \quad \text{Ecuación 88}$$

#### Dispositivos de Protección:

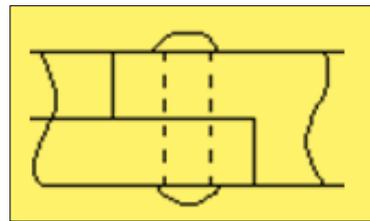


Figura 32: Dispositivo de Protección

Fuente: N° 07

Según Cappelletti, E. (1988), la biela, el cuerpo de la mandíbula móvil y el conjunto de regulación de la abertura están unidos entre sí mediante placas articuladas.

Una de las placas, la que une la biela con la mandíbula móvil desempeña el papel de dispositivo de protección. Esta se compone de dos partes que se unen mediante remaches.

Cuando caen pedazos no triturables surge una fuerza que excede la admisible, los remaches se rompen.

$$d = 0.022\text{m}$$

Resistencia a la cortante en conexiones tipo aplastamiento (MAC'ORMAC)

$$[\tau] = 25 \text{ ksia} \quad \text{Ecuación 89}$$

$$Ac = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{Ecuación 90}$$

### Cálculo del árbol excéntrico:

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), el árbol se calcula como una viga colgada libremente en dos apoyos. La fuerza en el árbol debido a la transmisión por correa:

$$\tau = 63000 * \frac{Hp}{n_{dp}} \quad \text{Ecuación 91}$$

$$F_c = 1.5 * F_n \quad \text{Ecuación 92}$$

### Cálculo de las chavetas para el eje

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), la tabla proporciona las dimensiones que se prefieren para chavetas paralelas con una función del diámetro del eje, como se especifica en la norma ANSI B 17.1-1967.

Para la longitud de la chaveta:

$$L = \frac{4TN}{DWS_y} \quad \text{Ecuación 93}$$

Según la norma las chavetas se deben fabricar casi siempre de acero extruido en frio al bajo carbono.

### Cálculo del eje de la mandíbula móvil:

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), el eje de la mandíbula se calcula a la flexión como una viga que se descansa en dos apoyos y que están cargadas con la fuerza R/2.

La fuerza resultante de  $P_2$  y  $P_3$  es la fuerza R.

$$R = \sqrt{P_2^2 + P_3^2} \quad \text{Ecuación 94}$$

$$S_e = S_e' K_a K_b K_c K_d K_e$$

$$d^3 = \frac{35n_d}{\pi} \left[ \left( \frac{M_a}{S_e} \right)^2 + \left( \frac{T_m}{S_{ut}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 95}$$

Como  $T_m=0$

$$d^3 = \frac{35n_d}{\pi} \left[ \left( \frac{M_a}{S_e} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 96}$$

**Verificación del árbol excéntrico y del eje de la mandíbula móvil:**

### Verificación a la rigidez (eje excéntrico)

Deflexión debida a la carga radial

$$Y_1 = WrL^3 / 48EI \quad \text{Ecuación 97}$$

**Donde:**

Momento de inercia:  $I = \pi d^4 / 64$

$$I = \pi d^4 / 64 \quad \text{Ecuación 98}$$

Longitud del eje: L

Deflexión debida a la carga tangencial:  $Y_2=0$  in.

Deflexión total:  $Y_{total} = (Y_1^2 + Y_2^2)^{\frac{1}{2}}$

Verificación a la rigidez (eje de la mandíbula móvil).

Deflexión debida a la carga radial:

$$Y_1 = WrL^3 / 48EI \quad \text{Ecuación 99}$$

### Cálculo de la Mandíbula móvil a la Resistencia:

Momento de Inercia de la Mandíbula.

$$J_{x-y} = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad \text{Ecuación 100}$$

$$\sigma_{flex} = \frac{M_n * x}{J_{x-y}} \quad \text{Ecuación 101}$$

### Cálculo del Muelle Tensor:

Según Durán, A. & Fueyo, L. (2007), cuando se regula la abertura mediante la cuña, las placas separadoras colocadas libremente en los asientos pueden caer, si con alguna fuerza no se mantiene un sistema forzado cerrado. Esta fuerza es el peso de la mandíbula móvil situada inclinada y que trata de ocupar una posición vertical. Como esta fuerza puede resultar insuficiente, generalmente se instalan muelles tensores (resortes).

$$K_s = \frac{2c+1}{2c} \quad \text{Ecuación 102}$$

$$k_s = 1.08 \quad \text{Ecuación 103}$$

$$K = \frac{d^4 * G}{8 * D^2 * Na} \quad \text{Ecuación 104}$$

### 2.3 Definición conceptual de la terminología empleada:

**Analizar:** Capacidad humana que nos permite estudiar un todo cualquiera, en sus diversas partes componentes, en busca de una síntesis o comprensión o de sus razón de ser.

**Cálculo:** es la acción o el resultado correspondiente a la acción de calcular.

**Calcular,** por su parte, consiste en realizar las operaciones necesarias para prever el resultado de una acción previamente concebida, o conocer las consecuencias que se pueden derivar de unos datos previamente conocidos.

Según Cappelletti, E. (1988), **diseño:** se define como el proceso previo de configuración mental, "pre-figuración", en la búsqueda de una solución en cualquier campo.

Gravedad: en física, es una de las cuatro interacciones fundamentales. Origina la aceleración que experimenta un objeto en las cercanías de un objeto astronómico. También se denomina fuerza gravitatoria, fuerza de gravedad, interacción gravitatoria o gravitación.

Industria: es el conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados, de forma masiva.

Chancadora de Mandíbulas Primaria: Máquina empleada para triturar piedra por medio de dos mandíbulas una fija y una móvil.

Chancado: es de uso común, se refiere a la trituración y a la dispersión del material sólido.

Presión: es una magnitud física escalar que mide la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

# **CAPITULO III**

## **MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Tipo y diseño de Investigación**

#### **Investigación tecnológica aplicada:**

La investigación tecnológica aplicada es aquella que genera conocimientos o métodos dirigidos al sector productivo de bienes y servicios, ya sea con el fin de mejorarlo y hacerlo más eficiente, o con el fin de obtener productos nuevos y competitivos en dicho sector; conduciendo a la innovación. Hernández Sampieri, Roberto. (2015).

Así mismo es la organización y aplicación de conocimientos para el logro de fines prácticos; influyen manifestaciones físicas como las máquinas y herramientas, pero también técnicas intelectuales y procesos utilizados para resolver problemas y obtener resultados.

La investigación tecnológica aplicada nos conduce al desarrollo industrial, siendo así el ingrediente vital para la innovación.

### **3.2 Población y Muestra**

#### **3.2.1 Población**

La población la constituyen las empresas industriales a nivel de la región Lambayeque dedicadas al chancado de la piedra para producir agregado de Construcción, son un aproximado de 17 empresas.

#### **3.2.2 Muestra**

La muestra será una porción de esta población suficiente para el objetivo de la presente investigación.

La porción de la población la constituyen tres empresas formales del sector construcción pertenecientes también al mercado lambayecano que son Piedra Azul S.R.L, Chancadora del Norte S.A.C, Chancadora Oriental S.A.C ya que estas cumplen con sus respectivas normas de seguridad, cuentan con diseños bien estructurados, para capacidades específicas; tienen un plan de mantenimiento conforme a diseño de equipos y son las de mayor producción en la región.

La técnica usada en la presente tesis es la probabilística deliberado, ya que consiste en seleccionar la muestra de forma deliberada porque

los sujetos poseen las características necesarias para la investigación. Los resultados son difíciles de generalizar. Hernández Sampieri, Roberto. (2015).

### **3.3 Hipótesis**

Si diseñamos una máquina chancadora de Piedra eficiente de 40 Tn/h mediante el cálculo de esfuerzo, resistencia, presión entonces obtendremos agregado normalizado de calidad.

### 3.4 Variables

Cuadro de variables independientes:

VARIABLES	INDICADORES	SUBINDICADORES	INDICES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
CHANCADORA DE PIEDRA	NORMAS DE DISEÑO	<i>Software de diseño</i>		Observación	Hoja de cálculo
	ISO	Análisis de esfuerzo, deformación y fatiga		Observación	Hoja de cálculo

Cuadro de variables dependientes:

VARIABLES	INDICADORES	SUBINDICADORES	INDICES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	
PIEDRA CHANCADA	VOLUMEN		m <sub>3</sub>	Observación		
	PROPIEDADES TÉRMICAS	Calor específico		Observación	Hoja de cálculo	
		Conductividad térmica		Observación	Hoja de cálculo	
	FLUJO MÀSICO SALIDA			m <sup>3</sup>	Observación	Hoja de cálculo
				ω	Observación	Hoja de cálculo
	PROPIEDADES FÍSICAS	Dureza			Observación	Hoja de cálculo
		Tenacidad			Observación	Hoja de cálculo
	Desplazamiento		m	Observación	Hoja de cálculo	

### 3.5 Métodos y técnicas de investigación

#### 3.5.1 Métodos

##### **Método analítico:**

Se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado. Consiste en la extracción de las partes de un todo, con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado, para ver, por ejemplo las relaciones entre las mismas. Hernández Sampieri, Roberto. (2015).

Estas operaciones no existen independientes una de la otra; el análisis de un objeto se realiza a partir de la relación que existe entre los elementos que conforman dicho objeto como un todo; y a su vez, la síntesis se produce sobre la base de los resultados previos del análisis.

##### **Método sistémico:**

Está dirigido a modelar el objeto mediante la determinación de sus componentes, así como las relaciones entre ellos. Esas relaciones determinan por un lado la estructura del objeto y por otro su dinámica. Hernández Sampieri, Roberto. (2015).

##### **Métodos Empíricos:**

Definidos de esa manera por cuanto su fundamento radica en la percepción directa del objeto de investigación y del problema.

#### 3.5.2 Técnicas

##### **Entrevista**

La entrevista es una técnica de recopilación de información mediante una conversación profesional, con la que además de adquirirse información acerca de lo que se investiga, tiene importancia desde el punto de vista educativo; los resultados a lograr en la misión dependen en gran medida del nivel de comunicación entre el investigador y los participantes en la misma.

### **Encuesta:**

La encuesta es una técnica de adquisición de información de interés sociológico, mediante un cuestionario previamente elaborado, a través del cual se puede conocer la opinión o valoración del sujeto seleccionado en una muestra sobre un asunto dado. En la encuesta a diferencia de la entrevista, el encuestado lee previamente el cuestionario y lo responde por escrito, sin la intervención directa de persona alguna de los que colaboran en la investigación. Hernández Sampieri, Roberto. (2015).

### **Observación:**

La tarea de observar no es una percepción pasiva de hechos, situaciones o cosas, es una percepción *activa* lo cual significa concretamente un ejercicio constante encaminado a seleccionar, organizar y relacionar los datos referentes a nuestro problema. No todo lo que aparece en el campo del observador tiene importancia y, si la tiene, no siempre en el mismo grado; no todos los datos se refieren a las mismas variables o indicadores y es preciso estar alerta para discriminar adecuadamente todo este conjunto posible de informaciones. Hernández Sampieri, Roberto. (2015).

## **3.6 Descripción de instrumentos utilizados:**

Lo medios más comúnmente utilizados para registrar informaciones fueron:

### **Cuaderno de campo:**

Un cuaderno de campo es una herramienta usada por investigadores de varias áreas para hacer anotaciones cuando ejecutan trabajos de campo.

### **Computadoras:**

Es una máquina electrónica que recibe y procesa datos para convertirlos en información útil.

### **Lapiceros:**

Barra de diferentes sustancias y colores que se utiliza para escribir o rayar.

### **Cámara fotográfica:**

Una cámara fotográfica es un dispositivo utilizado para capturar imágenes fotografías.

### **Filmadora:**

Una filmadora es un dispositivo utilizado para filmar objetos en movimiento.

### **Impresora:**

Es un periférico de ordenador que permite producir una copia permanente de textos o gráficos de documentos almacenados en formato electrónico, imprimiéndolos en medios físicos, normalmente en papel o transparencias, utilizando cartuchos de tinta o tecnología láser.

## **3.7 Análisis estadístico e interpretación de los datos**

El método utilizado en la población y muestra es el método de encuestas (la encuesta se muestra en el anexo N° 8), el cual nos ayudó a conseguir la información deseada para empezar a desarrollar nuestro proyecto en base a los datos obtenidos: Hernández Sampieri, Roberto. (2015).

## **3.8 Método de encuestas:**

La encuesta sería el "método de investigación capaz de dar respuestas a problemas tanto en términos descriptivos como de relación de variables, tras la recogida de información sistemática, según un diseño previamente establecido que asegure el rigor de la información obtenida". De este modo, puede ser utilizada para entregar descripciones de los objetos de estudio, detectar patrones y relaciones entre las características descritas y establecer relaciones entre eventos específicos.

- a) En relación a su papel como método dentro de una investigación, las encuestas pueden cumplir tres propósitos:

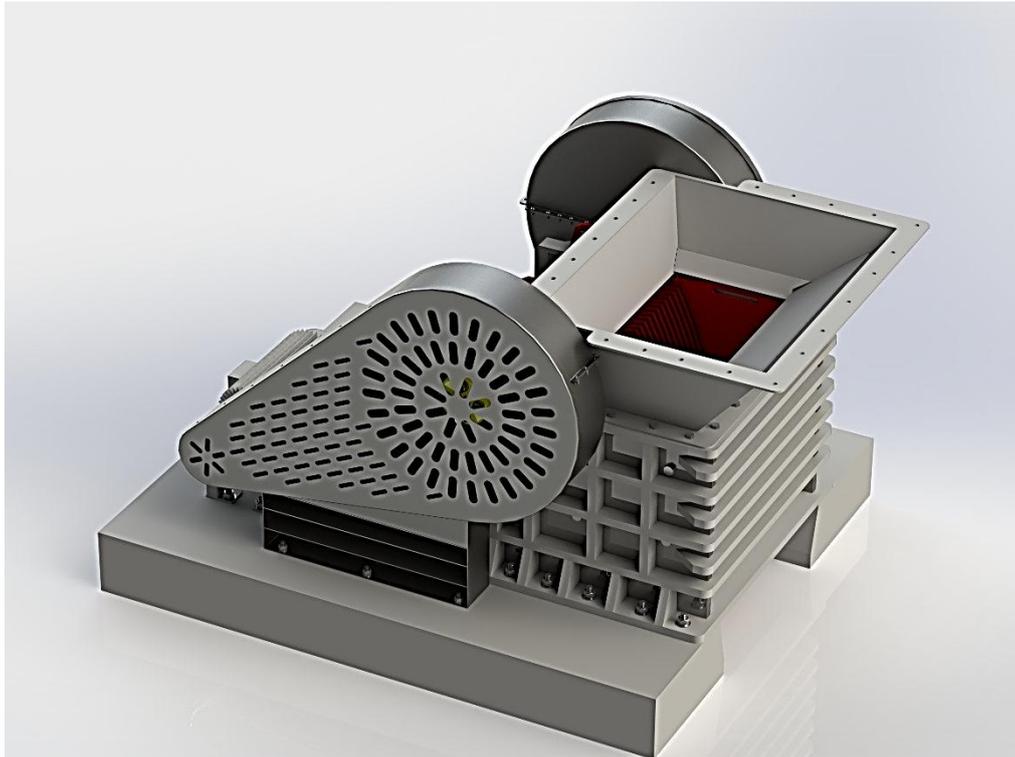
- b) Servir de instrumento exploratorio para ayudar a identificar variables y relaciones, sugerir hipótesis y dirigir otras fases de la investigación
- c) Ser el principal instrumento de la investigación, de modo tal que las preguntas diseñadas para medir las variables de la investigación se incluirán en el programa de entrevistas.
- d) Complementar otros métodos, permitiendo el seguimiento de resultados inesperados, validando otros métodos y profundizando en las razones de la respuesta de las personas.

# **CAPITULO IV**

## **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**

#### 4.1 Propuesta de la investigación.

Como primer paso en el diseño de detalle es necesario tener una idea clara de la máquina que se ha diseñado, es de esta manera como se desarrolló un esquema general de la máquina chancadora de piedra, donde se muestran los principales elementos que la conforman y la función que tiene cada uno de estos elementos.



Esta máquina tiene la capacidad de producción de 40 TN/HR, también tendrá la capacidad de ajustarse según las necesidades del productor, ya que este podrá variar el número de tamaños a triturar.

#### 4.2 Selección de material del sistema de chancado.

Dado que el piedra es un producto duro para su manejo, se decidió escoger un material que tiene contacto con la piedra hierro colado que cubrirá las partes de contacto, dentadura móvil, dentadura fija y dentadura lateral con el objetivo de triturar dicho material, en el proceso de chancado, ya que como es sabido al golpear de manera importante la piedra tiende a romperse, dicho producto lo cual rompe el tamaño en pedazos más pequeños, con esto se

garantiza la calidad del chancado, ya que podría estar chancando de manera equivocada dañando la estructura de la chancadora de piedra.

Por esta razón, se decidió escoger los materiales antes mencionados, ya que parte importante del diseño de cualquier máquina con funciones similares, es seleccionar el material de acuerdo a los parámetros requeridos pero también es importante que durante el proceso de chancado se mantenga la calidad de chancado, he ahí la importancia de escoger los materiales correctos para lograr la mayor calidad, eso que los diseñadores de este tipo de máquinas deben cuidar minuciosamente el aspecto físico del producto.

# **CAPITULO V**

## **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

## 5.1 Determinación de parámetros

Para determinar los parámetros de entrada del proyecto, nos basaremos en la realidad del medio, en el cual se procesan pequeñas y medianas cantidades de grava.

La producción está estimada en 40 t/hr., este dato se justifica debido a la alta demanda de material, una gran cantidad de proyectos se están encarando y se espera que en el transcurso de los meses la demanda se eleve aún más, entonces se considera esta productividad como aceptable tratando de diseñar una máquina capaz de soportar altas cargas sin presentar ningún problema, evitar el desabastecimiento y generar una mayor ganancia que la lograda con los procedimientos actuales.

## 5.2 Determinación de las dimensiones principales

### Determinación del ancho de la boca de la trituradora.

El ancho de la boca de la trituradora generalmente se toma 15 – 20% mayor que el pedazo más grande.

$$A = (1,15 \div 1,2) d_{\max} = 1,2 \times 350 = 420\text{mm.}$$

### Determinación del recorrido de la mandíbula en la parte inferior.

Generalmente el recorrido de la mandíbula se toma desde 0,005m hasta 0,03m y debe ser pequeño en comparación con el diámetro del pedazo saliente.

Tomamos  $s = 0.009 \text{ m}$

### Ángulo de sujeción.

Por la tabla 6, para el material grava tenemos el coeficiente de fricción sobre acero  $f = 0,58$  durante el movimiento.

Por consiguiente, el ángulo de fricción:

$$\varphi = \text{arc tg } f = \text{arc tg } 0,58 = 30^\circ$$

Ángulo de sujeción  $\alpha \leq 2 \varphi = 60^\circ$

Tomamos  $\alpha = 20^\circ$

### Determinación del número de revoluciones del árbol de transmisión:

Por la fórmula (Ecuación 65) tenemos:

$$n = 66,5 \sqrt{\frac{tg\alpha}{s}} rev/min \qquad n = 66,5 \sqrt{\frac{tg20^\circ}{0,009}} = 423 rev/min$$

### Determinación de la longitud de la boca.

Por fórmula tenemos:

$$L = \frac{Gtg\alpha}{60\mu\gamma_a n s d_f} m;$$

$\gamma_a$  = peso específico aparente del material – grava; por la Tabla 9

$$\gamma_a = 1600 \div 2000 \text{ kg/m}^3.$$

$$\text{Tomamos } \gamma_a = 1.8 \text{ t/m}^3.$$

$$G = 40 \text{ t/hr.}$$

$$\mu = \text{coeficiente de porosidad } \mu = 0,4 \div 0,6$$

$$\mu = 0,6$$

$$s = 0,009m.$$

$$d_f = 50 \text{ mm.}$$

Entonces:

$$L = \frac{40 \cdot tg20^\circ}{60 * 0,6 * 1.8 * 423 * 0,009 * 0,1} = 1,18 \text{ m}$$

$$L = 1180 \text{ mm}$$

La longitud de la boca se verifica por la dimensión de los pedazos iniciales

$$L = m d_i + (0,15 \div 0,2)d_i$$

$$L = 1.6 \times 350 + (0,15 \div 0,2)350 \text{ mm}$$

$$L = 1200 \text{ mm}$$

Tomamos  $L = 610 \text{ mm}$ .

### Altura de la pared delantera:

Por ser  $D_f$  el diámetro final que se va a triturar  $50 \text{ mm}$

$$H = \frac{A - d_f}{tg \alpha} = \frac{420 - 50}{tg 20^\circ} = 1016 \text{ mm}$$

Por lo tanto tomamos

$$H = 1020 \text{ mm}$$

$$H = 1,2 \text{ m}$$

$$e' = 10 \text{ mm}$$

## 5.3 Cálculos de resistencia y selección de los equipos:

### Determinación de la potencia del motor eléctrico.

$$P_{max} = 13,7 \times 10^{-8} \frac{\sigma_R^2 G}{\eta E \gamma_a} \lg i \text{ kw}$$

**Donde:**

$\sigma_R$  = límite de resistencia del material a la compresión; para la grava tenemos:

$$\sigma_R = 250 \div 1900 \text{ kg/cm}^2; \text{ tomamos:}$$

$$\sigma_R = 1000 \text{ kg/cm}^2;$$

$$\gamma_a = 1.8 \text{ t/m}^3 = 0.0018 \text{ kg/cm}^3$$

$E$  = módulo de elasticidad; para la caliza tomamos  $E = 300000 \text{ kg/cm}^2$ ;

$$G = 40 \text{ t/m}^3 = 0,04 \text{ kg/cm}^3$$

$$i = \frac{d_i}{d_f} = \frac{350}{38} = 9.21$$

$\eta$  = coeficiente de eficiencia de la trituradora  $\eta=0,32 \div 0,35$ ; tomemos  $\eta=0,33$

Como el cálculo de esta fórmula tiene un carácter convencional; entonces verificamos la potencia por fórmula:

$$P = c AL, \text{ kw}$$

**Donde:**

$$c = \frac{1}{100} \text{ Para trituradoras con dimensiones de los orificios de } 180 \times 510.$$

$$\text{Entonces } P = \frac{42 \times 120}{100} = 50,4 \text{ kw}$$

La potencia establecida debe ser un 50% mayor que la de cálculo.

$$P_o = 1,5 P = 1,5 * 50,4 = 75,6 \text{ kw}$$

Tomamos el motor del catálogo electrónico WEG (Pagina 44 catálogo)

$$P = 75 \text{ kw} \quad n = 1780 \text{ rpm}$$

### **Determinación de las fuerzas en los eslabones del mecanismo.**

Fuerzas de distribución por la fórmula:

$$P = 405 (L) (H)$$

$$P = 405 * (1,2) * (1,2)$$

$$P = 495,72 \text{ ton.}$$

Fuerza  $P_4$

$$P_4 = \frac{BP \cos \alpha}{a + b} = \frac{27,5 \times 69,5 \times \cos 20^\circ}{22,5 + 27,5} = 35,9 \text{ t}$$

Fuerzas  $P_2$  y  $P_3$

$$P_2 = P \sin \alpha = 259.4 \sin 20^\circ = 88.72 \text{ t}$$

$$P_3 = \frac{aP \cos \alpha}{a + b} = \frac{22,5 \times 69.5 \times \cos 20^\circ}{22,5 + 27,5} = 29.4 \text{ t}$$

Fuerza en la biela:

$$P_5 = \frac{38,4 \operatorname{sen}[180 - (\beta + \gamma)]}{\operatorname{sen}\gamma}$$

El ángulo de inclinación de la placa articulada (máximo) se toma  $\beta = 82^\circ$

Tomamos también  $\gamma = \beta = 82^\circ$ ;

Entonces:

$$P_5 = \frac{35.9 \operatorname{sen}[180 - (82 + 82)]}{\operatorname{sen} 82} = 10 \text{ t}$$

Fuerza  $P_6 =$  en la placa de separación derecha.

$$P_6 = \frac{P_5 \operatorname{sen}\beta}{\operatorname{sen}[180^\circ - (\beta + \gamma)]} = \frac{10 \operatorname{sen}82^\circ}{\operatorname{sen}[180^\circ - (82 + 82)]} = 35.9 \text{ t}$$

### **Cálculo de la transmisión por correa trapezoidal.**

Para la potencia de  $P = 75 \text{ kW}$  que equivale a  $100 \text{ HP}$  con  $n = 1780 \text{ RPM}$ . Para motor eléctrico del tipo de jaula de ardilla, con par de arranque normal, (Apéndice1).

De la tabla (Anexo 6), el factor de servicio es  $f.s = 1,4$

Luego la potencia de diseño es:

$$HP_{dis} = f.s \times \text{Potencia motor} = 1,4 \times 100 = 140 \text{ HP}$$

De la fig. #1, con  $140 \text{ HP}$  y  $1780 \text{ RPM}$  se tiene Sección de la faja “C”

De la tabla #3, para secciones estándares de fajas y diámetros de paso mínimos de las poleas se tiene:

Sección “C” luego  $9" \leq d \leq 12"$  o  $229 \leq d \leq 305 \text{ mm}$

Para el cálculo de la relación de transmisión ©

$$i = \frac{RPM \text{ motor}}{RPM \text{ chancadora}} = \frac{1780}{423} = 4,2$$

Considerando el diámetro promedio dentro del rango recomendado de diámetros de paso se tiene  $d = 10,5 \text{ plg}$  luego  $D = i \times d = 4,2 \times 10,5 = 44,1 \text{ plg}$ .

Por teoría de fabricantes de fajas trapezoidales establecen que por lo menos uno de los diámetros de paso debe ser estándar, siendo el más indicado el de mayor diámetro, la polea estándar más próxima para la de mayor diámetro es según Tabla (Anexo 7) es  $D = 44 \text{ plg}$ .

Luego el diámetro para la polea menor es:

$$d = \frac{D}{i} = \frac{44}{4,2} = 10,47 \text{ plg}.$$

$$\therefore d = 10,47 \text{ plg.} \quad y \quad D = 44 \text{ plg}.$$

Asumir en forma tentativa una distancia entre centros, en caso de no existir restricción de ella, se puede tomar el mayor valor de las siguientes expresiones:

$$C \geq \frac{D + 3d}{2} \quad o \quad C \geq D$$

Para la primera expresión

$$C \geq \frac{44 + 3 \times 10,47}{2} = 37,7 \text{ plg}.$$

Para la segunda expresión:

$$C \geq 44 \text{ plg}.$$

$$\therefore \text{Elegir } C = 45 \text{ plg}.$$

Con esta distancia entre centros selecciono la longitud aproximada de la faja.

Evaluando la expresión:

$$L_A = 2C + 1,65(D + d)$$

$$L_A = 2 \times 45 + 1,65(44 + 10,47) = 179,87 \text{ plg}.$$

Se escoge la longitud más próxima a la calculada de la tabla (Anexo 8)

La longitud más próxima es:

$L = 182,9 \text{ plg.}$  Que corresponde a la faja C180, con factor de corrección por longitud de faja  $K_L = 1,05$

Luego se calcula la distancia entre centros reales o correctos con la longitud real de la faja de:

$$L_{real} = 2C + \frac{\pi}{2}(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

Reemplazando.

$$182,9 = 2C + \frac{\pi}{2}(44 + 10,47) + \frac{(44 - 10,47)^2}{4C}$$

Despejando C, se halla

$$C = 45,61 \text{ plg.}$$

El factor de corrección por ángulo de contacto ( $K_\theta$ ) se obtiene a partir de la relación  $\frac{D-d}{c}$ , yendo a la tabla (Anexo 9), se obtiene:

$$K_\theta = 0,88$$

La potencia por faja dada por el fabricante de la tabla (Anexo 10), con  $d = 10,47 \text{ plg.}$  y  $n = 1780 \text{ RPM}$  luego

$$Pot_{tabla} = 17,4 \text{ HP}$$

Por la relación de transmisión calculamos una potencia adicional  $\Delta HP$ , de tabla (Anexo 11) con faja sección “C” y relación de transmisión  $i = 4,2$  el factor de potencia es:

$$\Delta HP = 0,1182 \times \frac{1780}{100} = 2,1 \text{ HP}$$

La potencia que puede transmitir una faja de sección “C” a condiciones reales es:

$$Pot/faja = (Pot_{tabla} + \Delta HP)K_{\theta}K_L$$

$$= (17,4 + 2,1)0,88 \times 1,05 = 18HP$$

Calculando la cantidad necesaria de fajas para la transmisión como:

$$\#de\ fajas = \frac{Pot_{dis}}{Pot/faja} = \frac{140}{18} = 7,7$$

∴ Se necesita 8 fajas C180, D=44 plg y d=10,47 plg, separados con  $C = 45,61\ plg$ .

Dimensiones de los canales para poleas de faja “V” estándar

Para Sección C, según tabla (Anexo 14)

$$J = 0,2187\ plg ; M = 1\ plg ; N = \frac{11}{16}\ plg$$

Se tiene:

$$d_{ext} = d + 2J = 10,47 + 2(0,2187) = 10,907\ plg$$

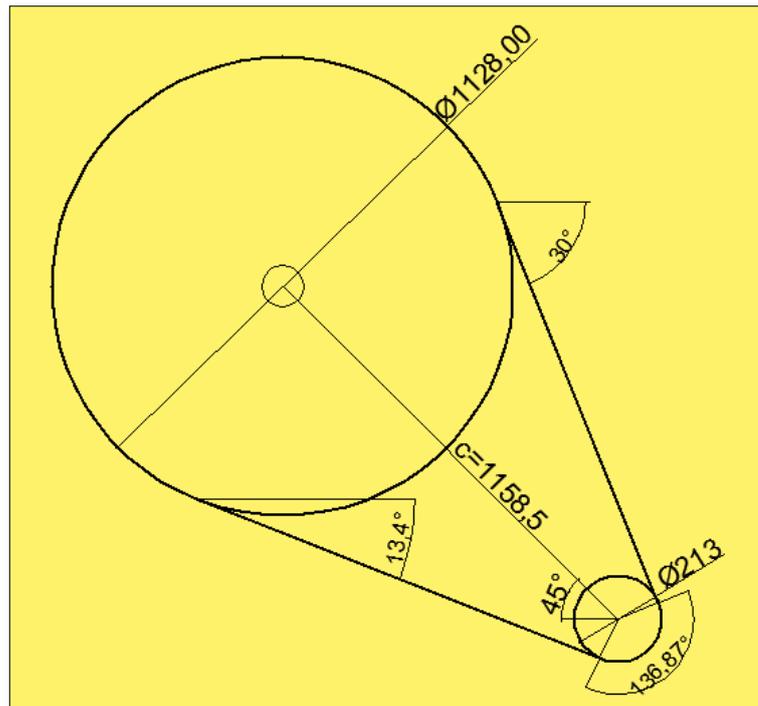
$$D_{ext} = D + 2J = 44 + 2(0,2187) = 44,437\ plg$$

$$Ancho\ Polea = 7M + 2N = 7(1) + 2\left(\frac{11}{16}\right) = 8,375\ plg$$

### **Cálculo de Tensiones en los ramales de las correas trapezoidales**

Estas Tensiones actuarán sobre el eje de la chancadora produciendo flexión y se evalúan de la siguiente manera.

Haciendo el esquema de cálculo con los diámetros de paso de las poleas y la distancia entre centros real.



**Figura 33:** Esquema de cálculo

Fuente: Propia

$\theta$ : ángulo de contacto

$$\theta = 180 - 2 \arcsen \left( \frac{D - d}{2C} \right) = 136,87^\circ \approx 2,387 \text{ rad}$$

Cálculo de  $F_1$  y  $F_2$

Se cumple que  $F_1 - F_2 = F_t$  (fuerza tangencial) --- I

Y que

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\frac{f\theta}{\text{sen}\frac{G^\circ}{2}}}$$

**Donde:**

f: coeficiente de fricción entre el material de la faja (caucho) y material de polea (acero) luego de tabla #2,  $f = 0,3$

$G^\circ$ : Angulo de garganta de polea motriz tabla #14 luego  $G^\circ = 36^\circ$

Luego:

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\frac{0,3 \times 2,387}{\sin \frac{36^\circ}{2}}} = 10,15$$

Así  $F_1 = 10,15 F_2$  ---- II

Fuerza Tangencial ( $F_t$ )

$$F_t = \frac{2T}{d} = \frac{2 \left[ \frac{63000 \times 100HP}{1780 RPM} \right]}{10,47 plg} Lbs$$

Luego  $F_t = 676 Lbs \approx 307 kg$

Por lo que:  $F_1 = 340,5 kg$

$$F_2 = 33,5 kg$$

Estas tensiones se aplican en el centro de cada polea

### Calculo del peso de la polea conducida

$$W_{polea\ conducida} = \gamma_{acero} \times V_{material\ de\ polea}$$

$$V_{material\ de\ polea} = \text{Volumen del material de la polea}$$

$$= A_{base} \times h_{altura} = \frac{\pi D}{4} \times Ancho_{polea}$$

$$= \frac{\pi(11,17 dm)^2}{4} \times 2,13 dm = 208 dm^3$$

$$\gamma_{acero} = \text{Peso específico del acero} = 7,86 \frac{kg}{dm^3}$$

$$W_{polea\ conducida} = 7,86 \frac{kg}{dm^3} \times 208 dm^3 = 1637 kg$$

Considerando solo el 40% del total del peso que tendría la polea si fuera toda sólida, porque la polea debe tener agujero para el eje y vaciado en ambos lados de las caras, así también los ocho canales para las fajas, todo esto alivia peso, por lo que se tiene:

$$W_{polea \text{ en el eje}} = 0,4 (1634) = 653$$

∴ Considerando 640 kg.

### Cálculo de Volante.

El grado de irregularidad de la marcha:

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_m} = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2}$$

Energía

$$A_1 = J \frac{\omega_{max}^2}{2} - J \frac{\omega_{min}^2}{2}$$

$$A_1 = J \omega_m^2 \delta = \frac{J \pi^2 n^2 \delta}{900} ; J = \frac{GD^2}{4g}$$

De donde:

$$GD^2 = 4gJ = \frac{4g \cdot 900 A_1}{\pi^2 n^2 \delta} = \frac{3600 A_1}{n^2 \delta}$$

La magnitud de la energía absorbida por el volante  $A_1$  se recomienda tomarla igual a la mitad del trabajo de trituración.

$$A_1 = \frac{A}{2} = \frac{2250 \times N_m \times \eta}{n} \text{ kg}$$

Donde  $\eta = 0,75$  = eficiencia del mecanismo de transmisión de la trituradora.

El grado de irregularidad se toma  $\delta = 0,02$

Entonces sustituyendo tenemos:

$$GD^2 = \frac{8,1 \times 10^6 N_m \eta}{n^3 \delta} = \frac{8,1 \times 10^6 \times 100 \times 0,75}{423^3 \times 0,02} = 400$$

Tomamos el ancho del volante  $B = 125 \text{ mm}$

Tomamos el diámetro medio de la polea

$$D_m = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$$

El peso general de las masas giratorias:

$$G_t = \frac{(GD^2)}{D_m^2} = \frac{400}{0,57^2} = 800 \text{ kg}$$

Tomamos el peso de la polea igual al peso del volante

$$G_p = G_v = \frac{800 \text{ kg}}{2} = 400 \text{ kg.}$$

El espesor del volante es c:

$$G_v = \pi D_m c B \gamma$$

**Donde:**

$\gamma = 7800 \text{ kg/m}^3 \approx$  peso específico del hierro fundido.

$$c = \frac{G_v}{\pi D_m B \gamma} = \frac{400}{\pi * 0,5 * 0,21 * 7800}$$

$$c = 0,155\text{m.}$$

$$c = 15 \text{ mm.}$$

Tomamos  $c = 16 \text{ mm}$

$$D_e = 500 \text{ mm} + 16 \text{ mm} = 516 \text{ mm.}$$

$$D_i = 500 \text{ mm} - 16 \text{ mm} = 499 \text{ mm.}$$

### Cálculo de la biela

$$A = (300 - 18) * 15 * + (18 * 80) = 5670 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{10000 \text{ kg}}{5670 \text{ mm}^2} = 1,76 \text{ kg/mm}^2 = 17,28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 17,28 \text{ [MPa]}$$

### Acero AISI 1015 SWQT 350

$$\sigma_{tc} = 731 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{tc} > \sigma_t$$

### Cálculo de placas de apoyo

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{35900 \text{ kg}}{440\text{mm} * 9.525\text{mm}} = 94.23 \text{ kg/mm}^2 = 923.41 \text{ MPa}$$

Acero AISI 1022 SWQT 350

$$\sigma_{ac-tr} = 931 \text{ MPa}$$

$$\sigma < \sigma_{ac}$$

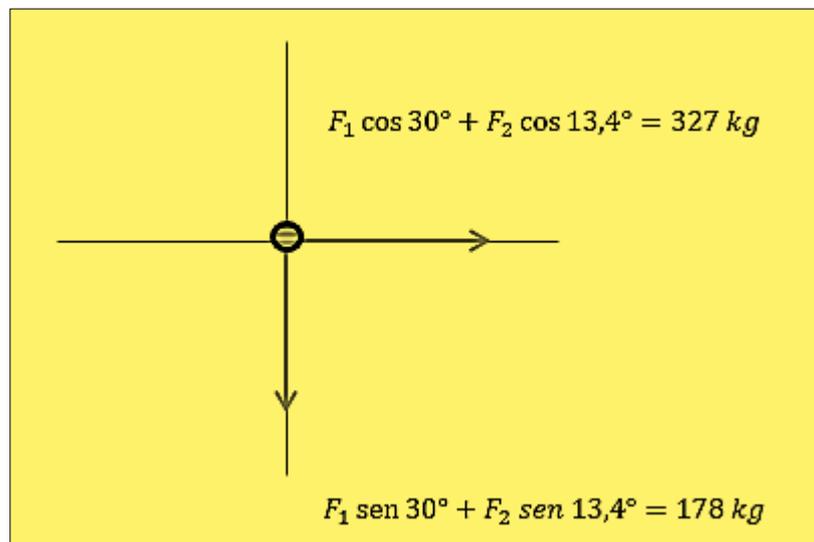
### Cálculo del Árbol Excéntrico:

El árbol se calcula como una viga colgada libremente en dos apoyos.

Las fuerzas en el árbol se determinaron por medio de las tensiones en la transmisión por correas. Las cuales son:

$$F_1 = 340 \text{ kg y } F_2 = 33 \text{ kg}$$

Descomponiendo en componentes horizontal y vertical sobre el eje se tiene:



**Figura 34:** Tensiones y cargas en el eje

Fuente: Propia

Que son fuerzas aplicadas en la polea conducida que afectan en el eje de la chancadora, además este eje soportara el peso de la polea y volante, aplicadas en sus extremos.

Considerando el peso propio del eje se tiene las siguientes cargas en cada uno de los planos horizontal y vertical.

Siendo estas:

$W_p$ : Peso de la polea

$W_e$ : Peso propio del eje (asumiendo

$W_v$ : Peso de la volante

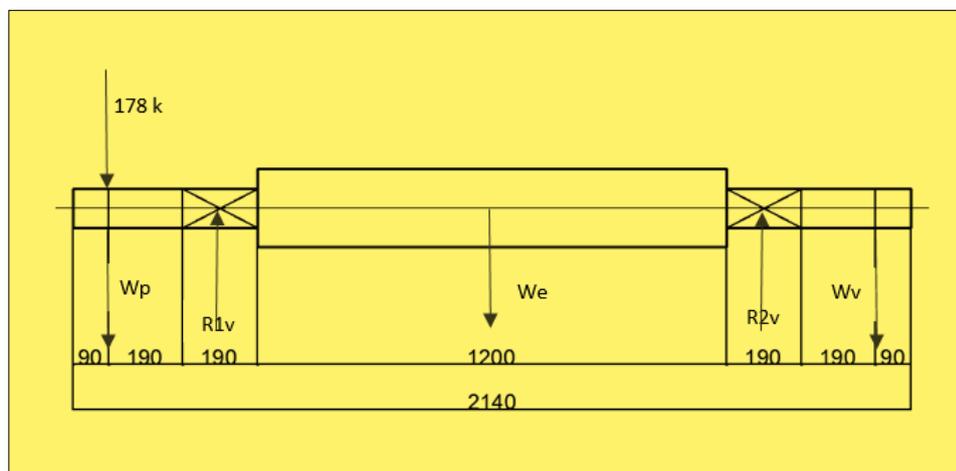
$R_{1V}$ : Reacción vertical en el apoyo 1.

$R_{1N}$ : Reacción horizontal en el apoyo 1.

$R_{2V}$ : Reacción vertical en el apoyo 2.

$R_{2N}$ : Reacción horizontal en el apoyo 2.

### Cargas que actúan el plano vertical:



**Figura 35:** Cargas en el eje PLANO VERTICAL

Fuente: Propia

**Calculo de las reacciones Verticales en los apoyos 1 y 2 con  $\sum F_V = 0$**

$$R_{1V} + R_{2V} = 178 + w_p + w_e + w_v = 1478 \text{ kg.}$$

Luego  $R_{1V} + R_{2V} = 1478 \text{ kg.}$

$$\sum \overset{\sim}{M}_1 = 0$$

$$-178 \times 190 - 640 \times 190 + 210 \times 1390 - R_{2V} \times 1580 + 450 \times 1770 = 0$$

$$\therefore R_{2V} = 590 \text{ kg}$$

$$R_{1V} = 888 \text{ kg.}$$

### Calculo del momento máximo en el plano vertical

Sección 1:  $M_1 = 0$

Sección 2:  $M_2 = -(178 + 640)190 = -155\,420 \text{ kg. mm}$

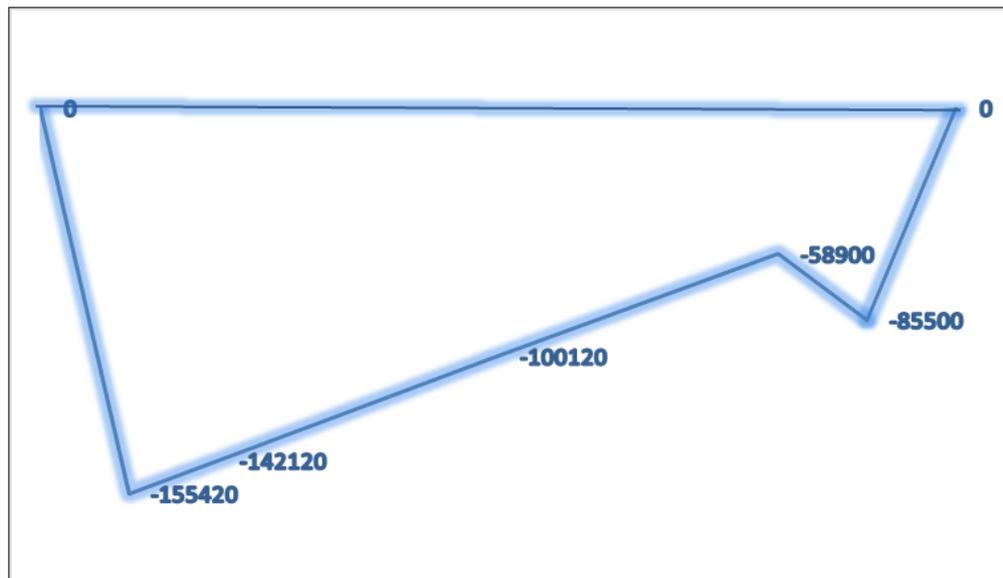
Sección 3:  $M_3 = -818 \times 380 + 888 \times 190 = -142\,120 \text{ kg. mm}$

Sección 4:  $M_4 = -818 \times 980 + 888 \times 790 = -100\,120 \text{ kg. mm}$

Sección 5:  $M_5 = -450 \times 380 + 590 \times 190 = -58\,900 \text{ kg. mm}$

Sección 6:  $M_6 = -450 \times 190 = -85\,500 \text{ kg. mm}$

Sección 7:  $M_7 = 0$



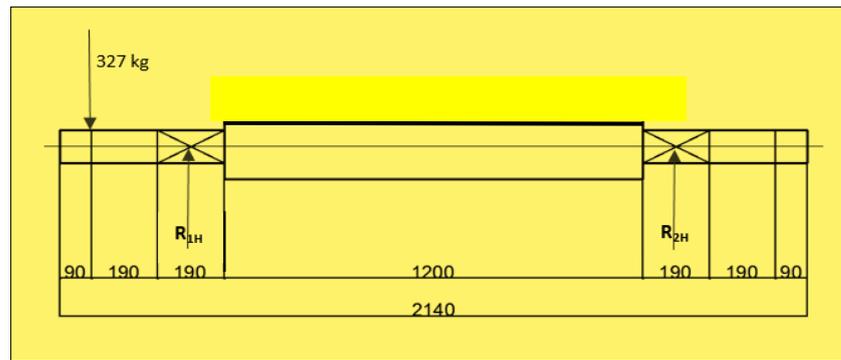
**Figura 36:** Diagrama de momentos PLANO VERTICAL

Fuente: Propia

Máximo Momento apoyo “1”

$$M_{max. vertical} = 155\,420\,kg.mm$$

### Cálculo del Momento Máximo plano horizontal



**Figura 37:** Cargas en el eje PLANO HORIZONTAL

Fuente: Propia

$$\sum F = 0 \Rightarrow R_{1H} + R_{2H} = 327\,kg.$$

$$\sum \overset{\sim}{M}_2 = 0 \Rightarrow -327 \times 190 - R_{2H} \times 1580 = 0$$

$$\therefore R_{2H} = -39\,kg.$$

$$R_{1H} = 366\,kg.$$

### Evaluación de los momentos en las secciones

Sección 1:  $M_1 = 0$

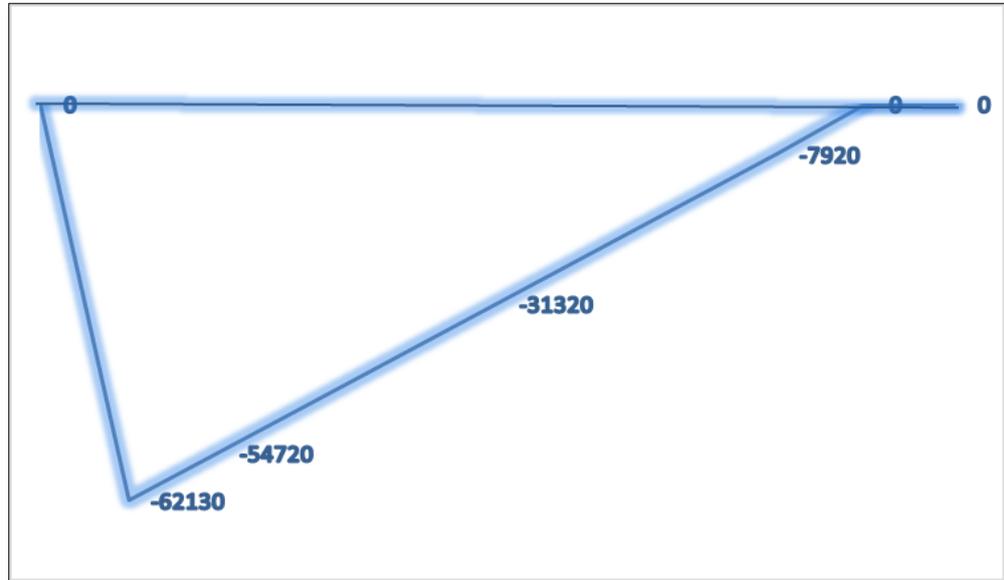
Sección 2:  $M_2 = -327 \times 190 = -62\,130\,kg.mm$

Sección 3:  $M_3 = -327 \times 380 + 366 \times 190 = -54\,720\,kg.mm$

Sección 4:  $M_4 = -327 \times 980 + 366 \times 790 = -31\,320 \text{ kg. mm}$

Sección 5:  $M_5 = -327 \times 1580 + 366 \times 1390 = -7\,920 \text{ kg. mm}$

Sección 6 = Sección 7:  $M_6 = M_7 = 0$



**Figura 38:** Diagrama de momentos PLANO HORIZONTAL

Fuente: Propia

Máximo Momento horizontal Apoyo “1”

$$M_{max. horizontal} = 62\,130 \text{ kg. mm}$$

Por lo que el momento máximo resultante sea:

$$\begin{aligned} M_{max. resultante} &= \sqrt{M_{max. vertical}^2 + M_{max. horizontal}^2} \\ &= \sqrt{(155\,420)^2 + (62\,130)^2} \\ &= 167\,378 \text{ kg. mm} \end{aligned}$$

Torque máximo en la polea que se genera en el eje de la chancadora a través de la polea.

$$\text{Torque eje} = \frac{63\,000 \times HP}{RPM_{eje}} = \frac{63\,000 \times 100}{423} = 171\,954 \text{ kg.mm}$$

### Cálculo del diámetro del eje:

Usando la ecuación de resistencia Según ASME

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_{sd}^*} \sqrt{(K_M M_{max})^2 + (K_t \text{Torque})^2}$$

Donde:

d: Diámetro del eje a calcular

$K_m$ : Factor de carga de momento flector  $K_m = 2,5$  “Para carga súbitamente aplicada con choque fuerte”

$K_t$ : Factor de carga de momento Torsor  $K_t = 2$ , Para eje giratorio

$M_{max}$ : Momento máximo = 167 378 kg.mm

Torque: Torque en el eje = 171 954 kg.mm

$S_{sd}^*$ : Esfuerzo permisible al corte del material a usar siendo:  $S_{sd} = 0,3 S_y$  o  $S_{sd} = 0,18 S_u$

Se elige el menor valor

Y  $S_{sd}^* = 0,75 S_{sd}$  por tener conducto chavetero y ajuste a presión (rodamiento)

Según catalogo Aceros BOHLER, elegimos el Acero V945, según AISI 1045 o DIN: CK45 que tiene resistencia de fluencia  $S_y = 33 \text{ kg/mm}^2$  (pag. 17 BOHLER) y resistencia de ruptura  $S_y = 60 \text{ kg/mm}^2$  evaluando:

$$S_{sd} = 0,3 S_y = 0,3 \times 33 = 9,9 \text{ kg/mm}^2$$

$$S_{sd} = 0,18 S_u = 0,18 \times 60 = 10,8 \text{ kg/mm}^2$$

∴ Se elige el menor  $S_{sd} = 9,9 \text{ kg/mm}^2$

$$\Rightarrow S_{sd}^* = 0,75 \times 9,9 = 7,4 \text{ kg/mm}^2$$

Considerando un factor de seguridad  $n=2$

$$\therefore S_{sd}^* = \frac{7,4}{2} = 3,7 \text{ kg/mm}^2$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi(3,7)} \sqrt{(2,5 \times 167\,378)^2 + (2 \times 171\,954)^2}$$

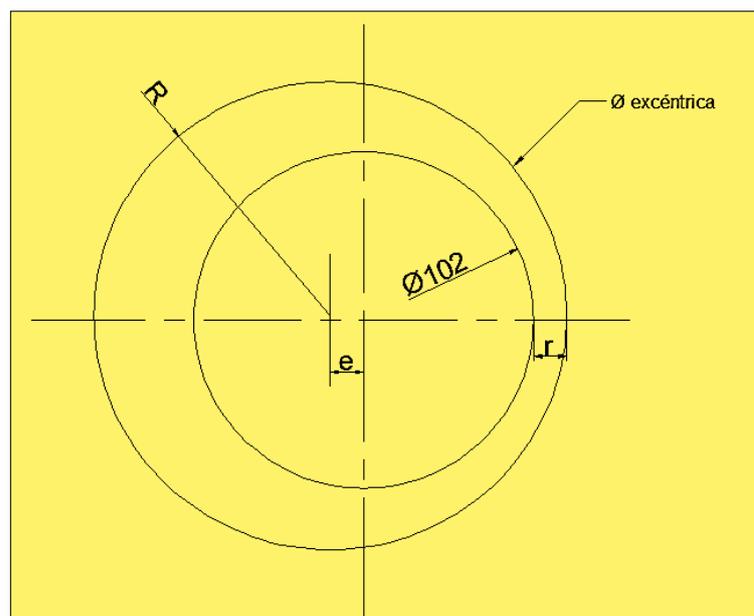
$$\therefore d = 91 \text{ mm}$$

∴ Se elige un  $\varphi$  comercial de

$$d = 4" \approx 102 \text{ mm}$$

Este diámetro es para la zona de los apoyos, donde se instalarán los rodamientos.

### Determinación del diámetro para la excéntrica



**Figura 39:** Diagrama de la excéntrica

Fuente: Propia

$e$  : Excentricidad = 10 mm

$r$ : Tope para rodamiento = 10 mm

Haciendo centro en “O” se traza el nuevo diámetro para la excéntrica

de radio  $R = 51 + 20 = 71 \text{ mm}$

$$\therefore \varnothing_{excéntrica} = 142 \text{ mm} \approx 5,59 \text{ plg.}$$

$\therefore$  Se usara diámetro comercial 6”

Acero Bohler V945 de 6 plg. de diámetro por 2,14 m de largo

### Verificación del árbol excéntrico o eje de mandíbula móvil.

Verificación de la rigidez (eje excéntrico)

#### Deflexión debida a la carga radial:

$$y_1 = \frac{W_r L^3}{48EI}$$

Donde:

$L$ : Longitud del eje entre apoyos = 1580 mm  $\approx 62,2 \text{ plg}$

$E$ : Módulo de elasticidad del acero =  $30 \times 10^6 \text{ lbs/plg}^2$

$I$ : Momento de Inercia

$$= \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi(6)^4}{64} = 63,585 \text{ plg}^4$$

$d$ : Diámetro del eje = 6 plg

$W_r$ : Carga radial actuante entre apoyos = 210 kg  $\approx 462 \text{ lbs}$

Luego:

$$y_1 = 462 \times \frac{(62,2)^3}{48 \times 30 \times 10^6 \times 63,585} = 0,0012 \text{ plg}$$

Deflexión debido a la carga tangencial  $y_2 = 0 \text{ plg}$

Porque no hay fuerza tangencial

Deflexión total:

$$y_{total} = (y_1^2 + y_2^2)^{\frac{1}{2}} = y_1 = 0,0012 \text{ plg}$$

La deflexión transversal admisible:  $y_{adm} = 0,01 \frac{\text{plg}}{\text{pie}}$

$\therefore y_{total} < y_{adm} \dots$  cumple.

### Deformación Torsional

$$\theta = \frac{TL}{GJ} < \text{Deformacion Torsional admisible} = 0,08^\circ \text{ a } 1^\circ$$

Donde:

$T$ : Torque en el eje = 14 893,6 lb. plg

$G$ : Módulo de Elasticidad Transversal =  $11,49 \times 10^6 \text{ lbs/plg}^2$

$J$ : Momento Polar de Inercia =  $\frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi(6)^4}{32} = 127,14 \text{ plg}^4$

$d$ : Diámetro del eje = 6 plg

$L$ : Longitud entre apoyos = 62,2 plg

$$\theta = \frac{14\,893,6 \times 62,2}{11,49 \times 10^6 \times 127,14} = 6,34 \times 10^{-3} \text{ Rad.}$$

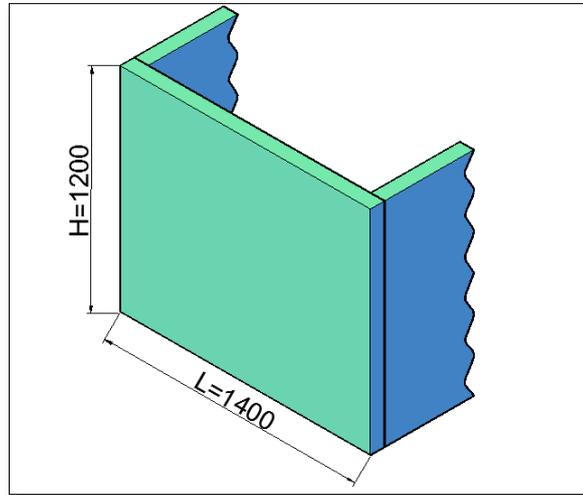
$$\therefore \theta = 6,34 \times 10^{-3} \left( \frac{180}{\pi} \right) = 0,36^\circ < 1^\circ$$

### Cálculo de las planchas que conforman la estructura de la chancadora.

Según Christopher H. (2009), la parte frontal como mínimo debe albergar la luz de 1,20 m que es la longitud de la boca agregando 200 mm adicionales por la tolerancia en las partes y los espesores de las placas laterales luego  $L = 1\,400 \text{ mm}$  será el largo de la placa delantera. La altura considerando así mismo un espesor para el fondo, y tolerancias. Se hará  $H = 1\,200 \text{ mm}$ , será la altura de la placa delantera proyectándola como se muestra en la FIGURA 39.

Área de la placa = LxH

Área de la placa =  $168 \times 10^4 \text{ mm}^2$



**Figura 40:** Placa delantera de la chancadora

**Fuente:** Propia

Para calcular el espesor de la placa delantera que es la más desfavorable, porque recibe la compresión de la piedra para poder romperla.

Las fórmulas que se dan en la tabla #11 para placas rectangulares son aplicables de acuerdo a las consideraciones que se hagan del tipo de carga que actúa sobre ella y de las consideraciones de borde para cada caso particular, las formulas mencionadas para calcular los esfuerzos y deformaciones máximas usando las fórmulas de FOR STRESS ASTRAIN de R.J.ROARK.

**Tabla 10:**

Esfuerzos máximos en placa plana

37 Un borde largo libre y los otros tres apoyados, carga uniforme en toda la superficie	$\sigma_{max} = \frac{\beta W a^2}{t^2}$ $y_{max} = \frac{\alpha W a^4}{E t^3}$	a/b	1,0	1,5	2,0
		$\beta$	0,67	0,45	0,36
		$\alpha$	0,14	0,106	0,08

Fuente: Roark

**Donde:**

$$w: \text{Carga por unidad de Área} = \frac{\text{Fuerza de DISTRIBUCION}}{\text{Area de placa}}$$

$$a: \text{Borde largo} = L = 1\,400 \text{ mm}$$

$$b: \text{Borde corto} = H = 1\,200 \text{ mm}$$

Efectuando:

Relación

$$a/b = \frac{1\,400}{1\,200} = 1,17$$

$$w = \frac{495\,720 \text{ kg}}{168 \times 10^4 \text{ mm}^2}$$

Interpolando la tabla #11  $\beta = 0,59$

Para un acero tipo Bohler, Según catalogo pg. 19 Acero CHRONIT-1

Con límite de fluencia  $S_y = 1\,100 \text{ N/mm}^2$

Usando un factor de seguridad  $n=2$

$$\Rightarrow \sigma_{diseño} = \frac{S_y}{n} = \frac{1\,100}{2} = 550 \text{ N/mm}^2$$

Que equivale a  $\sigma_{max} = 56 \text{ kg/mm}^2$

Reemplazando

$$\sigma_{max} = 56 \text{ kg/mm}^2 = \frac{\beta W a^2}{t^2} = \frac{0,59 \times 0,295 \times (1\ 400)^2}{t^2}$$

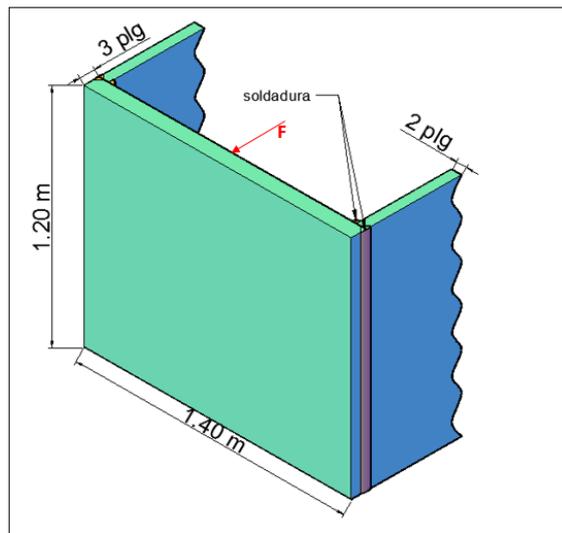
$$\therefore t = 78 \text{ mm} \approx 3,07 \text{ plg}$$

Por ser el espesor comercial  $t = 3 \text{ plg}$ , se reforzara la parte frontal con 5 planchas de refuerzo a lo largo de 1,40 m.

### Cálculo del cordón de soldadura.

Para el cálculo de soldadura entre las placas de la chancadora, se tendrá en cuenta la resistencia de los electrodos. Según el fabricante OERLIKON para electrodo E.60%

De acuerdo al siguiente esquema



**Figura 41:** Disposición de los cordones de soldadura

Fuente: Propia

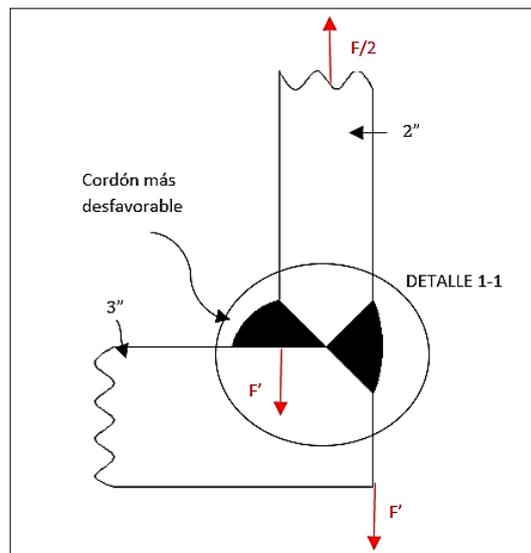
$F$  = Fuerza de distribución de carga uniforme sobre la placa

La carga de distribución con que se determinó el espesor de a placa, se reparte en las dos placas laterales por lo que cada una recibe  $F/2$  de carga o sea  $\frac{F}{2} = \frac{495\ 720}{2} = 247\ 860 \text{ kg}$  por haber dos cordones

paralelos en la junta tipo esquina y siendo el más desfavorable el cordón interior se tiene que cada cordón recibe la mitad de  $F/2$  o sea

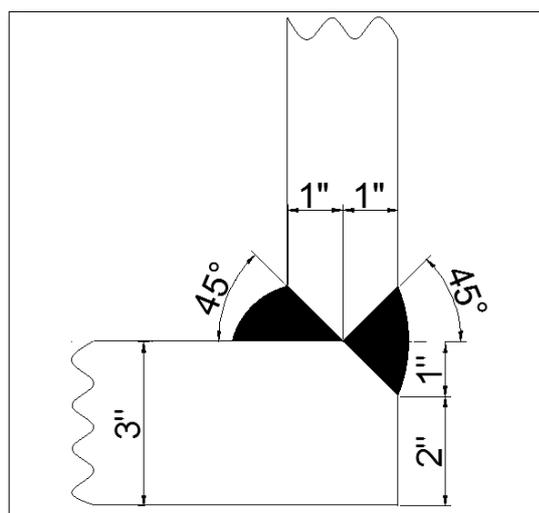
$$\frac{F}{2} = \frac{247\ 860}{2} = 123\ 930\ kg$$

### Detalle del cordón en cada placa en la junta de la esquina



**Figura 42: a:** Detalle del cordón

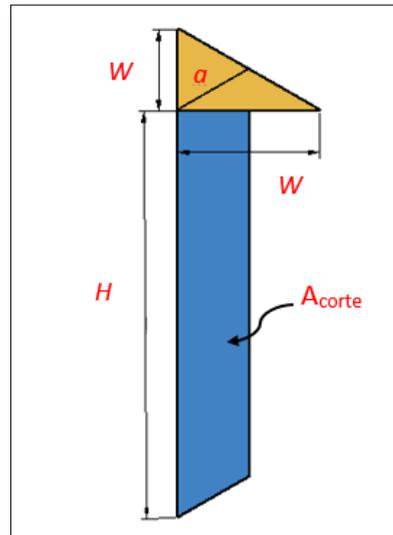
Fuente: Propia



**Figura 43: b:** Biselado de la junta

Fuente: Propia

El cordón del soldadura para que falle tiene que actuar la carga sobre un plano de corte en el cordón, este es un paralelepípedo de base triangular y longitud “H”= 1,20 m



**Figura 44:** Detalle de área de corte de cordón de soldadura

Fuente: Propia

$$A_{corte} = a \times H$$

**Donde:**

*a*: Altura del triángulo del cordón de soldadura de filete. Según Tabla #12.

$$a = \sqrt{12,7}mm$$

*H*: Longitud del cordón que es la altura de la placa = 1 200 mm

Luego:  $A_c = 1\ 200 \times \sqrt{12,7} = 4\ 276\ mm^2$

Esfuerzo de corte del cordón de soldadura

$$\tau = \frac{F'}{A_c} = \frac{123\ 930\ kg}{4\ 276\ mm^2} = 29\ kg/mm^2$$

El electrodo que se selecciona es el AWS E-6010 con aplicaciones típicas en aceros de bajo carbono, calderas, estructuras (dentro de las cuales llevan tolvas), tuberías de presión. La resistencia admisible a

la tracción del material de soldadura depositado en la unión es  $\sigma_{adm}=62000$  Psi (427,47 MPa) y al compararlo con los esfuerzos ejercidos sobre los cordones de soldadura se observa que estos están por muy debajo del valor admisible por lo cual dichos cordones se encuentran apropiados para la unión de placas entre sí.

**Tabla 11:**

Resistencia de los electrodos de soldadura

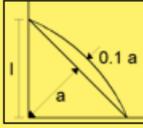
AWS NÚMERO DE ELECTRODO*	RESISTENCIA A LA TENSIÓN, Kpsi	RESISTENCIA A LA FLUENCIA, Kpsi	PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO
E60xx	62	50	17-25
E70xx	70	57	22
E80xx	80	57	19
E90xx	90	77	14-17
E100xx	100	87	13-16
E120xx	120	107	14

Fuente: Oerlikon

Con la ayuda de la tabla 13, se ubican los datos sobre los tipos, tiempos y consumos para la soldadura manual.

**Tabla 12:**

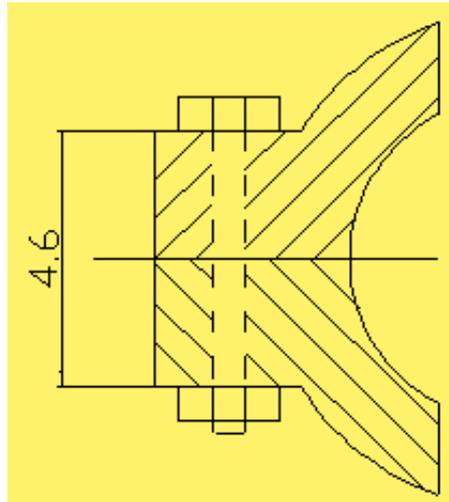
Propiedades mínimas del material de aporte

l mm	a mm		numero de pasadas	calibre	longitud de la pasada para cada electrodo cm	consumo de electrodo	amperios	consumo de energía Kw/h	tiempo min
5	3.5		1	10	20	5	125	0.53	19
6	4.2		2	10	30	7	125	0.75	26

Fuente: N° 09

El material a soldar corresponde a las placas: acero 1020 cold draw.  
 $\therefore$  Los cordones de soldadura serán de junta en la esquina biselados con doble Bisel a 45° en las placas laterales y en la placa delantera con un bisel en la esquina superior.

### Cálculo de los pernos de la tapa de la biela



**Figura 45:** Tapa biela

Fuente: N°11

$$F = 10000 \text{ kg.} = 98000 \text{ N} = 2231.4 \text{ lbf}$$

De acuerdo a recomendaciones del catálogo PERTEC se escogen pernos grado 5 con un diámetro de 5/8”.

Numero de pernos = 4

Datos según tablas del Shigley:

$$S_{ut} = 120 \text{ Ksia.}$$

$$A_t = 0.196 \text{ in}^2$$

$$S_e = 18.6 \text{ Ksia.}$$

$$S_p = 85 \text{ Ksia.}$$

$$S_{yt} = 92 \text{ Ksia.}$$

$$K_b = \frac{A * E}{L} = 13805.83 \text{ Mlb/in}$$

$$K_m = \frac{0.577 * \pi * E * d}{2 \ln \left[ 5 \left( \frac{0.577L + 0.5d}{0.577L + 2.5d} \right) \right]} = 72907.45 \text{ Mlb/in}$$

$$C = \frac{K_b}{K_b + K_m} = 0.16$$

$$P = \frac{F}{N} = \frac{22031.4 \text{ lbf}}{4} = 5507.85 \text{ lbf}$$

$$\sigma_a = \frac{C * P}{2A_t} = 1.50 \text{ ksia}$$

$$F_i = 0.75 * A_t * S_p = 19.76 \text{ kip}$$

$$S_a = \frac{\frac{F_i}{A_t} - 1}{1 + \frac{S_{ut}}{S_e}} = 8.1 \text{ ksia}$$

$$n_d = \frac{S_a}{\sigma_a} = 5$$

Comprobando por fluencia:

$$n_f = \frac{S_{yt}}{\sigma_{\max}} \leq n_d$$

$$F_{\max} = F_i + CP = 20.64 \text{ kip.}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A_t} = 63.58 \text{ ksia.}$$

$$n_f = 1.3 \leq 5$$

No falla por fluencia.

### **Cálculo del dispositivo de protección y placas de apoyo:**

#### **Placas de apoyo**

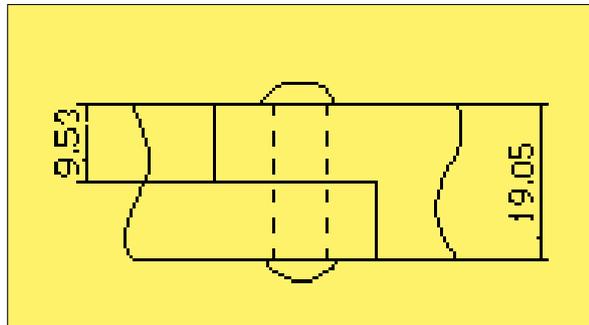
$$\sigma = \frac{p_5}{a_t} = \frac{35900}{440 * 9.525} = 923.41 \text{ MPa}$$

Para estas placas se utiliza un acero 1022 SWQT350

$$\sigma_{adm} = 931 \text{ MPa}$$

$\sigma < \sigma_{ac}$  como podemos ver las placas resisten los esfuerzos.

### Dispositivo de protección:



**Figura 46:** Dispositivo de Protección

Fuente: N° 09

La biela, el cuerpo de la mandíbula móvil y el conjunto de regulación de la abertura están unidos entre sí mediante placas articuladas.

Una de las placas, la que une la biela con la mandíbula móvil desempeña el papel de dispositivo de protección. Esta se compone de dos partes que se unen mediante pernos.

Cuando caen pedazos no triturables surge una fuerza que excede la admisible, los pernos se rompen.

#### Pernos A 502 grado 2

$$d = 0.022m$$

Resistencia a la cortante en conexiones tipo aplastamiento (MAC'ORMAC)

$$[\tau] = 25 \text{ ksia} = 17.57 \frac{kg}{mm^2}$$

$$A_c = \frac{\pi D^2}{4} = 3.879 \times 10^{-4} m^2 = 387.9 \text{ mm}^2$$

$$P_u = \phi * A_c * [\tau] \text{ para } \phi = 0.75$$

$$P_u = 0.75 * 387.95 \text{ mm}^2 * 17.57 \frac{kg}{mm^2} = 5112.184 \text{ kg}$$

$$N = \frac{Pu}{F} F = P_6 = 35900kgr$$

N = 7 remaches

Para el sistema de protección se utilizaran 7 pernos del tipo A 502 grado 2

### Cálculo de los rodamientos

En los rodamientos actúan las cargas de las reacciones que son del tipo radial por lo tanto par nuestro caso escogeremos rodamientos cilíndricos, ya que son buenos para absorber cargas radiales y axiales.

Determinando el rodamiento para el eje:

Necesitamos un rodamiento que soporte 5500 hrs.

La velocidad del eje es de 423 rpm.

$$F_d = 5088.17kgr = 49864.07 N$$

$$L_{10} = n * N * 60 * 10^{-6} = 139.59 Mrev$$

Para rodamientos cilíndricos  $k = 10/3$

$$F_{ra} = (L_{10})^{1/k} * F_d = 219403.73N$$

Para que un rodamiento no falle debe cumplir la siguiente igualdad

$$F_{ra} \leq C$$

Para este caso escogemos un rodamiento del catálogo NJ 2315 EC

Con una carga dinámica de  $C = 330000 N$

Con una carga estática de  $C_0 = 400000 N$

$$219403.73 N \leq 330000 N \quad \text{El rodamiento es el adecuado.}$$

Del catálogo se extrae las características del rodamiento:

Type of Strength Calculation: Check Calculation - DIN

Lubrication Type: Grease

Bearing type: DIN 5412 SKF, Cylindrical Roller Bearings Single Row type NJ SKF

Bearing designation: NJ 2315 EC

### Cálculo de las chavetas para el eje:

El tipo más común de chavetas para ejes de hasta 6.5” de diámetro es la chaveta cuadrada. La tabla proporciona las dimensiones que se prefieren para chavetas paralelas con una función del diámetro del eje, como se especifica en la norma ANSI B 17.1-1967.

Según nuestro diámetro y la tabla 10.1 escogemos las dimensiones de la chaveta.

$$D = 100 \text{ mm}$$

El espesor de la chaveta

$$W = \frac{3}{4} D = H$$

Radio del chaflán

$$r = \frac{1}{8} D$$

Para la longitud de la chaveta

$$L = \frac{4TN}{DWS_y}$$

Según la norma las chavetas se deben fabricar siempre de acero extruido en frío al bajo carbono.

Material AISI 1020 CD

$$S_y = 51 \text{ Kpsi}$$

$$T = 14893,6 \text{ lb.in}$$

$$L = \frac{4 * 1489,3 * 3}{4 * \frac{3}{4} * 51000}$$

$$L = 1 \frac{1}{4} \text{”}$$

Esta longitud está por debajo del espesor o ancho de la masa. Es pertinente mantener la chaveta libre de cualquier objeto por tanto la longitud de la chaveta tomamos:

$$L = 8,66''$$

Tomamos una chaveta: acero AISI 1020 CD  $\frac{3}{4} * \frac{3}{4} * 8,66''$

Utilizamos la misma chaveta para el volante.

### Cálculo de la mandíbula móvil a la resistencia

$$M_{flex} = P_4 * a = (35900 * 22,5) = 807750 \text{ Kg cm}$$

Momento de Inercia de la Mandíbula.

$$J_{x-y} = \frac{b * h^3}{12} - \frac{b' * h'^3}{12} = \frac{48 * 12.5^3}{12} - \frac{45.6 * 10.1^3}{12} = 3897.36 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{flex} = \frac{M_n * x}{J_{x-y}} = \frac{807750 * 6.35}{3897.36} = 1316.07 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{flex} = 128.97 \text{ N/mm}^2$$

Hierro ductil A536 – 84 Grado 60 – 40 -18

$$[\sigma]_{flex} = 276 \text{ MPa} > \sigma_{flex} \quad OK$$

### Cálculo del muelle tensor

Cuando se regula la abertura mediante la cuña, las placas separadoras colocadas libremente en los asientos pueden caer, si con alguna fuerza no se mantiene un sistema forzado cerrado. Esta fuerza es el peso de la mandíbula móvil situada inclinada y que trata de ocupar una posición vertical. Como esta fuerza puede resultar insuficiente, generalmente se instalan muelles tensores (resortes).

$$c=6 \quad d * c = Dex - d$$

$$d=8 \quad d * c + d = Dex$$

$$Na=5$$

$$d(c + 1) = Dex$$

$$Dex=56\text{mm}$$

$$K_s = \frac{2c + 1}{2c}$$

$$k_s = 1.08$$

$$K = \frac{d^4 * G}{8 * D^2 * Na}$$

$$G=11.5\text{MPa} = 79.36\text{GPa} \text{ hierro colado gris ASTM25}$$

$$K = 7.3 \frac{N}{\text{mm}}$$

Los extremos del resorte son simples y aplanados.

$$L_s = d * Nt$$

$$L_s = 48\text{mm}$$

$$F_{\text{max}}=294\text{N}$$

$$L_o = \frac{F_{\text{max}}}{K} + L_s$$

$$L_o=88.3\text{mm}$$

$$\tau = K_s * \frac{8FD}{\pi * d^3}$$

$$\tau = 88,5 \text{MPa}$$

El acero seleccionado es al cromo vanadio, este acero es aleado de uso más extenso en aplicaciones que implican esfuerzos más elevados de los que pueden emplearse con aceros al alto carbono y donde son necesarias resistencia a la fatiga y alta durabilidad.

También sirve para cargas de choque e impacto.

$$m=0.155$$

$$A=1790\text{MPa}$$

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m}$$

$$\tau_{adm} = 0.45s_{ut}$$

$$\tau_{adm} = 523,6MPa$$

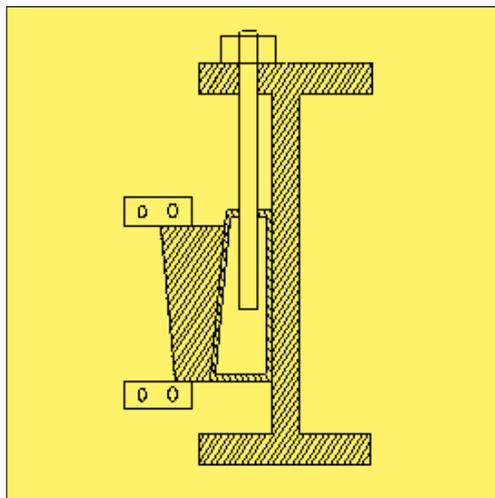
$$\tau < \tau_{adm}$$

**Correcto**

### **Cálculo del conjunto de regulación de la abertura de salida:**

Para regular la abertura de salida se utiliza las cuñas 1 y 2, la cuña 2 puede desplazarse verticalmente mediante el perno 4.

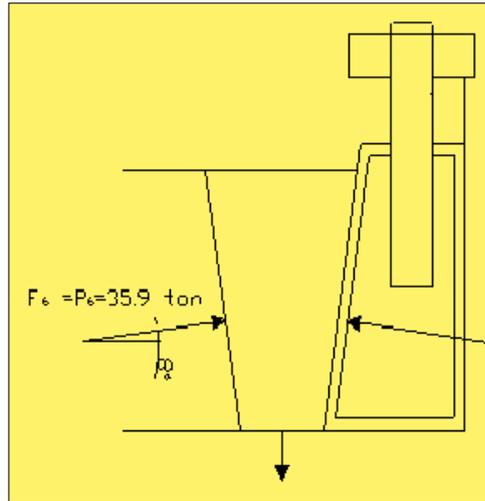
Cuando el perno eleva la cuña 2, la cuña 1 se desplaza horizontalmente hacia la izquierda y la abertura de salida se estrecha.



**Figura 47:** Posición del perno

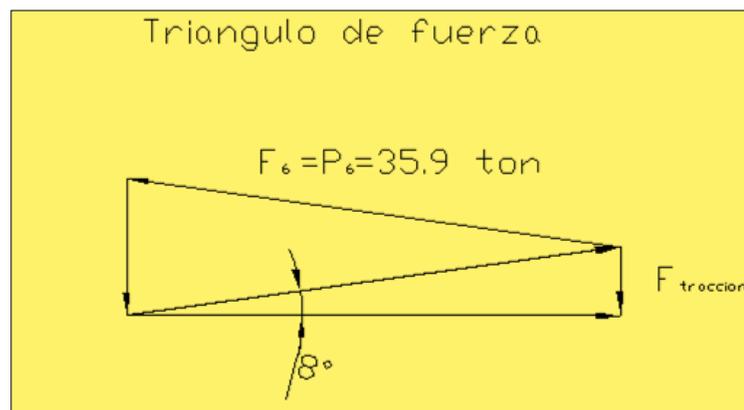
Fuente: N° 09

Para el diseño del perno de elevación se debe considerar que sobre el actúa una fuerza de tracción, por lo tanto debemos encontrar esa carga mediante la construcción del triángulo de fuerzas.



**Figura 48:** Posición del perno y aplicación de fuerzas

Fuente: N° 09



**Figura 49:** Posición del perno y aplicación de fuerzas

Fuente: N° 09

De la gráfica podemos dibujar el triángulo de fuerzas:

Del triángulo de fuerzas encontrar la fuerza de tracción que actua sobre el resorte:

$$\varepsilon = F * \cos 8^\circ = 35.55 \text{ ton}$$

$$F_{tracción} = \varepsilon * \tan 8^\circ = 5 \text{ ton}$$

Tomamos un perno de diámetro igual a 20 mm por tanto el área transversal del perno es:

$$A_{trans} = \frac{\pi * D^2}{4} = 314,17 \text{ mm}^2$$

El esfuerzo a la tracción del perno es:

$$\sigma = \frac{F_{tracción}}{A_{trans}} = 154,46 \text{ Mpa}$$

Por lo tanto debemos escoger un perno que tenga un  $S_{ut}$  mayor o igual al esfuerzo a la tracción calculado.

Entonces tenemos un perno

Con un  $S_{ut} = 520 \text{ Mpa}$

$S_{ut} > \sigma$  esto cumple por lo tanto el perno resiste.  $520 > 154.46$

Los cubos están sometidos a esfuerzo de aplastamiento, por lo tanto se debe diseñar los cubos por aplastamiento.

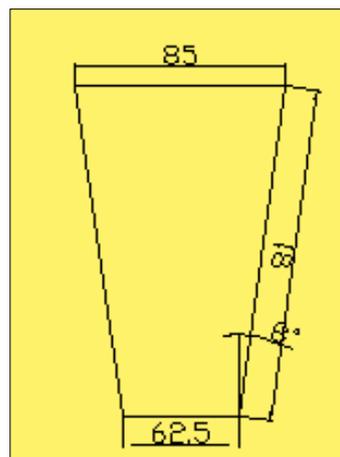
Profundidad = 330mm

El área de aplastamiento es

$$A_{aplast} = profundidad * altura = 330 * 81 = 26730 \text{ mm}^2$$

$$F = P = 35.6 \text{ ton} = 348230 \text{ N}$$

La fuerza aplicada a la pared inclinada es:



**Figura 50:** Posición del perno y aplicación de fuerzas

Fuente: N° 09

El esfuerzo de aplastamiento es:

$$\sigma_{aplastamiento} = \frac{F_{aplast}}{A_{aplast}} = 13,02 \text{ Mpa}$$

El material elegido para este sistema de regulación debe soportar el esfuerzo de aplastamiento calculado.

Hierro gris A48-83 con na dureza de 136HB.

$S_{ac} = 485.88 \text{ Mpa}$ .

$\sigma_{aplast} < S_{ac}$                        $13.02 < 485.88$

Como se puede ver el material resiste.

## 5.4 Diseño del sistema eléctrico y de control.

### 5.4.1 Sistema de control de la zona de triturado:

Para que la máquina chancadora de piedra entre en funcionamiento, terminada y lista para funcionar, y que realmente trabaje óptimamente, existe un paso considerablemente grande y que estaba totalmente fuera de nuestro alcance.

Teniendo en cuenta cómo y de qué manera llevar la electricidad hasta el lugar donde va a operar la planta de producción de agregado, se necesitaba hacer esto tomando en cuenta toda la planta y sus requerimientos eléctricos, para que no haya inconvenientes en el futuro.

La forma de llevar la energía eléctrica a toda la planta es a través de una Sub-Estación eléctrica en el lugar, y que contara con la capacidad adecuada. Dado que la planta será construida teniendo como base la tesis, nos es sumamente difícil estimar la "carga" que esta planta le va a representar a la Sub-Estación. Por otro lado, nos teníamos que ocupar también de diseñar el sistema de Control con el cual se va a operar las máquinas.

Para el diseño del sistema de Control le adicionaremos 02 fajas transportadoras y el motor de la criba ya seleccionado tenemos todos los datos necesarios. El equipo que este sistema tiene que controlar es:

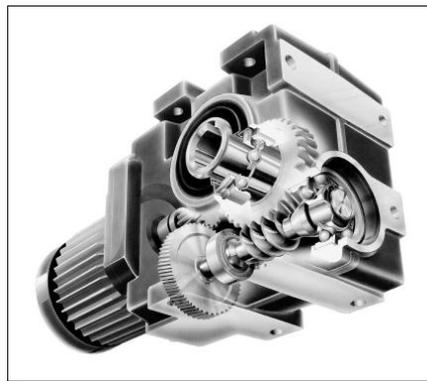
01 Motor eléctrico de 100 Hp y 1780 rpm

02 Motores eléctricos de 2 Hp y 20rpm

01 Motor eléctrico de 3Hp y 62 rpm

Se requiere que pueda arrancar y parar por separado; que exista una sincronización en el funcionamiento de los motores si se desea, es decir, que se puedan operar simultáneamente y por separados.

#### 5.4.2 Diseño del sistema eléctrico para los motores trifásicos:



**Figura 51:** Motorreductor

Fuente: N° 09

#### 5.4.3 Características técnicas de los motores

##### Motorreductores de 2Hp:

CARACTERISTICAS	
MARCA	FLENDER drives & automation
MODELO	C.68 - M90L4
POTENCIA	2 HP
VOLTAJE	220/380 v
FRECUENCIA	60 Hz
N <sub>2</sub>	20 rpm
F.S	1
RATIO	84,09
F.P	0,75
RENDIMIENTO	76%

### Motorreductor de 3Hp:

#### CARACTERISTICAS

<b>MARCA</b>	FLENDER drives & automation
<b>MODELO</b>	C.88 - M100L4
<b>POTENCIA</b>	3 HP
<b>VOLTAJE</b>	220/380 v
<b>FRECUENCIA</b>	60 Hz
<b>N<sub>2</sub></b>	22 y 62 rpm
<b>F.S</b>	1
<b>RATIO</b>	84,09
<b>F.P</b>	0,8
<b>RENDIMIENTO</b>	76%

### Motor de 100Hp:

#### CARACTERISTICAS

<b>MARCA</b>	WEG
<b>MODELO</b>	M2800 hierro fundido
<b>CÓDIGO</b>	3GBP256 200ASG
<b>POTENCIA</b>	100 HP = 75 Kw
<b>RPM</b>	1780
<b>MOMENTO DE INERCIA</b>	2
<b>PESO</b>	505 Kg
<b>F.P</b>	0,87
<b>EFICIENCIA AL 100%</b>	95,5
<b>NIVEL DE RUIDO</b>	68 Db
<b>ALIMENTACIÓN</b>	Trifásico 220/380 60Hz

Teniendo estos datos podemos proceder a calcular su corriente nominal mediante la siguiente fórmula:

$$I_N = \frac{P_N}{(\sqrt{3})(V)(\eta)(\cos\varphi)} \quad \text{Ecuación 104}$$

Donde:

P = Potencia del motor, en W

V = Voltaje de alimentación, en v

Cosφ = Factor de potencia.

η= rendimiento (%)

En apéndice 01, se muestra las corrientes nominales para las diferentes potencias de los motores trifásicos eléctricos:

Para el diseño, se ha tenido en cuenta las normas existentes en el Código Nacional de Electricidad C.N.E., (tomos I y IV), normas de la Dirección General de Electricidad D.G.E., del ministerio de energía y minas DGE 004B-P1/1984.

### Cálculo de la máxima demanda del sistema de fuerza motriz.

Tensión de alimentación: 380v

**Tabla 13:**

Máxima demanda

MÁQUINA	MOTOR POTENCIA HP		TENSION (v)/ CORRIENTE	TIPO DE ARRANQUE
FAJAS TRANSPORTADORAS	M1	2	6,8A/4,0A 220ΔΔ/380YY	DIRECTO
	M2	2	9,5 A/5,5 A 220ΔΔ/380YY	DIRECTO
CHANCADORA DE MANDÍBULAS	M3	100	240 A/140 A 220ΔΔ/380YY	ESTRELLA - TRIÁNGULO
CRIBA	M4	3	9,5 A/5,5 A 220ΔΔ/380YY	DIRECTO

Fuente: N°08

Por lo tanto La potencia instalada es: 107 Hp = 142,7 Kw

### Selección de los conductores de alimentación del tablero de control a los motores:

Para seleccionar los conductores se ha utilizado la ecuación 105

$$\% \Delta V = \frac{\sqrt{3} (\rho) (\sum L) (I) (\cos \varphi)}{(V)(S)} \times 100 \quad \text{Ecuación 105}$$

Donde:

%ΔV= porcentaje de caída de tensión, Max 3%

V = tensión nominal, 380v

L = distancia Del motor Del tablero, en m

$\cos\phi$ = factor de potencia, 0.8

I = corriente nominal del motor, en A

$\rho$ = resistividad cobre (0.0178  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )

### **Conductor motor de fajas transportadoras: (2 motores de 2Hp)**

Por capacidad de corriente seleccionamos el conductor N° 14 AWG, sección (2.080mm<sup>2</sup>), arranque directo.

$$I = 4.0 \text{ A}$$

$$L = 18$$

$$\cos\phi = 0.75$$

Reemplazando:

$$\% \Delta V = \frac{(\sqrt{3})(0.0178)(18)(0.75)(4)(100)}{(380)(2.080)} = 0.21\%$$

### **Conductor motor de Criba (1 motor de 3Hp)**

Por capacidad de corriente seleccionamos el conductor N° 14 AWG, sección (2,080 mm<sup>2</sup>), arranque directo.

$$I = 5,5 \text{ A}$$

$$L = 24,5$$

$$\cos\phi = 0,86$$

Reemplazando:

$$\% \Delta V = \frac{(\sqrt{3})(0,0178)(24,5)(0,86)(5,5)(100)}{(380)(2,080)} = 0,45\%$$

### **Conductor motor de Chancadora de Mandíbulas (1 motor de 100Hp)**

Por capacidad de corriente seleccionamos el conductor N° 2 AWG, sección (33.63mm<sup>2</sup>), arranque estrella-triangulo.

$$I = 140 \text{ A}$$

$$L = 12.5$$

$$\cos\phi = 0.87.$$

Reemplazando en la Ec:

$$\% \Delta V = \frac{(\sqrt{3})(0,0178)(12,5)(0,87)(140)(100)}{(380)(33,63)} = 0,37$$

Resumen: El número de conductores de protección es 1 para todos:

**Tabla 14:**

Caracterices de la alimentación a motores

MÁQUINA	CORRIENTE NOMINAL (A)	MOTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR	Nº DE CONDUCTO
FAJAS	4	M1	14 AWG, TIPO THW	3
TRANSPORTADORAS	5,5	M2	14 AWG, TIPO THW	3
CRIBA	5,5	M4	M6	3
Chancadora de mandíbulas	140	M3	02 AWG, TIPO THW	9

Fuente: N° 08

#### 5.4.4 Selección de los equipos de protección de la zona de molienda:

##### Selección del interruptor termomagnético general:

Primero seleccionamos en interruptor termomagnético para todos los equipos, teniendo como base la corriente nominal que es de 155 A.

La corriente nominal  $I_n = 155$  A del cual vamos a considerar la mitad de la carga (50%) para seleccionar nuestra llave termomagnética para que su respuesta de activación sea más rápida y efectiva.

$$I_{NE} = \frac{(I_N)(50)}{100} \quad \text{Ecuación 105}$$

Donde:  $I_{NE}$  = corriente nominal efectiva de trabajo

$I_N$  = corriente nominal

Reemplazando en la Ec.:

$$\frac{155 \times 50}{100} = 78 \text{ A}$$

Entonces:

$$78 + 155 = 233 \text{ A}$$

Por lo tanto tenemos que seleccionar un interruptor termomagnético de 233A, o un interruptor que este cercano a ese valor, yendo a valores comerciales visto en el anexo 12, tenemos:

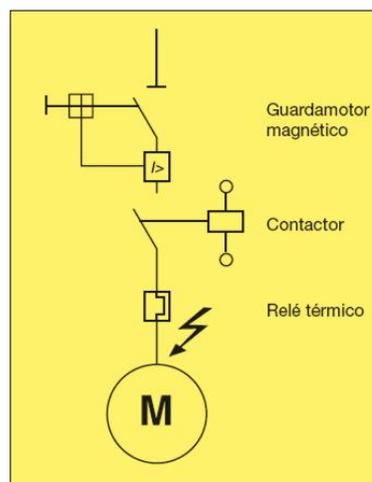
**Tabla 15:**

Características interruptor termomagnético

TIPO	AMPERAJE (A)	Nº POLOS	PODER DE RUPTURA EN KA		
			240 V	480 V	600 V
<b>HFXD63B225</b>	225	3	100	65	25

Fuente: N° 08

Una vez que se ha seleccionado el interruptor termomagnético, se procede a seleccionar los demás equipos de protección para el motor eléctrico así como se muestra en la figura siguiente:



**Figura 52:** Equipo de protección del motor

Fuente: N° 10

### Selección del guardamotor:

La potencia del motor de la chancadora es de 100 Hp, su conexión de arranque es estrella triángulo, por lo cual seleccionamos un guardamotor de 100hp=75Kw

Por lo tanto de la tabla (apéndice 6), se puede apreciar que el guardamotor que será seleccionado para los motores de 100Hp, será el Modelo: **GV7RE150**, potencia de 75Kw, Fabricante, **SHNEIDER ELECTRIC**.

De esta forma, como se tiene 1 motor de 100 hp, se debe adquirir 1 guardamotor.

Para los dos motores de 2hp se seleccionan dos guardamotors Modelo: **GV2ME10**, y para el motor de la Criba de 3hp se selecciona un guardamotor Modelo: **GV2ME10**

#### **Selección de contactor:**

Para la selección de contactor del motor de 100 hp, se utiliza la tabla (apéndice 07), se puede apreciar que el contactor que será seleccionado para el motor de 100Hp, será el Modelo: **LC1-D150'**, corriente de 200 A, contactos NA = 1, contactos NC = 1, Fabricante, **SHNEIDER ELECTRIC**.

#### **Selección del relé térmico:**

Teniendo en cuenta que la corriente nominal del motor de 100 Hp del molino de la chancadora es de  $I_N = 140$  A. A este dato se le multiplica y divide por una constante ya establecida 0.8, obteniendo de esta manera los parámetros que nos servirán para seleccionar dicho relé térmico.

Estos parámetros se obtienen de la siguiente manera:

$$85 \times 0.8 = 112 \text{ A}$$

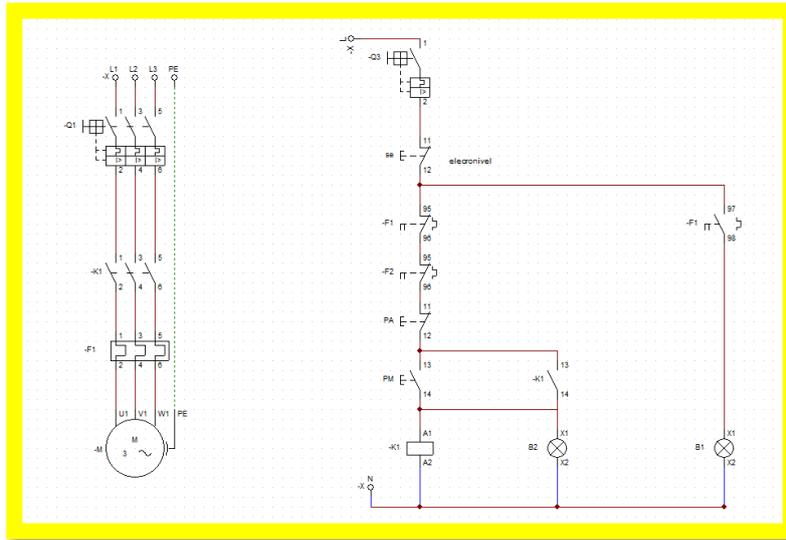
$$85 \div 0.8 = 175 \text{ A}$$

Como podemos apreciar los parámetros para la selección del relé térmico tiene que estar entre 112 y 175 A

También podemos optar por la configuración de equipos de protección que SHNEIDER ELECTRIC brinda en su catálogo para motores de 100 hp (Apéndice 9).

**Sistema de arranque:**

**Arranque directo para motores:**

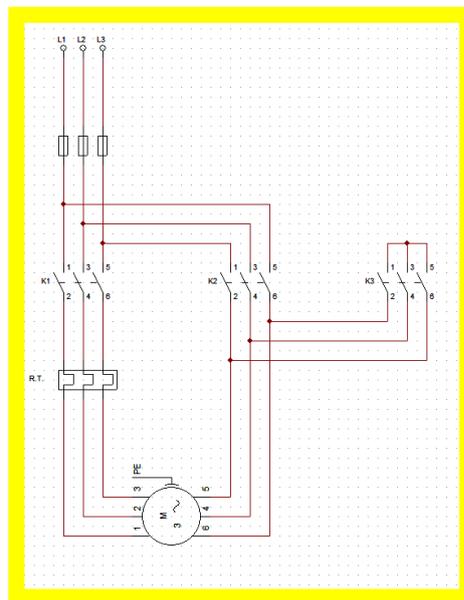


**Figura 53:** Sistema de arranque directo para motores, fuerza y mando

Fuente: N°08

**Arranque estrella-triángulo para motores:**

**Circuito de fuerza:**



**Figura 54:** Arranque estrella-triángulo para motores, circuito de fuerza

Fuente: N°08

## 5.5 Selección del lubricante

Los únicos puntos de lubricación son los rodamientos, se recomienda usar grasa de tipo especial para rodamientos, especialmente grasa lubricante a base de jabón de litio, ya que presenta elevada estabilidad mecánica en trabajos bajo severas condiciones, está disponible en los grados NLGI 2 y 3, además del grado 2/3 (intermediario entre 2 y 3). A continuación se presenta algunas opciones:

LUBRAX INDUSTRIAL GCS-...-EP está formulada con una mezcla balanceada de aceites parafínicos y nafténicos, otorgándole gran estabilidad al trabajo mecánico y al cizallamiento. Su aditivación otorga características de adhesividad, extrema presión y resistencia al lavado por agua y a la oxidación.

LUBRAX INDUSTRIAL GCS-...-EP está recomendada para lubricación de cojinetes de cintas transportadora de minas, máquinas para romper piedras y otros equipos que trabajen bajo severas condiciones de cizallamiento.

LUBRAX INDUSTRIAL GCS-...-EP puede ser utilizada en el rango de temperatura de -20 °C a 130 °C, en operaciones continuas, y en picos de temperatura de hasta 160 °C.

LUBRAX INDUSTRIAL GCS-2/3 y 3-EP pueden ser utilizadas en la lubricación de cojinetes de rodamientos de laminadores de acero, como también en extremos de dirección de automóviles y cojinetes de ejes de vagones ferroviarios.

**Tabla 16:**

Grado de lubricación

GRADO NLGI		2	2/3	3
Penetración no Trabajada	(0,1mm)	292	255	235
Penetración Trabajada 60x	(0,1mm)	286	255	235
Penetración Trabajada 10.000x	(0,1mm)	278	255	241
Punto de Goteo	(°C)	193	186	192
Carga Timken	(lb)	> 40	> 40	> 40
Características del Aceite Básico				
Viscosidad a 40 °C	(cSt)	252	250	250
Viscosidad a 100 °C	(cSt)	18,7	18,5	18,5

Fuente: N° 09

## 5.6 Alcances de selección de componentes y accesorios.

### Selección del motor

El motor del proyecto es tomado del catálogo electrónico WEG, catálogo del cual tomaremos todas las características necesarias para los cálculos, como por ejemplo la velocidad, dimensiones de la carcasa, etc

### Selección de las correas

Para la transmisión de potencia se utilizaran correas, el cálculo estará basado en los catálogos Goodyear.

Las poleas y todos los elementos necesarios para el montaje correcto del motor están especificados y dimensionados en el capítulo de cálculos.

### Selección de rodamientos

Los rodamientos seleccionados para el eje como para la biela pertenecen a la marca SKF, para este catálogo electrónico los datos necesarios serán obtenidos de los cálculos del eje, provocados por los elementos que estén ensamblados a él.

### Selección de las placas para las mandíbulas

Las placas para las mandíbulas tanto la móvil como la fija, son de:

**Acero al manganeso** Material cuya estructura se densifica por esfuerzos de compresión poniéndose más duro con el paso del tiempo (endurecimiento por trabajo).

### Selección de los lubricantes

Los lubricantes necesarios para el proyecto están seleccionados de acuerdo a sus características del catálogo electrónico de LUBRAX, este catálogo nos brinda la información necesaria para poder seleccionar el tipo de lubricante.

## CONCLUSIONES

Se logró diseñar una chancadora de piedra de 40 tn/h para la producción de agregado de construcción, siguiendo la normatividad vigente.

Se logró seleccionar el material adecuado y estandarizado para el diseño de la chancadora de piedra, siguiendo las normas ISO y ASTM.

Efectuamos los cálculos necesarios en cada elemento de la máquina trituradora para diseñarla.

Se obtuvo un presupuesto para la construcción de una chancadora de piedra y al final se hizo un resumen económico.

Se elaboraron los planos respectivos de cada uno de sus componentes.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar un software especializado, para un mejor resultado de los estudios y del estado de la máquina.

Se sugiere realizar un informe estadístico de la producción, con el fin de optimizar el proceso de chancado de piedra.

Revisar periódicamente el estado de las placas, para reparar las mandíbulas, o cambiarlas si es necesario.

Realizar una buena cimentación del terreno, para la sujeción de la máquina y evitar vibraciones excesivas que resultaran, a largo plazo, un deterioro para la chancadora.

Se recomienda a la(s) persona(s) que participen o se encuentren cerca del proceso de chancado de piedra, usar los Equipos de Protección Personal (EPP) requerido para evitar daños contra su propia integridad, y al mismo tiempo tener en cuenta los avisos de peligros y riesgos de operación de la máquina.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Libros:

- Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico. Editorial Gustavo Gill. S.A. Madrid- España. Págs. 499.
- Cappelletti, Enrique (1988). Mecánica de taller. Editorial Monterrico /Cultural. Lima-Perú. Págs. 200.
- Castro de la Cruz; Marcos Enrique. Maquinaria empleada para Trituración de Piedra Tesis (ingeniero mecánico electricista). Lambayeque, Perú – universidad Pedro Ruiz Gallo, facultad de ingeniería Mecánica, 2008.
- Celestino M., (1991). Diseño y construcción de una maquina granalladora para limpieza externa de tuberías de acero. Caracas. McGraw-Hill.
- CEMA, (1977). Manual de fajas transportadoras. Perú – Perú.
- Christopher H., (2009). Automatización de proceso de AGREGADOS para construcción. México – México DF. McGraw-Hill.
- Durán, Antonio & Fueyo, Luis (2007). Selección práctica y aplicaciones de los equipos de trituradores. Fueyo editores-Madrid-España. Págs. 357.
- FLENDER drives & automation., (1991). Catálogo de motorreductores. Perú - Lima. McGraw-Hill.
- Fueyo, Luis. (2002). Equipos de trituración, molienda y clasificación. 2da. Edición. Editorial Rocas y minerales. Madrid-España. Págs. 370.
- Goodyear. (1991). Catálogo Goodyear. Perú - Lima. McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, Roberto. (2015). Metodología de la investigación. Quinta edición. México. Págs. 593.
- Jimmy L., (1991). Repotenciación, construcción de una planta de balanceado. Ecuador - Riobamba. McGraw-Hill.
- Nordberg., (1997). Chancadora de Mandíbulas. Brasil – Brasil. Catalogo Metso.

Pirelly, Willian., (1992). Manual de tratamiento de Piedra Madrid – España. McGraw-Hill.

Rodamientos SKF, Catálogo General, Perú, 1989.

Shigley, Edward J., (1983). Diseño en Ingeniería Mecánica. (4ta Ed.). México. McGraw-Hill.

Shigley, Edward J., (1983). Diseño en Ingeniería Mecánica. (4ta Ed.). México. McGraw-Hill.

Smith, Edward H., (1998). Manual del ingeniero mecánico. Tomo I, II, III. (1ra Ed.). México. Prentice Hall.

### Linkografía

Empresa EQUIPCERAMIC S.A. Equipos y fábricas completas para trituración Piedra. Disponible en: <<http://www.equipceramic.com/es/>>

Empresa GOMAFILTROS S.A. Productos para el Agro y la Industria (en línea). Disponible en: <<http://www.gomafiltros.com/lampresa/index.php>>

Empresa KAUMAN S.A. Productos de bandas transportadoras (en línea). Disponible en: <[http://www.kauman.com/es/products/calc\\_bases\\_es.asp](http://www.kauman.com/es/products/calc_bases_es.asp)>

Empresa ROTRANS S.A. Productos industriales (en línea). Disponible en: <<http://rotranssa.com/rodillos>>

### Hemerografía

Urday , Diego. (2013). Diseño de una planta móvil de trituración de caliza para una capacidad de 50 tn/h”. Universidad Católica del Perú. Lima-Perú.

Velásquez, Pierre (2011). Diseño de la zona de molienda de una fábrica de ladrillos de 40 t/h ubicada en el distrito de Mocce provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque. 2011. Facultad de ingeniería, arquitectura y urbanismo-Escuela profesional de Ingeniería Mecánica eléctrica. Universidad Señor de Sipán.

# APÉNDICES

## APENDICE 01

### Características de motores trifásicos

Potencia nominal (cv)	Velocidad manual (r.p.m.)	Corriente nominal In (A)		Relación Ia/In	Rendimiento $\eta$ (%)	Factor de Potencia $\cos \phi$	Factor de servicio
		220 (V)	380 (V)				
0.33	1.720	1.5	0.9	4.3	60	0.66	1.25
0.5	1.720	2.5	1.2	4.0	63	0.70	1.25
0.25	1.725	3.0	1.7	5.7	69	0.70	1.25
1	1.720	4.2	2.5	5.6	66	0.70	1.25
1.5	1.725	5.2	3.0	6.3	75	0.75	1.2
2	1.725	6.8	4.0	7.1	76	0.75	1.2
3	1.730	9.5	5.5	6.5	76	0.80	1.15
4	1.740	12	7.0	6.5	79	0.82	1.15
5	1.740	15	8.5	6.4	79	0.82	1.15
6	1.740	17	10	6.0	81	0.84	1.15
7.5	1.745	21	12	5.5	82	0.84	1.15
10	1.745	28	16	7.0	82	0.84	1.15
12.5	1.745	34	19	6.4	84	0.55	1
15	1.760	40	23	5.8	84	0.86	1.15
20	1.765	52	30	7.5	86	0.86	1.15
25	1.765	65	38	6.5	86	0.86	1.1
30	1.765	75	44	7.0	89	0.87	1.1
40	1.770	105	60	6.5	86	0.86	1.1
50	1.770	130	75	6.2	86	0.86	1.1
60	1.780	145	85	7.0	90	0.90	1
75	1.780	175	100	7.0	92	0.90	1
100	1.780	240	140	7.1	90	0.90	1
125	1.780	290	165	7.0	93	0.90	1
150	1.780	360	210	7.0	91	0.90	1
200	1.780	480	280	7.0	90	0.90	1
250	1.780	600	350	7.0	91	0.89	1

## APÉNDICE 02

### Tabla para hallar el diámetro primitivo

<i>Sección</i>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>E</u>
Díámetro mínimo primitivo [mm]	63	100	160	280	400

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## APÉNDICE 03

### Tabla para la selección de motor

(Catálogo WEG pág.)

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I/In	Par con rotor trabado Tl/Tn	Par máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	380 V						Corriente nominal In (A)		
								Caliente	Frio			RPM			% de la potencia nominal					
												50	75	100	Rendimiento		Factor de potencia			
KW	HP																			
IV Polos																				
0,12	0,16	63	0,068	5,0	2,7	3,3	0,0005	48	106	6,7	48	1715	53,0	61,0	64,0	0,45	0,56	0,65	0,438	
0,18	0,25	63	0,103	5,0	2,5	3	0,0006	39	86	7,7	48	1710	62,0	67,0	70,0	0,49	0,61	0,70	0,558	
0,25	0,33	63	0,142	5,5	2,9	3,2	0,0007	30	66	8,2	48	1710	66,0	71,0	73,0	0,46	0,59	0,69	0,754	
0,37	0,5	71	0,213	5,1	2,8	2,9	0,0007	52	114	8,5	47	1690	71,5	74,5	75,0	0,49	0,62	0,70	1,07	
0,55	0,75	71	0,320	4,9	2,8	2,9	0,0008	43	95	11,5	47	1675	75,5	77,0	77,5	0,49	0,62	0,71	1,52	
0,75	1	90S	0,416	7,6	2,6	3,2	0,0049	24	53	18,5	51	1755	80,0	84,0	85,5	0,60	0,72	0,79	1,69	
1,1	1,5	L90S	0,610	7,6	2,7	3,2	0,0060	18	40	22,0	51	1755	82,5	85,5	86,5	0,60	0,73	0,80	2,42	
1,5	2	L90S	0,832	7,7	2,8	3,3	0,0066	15	33	23,0	51	1755	84,0	86,0	86,5	0,59	0,72	0,80	3,29	
2,2	3	100L	1,23	7,6	3,8	3,7	0,0097	24	53	33,0	54	1740	86,6	88,2	89,5	0,59	0,72	0,79	4,72	
3	4	112M	1,66	7,8	2,6	3,5	0,0156	27	59	42,0	56	1760	87,2	89,0	89,5	0,58	0,70	0,79	6,45	
3,7	5	112M	2,05	7,6	2,4	3,3	0,0181	23	51	44,0	56	1755	88,1	89,3	89,5	0,61	0,74	0,80	7,85	
4,5	6	112M	2,51	7,0	2,4	3	0,0180	17	37	44,0	56	1745	88,7	89,5	89,5	0,61	0,74	0,80	9,55	
5,5	7,5	132S	3,04	8,4	2,4	3,6	0,0488	16	35	67,0	58	1765	89,9	91,2	91,7	0,63	0,76	0,82	11,1	
7,5	10	132S	4,14	8,2	2,3	3,5	0,0563	13	29	72,0	58	1765	90,8	91,6	92,0	0,66	0,78	0,84	14,7	
9,2	12,5	132M/L	5,08	8,5	2,4	3,5	0,0676	9	20	86,0	58	1765	91,0	91,8	92,4	0,66	0,78	0,84	18,1	
11	15	160M	6,07	7,0	2,5	3	0,1188	15	33	112	64	1765	90,6	92,4	92,7	0,63	0,75	0,81	22,2	
15	20	160M	8,23	7,7	3	3,5	0,1471	13	29	133	64	1775	91,6	93,2	93,4	0,64	0,75	0,82	29,8	
18,5	25	160L	10,2	7,3	2,7	3,2	0,1813	12	26	148	64	1770	92,4	93,6	93,8	0,64	0,75	0,81	36,9	
22	30	180M	12,1	7,2	3	3	0,1919	20	44	176	64	1775	93,0	93,8	94,0	0,68	0,78	0,83	42,8	
30	40	200M	16,5	6,6	2,2	2,8	0,3202	22	48	215	66	1775	93,6	94,2	94,4	0,70	0,79	0,84	57,4	
37	50	200L	20,3	6,4	2,5	2,7	0,3728	20	44	243	66	1775	94,0	94,5	94,6	0,70	0,80	0,84	70,7	
45	60	225S/M	24,6	7,5	2,4	2,8	0,6367	14	31	404	67	1780	94,2	94,7	95,1	0,71	0,80	0,85	84,5	
55	75	225S/M	30,1	7,5	2,4	2,8	0,7346	12	26	430	67	1780	94,5	95,0	95,4	0,74	0,83	0,87	101	
75	100	250S/M	41,0	7,5	2,5	2,8	1,01	12	26	505	68	1780	94,6	95,2	95,5	0,74	0,83	0,87	137	
90	125	280S/M	49,1	7,2	2	2,7	1,87	24	53	683	73	1785	94,7	95,3	95,6	0,75	0,83	0,86	167	
110	150	280S/M	60,0	7,9	2,4	2,9	2,33	20	44	753	73	1785	94,8	95,5	95,8	0,75	0,83	0,86	203	

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## APÉNDICE 04

### Alambres y cables para instalaciones eléctricas

CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	AMPERAJE (*)		
							PESO	AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
<b>ALAMBRES</b>									
18	0,8	1	1,0	1,0	0,6	2,2	12	11	9
16	1,3	1	1,3	1,3	0,7	2,7	18	15	12
14	2,1	1	1,6	1,6	0,8	3,3	27	28	22
12	3,3	1	2,0	2,0	0,8	3,7	39	33	28
10	5,3	1	2,6	2,6	0,8	4,2	58	44	33
8	8,4	1	3,2	3,2	1,0	5,3	91	66	44
<b>CABLES</b>									
14	2,1	7	0,62	1,8	0,8	3,4	29	28	22
12	3,3	7	0,80	2,2	0,8	3,9	41	33	28
10	5,3	7	1,00	2,8	0,8	4,5	61	44	33
8	8,4	7	1,23	3,7	1,0	5,8	98	66	44
6	13,3	7	1,53	4,6	1,0	6,7	147	88	61
4	21,1	7	1,93	5,8	1,2	8,3	231	116	77
2	33,6	7	2,44	7,3	1,2	9,8	353	154	105
1	42,4	19	1,69	8,4	1,4	11,2	450	182	121
1/0	53,4	19	1,94	8,6	1,4	11,5	540	215	138
2/0	67,4	19	2,18	9,6	1,4	12,5	671	248	160
3/0	85,1	19	2,45	10,8	1,6	14,2	850	286	182
4/0	107,2	19	2,75	12,2	1,6	15,6	1058	330	215
250	126,7	37	2,09	14,6	1,8	18,2	1288	374	237
300	151,9	37	2,29	15,3	2,0	19,5	1530	413	264
350	177,5	37	2,53	15,7	2,0	20,0	1795	462	286
400	202,8	37	2,64	18,5	2,2	22,9	2055	501	308
500	253,1	37	3,03	18,7	2,4	25,5	2561	567	352

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## APÉNDICE 05

### Guardamotores para motor trifásico

GV2ME		
Motor	Guardamotor	
Potencia	Referencia	Regulación
kW		A
0,37	GV2ME05	0,63...1
0,55	GV2ME06	1...1,6
0,75	GV2ME07	1,6...2,5
1,1	GV2ME08	2,5...4
1,5	GV2ME08	2,5...4
2,2	GV2ME10	4...6,3
3	GV2ME14	6...10
4	GV2ME14	6...10
5,5	GV2ME16	9...14
7,5	GV2ME20	13...18
9	GV2ME21	17...23
11	GV2ME22	20...25
15	GV2ME32	24...32
18,5	GV3ME40	25...40
22	GV3ME63	40...63
30	GV3ME63	40...63
37	GV3ME80	56...80
45	GV7RE100	60...100
55	GV7RE150	90...150
75	GV7RE150	90...150
90	GV7RE220	132...220
110	GV7RE220	132...220

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## APÉNDICE 06

### Contadores para motores trifásicos

Contadores TeSys D							
Contadores tripolares							
Potencia 380/415V kW	HP	Corriente		Contactos		Referencias	
		En AC-3 hasta	En AC-1 Ø < 40°C hasta	NA	NC		
4	5,5	9A	25A	1	1	LC1-D09*	
5,5	7,5	12A	25A	1	1	LC1-D12*	
7,5	10	18A	32A	1	1	LC1-D18*	
11	15	25A	40A	1	1	LC1-D25*	
15	20	32A	50A	1	1	LC1-D32*	
18,5	25	38A	50A	1	1	LC1-D38*	
18,5	25	40A	60A	1	1	LC1-D40A*	
22	30	50A	80A	1	1	LC1-D50A*	
30	40	65A	80A	1	1	LC1-D65A*	
37	50	80A	125A	1	1	LC1-D80*	
45	60	95A	125A	1	1	LC1-D95*	
55	75	115A	200A	1	1	LC1-D115*	
75	100	150A	200A	1	1	LC1-D150*	



LC1-D...

Fijación DIN - 35 mm.  
 Contactos auxiliares autolimpiantes,  
 1 NA + 1 NC.  
 Tapa de seguridad.  
 Circuito de control: corriente alterna,  
 corriente continua y corriente  
 continua de bajo consumo.

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## APÉNDICE 07

### Relés térmicos para motores trifásicos

Reles térmicos TeSys K		
Zona de reglaje del relé (A)		
Clase	10A	Referencias
0,11...	0,16	LR2-K0301
0,16...	0,23	LR2-K0302
0,23...	0,36	LR2-K0303
0,36...	0,54	LR2-K0304
0,54...	0,8	LR2-K0305
0,8...	1,2	LR2-K0306
1,2...	1,8	LR2-K0307
1,8...	2,6	LR2-K0308
<b>2,6...</b>	<b>3,7</b>	<b>LR2-K0310</b>
3,7...	5,5	LR2-K0312
5,5...	8	LR2-K0314
8...	11,5	LR2-K0316
10...	14	LR2-K0321
12...	16	LR2-K0322

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## APÉNDICE 08

### Combinaciones arranque para motores trifásicos IEC-NEMA

Combinaciones Arranque motor - IEC / Coordinacion Tipo 2										
Potencia motor 3-fases 50/60 Hz			Interruptor				Contactor		Controlador TeSys T	TTCC
P	Ie		Icc		Icc		In	Referencia	Referencia (3)	
kW	380V A	660V	Referencia	kA	Referencia	kA	AC3 A			
0,75	2	1,1	GV2 L07	130			LC1D09	9	LTMR-08	-
1,1	2,6	1,5	GV2 L08	130			LC1D09	9	LTMR-08	-
1,5	3,5	2	GV2 L08	130			LC1D09	9	LTMR-08	-
2,2	5	2,8	GV2 L10	130			LC1D09	9	LTMR-08	-
3	6,5	3,8	GV2 L14	130			LC1D09	9	LTMR-08	-
4	8,5	4,9	GV2 L14	130			LC1D09	9	LTMR-27	-
5,5	11,5	6,6	GV2 L16	50.			LC1D25	25	LTMR-27	-
7,5	15,5	8,9	GV2 L20	50			LC1D25	25	LTMR-27	-
9	18,5	10,6	GV2 L22	50			LC1D25	25	LTMR-27	-
11	22	14	GV2 L22	50			LC1D25	25	LTMR-27	-
15	30	17,3	GV2 L32	70			LC1D40A	40	LTMR-100	-
18,5	37	21,9	GV3 L40	50			LC1D40A	40	LTMR-100	-
22	44	25,4	GV3 L50	50.			LC1D50A	50	LTMR-100	-
30	60	54,6	GV3 L65	50			LC1D65A	65	LTMR-100	-
37	72	42	NS80HMA	70			LC1080	80	LTMR-100	-
45	85	49	NSX100N MA	25	NSX100H MA	70	LC1D115	115	LTMR-100	-
55	105	61	NSX160N MA	36	NSX160H MA	70	LC1D115	115	LTMR-08	LT6-CT2001
75	138	82	NSX160N MA	36	NSX160H MA	70	LC10150	150	LTMR-08	LT6-CT2001
90	170	98	NSX250N MA	36	NSX250H MA	70	LC1F185	185	LTMR-08	LT6-CT2001
110	205	118	NSX250N MA	36	NSX250H MA	70	LC1F225	225	LTMR-08	LT6-CT2001
132	245	140	NSX400H MA	70	NSX400L MA	130	LC1F265	265	LTMR-08	LT6-CT4001
160	300	170	NSX400H MA	70	NSX400L MA	130	LC1F330	330	LTMR-08	LT6-CT4001
200	370	215	NSX630H MA	70	NSX630L MA	130	LC1F400	400	LTMR-08	LT6-CT4001
220	408	235	NSX630H MA	70	NSX630L MA	130	LC1F500	500	LTMR-08	LT6-CT6001
250	460	274	NSX630H MA	70	NSX630L MA	130	LC1F500	500	LTMR-08	LT6-CT6001

Combinaciones Arranque Motor - NEMA									
Potencia motor 3-fases 50/60 Hz				Contactor			TeSys T Controlador	TTCC	
P	Ie			Tamaño	Referencia (2)	A	In	Referencia	Referencia (3)
HP	380V A	460V A	575V A						
5	-	7,6	6,1	TAM0	8502 SBO2	18		LTMR-08..	-
7,5	11	11	9	TAM1	8502 SCO2	27		LTMR-27..	-
10	14,8	14	11	TAM1	8502 SCO2	27		LTMR-27..	-
15	21	21	17	TAM1	8502 SCO2	27		LTMR-27..	-
20	28,5	27	22	TAM2	8502 SDO2	45		LTMR-100..	-
25	35	34	27	TAM2	8502 SDO2	45		LTMR-100..	-
30	42	40	32	TAM3	8502 SEQ2	90		LTMR-100..	-
40	57	52	41	TAM3	8502 SEQ2	90		LTMR-100..	-
50	69	65	52	TAM3	8502 SEQ2	90		LTMR-100..	-
60	81	77	62	TAM3	8502 SEQ2	90		LTMR-100..	-
75	100	96	77	TAM4	8502 SFO2	135		LTMR-08..	LT6-CT2001
100	134	124	99	TAM4	8502 SFO2	135		LTMR-08..	LT6-CT2001
125	162	156	125	TAM5	8502 SGO2	270		LTMR-08..	LT6-CT2001
150	195	180	144	TAM5	8502 SGO2	270		LTMR-08..	LT6-CT2001
200	222	240	192	TAM5	8502 SGO2	270		LTMR-08..	LTS-CT4001
250	-	300	240	TAM6	8502 SHO2	540		LTMR-08..	LT6-CT4001
300	388	360	288	TAM6	8502 SHO2	540		LTMR-08..	LT6-CT4001
350	437	420	336	TAM6	8502 SHO2	540		LTMR-08..	LT6-CT6001
450	-	540	432	TAM7	8502 SJO2	810		LTMR-08..	LT6-CT6001
500	-	600	480	TAM7	8502 SJO2	810		LTMR-08..	LT6-CT6001
600	-	700	576	TAM7	8502 SJO2	810		LTMR-08..	LT6-CT6001

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

# ANEXOS

## ANEXO 01

### Selección de interruptores termomagnéticos

INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA TIPOS HHED, HFXD, HJXD, HLXD, HLMXD, HNXD.						
Tabla de selección						
Marco	Corriente nominal A	Rango de disparo instantáneo		Interruptor tipo completo	No. Catálogo	Peso Aprox. Kg
		mínimo	máximo			
HHED 3 polos 600 V.c.a.	15 20 30 40 50 70 100 125			HHED63B015 HHED63B020 HHED63B030 HHED63B040 HHED63B050 HHED63B070 HHED63B100 HHED63B125	4001 5472 4001 5473 4001 5474 4001 5475 4001 5476 4001 5477 4001 5478 4001 5479	1,72
HFXD 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.a.	150 175 200 225 250	800 900 900 1 100 1 100	1 500 2 000 2 000 2 500 2 500	HFXD63B150 HFXD63B175 HFXD63B200 HFXD63B225 HFXD63B250	4001 5490 4001 5491 4001 5492 4001 5493 4001 5494	4,5
HJXD 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.a.	300 400	1 250 2 000	2 500 4 000	HJXD63B300 HJXD63B400	4001 5495 4001 5496	8,8
HLXD 3 polos 600 V.c.a. 500 V.c.a.	500 600	3 000 3 000	6 000 6 000	HLXD63B500 HLXD63B600	4001 5497 4001 5498	8,8

Datos Técnicos										
Tipo		HHED	HFXD	HJXD	HLXD	HLMXD	HNXD	SLD	SMD	SND
Max. corriente nominal (In max) a 40°C	60 Hz	100	225	100		125	250	400	600	800
Capacidad interruptiva UL Amperes Simétricos RMS	240 V	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	65 000A	65 000A	65 000	65 000
	480 V	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	35 000A	50 000	50 000
	600 V	25 000	25 000	35 000	35 000	25 000	25 000	25 000A	25 000	25 000

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## ANEXO 02.

### Resumen económico

DISEÑO DE UNA MÁQUINA CHANCADORA DE PIEDRA DE 40 TN/H PARA LA PRODUCCIÓN DE AGREGADO DE CONSTRUCCIÓN EN LA EMP. HIERRO PERÚ MAQUINARIA S.R.L. UBICADA EN EL DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE					
NOMBRE DE PIEZA	MATERIAL Y CARACTERISTICAS	NORMA	CANTIDAD	PREC. UNID	PREC. MAY
Guarda 1	Hierro 1080, 1/4 "		1	S/. 5,000.52	S/. 5,000.52
Guarda 2	Hierro 1080, 1/4 "		1	S/. 5,000.52	S/. 5,000.52
Tolva	Hierro 1080, 1.5 "		1	S/. 3,892.00	S/. 3,892.00
Estructura Prinsipal	Hierro Laminado 1080 x 2"		1	S/. 18,416.00	S/. 18,416.00
Polea Conducida	Hierro Colado 779.92 Kg		1	S/. 5,069.48	S/. 5,069.48
Perneria	Varios		1	S/. 3,676.60	S/. 3,676.60
Eje Ecxentrico	2.35 Mt, Boler H1045		1	S/. 2,820.00	S/. 2,820.00
Rodamientos Eje Ecxentrico	SKF - UN 220 EC - D IN:150, D EX225, NU1030		7	S/. 2,330.00	S/. 16,310.00
Rodamientos Chumasera	SKF - UN 220 EC - D IN:130, D EX200, UN 1026		4	S/. 1,150.00	S/. 4,600.00
Volante	Hierro Colado 1,181.43 Kg		1	S/. 7,679.30	S/. 7,679.30
Fajas	Fajas en C 180,DE=44 PLG d 10,46 PLG		8	S/. 184.00	S/. 1,472.00
Motor	100 Hp, 1780 Rpm, Marca WEG		1	S/. 19,256.00	S/. 19,256.00
Base Motor	Tubo cuadrado 3 x 4 "		1	S/. 180.00	S/. 180.00
Polea Conductorora	Hierro Colado 31.93Kg		1	S/. 130.00	S/. 130.00
Chumasera	Hierro Colado 117.03Kg		2	S/. 760.70	S/. 1,521.39
Mandibula M1	Hierro Colado 379.54 Kg		1	S/. 2,467.00	S/. 2,467.00
Mandibula M4	Hierro Colado 433.5 Kg		1	S/. 2,817.30	S/. 2,817.30
Mandibula M6	Hierro Colado 1,342.43 Kg		1	S/. 16,100.00	S/. 16,100.00
Cuña A	Hierro Colado 428 Kg		1	S/. 2,782.00	S/. 2,782.00
Cuña B	Hierro Colado 490 Kg		1	S/. 3,185.00	S/. 3,185.00
Mandibula M2	Hierro Colado 10 Kg		1	S/. 65.00	S/. 65.00
Mandibula M3	Hierro Laminado 1080 x 2"		2	S/. 95.00	S/. 190.00
Dentadura Lateral	Hierro Colado 269 Kg		2	S/. 1,748.50	S/. 3,497.00
Dentadura Movil	Hierro Colado 1,383.35 Kg		1	S/. 8,991.78	S/. 8,991.78
Dentadura Fija	Hierro Colado 1130.41 Kg		1	S/. 7,347.67	S/. 7,347.67
Garra	Varios		1	S/. 185.00	S/. 185.00

## ANEXO 03.

### Resumen económico

Material	S/. 142,651.54
Maquinado 50% material	S/. 71,325.77
TOTAL Soles	S/. 213,977.31
TIPO DE CAMBIO	S/. 3.31
TOTAL Dolares	\$64,645.71

### ANEXO 04

### Proformas Ciudad de Chiclayo



IMPORTADOR Y DISTRIBUIDOR DE RESPUESTOS AUTOMOTRICES  
 REPUESTOS EN GENERAL  
**REPRESENTACIONES  
 REGALADO**  
 E.I.R.L.

CALLE FERREÑAFE N° 104 - URBANIZACIÓN SAN LORENZO - CHICLAYO  
 TELF.: 074-254765 - CEL.: 965085561 - RPM: \*0300423  
 R.U.C.: 20480112688

FECHA

10	09	16
----	----	----

COTIZACION  
 PEDIDO

**Nº 012061**

Señor(es) HIERRO PERU MAQUINARIAS S.R.L. R.U.C. \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_ Telf.: \_\_\_\_\_ Ciudad: \_\_\_\_\_

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	TOTAL
04	RODAPES NU 220	580	2320
04	RODAPES NU 1026	1150	4600
07	RODAPES NU 1030	2330	16310

FORMULARIOS CONTINUOS ROSARIO E.I.R.L. - LUIS GONZALES 1342 - CHICLAYO

TOTAL S/	A CUENTA S/	SALDO S/
23,230		

Fecha de Entrega: \_\_\_\_\_

  
**REPRESENTACIONES REGALADO E.I.R.L.**  
 R.U.C. 20480112688

**Alcides Regalado Valle**  
 P. Representación "REGALADO"

\_\_\_\_\_  
 CLIENTE



**CENTRAL DE INVERSIONES**  
E.I.R.L.

VENTA DE ARTÍCULOS DE FERRETERÍA, PERNOS ZINCADOS Y ACERADOS; REPUESTOS Y ACCESORIOS PARA VEHÍCULOS PESADOS Y LIVANOS; REPUESTOS AUTOMOTRICES FABRICACIONES.



Principal: Av. Mariano Comejo N° 544  
P.J. Nuevo San Lorenzo - J.L.O. - Chiclayo  
Lambayeque  
Telf. 329456 -CEL. 974938106 / RPM #974938106  
Sucursal: Calle America 197 - Urb. San Lorenzo  
Jose. L. Ortiz - Chiclayo - Lambayeque  
Lambayeque - Telf. 438827  
E-mail: ventas@rci.pe

RUC 20487954129

NOTA DE PEDIDO

002- 0000608

Fecha: 10 09 2016

Señor (es): HIERRO PERU MAQUINARIAS S.R.L  
Dirección: GRAN # 548 - CAMPODONICO - CHICLAYO  
RUC: 20979659932 Telf.: \_\_\_\_\_

CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT.	TOTAL
40	PERNOS UNC 608 1 1/2 x 8 slr		1200.00
40	TUERAS UNC 608 1 1/2		193.60
40	ANILLOS PLACAS 1 1/2		80.00
40	U PRESION 1 1/2		80.00
10	PERNOS FLAT ALEM 1 x 3 slr		286.00
24	PERNOS UNC 608 1 1/4 x 3 slr		129.00
24	ANILLO PLACAS 1 1/4		48.00
24	U PRESION 1 1/4		48.00
08	PERNOS UNC 608 1 1/2 x 10 slr		302.40
08	TUERAS UNC 608 1 1/2		38.70
08	ANILLOS PLACAS 1 1/2		6.00
08	ANILLOS PRESION 1 1/2		6.00
08	PERNOS FLAT ALUM. 1 x 5 slr		229.00
08	PERNOS UNC 608 1 1/2 x 5 slr		175.20
08	TUERA HE 608 1 1/2		38.70
08	ANILLOS PLACAS 1 1/2		16.00
08	ANILLOS PRESION 1 1/2		16.00

**COTIZACION**

Gracias por su preferencia

**TOTAL**  
2812.60





# WILSNORTH E.I.R.L.

Metales en General para la Industrial Metalurgica,  
Ejes Pulidos y Calibrados en Calidad Bohler H1045,  
E-920-VCL,VCN,K-100 ECN, Planchas de diferentes  
espesores y medidas en negras e inoxidable Servicio de Torno,  
Soldadura, Taladro, Corte de CNC en Plasma y Oxicorte y Sierra Cinta  
Contamos con **BALANZA ELÉCTRONICA**

OF. PRINCIPAL: CALLE EUROPA N° 135 URB. SANTA MARIA ALT.CUADRA 2190 - J.L.O - CHICLAYO  
TELEFAX: 074-265634 - RPM #957966602 - #957910694 - CEL.: 994098230 - 955222222 - 955444444  
EMAIL: WILSNORTH\_EIRL@hotmail.com wilsnortheir@gmail.com www.wilsnorth.com

COTIZACIÓN

CONTRATO

CONTADO  CREDITO

Nº 009131

SEÑOR(ES): Miguel Rueda Mezquianca S.R.L.

RUC: \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN: \_\_\_\_\_

FECHA:

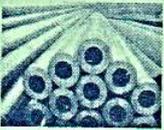
12 / 10 / 16



CORTE CNC EN PLASMA



SERVICIO DE TORNO



TUBOS DE ACERO EN SCH



BALANZA ELECTREINICA

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	IMPORTE
<u>2.35</u>	<u>1286 mm de 5" de espesor</u> <u>en acero al carbono H1045</u> <u>con casaca</u>		<u>2.820.00</u>

ACUENTA S/.

SALDO S/.

TOTAL S/. 2.820.00



# WILSNORTH E.I.R.L.

Metales en General para la Industrial Metalurgica,  
Ejes Pulidos y Calibrados en Calidad Bohler H1045,  
E-920-VCL,VCN,K-100 ECN, Planchas de diferentes  
espesores y medidas en negras e inoxidables Servicio de Torno,  
Soldadura, Taladro, Corte de CNC en Plasma y Oxicorte y Sierra Cinta  
Contamos con **BALANZA ELÉCTRÓNICA**

OF. PRINCIPAL: CALLE EUROPA N° 135 URB. SANTA MARIA ALT.CUADRA 2190 - J.L.O - CHICLAYO  
TELEFAX: 074-265634 - RPM #957966602 - #957910694 - CEL.: 994098230 - 955222222 - 955444444  
EMAIL: WILSNORTH\_EIRL@hotmail.com wilsnortheir@gmail.com www.wilsnorth.com

COTIZACIÓN

CONTRATO

CONTADO  CREDITO

**Nº 009156**

SEÑOR(ES): Hierro Perú Maquinarias S.R.L  
# ROMERO GARCIA  
DIRECCIÓN: 999141067

RUC: \_\_\_\_\_  
FECHA: 10 10 16



CORTE CNC EN PLASMA



SERVICIO DE TORNO



TUBOS DE ACERO EN SCH



BALANZA ELECTREINICA

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	IMPORTE
02	Planchas de 2" x 180 x 120 cm		3467
02	Planchas de 2" x 180 x 14 cm		492
04	Planchas de 2" x 170 x 13 cm		355
03	Planchas de 2" x 170 x 20 cm		546
01	Plancha de 2" x 120 x 140 cm		2696
10	Planchas de 2" x 13 x 20 cm		57
20	Planchas de 2" x 25 x 10 cm		41
08	Planchas de 2" x 10 x 180 cm		289
02	Planchas de 2" x 18 x 180 cm		521
1	6934		
2	984		
3	1420		
4	1638		
5	2696		
6	570		
7	820		
8	2312		
9	1042		

ACUENTA S/.

SALDO S/.

TOTAL S/.

18,416

COMERCIAL DAMIÁN E.I.R.L.

Roberto Domínguez Benítez  
GERENTE GENERAL



Elige Seguridad

DÍA	MES	AÑO
21	9	16

**PROFORMA** N° 138461

SEÑOR (ES) HIERRO PERU MAQUINARIA S.R.L

DIRECCIÓN GRAU # 548 CAMPO DONICHO CHICLAYO TEL. 20479659932

CANT.	DESCRIPCIÓN	P.UNIT.	TOTAL
3	Para fabricación de Cono de plancha de 1/4 3 x 2.80 x 4.50.		2,500.00
4	plancha de 1/4 2.8 x 2.50 y servicio de corte y rolado		3,000.00
2	Tiras Roladas de 1/4 33.83 x 265		1,000.00
	plancha de 1/4 25 x 2.40 (1)		820.00
	163 x 1.30 (1) 25 x 1.30 (3)		
	ROLADO y BRIDAS de 1.50 (2)		920.00
	plancha de 1/4 160 x 160 (1)		
	35 x 3mt (2)		1,220.00
	plancha de 1/4 27 x 3mt (1)		
	80 x 92 (1)		
	26 x 92 (3)		
	Servicio de corte de 2505		644.00
	CHINO segun Plano		
	<u>COTIZACIÓN</u>		
<b>TOTAL S/.</b>			<b>10,104.00</b>

Este documento carece de validez tributaria

# HP S.R.L. Hierro Perú Maquinarias S.R.L.



Cotización  
A-00451

Fabricamos todo tipo de maquinas para la agro industria de alta calidad para la exportacion  
Teléfono: 074- 498543, 074-959-2628 Fax: 074-208489  
CALLE GRAU N°548-URB. CAMPODONICO ; CHICLAYO, PERU

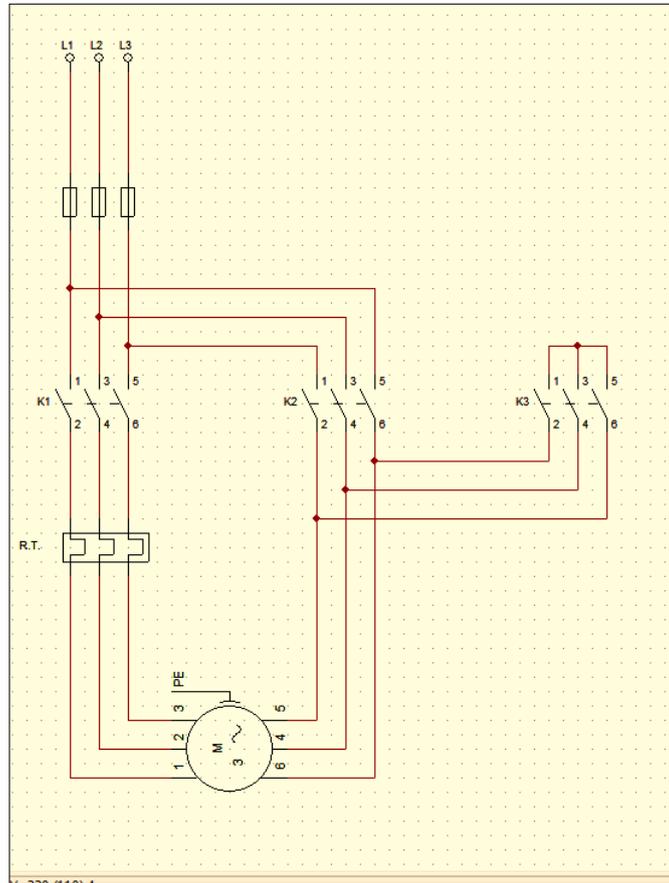
NIT	Cliente	Contacto	Fecha	Ciudad
	Ramon Samon de la Cruz		10/10/2016 Chiclayo	
Teléfono	Dirección	Email	Descuento (%)	T. Pago
974199867	Manco Capac 11307	rogato.2016@hotmail.com		

Ítem	Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Total
1	M.	Fabricación de dos clavijas en	(02)		
2		hierro calibre tipo zarzeta.		\$ 1748.50	\$ 3,497.
3		según Modelo - de 130x49x38cm.			
4		Peso: 269kg.			
5	M.	Una brida tipo cuna.			
6		138x130x43cm. Peso: 490kg.	(1)	\$ 3185.	\$ 3,185.
7					
8	M.	Una Lona tipo cuna.			
9		138x40x40. peso. 418kg.	(1)	\$ 2780.	\$ 2,780.
10					
11	M.	Una Mandibula de chancadora.	(1)	\$ 16,100.	\$ 16,100.
12		Peso: 1342 kg.			
13		Peso: 1111.42 Kg.			
14					
15	M.	Fabricación de 10 clavijas en	(1)		
16		hierro calibre para chancadora.		\$ 5,069.	\$ 5,069.
17		Peso: 799 Kg. - 112x2180.			
18					
19	M.	Fabricación de placa para chancadora	(1)	\$ 7,679.	\$ 7,679.
20		114.7cm x 21.30. Chancadora.			
21		Peso: 1,181.42kg.			
22					
23	M.	Fabricación de soporte para linternas	(2)	\$ 130.	\$ 130.
24		de carcasa grande. 12cm x 10cm x 15cm.			
25		10kg. Note precio y kg. 8.60kg.			
				Total	\$ 38,435
				Descuento	
				Subtotal	
				IGV (18%)	\$ 6,918.30
				Valor total	\$ 45,353.30

Les proponemos esta oferta especial para expresarles nuestro deseo de comenzar a entablar relaciones. Si confirma este pedido antes de 05 días a partir de la fecha de esta carta, le ofreceremos un descuento de 1.2 % en el trabajo.

### ANEXO 05

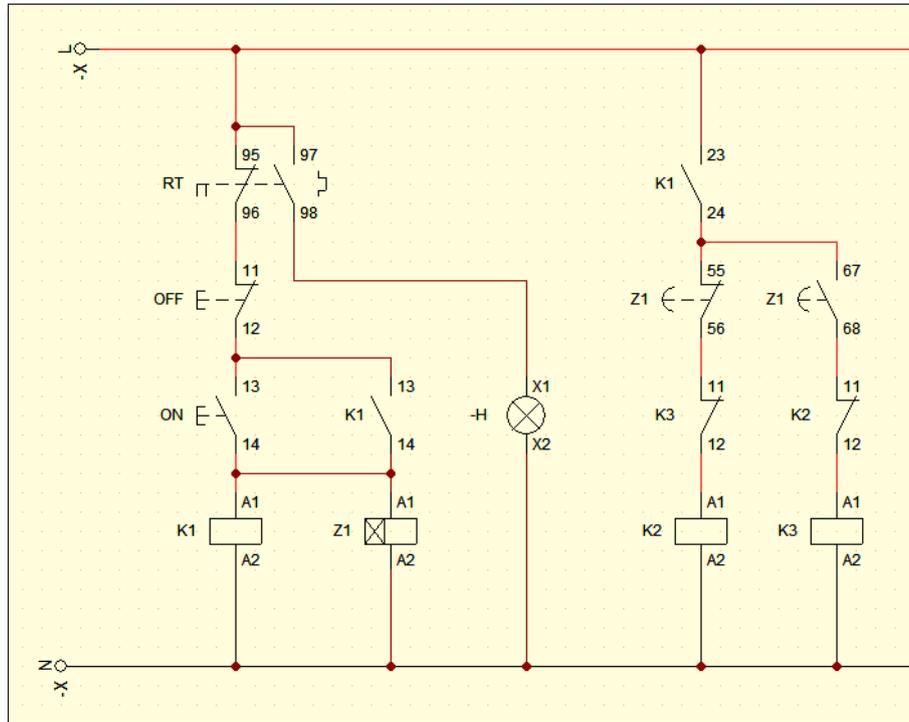
#### Arranque estrella – triangulo, circuito de fuerza y mando



Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## ANEXO 06

### Arranque directo, circuito de fuerza y mando



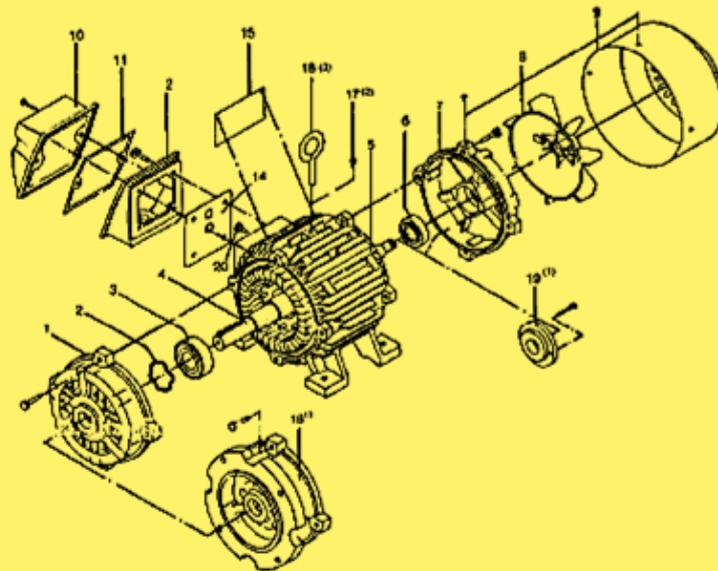
Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## ANEXO 07

### Motores trifásicos jaula de ardilla, alta eficiencia, totalmente cerrados

Lista de partes para motores trifásicos cerrados de alta eficiencia.

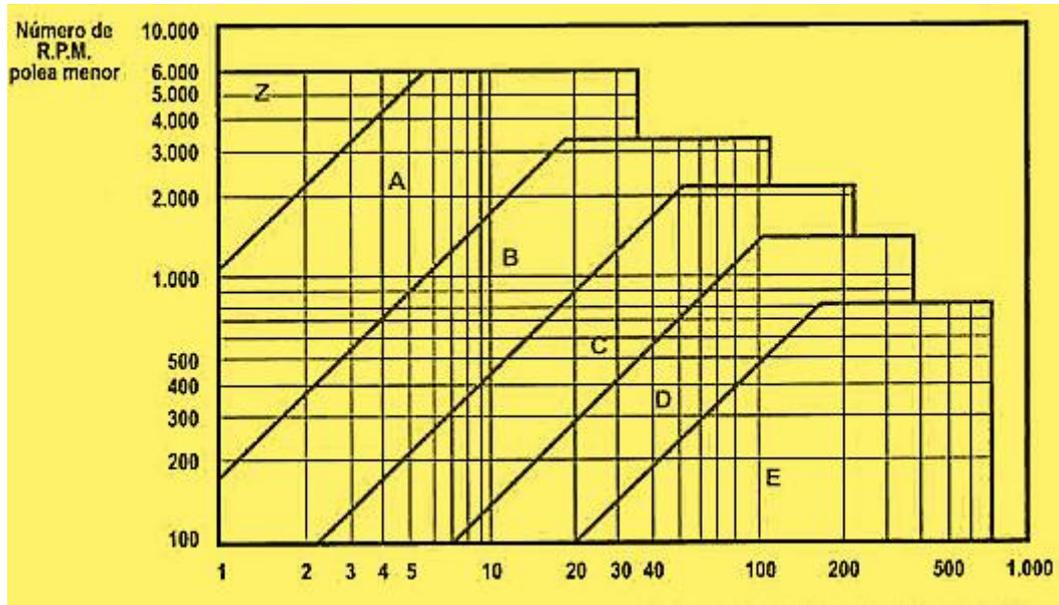
1. Escudo soporte de rodamiento, lado accionamiento (“A”).
2. Arandela de presión.
3. Rodamiento de bolas lado (“A”).
4. Eje con paquete rotor y cu.a espiga
5. Carcasa con paquete estator bobinado.
6. Rodamiento de bolas lado “B”
7. Escudo soporte de rodamiento, lado ventilador (“B”).
8. Ventilador de plástico.
9. Capuchón de lámina.
10. Tapa caja de conexiones.
11. Empaque tapa-base caja de conexiones.
12. Base caja de conexiones.
14. Empaque base caja de conex-carcasa.
15. Placa de características.
16. Cáncamo.
17. Tapón para rosca cáncamo.
18. Escudo soporte de rodamiento, con brida “C” o “D”.
19. Tapa balero interior lado ventilador (“B”).
20. Tornillo de tierra.



Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## ANEXO 08

### Selección de la sección de la faja



Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## ANEXO 09

### Poleas estándares para para fajas

SECCION A		SECCIGN B		SECCION C		SECCION D		SEC E
3.0	6.0	4.8	9.4	7.0	14.0	12.0	27.0	21.0
3.2	6.4	4.8	11.0	7.5	16.0	13.0	33.0	21.6
3.4	7.0	5.0	12.4	8.0	18.0	13.4	40.0	22.0
3.6	7.6	5.2	13.6	8.5	20.0	13.5	48.0	22.8
3.8	8.2	5.4	15.4	9.0	24.0	14.0	58.0	23.2
4.0	9.0	5.6	18.4	9.4	30.0	14.2		24.0
4.2	10.6	5.8	20.0	9.5	36.0	14.5		27.0
4.4	12.0	6.0	25.0	9.6	44.0	14.6		31.0
4.6	15.0	6.2	30.0	9.8	50.0	15.0		35.0
4.8	18.0	6.4	38.0	10.0		15.4		40.0
5.0	19.6	6.6		10.2		15.5		46.0
5.2	24.6	6.8		10.5		16.0		52.0
5.4	29.6	7.0		10.6		18.0		58.0
5.6	37.6	7.4		11.0		18.4		66.0
5.8		8.0		12.0		20.0		74.0
6.0		8.6		13.0		22.0		84.0

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## ANEXO 10

### Longitud de faja y factor por longitud de faja

SECCION A			SECCION B			SECCION C		
FAJA N.	LONG. PASO PULG.	KL	FAJA N.	LONG. PASO PULG.	KL	FAJA N.	LONG. PASO PULG.	KL
A26	27.3	0.81	B35	36.8	0.81	C51	53.9	0.80
A31	32.3	0.84	B38	39.8	0.83	C60	62.7	0.82
A33	34.3	0.85	B42	43.8	0.85	C68	70.9	0.85
A35	36.3	0.87	B46	47.8	0.87	C75	77.9	0.87
A36	37.3	0.87	B51	52.8	0.89	C81	83.9	0.89
A38	39.3	0.88	B53	54.8	0.89	C85	87.9	0.90
A40	41.3	0.89	B55	56.8	0.90	C90	92.9	0.91
A42	43.3	0.90	B58	59.8	0.91	C96	98.9	0.92
A43	44.3	0.90	B60	61.8	0.92	C100	102.9	0.92
A46	47.3	0.92	B62	63.8	0.92	C105	107.9	0.94
A48	49.3	0.93	B64	65.8	0.93	C112	114.9	0.95
A51	52.3	0.94	B66	67.8	0.93	C120	122.9	0.97
A53	54.3	0.95	B68	69.8	0.95	C124	126.9	0.97
A55	56.3	0.96	B71	72.8	0.95	C128	130.9	0.98
A58	59.3	0.97	B75	76.8	0.97	C136	138.9	0.99
A60	61.3	0.98	B78	79.8	0.97	C144	146.9	1.00
A62	63.3	0.98	B81	82.8	0.98	C158	160.9	1.02
A64	65.3	0.99	B83	84.8	0.98	C162	164.9	1.03
A66	67.3	0.99	B85	86.8	0.99	C173	175.9	1.04
A68	69.3	1.00	B90	91.8	1.00	C180	182.9	1.05
A71	72.3	1.01	B93	94.8	1.01	C195	197.9	1.07
A75	76.3	1.02	B97	98.8	1.02	C210	212.9	1.09
A78	79.3	1.03	B103	104.8	1.03	C225	225.9	1.10
A80	81.3	1.04	B105	106.8	1.04	C240	240.9	1.11
A85	86.3	1.05	B112	113.8	1.05	C255	255.9	1.12
A90	91.3	1.06	B120	121.8	1.07	C270	270.9	1.14
A96	97.3	1.08	B128	129.8	1.08	C300	300.9	1.16
A105	106.3	1.10	B136	137.8	1.09	C330	330.9	1.19
A112	113.3	1.11	B144	145.8	1.11	C360	360.9	1.21
A120	121.3	1.13	B158	159.8	1.13	C390	390.9	1.23
A128	129.3	1.14	B173	174.8	1.15	C420	420.9	1.24
			B180	181.8	1.16			
			B195	196.8	1.18			
			B210	211.8	1.19			
			B240	240.8	1.22			
			B270	270.3	1.25			
			B300	300.3	1.27			

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## ANEXO 11

### Factor por ángulo de contacto

$\frac{D-d}{C}$	$\theta$	$K_{\theta}$	$\frac{D-d}{C}$	$\theta$	$K_{\theta}$
0.00	180°	1.00	0.80	133	0.87
0.10	174	0.99	0.90	127	0.85
0.20	169	0.97	1.00	120	0.82
0.30	163	0.96	1.10	113	0.80
0.40	157	0.94	1.20	106	0.77
0.50	151	0.93	1.30	99	0.73
0.60	145	0.91	1.40	91	0.70
0.70	139	0.89	1.50	83	0.65

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## ANEXO 12

### Potencia que pueden transmitir las fajas "c"

RPM DEL EJE RAPIDO	HP POR FAJA REFERIDO A LA PULEA DE DIAMETRO MENOR DE:							
	7.0"	7.5"	8.0"	8.5"	9.0"	9.5"	10.0"	10.5"
870	5.65	6.53	7.41	8.28	9.14	9.98	10.8	11.6
1160	6.86	7.98	9.07	10.1	11.2	12.2	13.2	14.2
1750	8.57	10.0	11.4	12.7	14.0	15.2	16.3	17.4
100	1.02	1.15	1.28	1.41	1.54	1.66	1.79	1.91
200	1.80	2.04	2.29	2.53	2.76	3.00	3.24	3.47
300	2.49	2.85	3.29	3.54	3.88	4.23	4.57	4.90
400	3.13	3.59	4.04	4.49	4.93	5.37	5.81	6.25
500	3.73	4.28	4.83	5.38	5.92	6.45	6.99	7.52
600	4.29	4.94	5.58	6.22	6.85	7.48	8.10	8.72
700	4.82	5.56	6.29	7.02	7.74	8.45	9.16	9.86
800	5.31	6.14	6.97	7.78	8.58	9.37	10.2	10.9
900	5.78	6.70	7.60	8.49	9.37	10.2	11.1	11.9
1000	6.22	7.22	8.20	9.16	10.1	11.0	12.0	12.9
1100	6.63	7.70	8.76	9.79	10.8	11.8	12.8	13.7
1200	7.01	8.16	9.28	10.4	11.4	12.5	13.5	14.5
1300	7.36	8.57	9.76	10.9	12.0	13.1	14.2	15.2
1400	7.69	8.96	10.2	11.4	12.6	13.7	14.8	15.9
1500	7.98	9.30	10.6	11.8	13.1	14.2	15.3	16.4
1600	8.24	9.61	10.9	12.2	13.5	14.7	15.8	16.9
1700	8.46	9.88	11.3	12.6	13.8	15.0	16.2	17.2
1800	8.66	10.1	11.5	12.8	14.1	15.3	16.4	17.5
1900	8.82	10.3	11.7	13.1	14.3	15.5	16.6	17.7
2000	8.94	10.4	11.9	13.2	14.5	15.7	16.7	17.7
2100	9.03	10.6	12.0	13.3	14.6	15.7	16.7	17.7
2200	9.07	10.6	12.0	13.4	14.6	15.7	16.6	17.5
2300	9.08	10.6	12.0	13.3	14.5	15.5	16.4	17.2
2400	9.05	10.6	12.0	13.2	14.3	15.3	16.1	
2500	8.98	10.3	11.8	13.1	14.1	15.0		
2600	8.86	10.3	11.7	12.8	13.8	14.5		
2700	8.70	10.1	11.4	12.5	13.3			
2800	8.49	9.89	11.1	12.1				
2900	8.23	9.58	10.7	11.6				
3000	7.93	9.20	10.2					
3100	7.58	8.77	9.70					
3200	7.17	8.28						
3300	6.71	7.72						
3400	6.20							

## ANEXO 13

### Potencia adicional por relación de transmisión

RELACION DE TRANSMISION	SECCION FAJA				
	A	B	C	D	E
1.00 a 1.01	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.02 a 1.04	0.00180	0.00472	0.0131	0.0466	0.0890
1.05 a 1.08	0.00360	0.00944	0.0263	0.0931	0.1780
1.09 a 1.12	0.00539	0.01415	0.0394	0.1397	0.2670
1.13 a 1.18	0.00719	0.01887	0.0525	0.1863	0.3560
1.19 a 1.24	0.00899	0.02359	0.0656	0.2329	0.4450
1.25 a 1.34	0.01079	0.02831	0.0788	0.2794	0.5340
1.35 a 1.51	0.01259	0.03303	0.0919	0.3260	0.6230
1.52 a 1.99	0.01439	0.03774	0.1050	0.3726	0.7120
2.00 ó más	0.01618	0.04246	0.1182	0.4191	0.8010

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## ANEXO 14

### Dimensión de los canales para poleas estándares

SEC.	DIAMETRO DE FAJA PASO, PULGAS	$d^D$	H	J	K	L*	M	N	P	Q
A	2.5 a 3.4	34	0.474							
	más de 3.4	38	0.504	0.125	0.070	3/4	5/8	3/8	1/16	1/16
B	4.0 a 7.0	34	0.640							
	más de 7.0	38	0.650	0.1675	0.050	15/16	3/4	1/2	1/16	1/16
C	8.0 a 12.9	34	0.889							
	más de 12.0	38	0.904	0.2167	0.000	1 1/4	1	11/16	1/16	1/16
D	13 a 17.0	34	1.276							
	más de 17.0	38	1.293	0.3125	1.000	1 9/16	1 7/16	7/8	1/16	3/32
E	18.0 a 24.0	34	1.521							
	más de 24.0	38	1.542	0.4000	1.250	1 15/16	1 3/4	1 1/8	1/16	1/8

\* DIMENSIÓN PARA FE. F03.

Fuente: Bocquet, J.A. (1987) Mecánica aplicada. Biblioteca del mecánico.

## ANEXO 15

### MANUAL DE INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA CHANCADORA DE PIEDRA.

#### Preparativos antes del encendido

Unas correctas actividades de inspección le aseguran largos años de buen funcionamiento de la trituradora. Mantenga un registro escrito del mantenimiento periódico requerido, no se base exclusivamente en su memoria. Si efectúa las inspecciones previas al encendido y de mantenimiento periódicamente, ahorrará costes en interrupciones de la producción y prolongará la duración de la trituradora. Antes de encender la trituradora, realice las siguientes acciones:

Haga una inspección final para cerciorarse de que no se han dejado herramientas u obstrucciones mecánicas sobre la trituradora, que todas las articulaciones y fijaciones están apretadas correctamente, y que no tiene fugas aparentes o existen otros motivos por lo que no se debería ser encendida.

Compruebe que la cavidad de trituración se encuentra vacía.

Asegúrese también que no hay otras personas en la proximidad cuya seguridad pueda estar en peligro. Rodee la trituradora caminando para cerciorarse de que ninguna persona se encuentra debajo, encima o junto a ella. Advierta a las personas en la proximidad que va a encender la máquina.

## ENCENDIDO DE LA TRITURADORA

La trituradora puede estar accionada por un motor eléctrico o un motor diésel. En nuestro caso significa arrancar el motor eléctrico de acuerdo con las instrucciones de encendido. No introduzca material de alimentación durante el encendido. Para encender la trituradora, proceda como se indica:

Encienda la cinta transportadora de descarga.

Arranque el motor eléctrico. Si utiliza un motor de rotor bobinado, espere a que la resistencia de encendido alcance su fase de activación. Si se producen golpes secos o un golpeteo.

Encienda el alimentador.

Esto resume la secuencia de control lógico necesaria para encender la trituradora. Pueden tomarse otras medidas dependiendo de las condiciones locales.

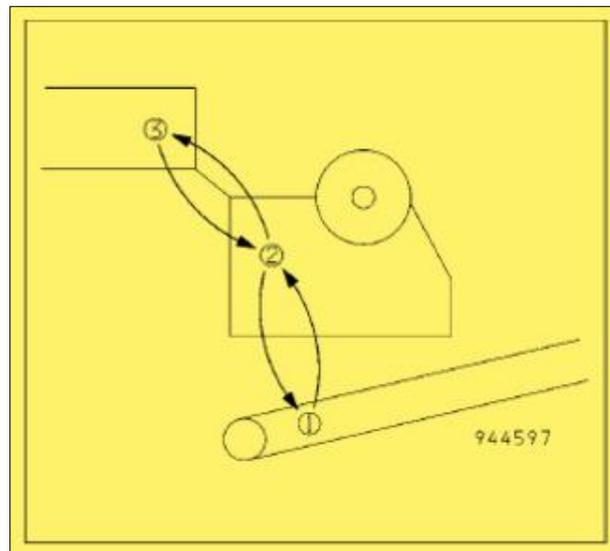


FIGURA A1: Secuencia de encendido y parada

Fuente: N°09

## PARADA DE LA TRITURADORA

Para detener la trituradora, proceda como se indica:

Apague el alimentador.

Espere a que se haya vaciado la cavidad de trituración.

Desconecte el motor eléctrico.

Apague la cinta transportadora de descarga.

### **¡¡IMPORTANTE!**

Una vez parado el motor de la trituradora, esta se detendrá por inercia en unos cinco minutos.

### **FUNCIONAMIENTO**

Introduzca el material en la trituradora uniformemente de acuerdo con las recomendaciones sobre disposiciones y tamaño de alimentación. Observe que el rendimiento de la trituradora es máximo cuando la cavidad se rellena hasta dos tercios ( $2/3$ ) de su capacidad. Hay un sensor de nivel ultrasónico que se puede integrar en los controles de la trituradora para optimizar el nivel de alimentación

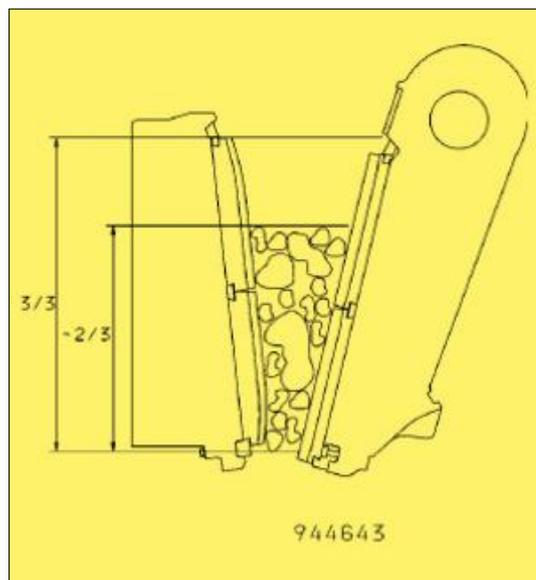


FIGURA A2: Proporción de llenado recomendado

Fuente: N°06

## **ALIMENTACION DE TAMAÑO EXCESIVO**

Evite intentar triturar material de tamaño excesivo (demasiado grande para la cavidad). Tener que volver a colocar las rocas necesita tiempo, reduce la capacidad y carga innecesariamente la trituradora.

Por eso se debe prestar atención al tamaño de alimentación. Instalar una criba de barrotes fija es una buena alternativa para limitar la alimentación de excesivo tamaño. También puede utilizar un martillo hidráulico para romper el material demasiado grande, lo cual se recomienda si ha previsto que va a aparecer el problema.

### **¡ADVERTENCIA!**

Levante o mezcle las rocas en la cavidad solo cuando la trituradora se haya detenido. No intente desatascar la cavidad de trituración si está bloqueada con la trituradora en funcionamiento.

Sea cuidadoso siempre que desatasque la cavidad.

No utilice una palanca para mover material de alimentación de tamaño excesivo.

### **¡ADVERTENCIA!**

No utilice explosivos para desatascar la cavidad de trituración cuando esté bloqueada. Compruebe que no se introducen materiales explosivos en la trituradora.

Las rocas de gran tamaño se pueden levantar fuera de la cavidad con una “mordaza” y una grúa o girarse a una posición más adecuada.

El martillo hidráulico puede utilizarse para romper la alimentación atascada o excesivamente grande con la trituradora en funcionamiento.

## **FRAGMENTOS DE HIERRO/MATERIAL NO TRITURABLE**

Se debe impedir que entre en la trituradora material no triturables (o fragmentos de hierro).

Si se introducen fragmentos de hierro y no son expulsados, detenga el alimentador y la trituradora de inmediato. Vacíe la cavidad y retire los fragmentos. Si es necesario, aumente el reglaje de la trituradora para retirarlos.

### **¡ADVERTENCIA!**

Inspeccione siempre si hay daños en la placa basculante, la barra tensora y el muelle tensor (o el cilindro hidráulico).

## **COMPACTACIÓN**

La trituradora no debe utilizarse con la alimentación compactándose en la cavidad de trituración (por ejemplo, cuando esta compactación provoca que el material no se reduzca de tamaño) o su duración se acortará significativamente.

### **¡ADVERTENCIA!**

No haga funcionar la trituración si la alimentación se está compactando en la cavidad. Esto reduciría significativamente la duración de la trituradora.

Cuando hay compactación:

La velocidad de la trituradora disminuye.

La velocidad del motor disminuye.

La carga de la trituradora aumenta.

La trituradora se sobrecarga.

La compactación puede ocurrir por lo siguiente:

Hay demasiado material fino en la alimentación.

El tamaño máximo del material con respecto a la boca de la alimentación es muy pequeño (menor que el 50% del ancho de la boca).

El material es muy quebradizo y se rompe en pedazos finos (características del material).

El material alimentado tiene humedad.

Las mandíbulas son incorrectas.

Se deben comprobar todas las posibles causas para impedir la compactación. Si es imposible eliminarlas en su totalidad, se debe reducir el nivel del material de la cavidad de trituración y/o aumentar el reglaje de la trituradora.

### **ENCENDIDO DE LA TRITURADORA BLOQUEADA CON CARGA**

La trituradora bloqueada DEBE manejarse como si estuviera atascada, por lo que supone cierto riesgo.

Haga que el personal abandone la zona de la planta.

Notifique inmediatamente a un encargado o responsable que la trituradora se ha bloqueado.

### **¡ADVERTENCIA!**

La cavidad de trituración siempre debe inspeccionarse desde debajo y nunca por encima de la trituradora. Podrían expulsarse fragmentos de hierro de la cavidad. Esto causará lesiones físicas serias.

Búsquela causa de este bloqueo. Si después de una inspección cuidadosa no encuentra una causa eléctrica o mecánica al bloqueo de la trituradora, puede deberse a que se ha atascado por la entrada de materiales extraños, lo que se supone una condición de riesgo.

Cuando la trituradora se bloquea cargada, la energía almacenada en un mecanismo por el material atrapado se puede reducir a niveles insignificantes si las mandíbulas se llevan a su posición abierta.

Después encienda la trituradora. Si no se enciende, repita este procedimiento. Si ha sido necesario abrir las mandíbulas no vuelva a encender la trituradora.

En este caso, las rocas y los fragmentos de metal se deberán retirar manualmente.

### **¡ADVERTENCIA!**

Observe la posición de las chavetas de talón para determinar si la trituradora está “en reposo” o aún hay energía en los volantes.

## **AJUSTE DEL REGLAJE DE LA TRITURADORA**

El reglaje de las trituradoras de la Serie C se ajusta moviendo dos cuñas que se alejan o acercan entre sí. Este movimiento cambia el grosor “s” efectivo del par de cuñas, aumentando o reduciendo el reglaje.

En todos los modelos de trituradora, el reglaje se puede ajustar mecánicamente girando las tuercas ciegas a mano, o hidráulicamente (opción) por medio de un cuadro de control eléctrico. Para obtener más instrucciones sobre el ajuste hidráulico del reglaje (opción), consulte la sección AJUSTE DE REGLAJE HIDRAULICO.

### **AJUSTE DE REGLAJE MECANICO**

Los principales componentes de este mecanismo son las cuñas de ajuste, las tuercas ciegas (2) y los tubos de bloqueo (3). Para modificar el reglaje se necesita el trinquete (herramienta especial) suministrado con la trituradora, que sirve para girar las tuercas ciegas.

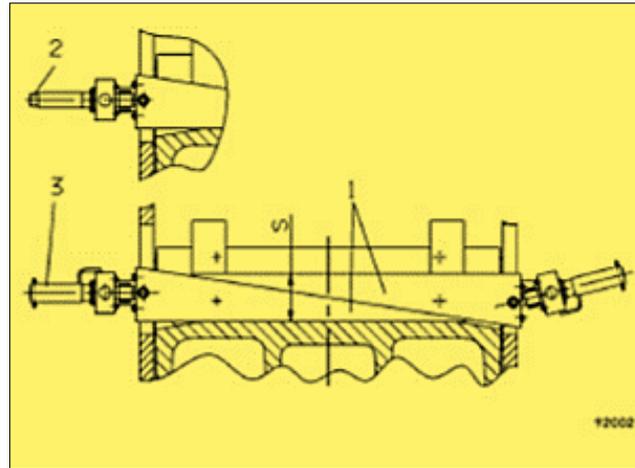


FIGURA A3: Proporción de llenado recomendado

Fuente: N°06

Tabla A01:

Partes de reglaje

NÚMERO	DESCRIPCIÓN
1	Cuñas de ajuste
2	Tuerca ciega
3	Tubo de bloqueo

Fuente: N°06

### ¡ADVERTENCIA!

Las tuercas ciegas se deben girar utilizando el trinquete suministrado con la trituradora. NO UTILICE UNA LLAVE HIDRÁULICA NI NEUMÁTICA.

Las cuñas son auto bloqueantes y sus superficies no se deben lubricar. De lo contrario, se puede sobrecargar el mecanismo de ajuste.

Para modificar el reglaje, primero se aflojan las tuercas de bloqueo de la varilla tensora y después se giran a la derecha o a la izquierda las tuercas ciegas para aumentar o reducirlo, respectivamente. Una sola vuelta de cualquiera de las tuercas ciegas tiene un efecto real en el reglaje, como se muestra en la tabla. Si se giran ambas tuercas ciegas una vuelta completa

en la misma dirección, el reglaje de la trituradora se modificara el doble de lo indicado en la tabla.

A fin de calcular el número de vueltas que deben girarse las tuercas ciegas, divida la distancia de reglaje que desea cambiar entre el valor correspondiente y entre el número de tuercas ciegas.

Vueltas requeridas = (Distancia de modificación) / (Cambio de reglaje)

Redondee el resultado al número entero más alto.

### **REDUCCION DEL REGLAJE DE LA TRITURADORA**

El reglaje solo se puede ajustar cuando la trituradora está en reposo.

Detenga la trituración y apague la trituradora.

Determine la distancia que se reducirá el reglaje y calcule el número de vueltas que deben girar las tuercas ciegas.

Suelte las tuercas de bloqueo del muelle tensor (figura 4). Tenga cuidado de no dejar caer la placa basculante cuando se afloje el muelle.

Retire el pasador del tubo de bloqueo y empuje el tubo hacia la trituradora.

Gire las tuercas ciegas de DERECHA A IZQUIERDA. Asegúrese de que ambas cuñas quedan igualadas para que no varíe su posición con relación a la trituradora. Si necesita un cambio muy amplio del reglaje, gire las tuercas ciegas y después vuelva a soltar las tuercas de bloqueo del muelle. Hay arandelas montadas en el extremo trasero de las cuñas de ajuste. Cuando reduzca el reglaje, empuje las cuñas solo hasta que estas arandelas hagan contacto contra las placas de guía.

Bloquee los tubos con el pasador.

Encienda la trituradora y escuche si hay golpeteo en la placa basculante.

Empiece la trituración.

## ¡ADVERTENCIA!

Apriete y suelte el muelle siempre desde un lado.

No retire nunca la placa de protección.

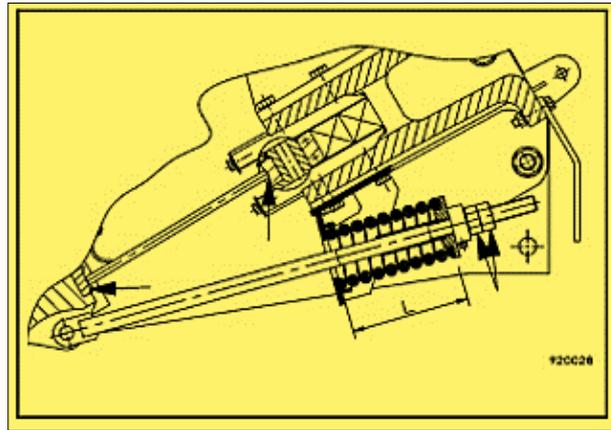


FIGURA A4: Longitud de funcionamiento del tensor

Fuente: N°06

A fin de calcular el número de vueltas que deben girarse las tuercas ciegas, divida la distancia de reglaje que desea cambiar entre el valor correspondiente y entre el número de tuercas ciegas.

Vueltas requeridas = (Distancia de modificación) / (Cambio de reglaje)

Redondee el resultado al número entero más alto.

Aumento del reglaje de la trituradora

El reglaje solo se puede ajustar cuando la trituradora está en reposo.

Detenga la trituración y apague la trituradora.

Determine la distancia que aumentara el reglaje y calcule el número de vueltas que deber girar las tuercas ciegas.

Suelte las tuercas de bloqueo del muelle tensor.

Retire el pasador del tubo de bloqueo y empuje el tubo hacia la trituradora.

Gire las tuercas ciegas de IZQUIERDA A DERECHA. Asegúrese de que ambas cuñas quedan igualadas para que no varíe su posición con relación a la trituradora. Tenga cuidado de no dejar caer la placa basculante cuando se afloje el muelle.

Bloquee los tubos con el pasador.

Ajuste la longitud del muelle.

Encienda la trituradora y escuche si hay golpeteo en la placa basculante.

Empiece la trituración.

### **¡ADVERTENCIA!**

Apriete y suelte el muelle siempre desde un lado.

No retire nunca la placa de protección.

Ajuste de reglaje hidráulico (opción)

El ajuste hidráulico del reglaje permite unas modificaciones más sencillas y rápidas, debido a que se efectúan de modo remoto desde un cuadro de control.

El sistema esta accionado por una unidad hidráulica independiente, o también se puede conectar a un sistema hidráulico de gran tamaño como Lokotrack. La presión del aceite hidráulico aproxima o aleja las cuñas reduciendo o aumentando el reglaje, respectivamente.

Este ajuste del reglaje es posible con la trituradora en reposo o en marcha por inercia. Si se actúa durante la trituración, los componentes tendrán una duración más corta. Para obtener información detallada.

Tabla A02:

Ajuste del reglaje

NÚMERO	DESCRIPCIÓN
A	Ajuste de reglaje mecánico
B	Ajuste de reglaje hidráulico

Fuente: N°06

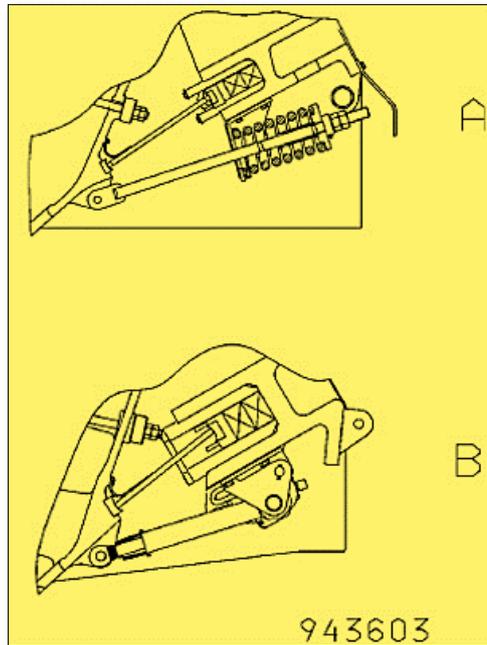


FIGURA A5: Ajuste del reglaje mecánico

Fuente: N°06

## Lubricación

### General

Una correcta lubricación es muy importante. Para asegurarse de que la trituradora esté bien lubricada siempre, siga cuidadosamente las instrucciones de este capítulo.

#### **Especificaciones de grasa.**

Para los puntos de lubricación, se requiere una grasa multiuso a base de litio de las siguientes

Características:

NLGI-Clase 2.

La viscosidad mínima del aceite de base debe ser de 160 mm<sup>2</sup>/s (cSt) a +40°C/104°F con un índice de 80.

Adecuado para bajas (-30°C/-22°F) y altas temperaturas (+100°C/212°F) de funcionamiento.

Buena resistencia al agua.

La grasa no debe ser fácilmente oxidable y debe contener aditivos EP.

Algunas marcas comerciales de grada a base de litio recomendadas se indican a continuación. También se pueden utilizar otras de las mismas características.

Tabla A03:

Marcas comerciales de grasas recomendadas

MARCA COMERCIAL	TIPO
CASTROL	APS 2
BP	ENERGREASE LS-EP 2
ESSO	BEACON EP 2
GULF	GRASA GULFCROWN EP 2
MOBIL	MOBILUX EP2
SHELL	GRASA ALVANIA EP2
SKF	LG EP2

Fuente: N°06

### ¡ADVERTENCIA!

No utilice tipos de grasa que contengan molibdeno o calcio ya que sus componentes sólidos pueden desgastar los cojinetes y acortar su duración.

Cojinetes de ejes excéntricos

Los cojinetes de rodillo esféricos de la trituradora se pueden lubricar con una pistola engrasadora manual, o con un sistema automático conectado a cuatro puntos de engrase.

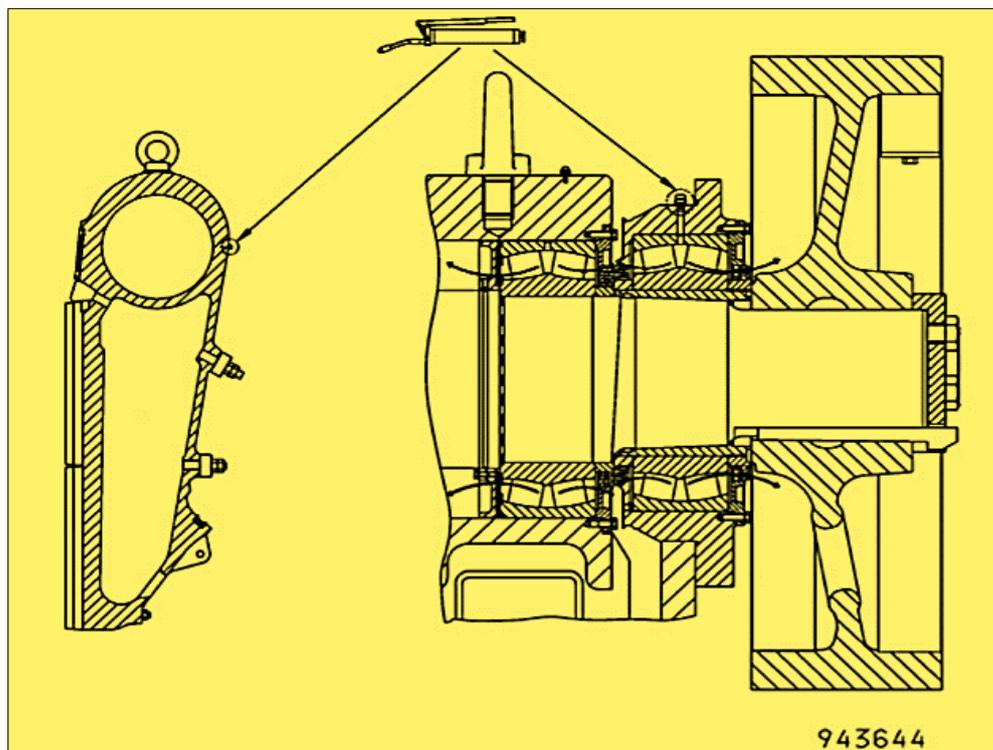


FIGURA A6: Lubricación de cojinetes de rodillo esféricos de la trituradora con pistola de engrase

Fuente: N°06

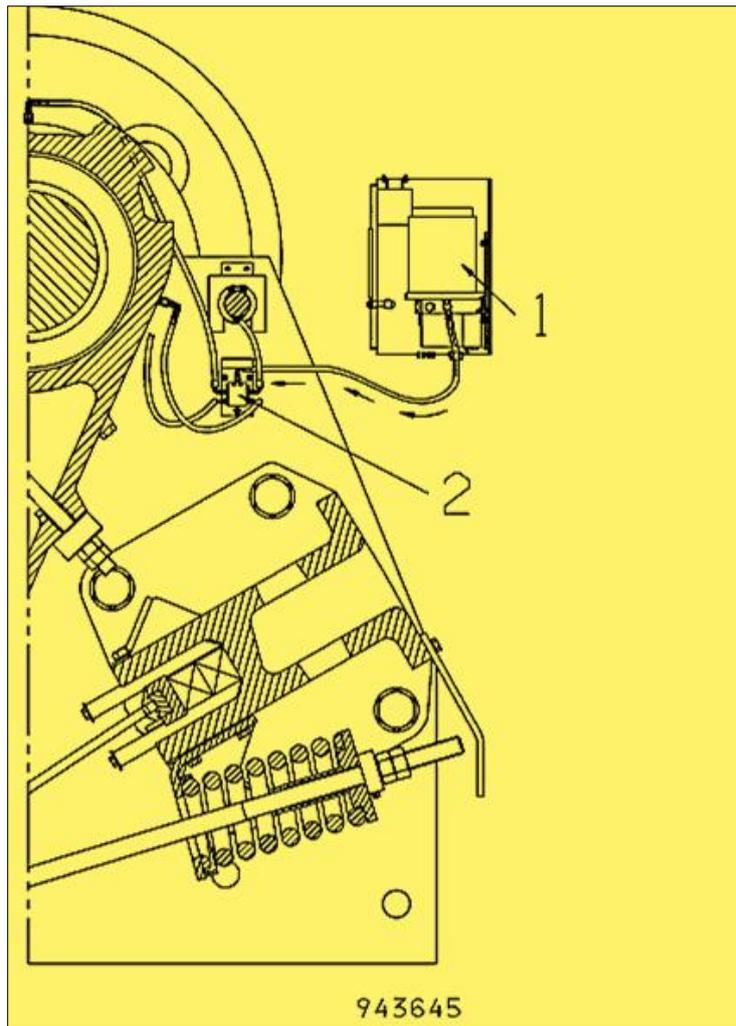


FIGURA A7: Lubricación de cojinetes de rodillo esféricos de la trituradora con sistema automático

Fuente: N°06

Con la trituradora en funcionamiento, siempre hay una pequeña cantidad de grasa que sale de los cojinetes del bastidor y la biela, y de las juntas de laberinto adyacentes. Esta grasa en movimiento fuera de los cojinetes y adherida a las juntas protege a estos componentes de partículas extrañas.

Observando la acción de grasa, el operador pronto será capaz de estimar la cantidad y la frecuencia de lubricación de estos cojinetes.

La cantidad de grasa y el intervalo de tiempo entre engrases pueden variar dependiendo de las condiciones de funcionamiento.

Cuando engrase los cojinetes, limpie cuidadosamente alrededor de los puntos de engrase antes de retirar sus tapas. Si utiliza una pistola engrasadora manual, añada la grasa inmediatamente después de que se detenga la trituradora para que los cojinetes estén calientes.

### **¡ADVERTENCIA!**

Evite aplicar más grasa de la indicada o se producirá sobrecalentamiento y se acortara la duración de los cojinetes.

#### Temperatura de cojinetes de ejes excéntricos

La temperatura de los cojinetes se debe inspeccionar con frecuencia, engrasándolos de inmediato si tienen una alta temperatura inusual. En el funcionamiento, los cojinetes se calientan pero siempre se deben poder tocar con las manos durante unos segundos sin sentir excesivo calor. Su temperatura de funcionamiento normal es de 40-70°C (104-158°F). Si alcanzan los 75°C (167°F), o los 90°C (194°F) en condiciones muy calurosas, deben ser inspeccionados para encontrar la causa. También hay que inspeccionarlos si se encuentran un cojinete que este 10-15°C (18-27°F) más caliente que el resto.

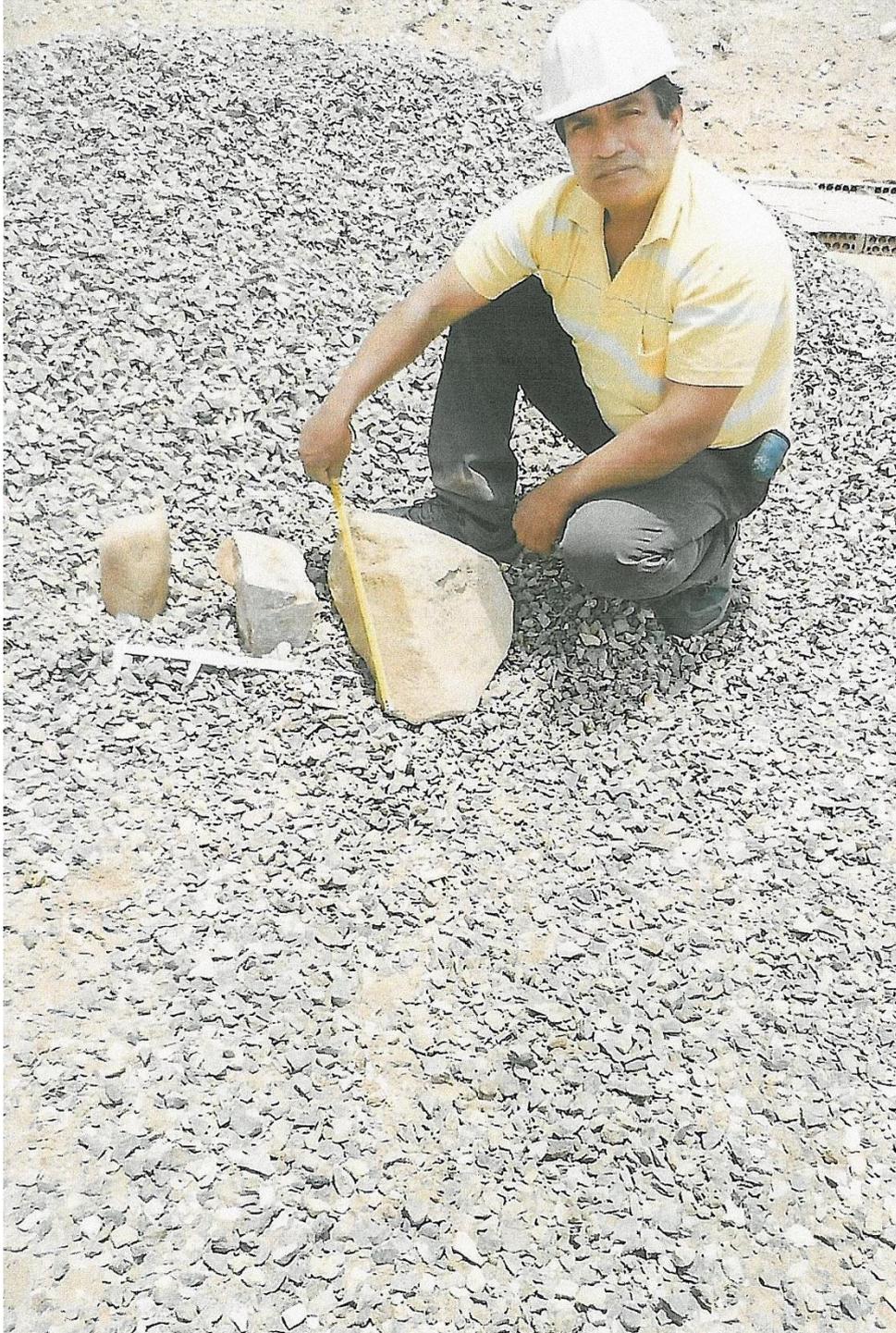
### **¡ADVERTENCIA!**

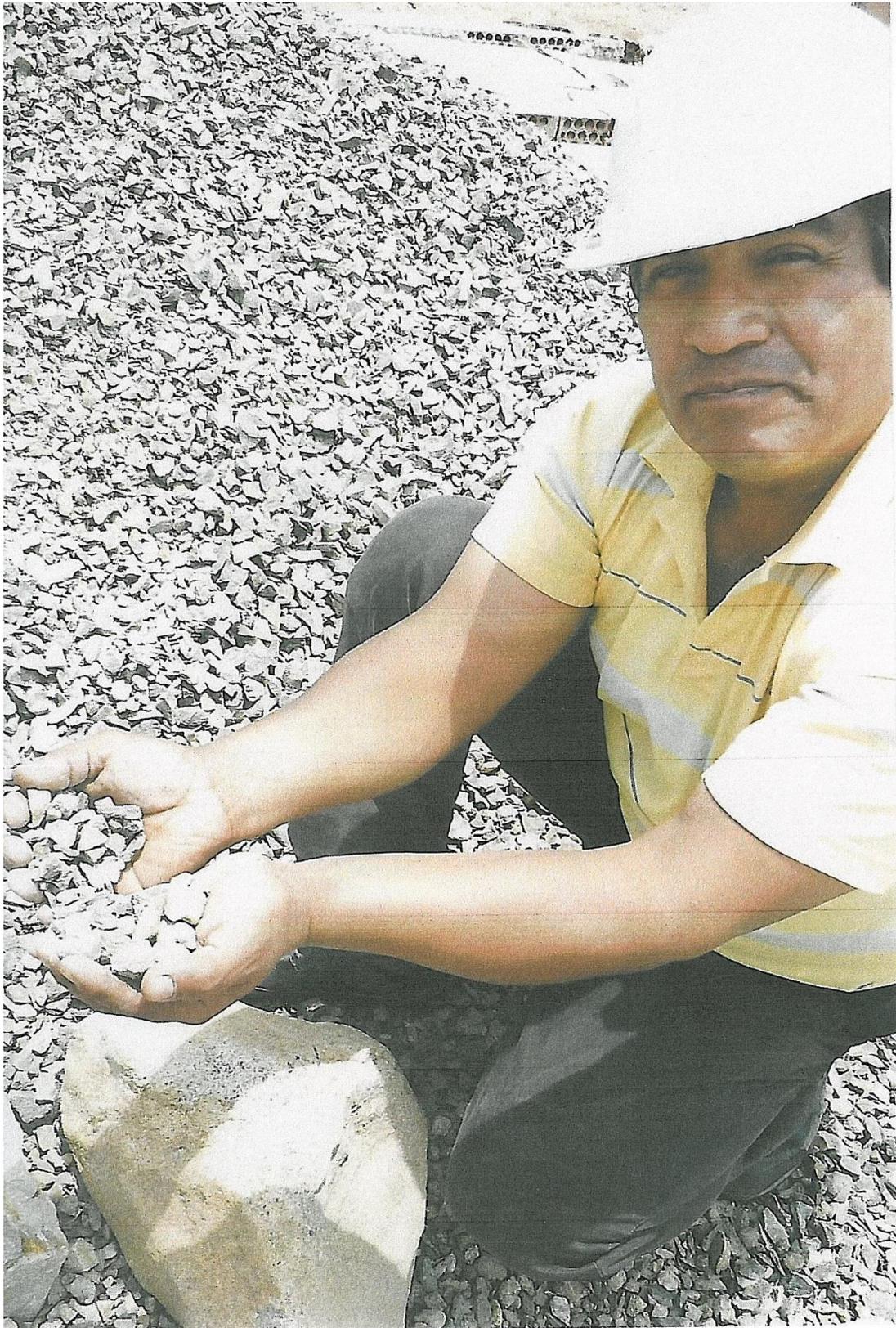
Si no hay sensores de temperatura instalados, la temperatura deberá leerse con la trituradora en reposo.

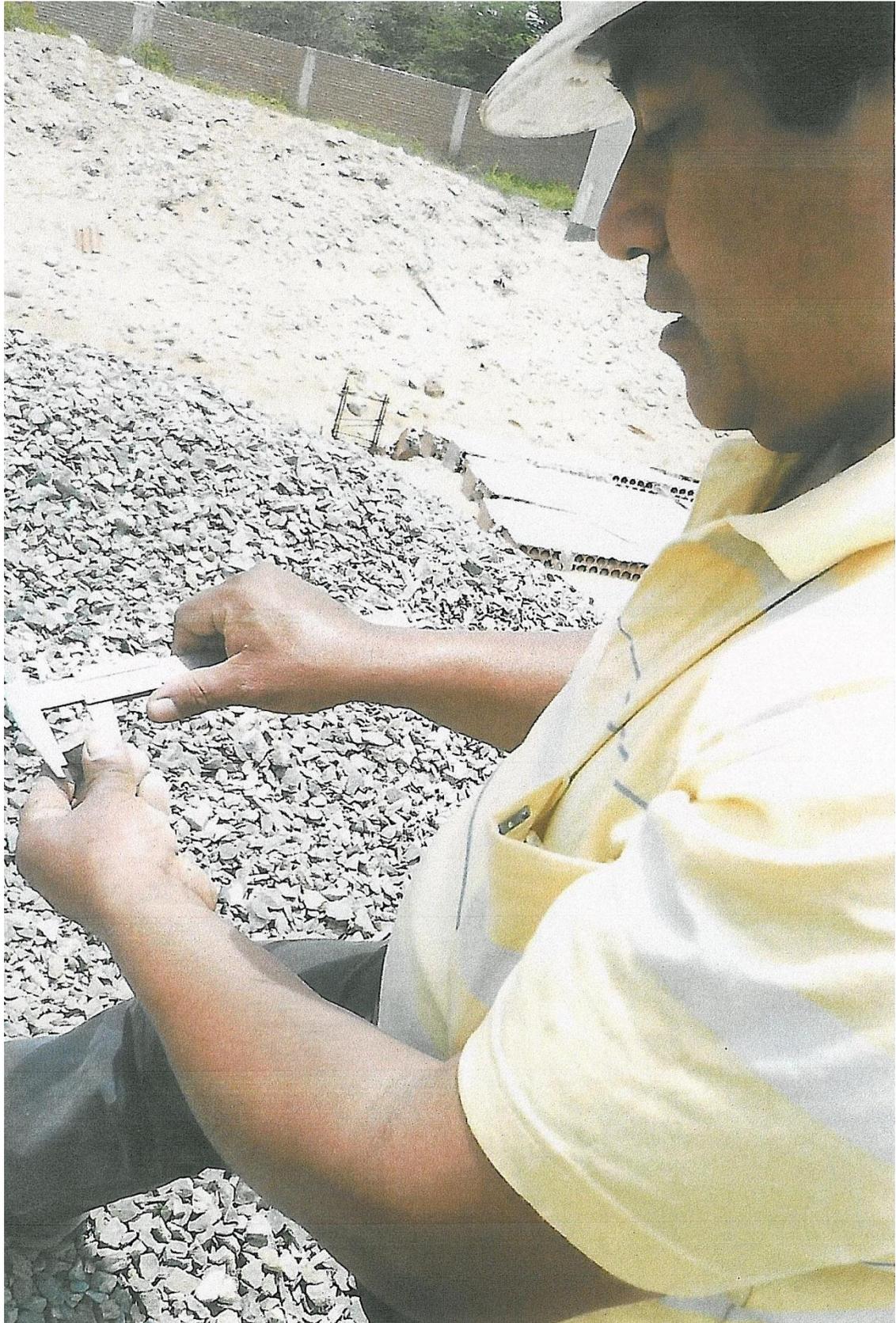
## ANEXO 16

### FOTOS

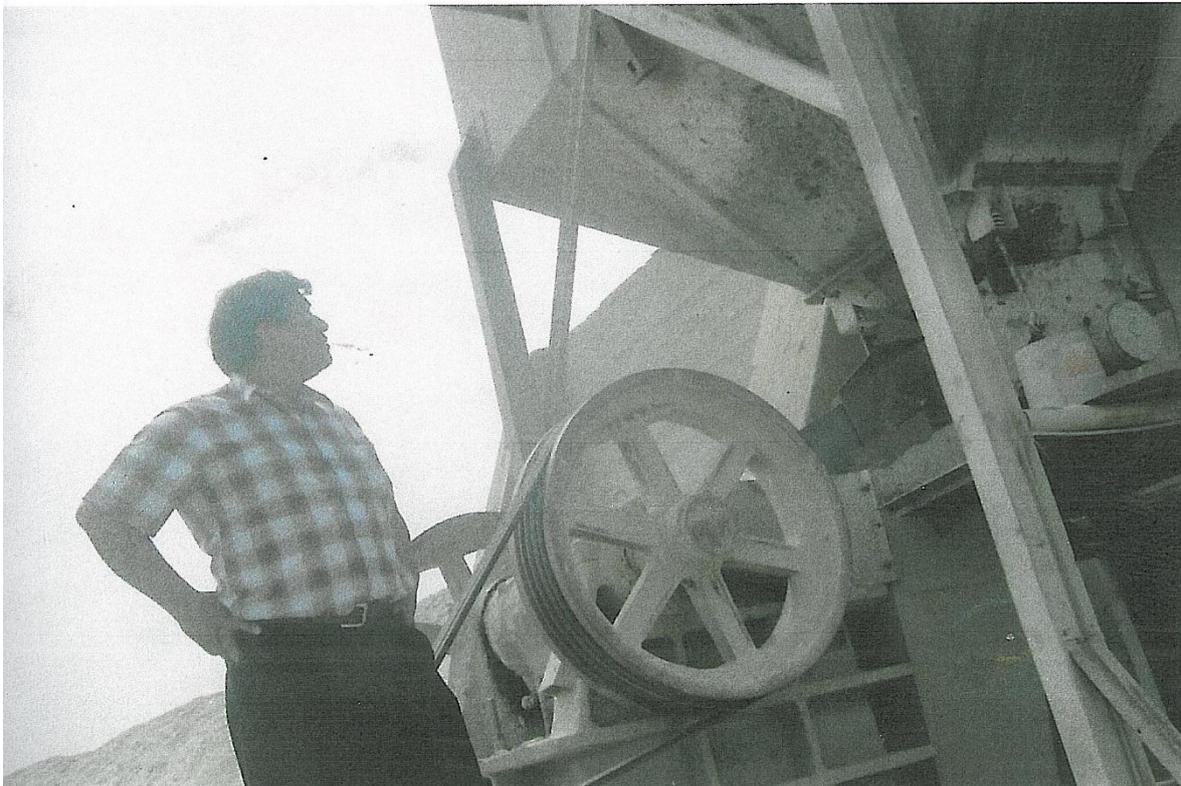
#### VISITA TECNICA EN CAMPO EMP. PIEDRA AZUL









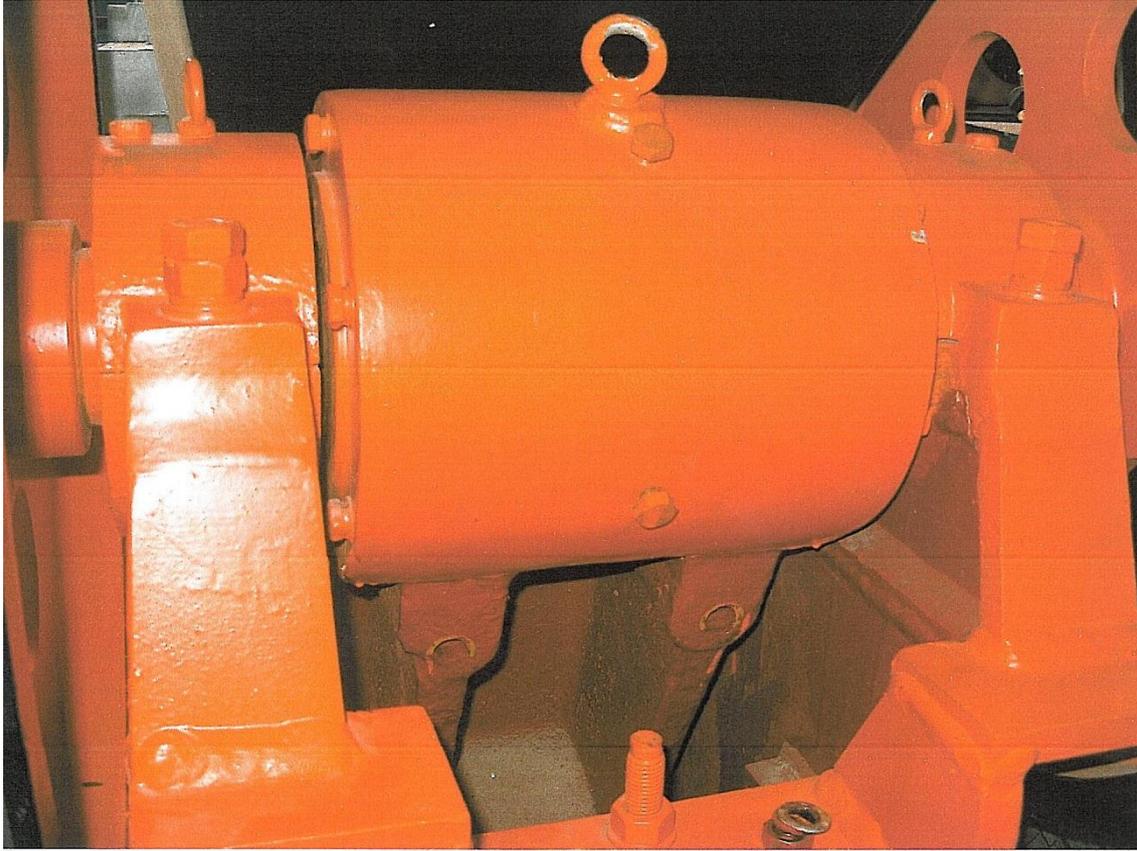








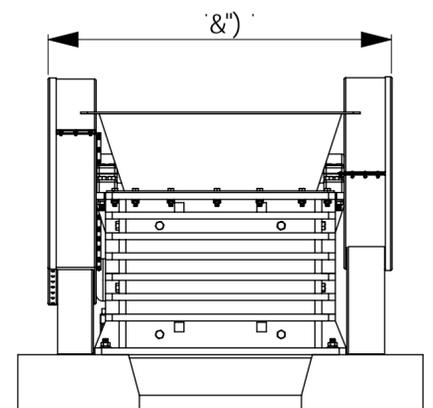
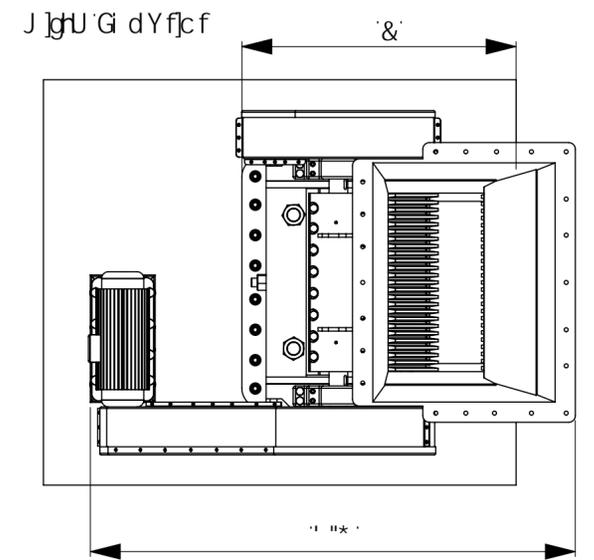
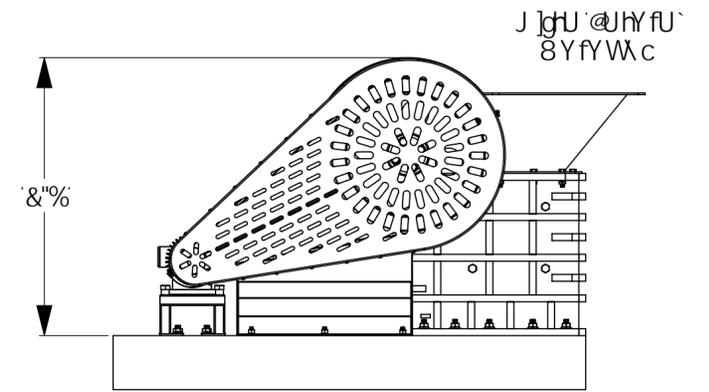
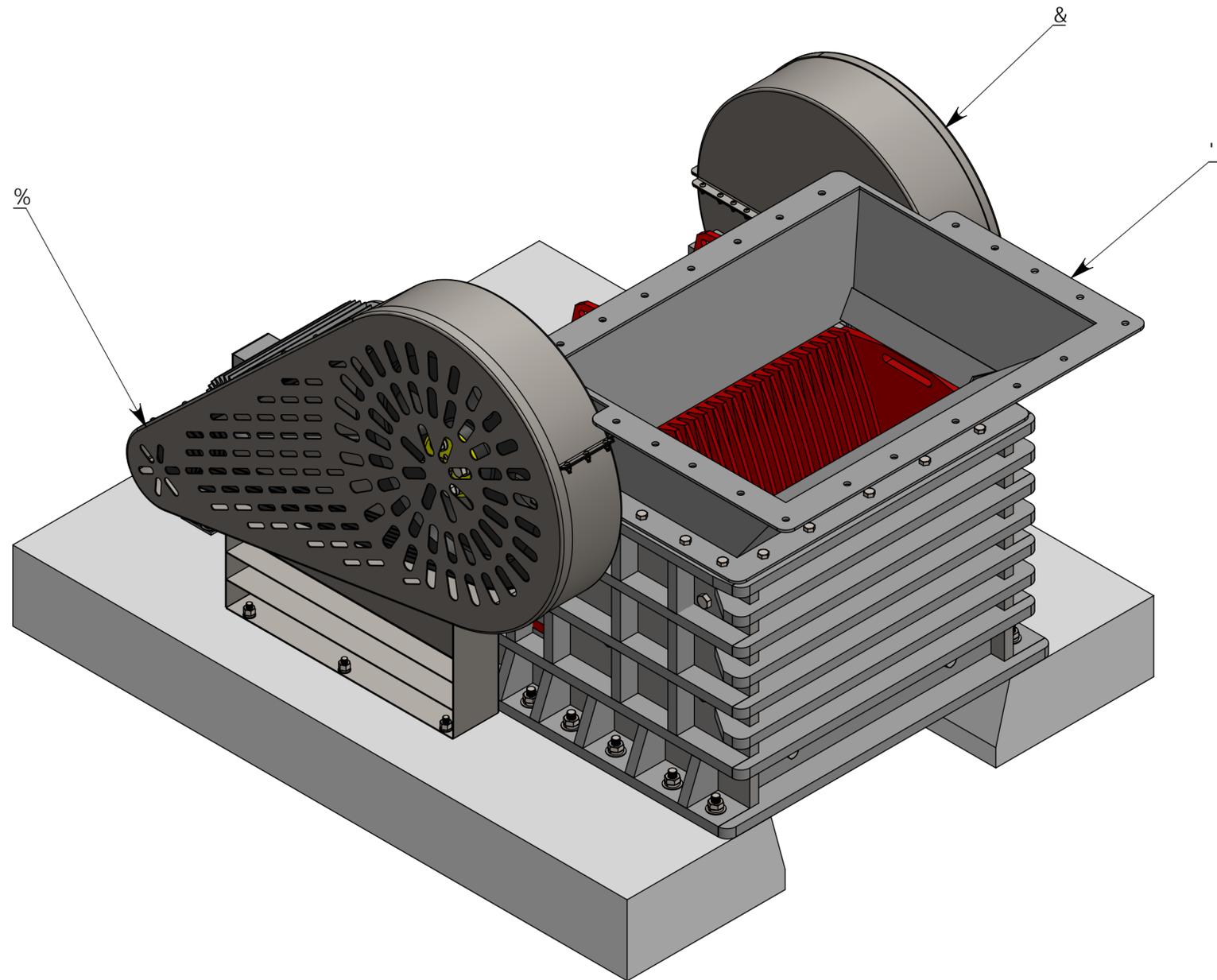






# **ANEXO 17**

## **PLANOS MECÁNICOS Y SISTEMAS DE AUTOMÁTIZACIÓN**

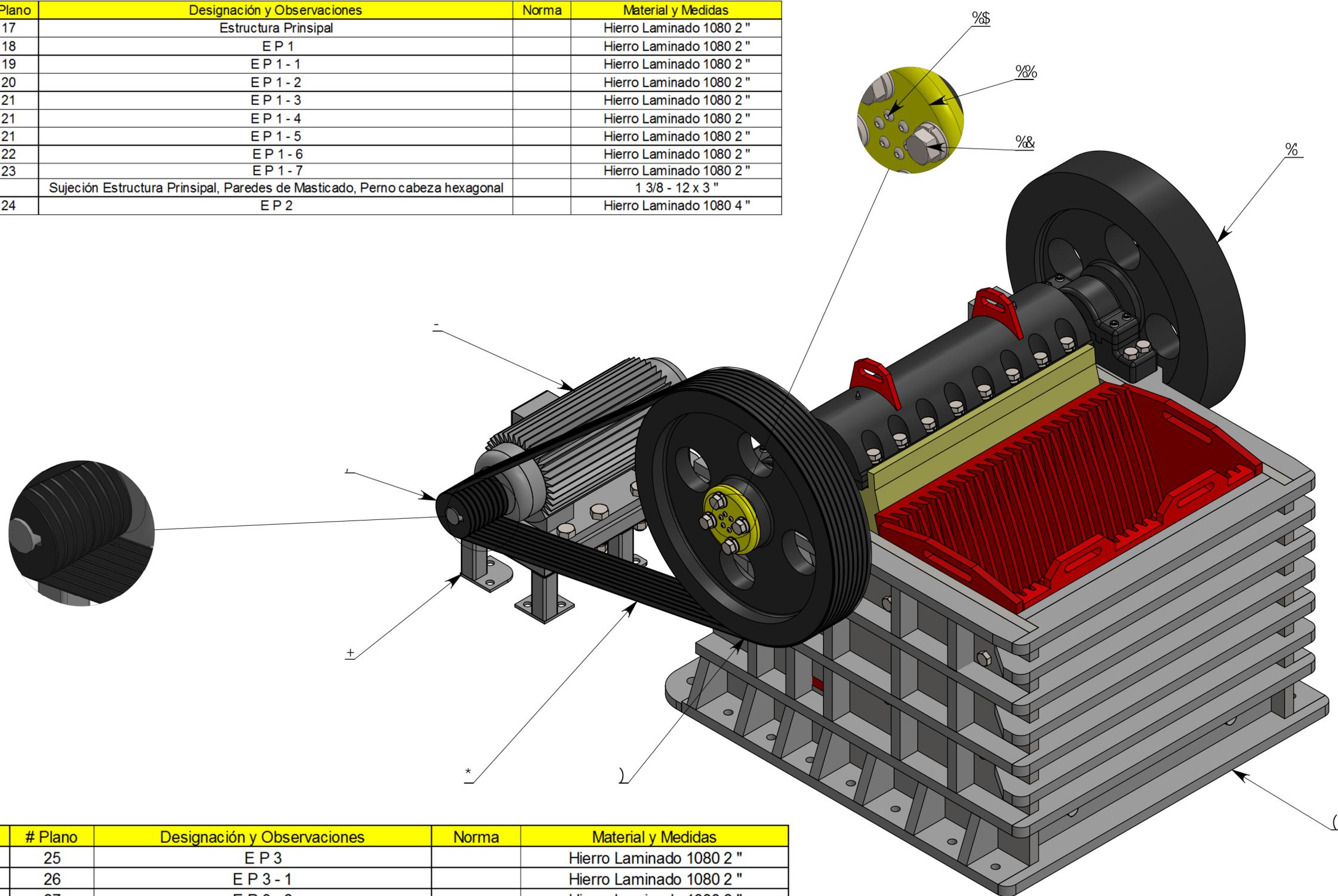


J lgtU : fc bHU'

Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
		1	Despiece 01		Varios
		2	Despiece 02		Varios
		3	Despiece 03		Varios
1	1	4	Guarda A		Hierro 1080, 1/4 "
1.1	1	5	Guarda A - 1		Hierro 1080, 1/4 "
1.2	1	6	Guarda A - 2		Hierro 1080, 1/4 "
1.3	1	7	Guarda A - 3		Hierro 1080, 1/4 "
1.4	1	8	Guarda A - 4		Hierro 1080, 1/4 "
1.5	40		Sujeción Guarda A - 3, A - 4, Perno cabeza hexagonal avellanada + arandela + anillo de presion + tuerca		1/2 - 20, 1 "
2	1	9	Guarda B		Hierro 1080, 1/4 "
2.1	1	10	Guarda B - 1		Hierro 1080, 1/4 "
2.2	1	11	Guarda B - 2		Hierro 1080, 1/4 "
2.3	20		Sujeción Guarda B - 2 B - 3, Perno cabeza hexagonal avellanada + arandela + anillo de presion + tuerca		1/2 - 20, 1 "
2.4	1	12	Guarda B - 4		Hierro 1080, 1/4 "
2.5	1	13	Guarda B - 5		Hierro 1080, 1/4 "
2.6	6		Sujeción Guardas A y B al pizo, Perno cabeza hexagonal + arandela + anillo de presion + tuerca		1 1/5" - 20, 7 "
3	1	14	Tolva		Hierro 1080, 1 1/2 ", 1/2"
3.1	1	15	T 1		Hierro 1080, 1 1/2 "
3.2	1	16	T 2		Hierro 1080, 1 "
3.3	13		Sujeción Tolva - Estructura Prinsipal, Perno cabeza hexagonal + arandela + anillo de presion + tuerca		1-12 x 4.5"

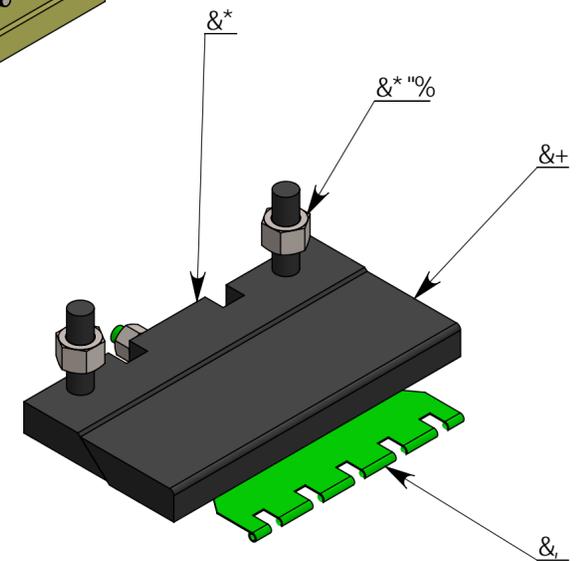
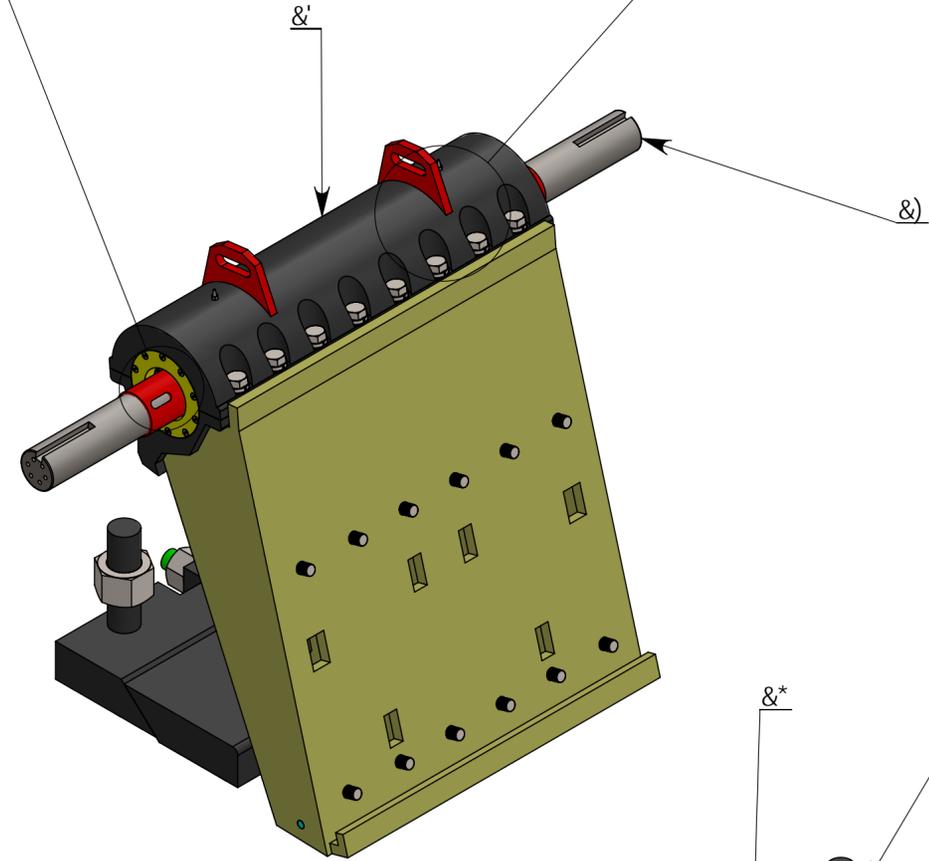
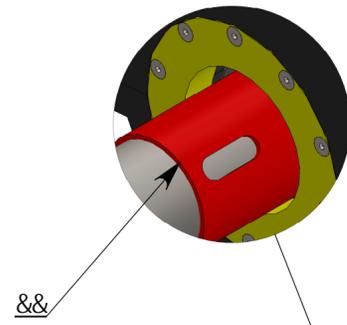
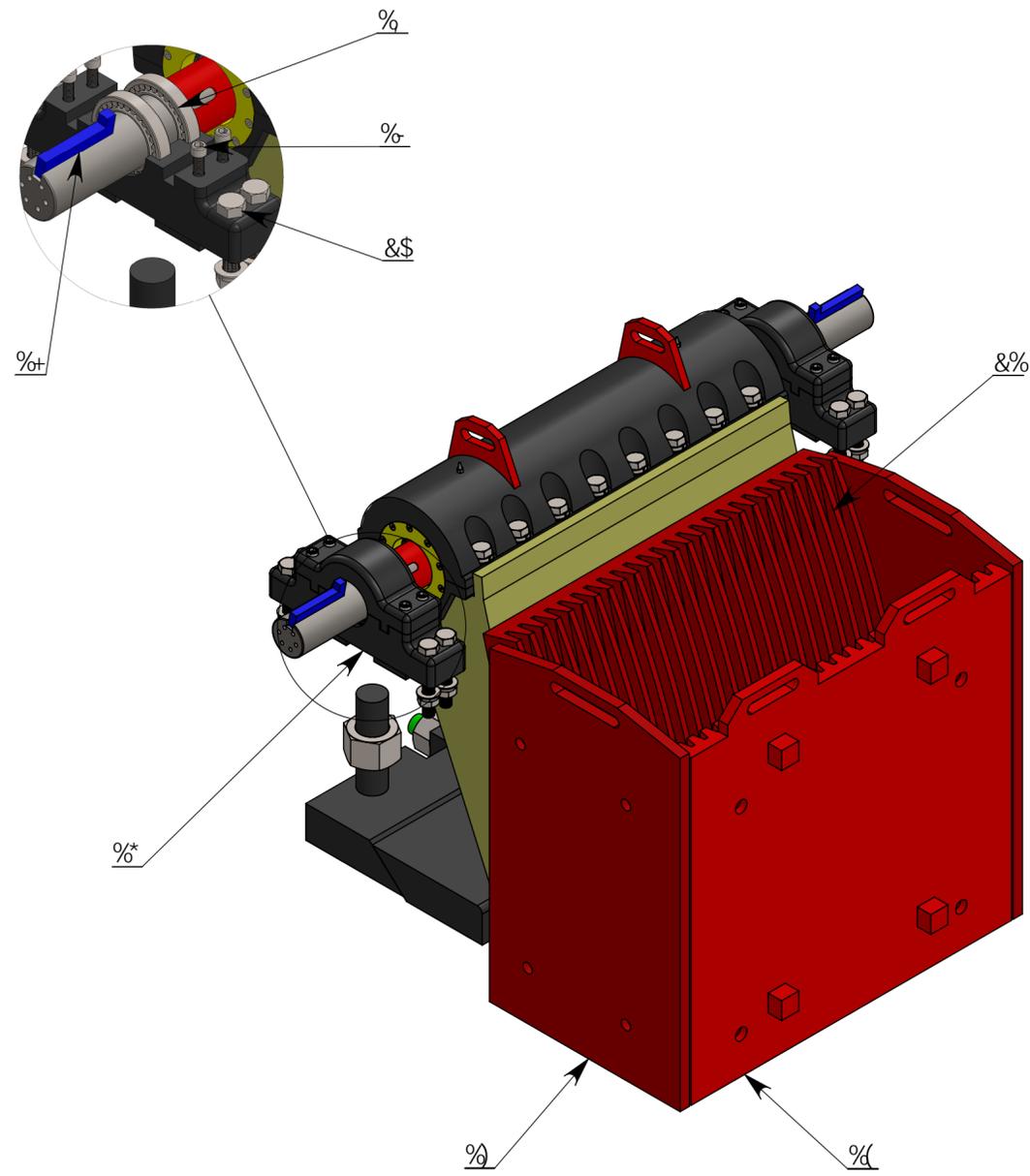
BCA 6F9		- 97 < 5		: 571 @58 89-B; 9B-5F525FEI +97H F5 MI F65B-6A C	
8 6l -58C		Fca zb5bXfg; Ua cbU8Y@UHEFY		9G71 96 5758vA 7C DFC: 9GC B5@89-B; 9B-5F5 A 97 aB-7 5 9@7HF-7 5	
J 9F =7 58C		5DFC 658C		A ã EI -B5 7 <5B7 58CF5 89D-98F5 89 (\$HB#<	
7CB-4 BIC.		GA 6C-IE A 9C BC DFC M7 7-CB		HC 08F 5B7-5.	
A ã EI -B5 7 <5B7 58CF5 89D-98F5		D9GC.		A 5F75.	
HH IE.		8 9GD-97 9 \$%		DIEBC B.	
A 5HF 6@		J Ufjcg		9G7 545	
		7 5B H658. 5%		1 B 658. Va	
				9G7 545. %) \$	
				<-C-5 %89'	

Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
4	1	17	Estructura Prinsipal		Hierro Laminado 1080 2"
4.1	2	18	EP 1		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.1	2	19	EP 1-1		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.2	2	20	EP 1-2		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.3	14	21	EP 1-3		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.4	6	21	EP 1-4		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.5	24	21	EP 1-5		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.6	6	22	EP 1-6		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.7	2	23	EP 1-7		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.8	8		Sujeción Estructura Prinsipal, Paredes de Masticado, Perno cabeza hexagonal		1 3/8 - 12 x 3"
4.2	1	24	EP 2		Hierro Laminado 1080 4"



Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
4.3	1	25	EP 3		Hierro Laminado 1080 2"
4.3.1	1	26	EP 3-1		Hierro Laminado 1080 2"
4.3.2	4	27	EP 3-2		Hierro Laminado 1080 2"
4.3.3	3	27	EP 3-3		Hierro Laminado 1080 2"
4.3.4	1	28	EP 3-4		Hierro Laminado 1080 2"
4.4	2	29	EP 4		Hierro Fundido
4.5	2	29	EP 5		Hierro Fundido
5	1	15	Polea Conducida		Hierro Fundido
6	8		Faja en V		Jeve
7	1	16	Base Motor		Tubo cuadrado 2 x 2"
8	1	17	Polea Conductora		Hierro Fundido
9	1		Motor		75 Hp, 1780 Rpm, Marca WEG
10	6		Tomillo con cabeza hueca avellanada		1/2 - 13 x 3"
11	2	18	Tapas Polea, Volante a Eje		Hierro Fundido
12	8		Tomillo con cabeza hueca avellanada		1/2 - 13 x 3"
13	1	19	Volante		Hierro Fundido

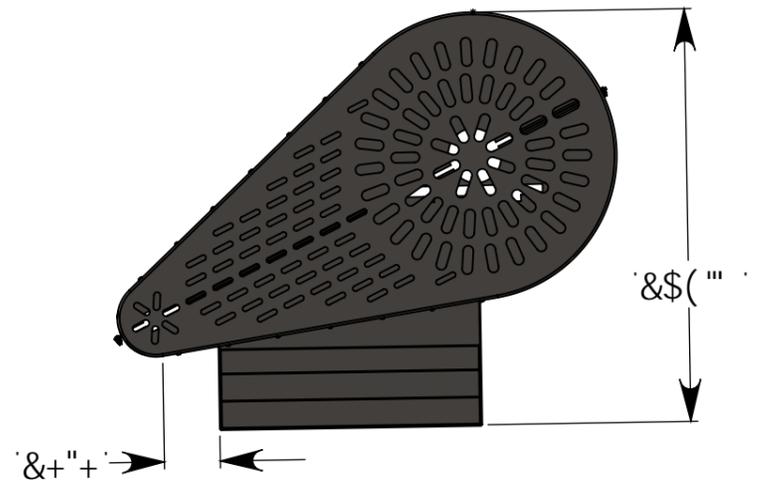
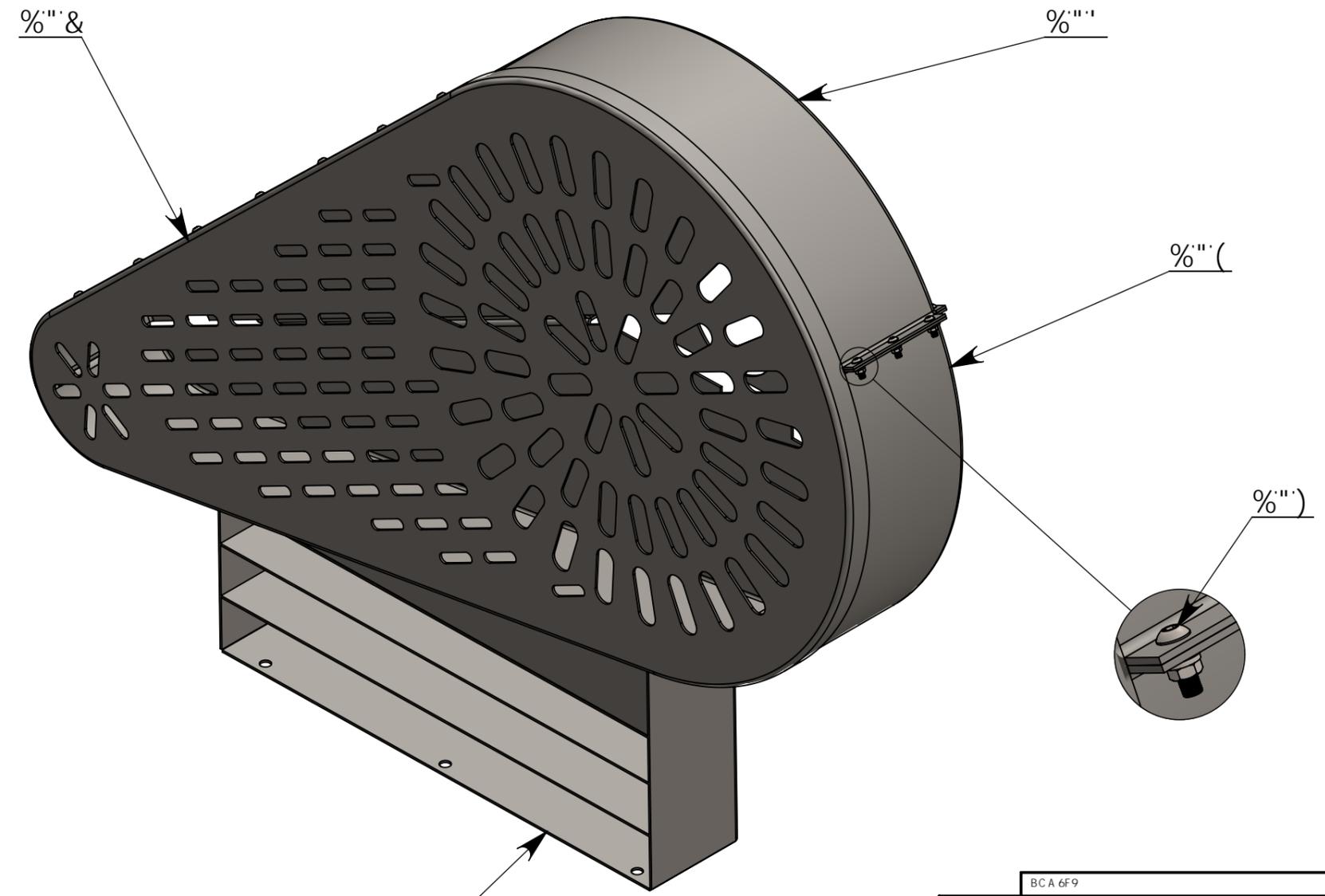
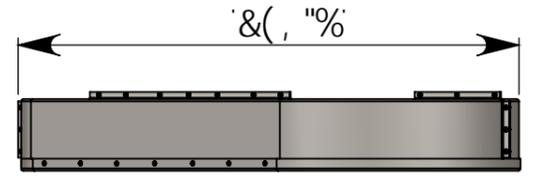
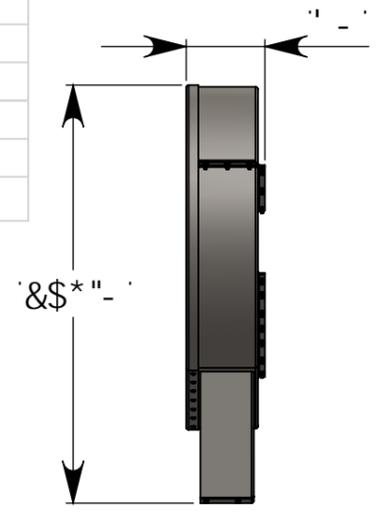
BCA 6F9		:97-5		:571 @58 89-B; 9B-5F525FEI #07H F5 MI F65B-GA C	
Fca zb5bXfg; Ua cbU'8Y@UHeFY		8S	2y dH/a Vm	85%	9G7I 965 5758VA 7C DFC: 9GC B5@89-B; 9B-5F5 A 97aB=75 9@7HF=75
J9F-a 758C	5DFC 658C	7CB-1 BHC		GA 6C 4C A 9C 8C DFC M97 4-B	HC 6F5B7-6
A a E I B5 7 <5B758CF5 89D98F5		A 5F75		D165C B.	9G7 545
HH 4C. 8 9GD-97 9 \$&		D9XC. + %* ?]c[ fla cg		\$ \$	\$ & 5 &
A 5HF 64e	J Uffcg	75BHB58. 5%	1 B 658. Va	9G7 545. %85	<C-5 & 89'



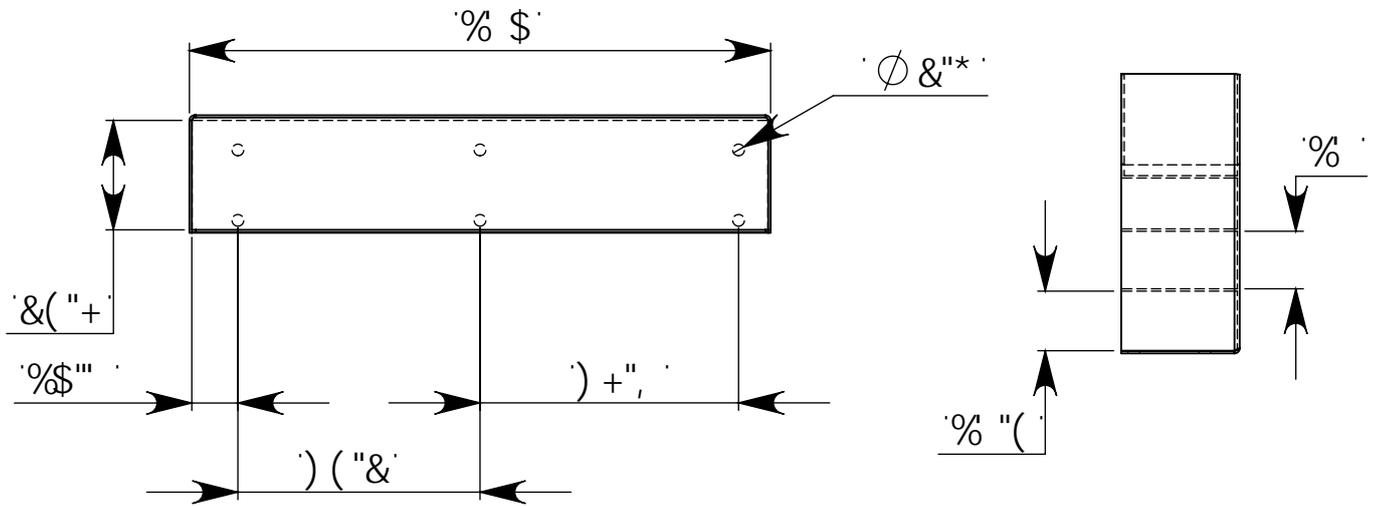
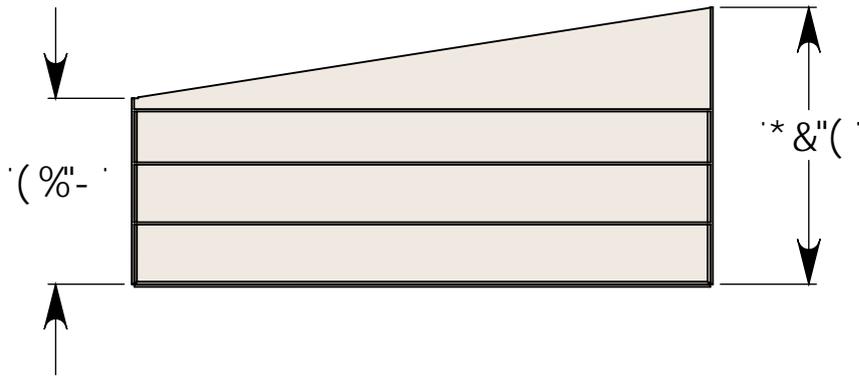
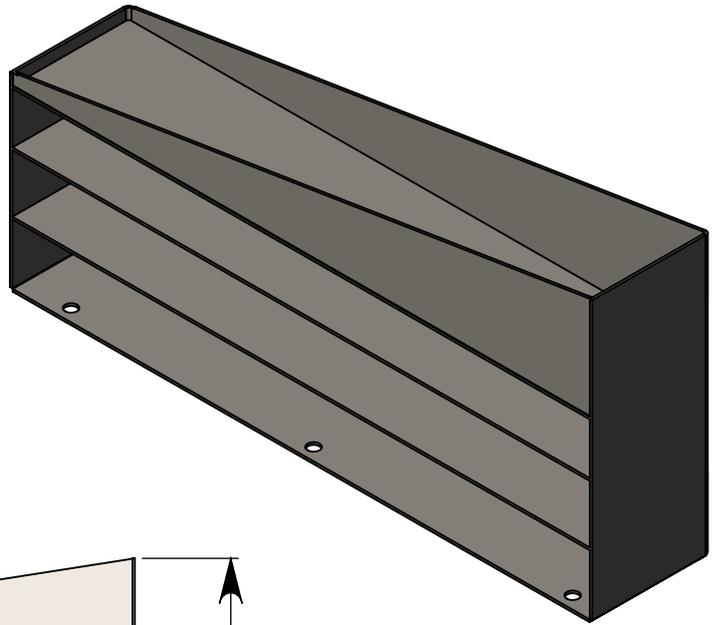
Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
	1	20	Dentadura Fija		Hierro Fundido
	2	21	Dentadura Lateral		Hierro Fundido
	3	22	Chumatera		Hierro Fundido
	2	23	Chaveta		Hierro 1080
	4		Rodamiento Rodillo Cilindrico, Eje - Chumatera		SKF - UN 220 EC - D IN:130, D EX200, UN 1026
	8		Sujecion Chumatera, Perno Cabeza hexagonal + anillo de presion		7/8 x 5.5"
	8		Sujecion Chumatera a Estructura Prinsipal, Perno cabeza hexagonal + arandela + anillo de presion + tuerca		1 3/8 x 9"
	1	24	Dentadura Movil		Hierro Fundido
	2	25	Retencion Eje		Tubo Redondo
	1	26	Mandibula		Varios
	1	27	M 1		Hierro Fundido
	20		Sujecion M 1, M 4 con M 2, Perno cabeza hexagonal avellanada		7/16 x 3.75"
	2	28	M 2		Hierro Fundido
	2	29	Engrasadera		Hierro Fundido
	2	29	M 3		Hierro Fundido
	1	30	M 4		Hierro Fundido
	16		Sujecion M1 con M4, Perno cabeza exagonal + arandela + anillo de seguridad		1 3/8 x 5"
	12		Sujecion M6 a Dentadura Movil, Perno cabeza hexagonal + arandela + anillo de presion		1 3/8 x 3"
	1	31	M 6		Hierro Fundido
	7		Rodamiento Rodillo Cilindrico, Eje Excentrico - Quijada		SKF - UN 220 EC - D IN:150, D EX225, NU1030
	1	32	Eje Excentrico		Acero al Carbono
	1	33	Cuñia A		Hierro Fundido
	3		Tuerca Exagonal		M 100, Diam Int 3.70"
	1	33	Cuñia B		Hierro Fundido
	1	34	Garra		Hierro Laminado - Tubo Redondo

BCA 6F9		:97-5	:571 @58 89-B; 9B-5F5Z5FEI #07H F5 MI F65B-GA C	
Fca zb5bXfig; Ua cbU'8Y@UHeFY		% -x bE 85%	9G7I 965 5758VA 7C DFC: 9GC B5@89-B; 9B-5F5 A 97aB=7 5 9@7HF=7 5	
A ã E I B5 7 <5B758CF5 89D98F5		A ã E I B5 7 <5B758CF5 89D98F5 89(\$HB#<		
8 9GD-97 9 '\$'		A 5F75.		
J 5F C G		DIEBC B.		
7 5BH658. 5%		9G7 545. %85		
I B 658. V6		<C-5' 89'		

Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
1	1	4	Guarda A		Hierro 1080, 1/4 "
1.1	1	5	Guarda A - 1		Hierro 1080, 1/4 "
1.2	1	6	Guarda A - 2		Hierro 1080, 1/4 "
1.3	1	7	Guarda A - 3		Hierro 1080, 1/4 "
1.4	1	8	Guarda A - 4		Hierro 1080, 1/4 "
1.5	40		Sujeción Guarda A - 3, A - 4, Perno cabeza hexagonal avellanada + arandela + anillo de presión + tuerca		1/2 - 20, 1 "



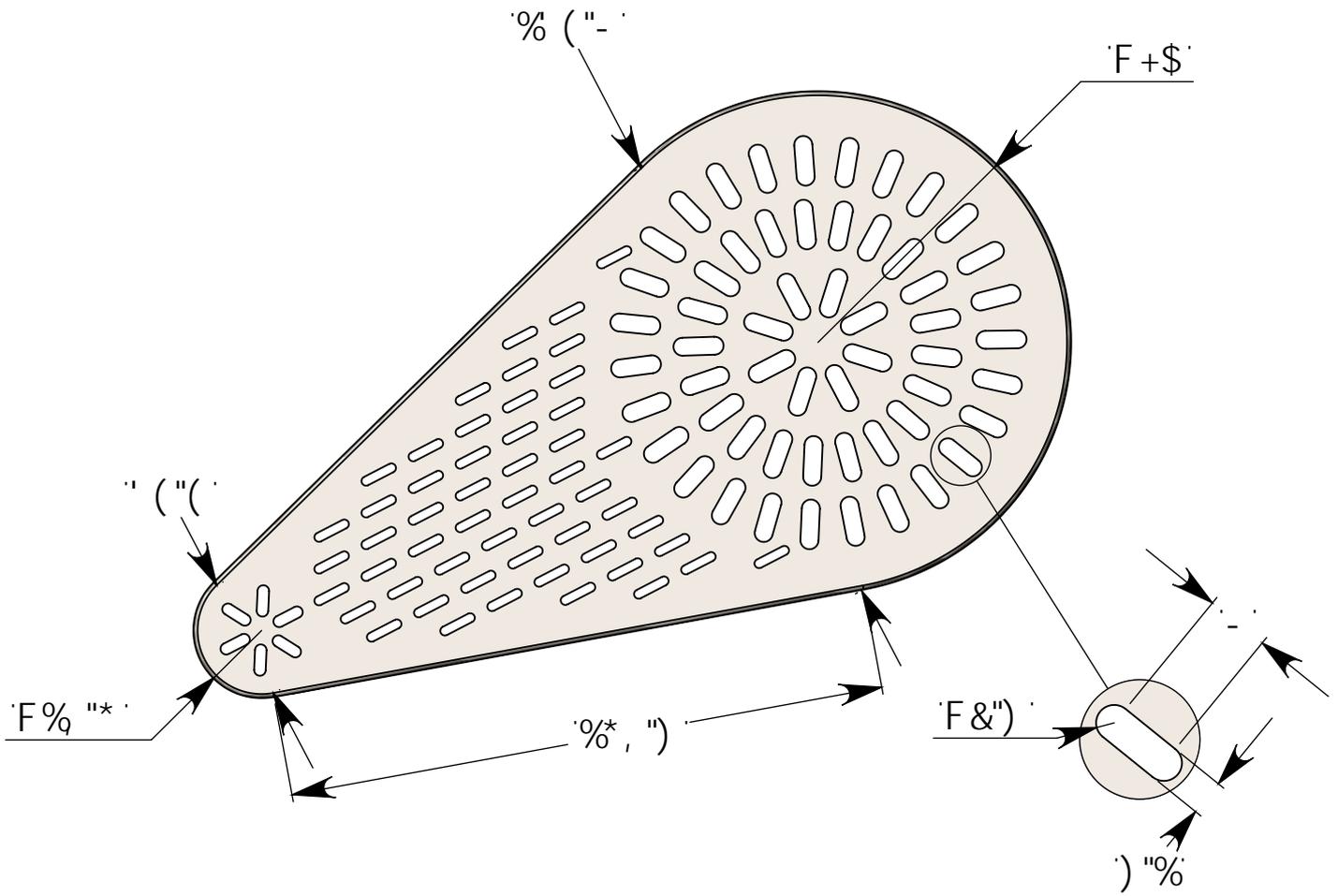
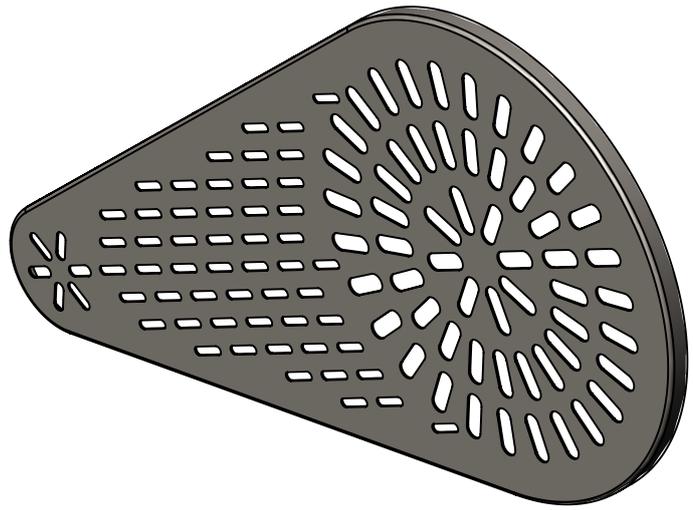
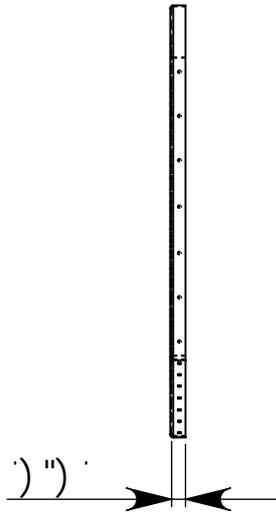
BCA 6F9		.97 <5		: 571 @58'89-B; 9B-9F 6Z5FE I +07 H F5 MI F65B-6A C	
B 6I >58C	Fca zb 5bXfg; Lã cbU'8Y@UHffY	&S	GydhYa VFY	&S%	HH @C.
J 9F =7 58C					A ã EI B5'7 <5B758CF5 '89'D-98F5'
5DFC 658C					89(' \$'HB #<
A 5F75	\$%	GA 6C @C A 9C 8C DFC M77 C B		FC @9F 5B7 5.	
				7C B> BHC B.	
HH @C.	; i UfXU '5	D9GC.		%	(
		' - ('* (']c[ flã cg			5'
A 5H7F 5@	J Uf]cg	75BH658. ''\$%	I B 858. 'Va	9G7 5 @5	<C >5 %89)



:57I @58'89-B; 9B-9fāz5FEI #97H F5'MI F65B-GA C  
 9G7I 9@ 5758vA ÷C'DFC: 9G-CB5@89-B; 9B-9fā  
 A 97āB÷75'9@7HF÷5

BCA 6F9	: 97 <5
8-6l >58C	Fca zb'5bXfjg; Ua cbU'8Y@UHffY
J 9f÷7 58C	
5DFC 658C	
A 5F75.	GA 6C @C A 9C 8C'DFCM977-@B
HH @C.	D9GC. %\$&'& ,_]c[ fUa cg

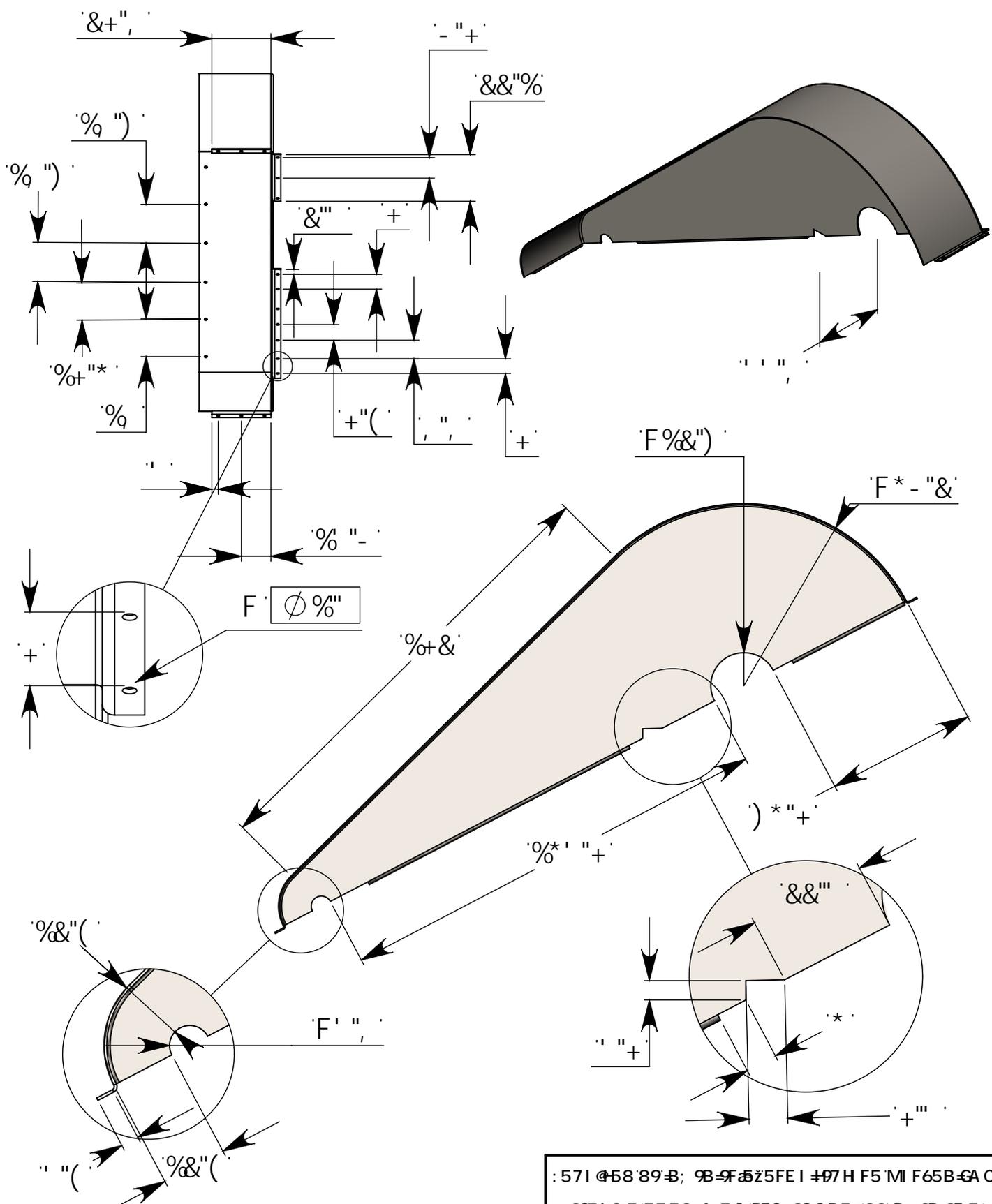
HH @C. A āEI B5'7 <5B758CF5'89'D=98F5' 89('\$'HB#<		
HC @F5B7-5.	7CB>BHC B.	D@5BC B.
%	)	9G75@5 5(



:57I @58'89-B; 9B-9Fæž5FEI #97H F5'MI F65B-GA C  
 9G7I 9@ 5758vA ÷7C' DFC: 9GCB5@89-B; 9B-9Fæ  
 A 97āB÷75'9@7HF÷5

8-6I >58C	BCA 6F9	: 97 <5
J 9F÷758C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UH:ffY	&\$ GydhYa VFY &5%
5DFC 658C		
A 5F75.	%'"&	GA 6C @ A 9C8C DFCM977 € B
HH @.	; i UfXU'5!'&	D9GC. - + '\$ ( ' ] c [ f Ua cg

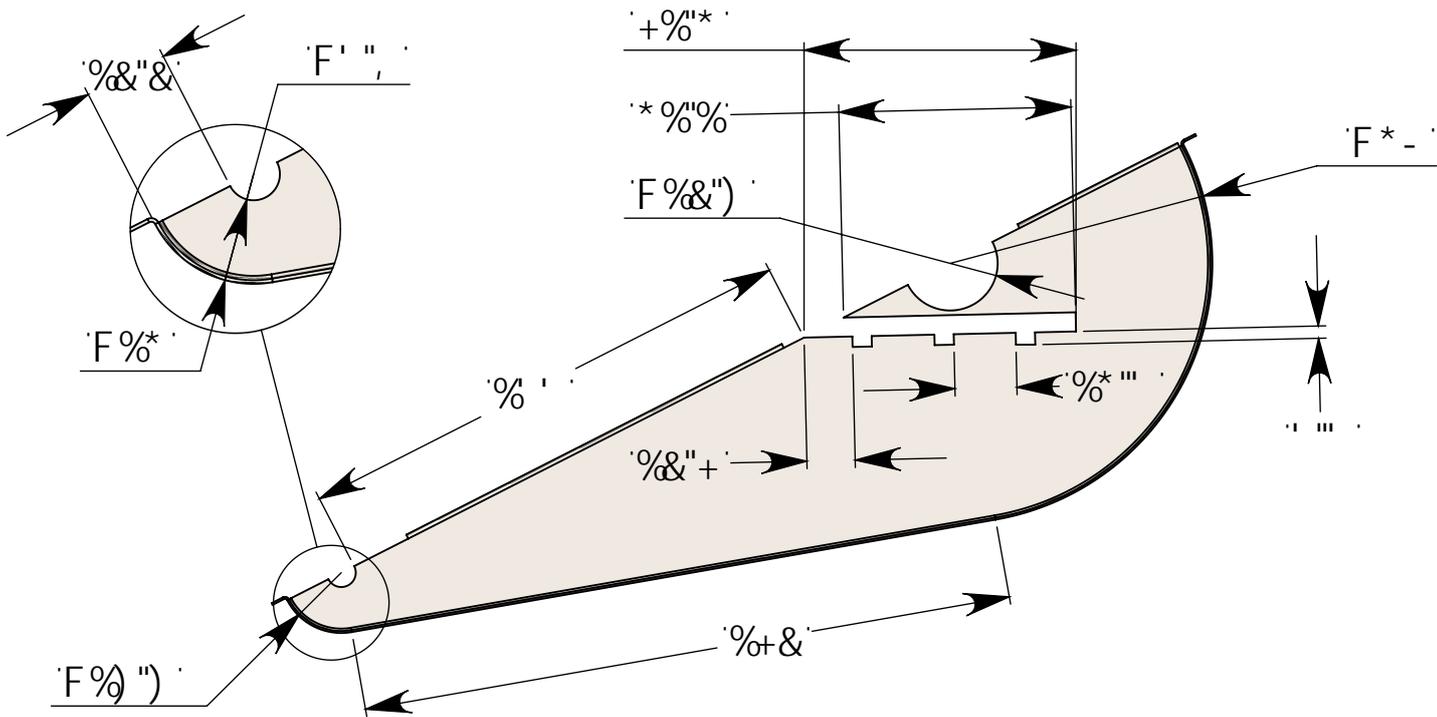
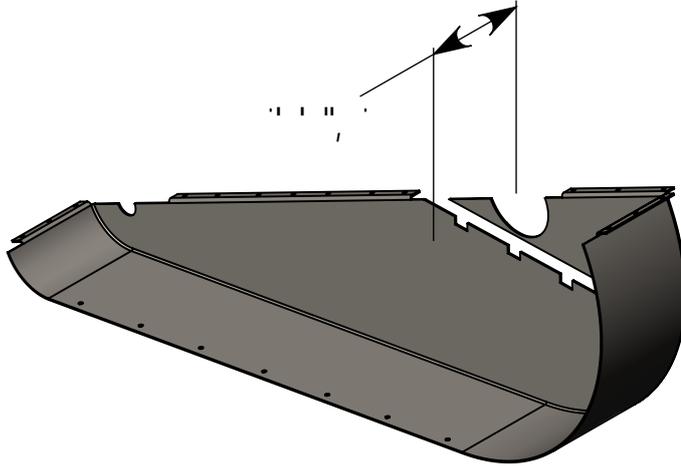
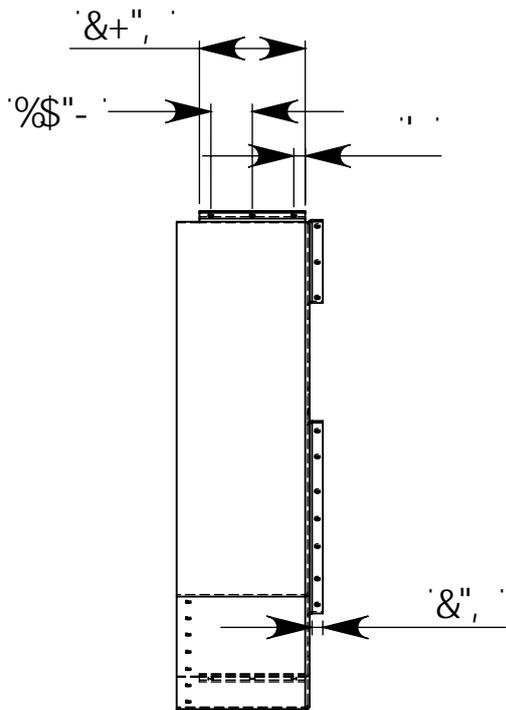
HH @. A āEI B5'7 <5B758CF5'89'D=98F5' 89('\$HB#<		
7CB>BHC B.	D@BC B.	9G75@5
%	*	5(



:571 @58'89-B; 9B-9F aZ5FEI #97H F5'MI F65B-GAC  
 9G7I 96'5758va 7C'DFC: 9GC B5@89-B; 9B-9F a  
 A 97 aB 75'9@7HF 75

BCA 6F9	:97 <5
8-6l >58C	Fca zb5bXfg; la cbU'8Y@UHffY
J 9F≠7 58C	
5DFC 658C	
7CB>BHC.	GA 6C @A 9C8C DFC M77 6B
HH @.	D9CC.
; i UfXU'5'!	-, "(*_]c[ fUa cg

HH @.		
A ã EI B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5' 89'(\$'B#<		
HC @9F5B7-5.		
7CB>BHC B.	D@5BC B.	9G7 5@5
%	+	5(

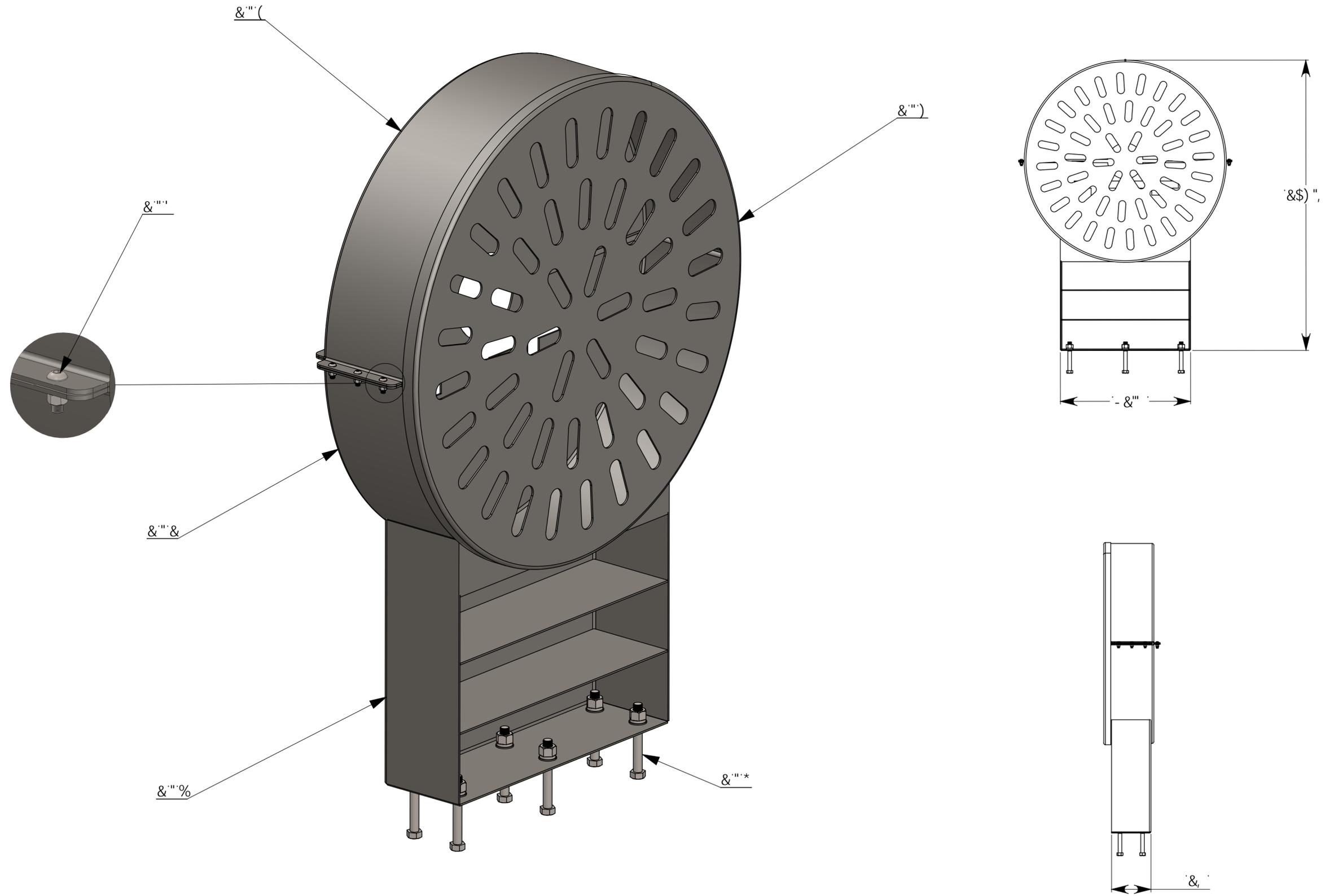


: 571 @58'89'-B; 9B-9F aš5FEI #07 H F5 MI F65B-GA C  
 9G7I 9č 5758vA 7C DFC: 9GC B5@89'-B; 9B-9F aš  
 A 97 āB=75'9@7HF=75

8 6I >58C	BCA 6F9	: 97 <5
J 9F = 758C	Fca zb5bXfjg; lā cbU'8Y@UHffY	&\$ G/dhYa Vfy &\$%
5DFC 658C		
A 5F75.	%''('	GA 6C @C A 9HC 8C DFC M97 7-€B
HH @.	; i UfXU'5!'('	D9GC. '-**&']c[ flūa cg

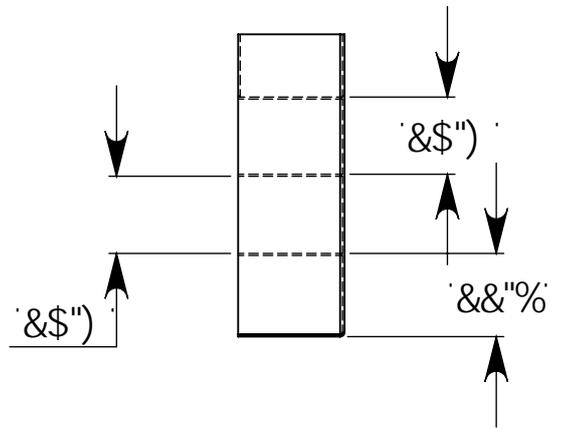
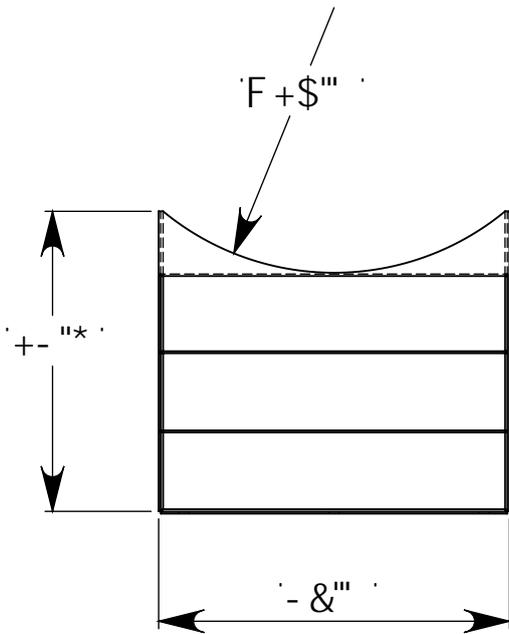
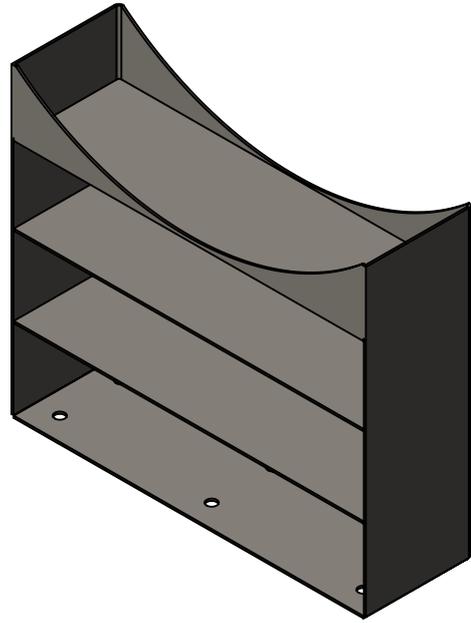
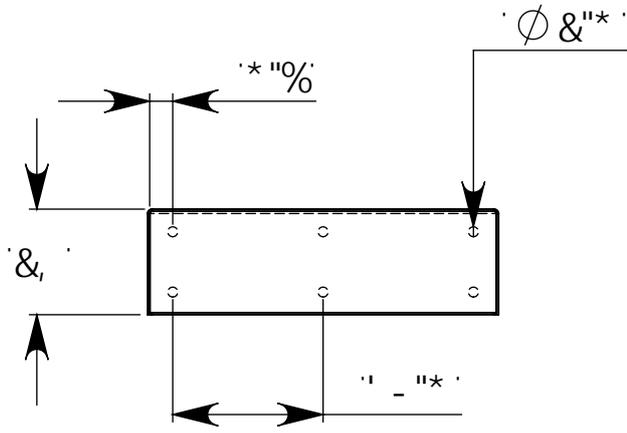
HH @.  
 A ā EI B5'7 <5B758CF5'89'D=98F5'  
 89('\$'HB#<

HC @F5B7-5.	7CB>BHC B.	DčBC B.	9G75čš
%	,		5(



Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
2	1	9	Guarda B		Hierro 1080, 1/4 "
2.1	1	10	Guarda B - 1		Hierro 1080, 1/4 "
2.2	1	11	Guarda B - 2		Hierro 1080, 1/4 "
2.3	20		Sujeción Guarda B - 2 B - 3, Perno cabeza hexagonal avellanada + arandela + anillo de presión + tuerca		1/2 - 20, 1 "
2.4	1	12	Guarda B - 4		Hierro 1080, 1/4 "
2.5	1	13	Guarda B - 5		Hierro 1080, 1/4 "
2.6	6		Sujeción Guardas A y B al piso, Perno cabeza hexagonal + arandela + anillo de presión + tuerca		1 1/5" - 20, 7 "

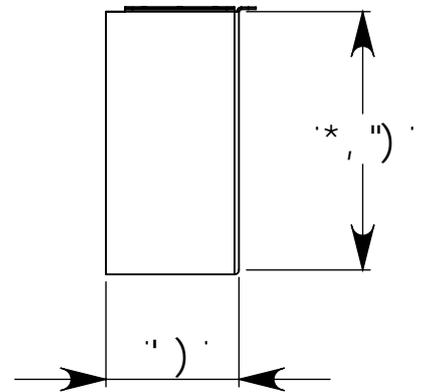
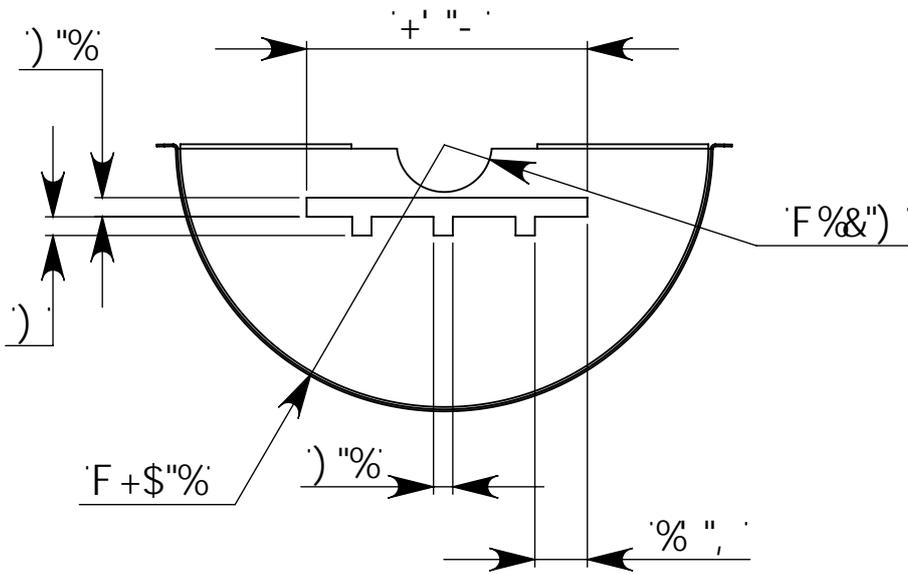
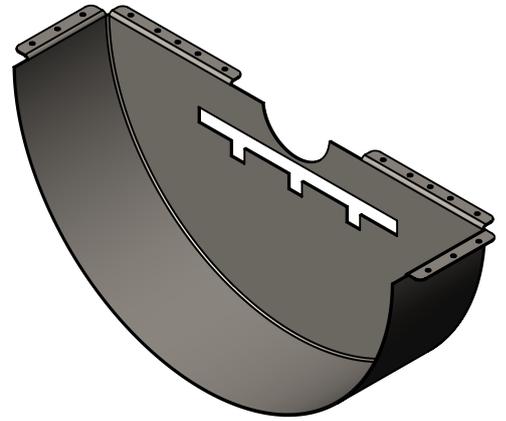
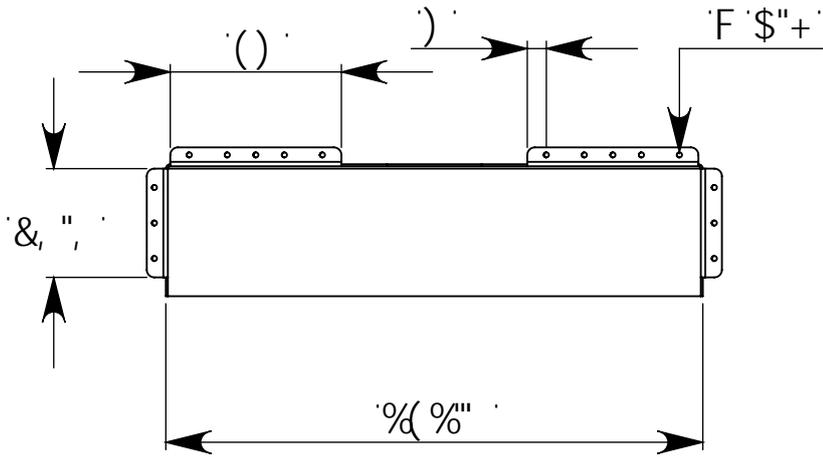
BCA 6F9		-97<5		:571 @58 89-B; 9B-57525FEI +07H F5 MI F65B-6AC	
Fca zb'5bX'fg; Ua cbU'8Y@UHeffY		55 57dty'a VTY 5572		9G71 985 '5758vA 7C DFC: 9GC B5@89-B; 9B-575 A 97aB-7 5 9877F-7 5	
A ã EI ß5'7 <5B758CF5'89D-98F5' 89(\$HB#<		GA 6C 8C A 9C 8C DFC M7 7 CB		HC 08F5B7.6.	
; i UfXU'6		7C B-BHC B.		DIB5C B.	
; i UfXU'6		D9XC.		5&	
& %\$( ' ]c[ fta cg					
A 518F-6@		J Ufjcg		75BHB58. 5%	
		1B858. Va		9G7 545. %85	
				<C-5 %89)	



: 57I @58'89-B; 9B-9f aZ5FE I #97H F5'MI F65B-CA C  
 9G7I 96'5758vA ÷ C'DFC: 9GCB5@89-B; 9B-9f a  
 A 97ãB÷75'9@7HF÷5

8-6I >58C	BCA 6F9	Fca zb'5bX'fg; Ua cbU'8Y@UHffY	: 97 <5
J 9f ÷ 758C			&\$ &YdiYa Vfy &\$%
5DFC 658C			
7CB>I BHC.		; i UfXU'6	GA 6C @C A 9C8C'DFCM977 <CB
HH @C.		; i UfXU'6!'%	D9GC. ,,')\$_]c[fla cg

HH @C. A ãE I ß5'7 <5B758CF5'89D=98F5' 89('\$HB#<		
HC @9F5B7-5. A 5F75.	D@5BC B.	9G7 5@5
&'""%	%\$	5 (

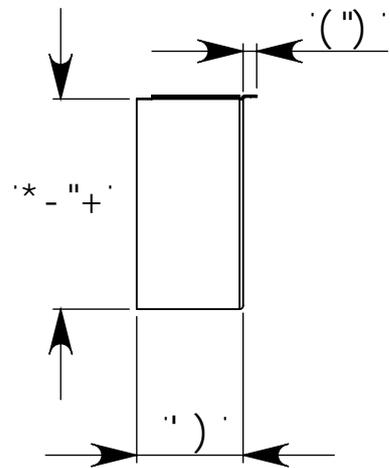
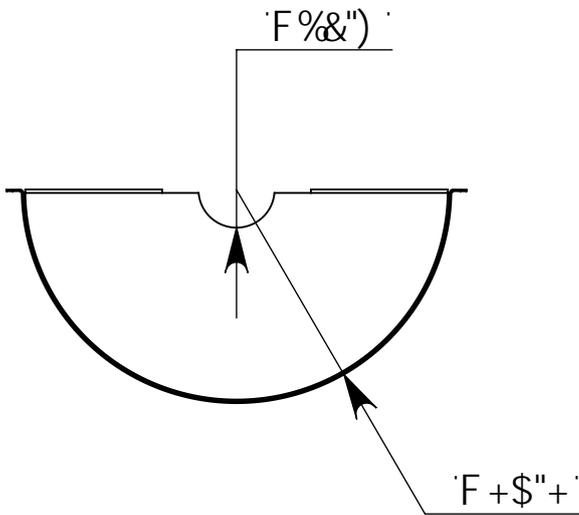
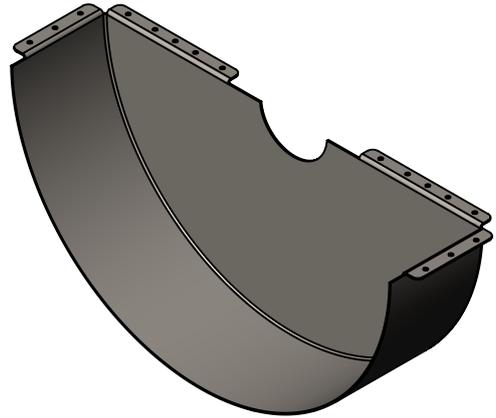
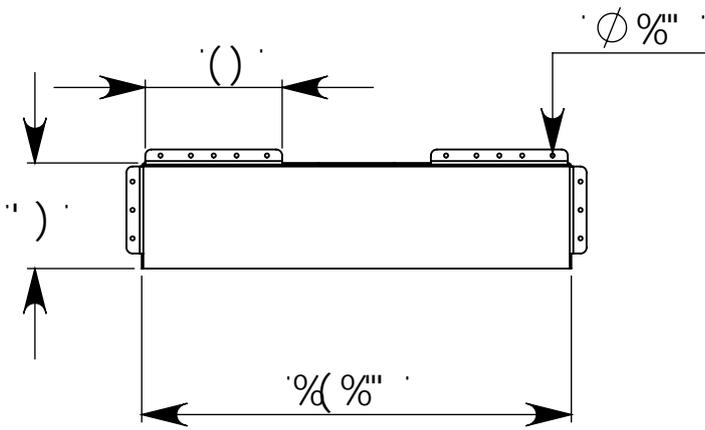


:571 @58'89-B; 9B-9F ašZ5FE I +97H F5' MI F65B-CA C  
 9G7I 95 5758vA ÷C DFC: 9C-B5@89-B; 9B-9F aš  
 A 97 aB ÷5' 9@7HF ÷5

8-6l >58C	BCA 6F9	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY	: 97 <5
J 9F ÷758C			&\$ G/dhYa Vfy &\$%
5DFC 658C			
7CB>1 BHC.			GA 6C @C A 9C 8C DFCM977 C B
		; i UfXU'6	
HH @.		; i UfXU'6!'&	D9GC. ** " , - ' ]c[ fl a cg

HH @.  
 A ã E I B5'7 <5B758CF5'89D-98F5'  
 89('\$'HB#<

HC @F5B7-5.		
A 5F75	D@5BC B.	9G7 5@5
&'""&	%%	5(

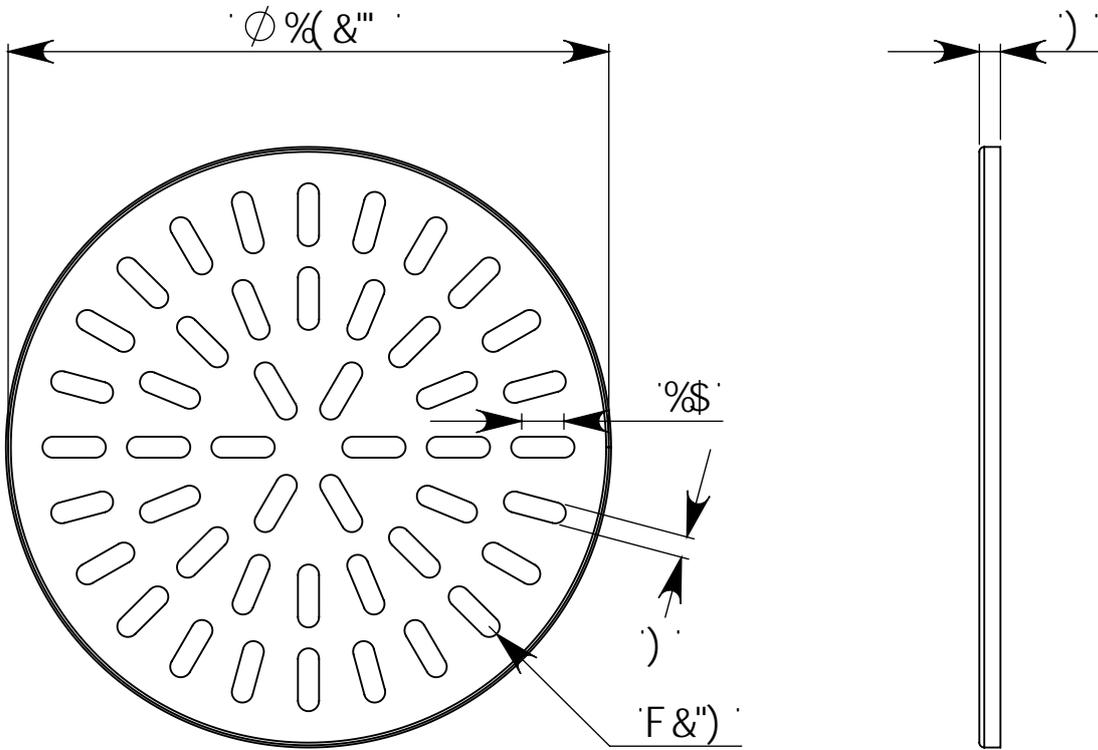
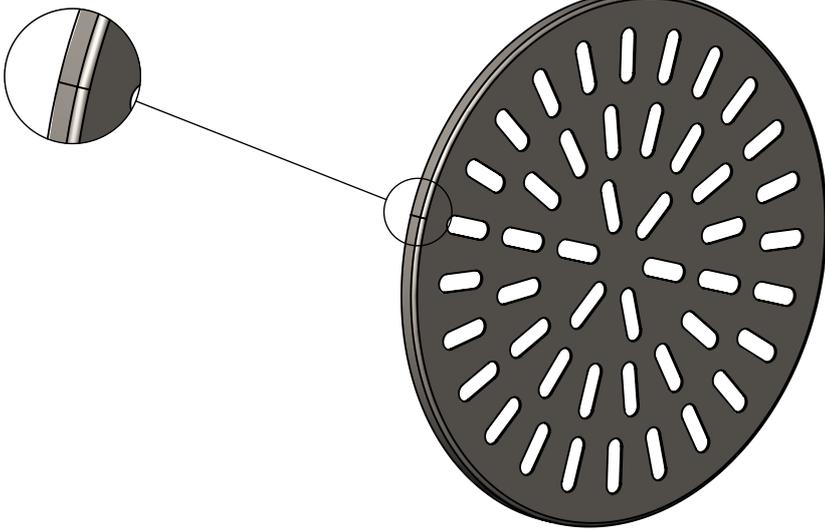


: 571 @58'89-B; 9B-9F 5Z5FE I +97H F5'MI F65B-GA C  
 9G7I 95'5758vA 7C'DFC: 9G-CB5@89-B; 9B-9F 5  
 A 97 5B=75'9@7HF=75

BCA 6F9	: 97 <5
8-6l >58C	Fca zb'5bX'fg; Ua cbU'8Y@UHffY
J 9F=7 58C	
5DFC 658C	
7CB>I BHC.	GA 6C @C A 9HC 8C'DFC M7 7-CB
HH @C.	D9GC. *)"++']c[fUa cg

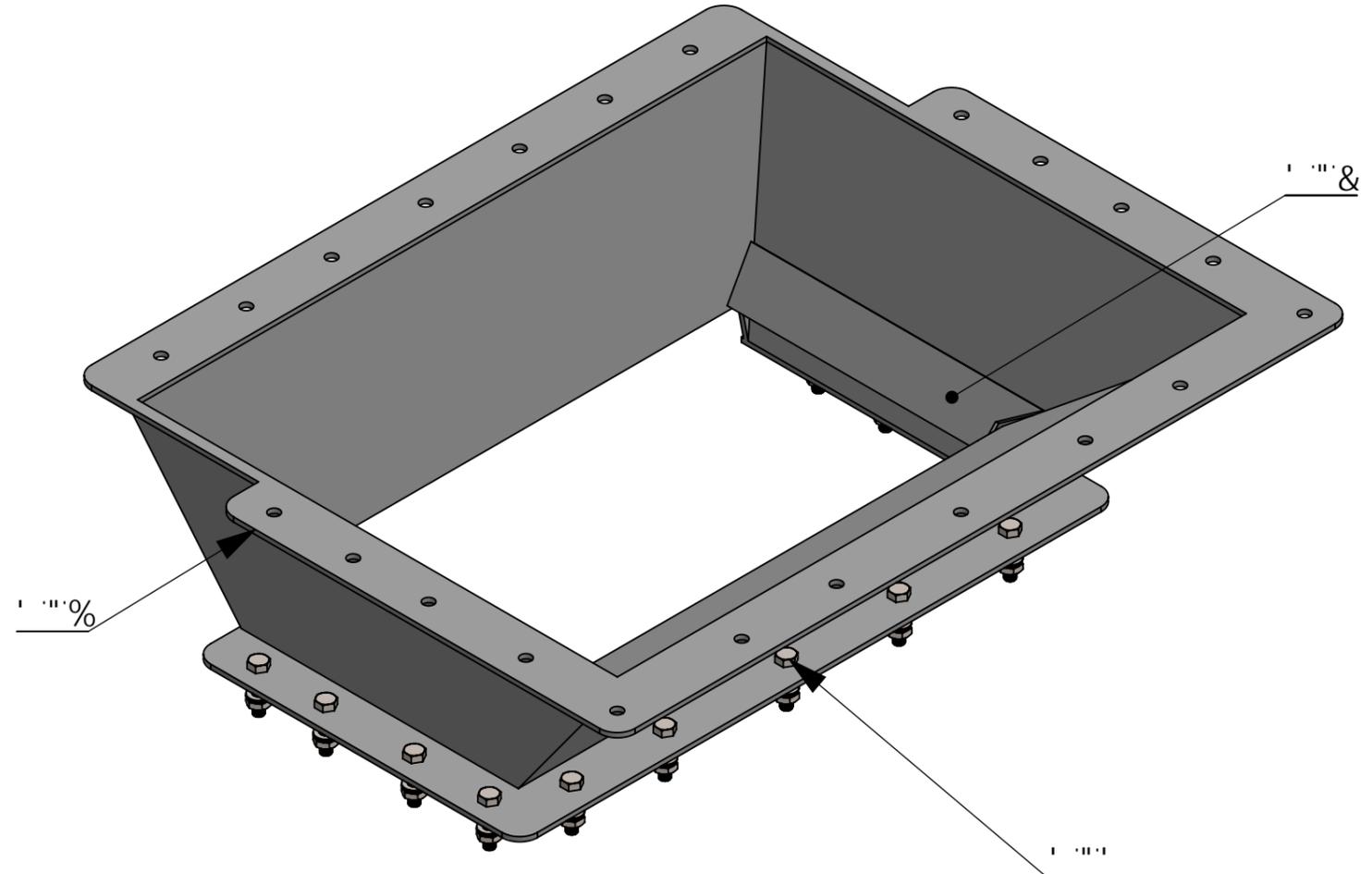
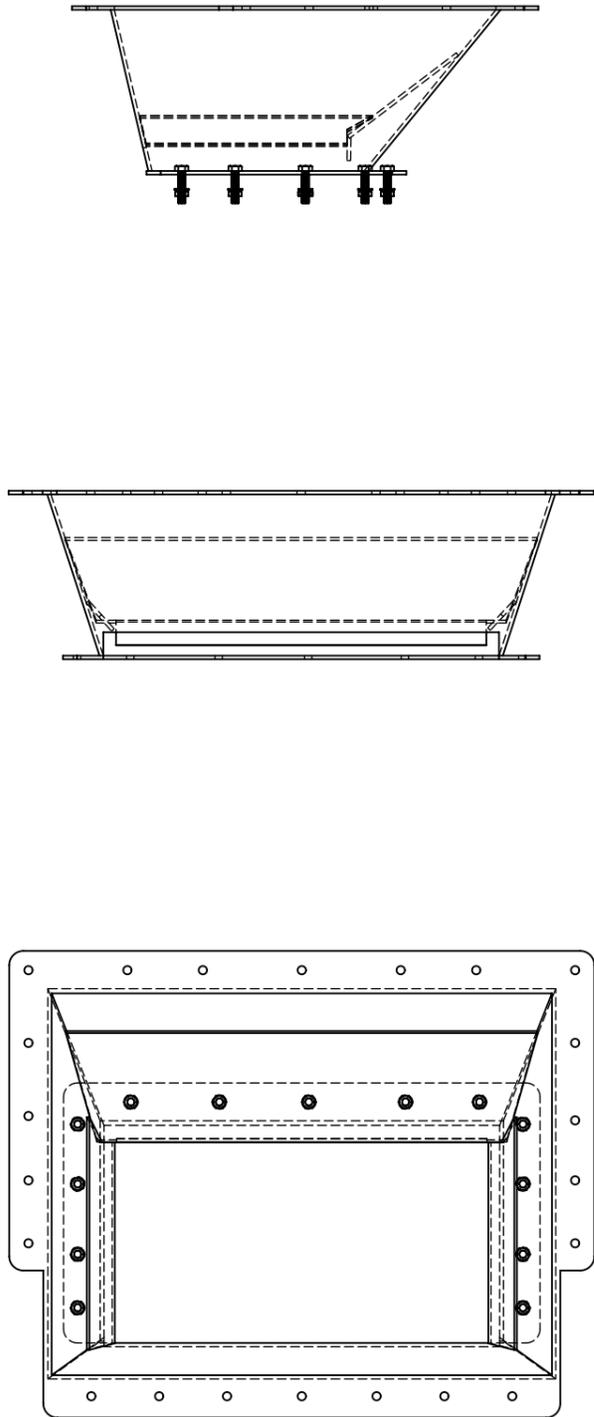
HH @C.  
 A 5E I B5'7 <5B758CF5'89'D=98F5'  
 89('\$'B#<

HC @F5B7-5.	A 5F75.	D@5BC B.	9G7 5@5
	&'('	%&	5(

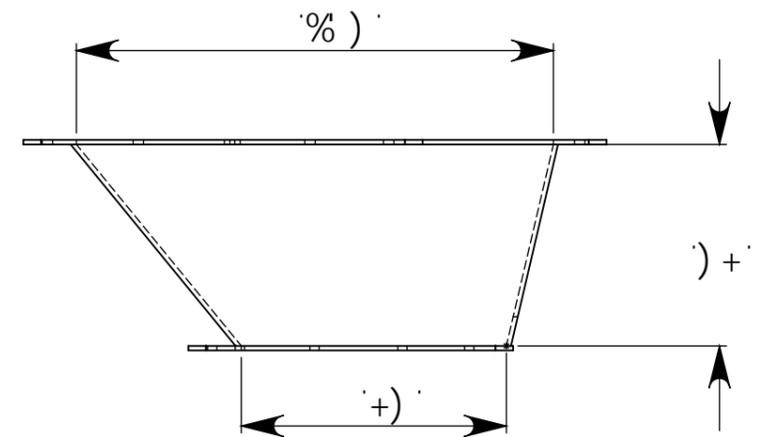
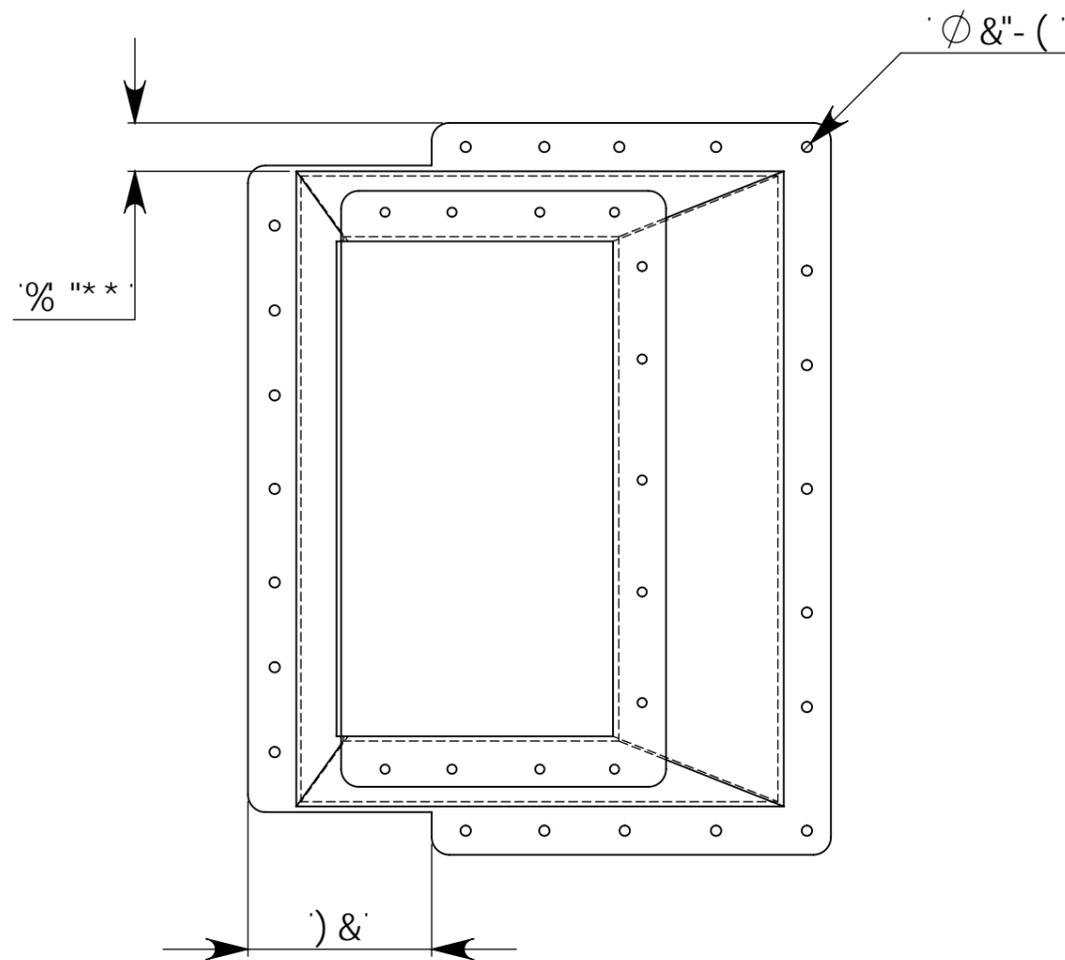
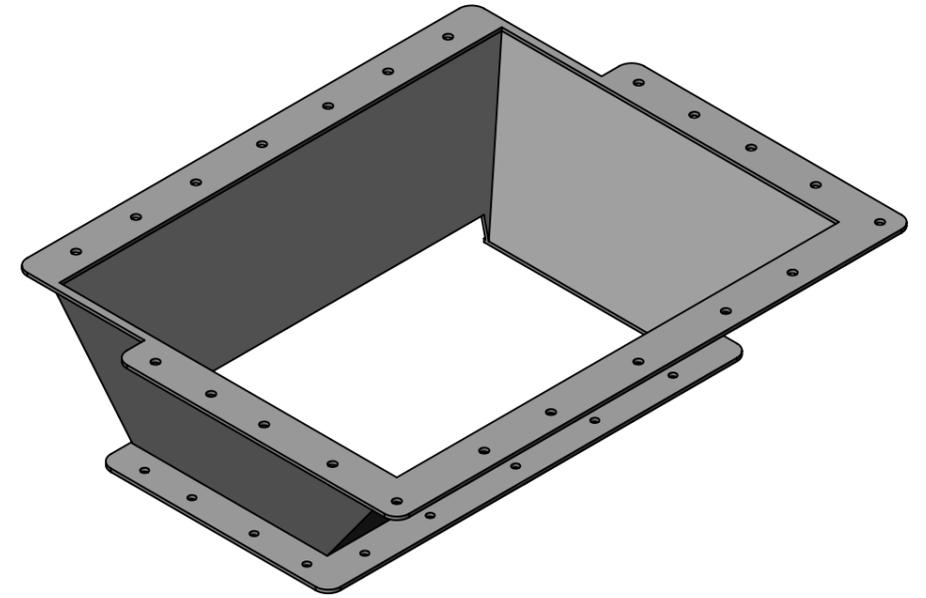
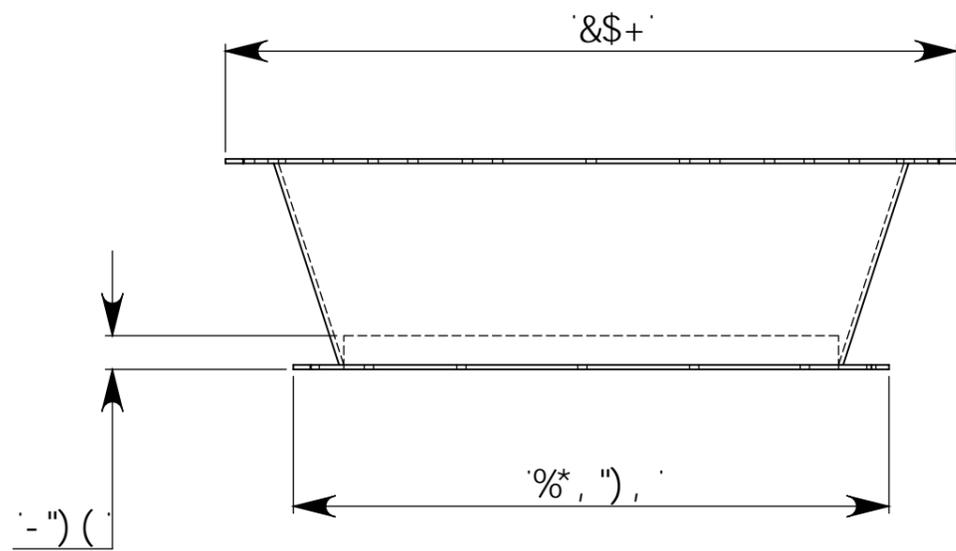


BCA 6F9		: 97 < 5		: 571 @58'89-B; 9B-9fāz5FEI +97H F5'MI F65B-GA C		
8-6l >58C	Fca zb'5bXfg; lā cbU'8Y@UHffY	&\$	GydhYa Vfy	&\$%	HH @C. A āEI B5'7 <5B758CF5'89'D=98F5' 89('\$'HB#<	
J 9f=758C					HC @9F5B7-5.	
5DFC 658C					A 5F75.	D@BC B.
7C B>l BHC.	; i UfXU'6	GA 6C @C A 9C 8C DFC M7 7 C B		9G7 5 @5		
				5 (		
HH @C.	; i UfXU'6!:(	D9GC. *%+( '_]c[ flā cg				
A 5HF-5@	<]Yffc @Ja ]bUXc %\$, \$Z%#('"	75BH85B.' '\$%	l B-858. Vā	9G7 5 @5. %&\$	<C >5 ) 89)	

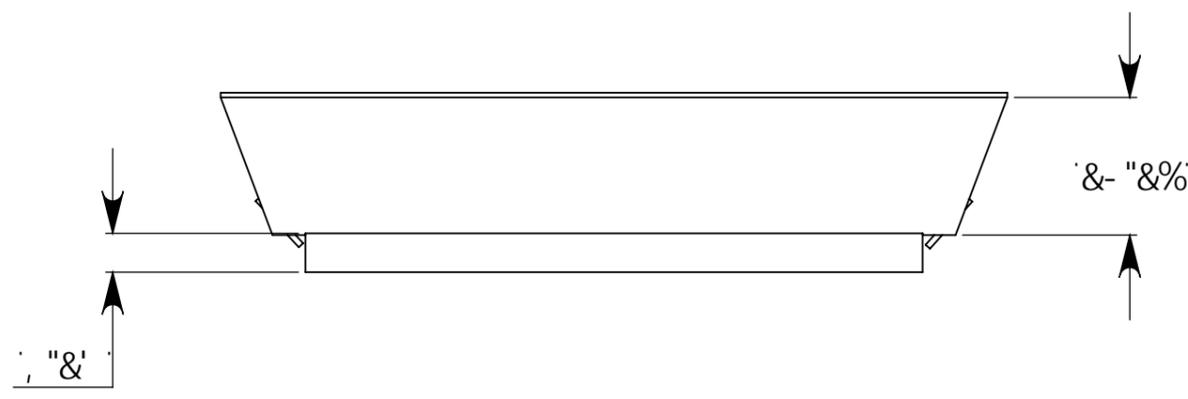
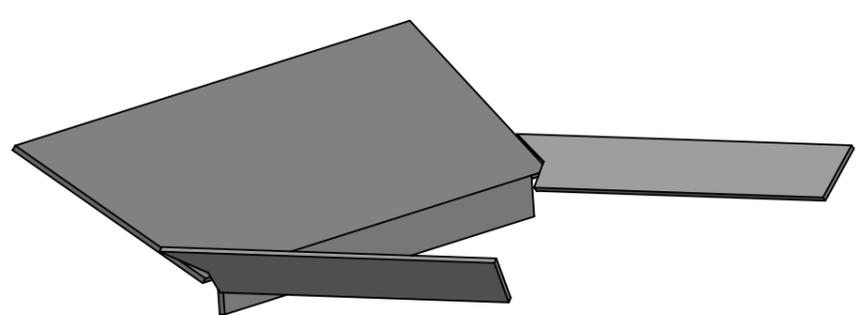
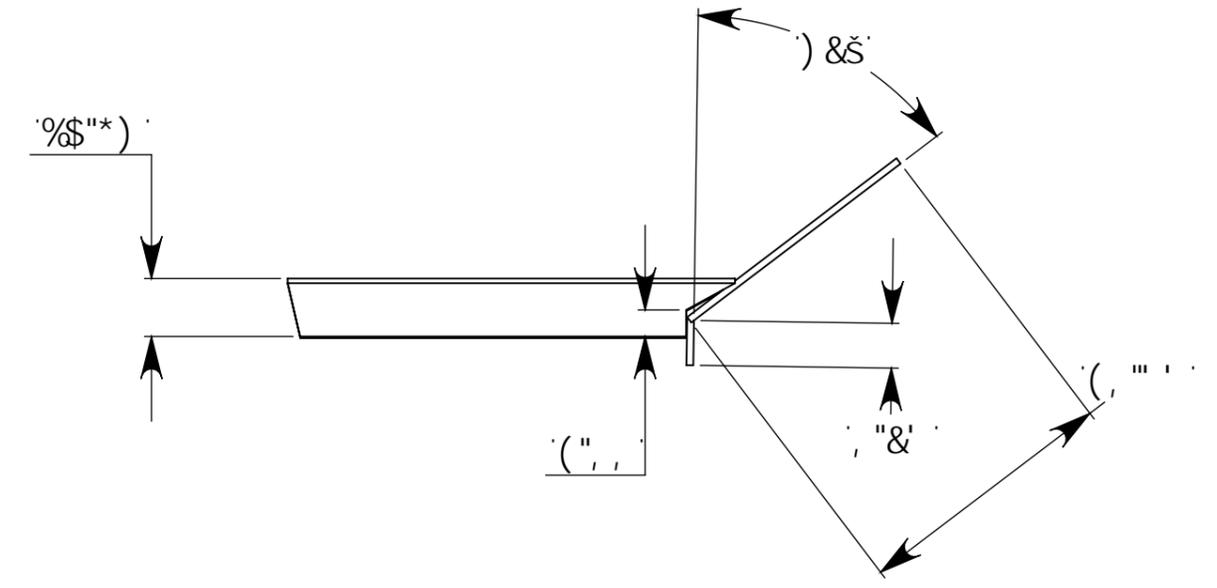
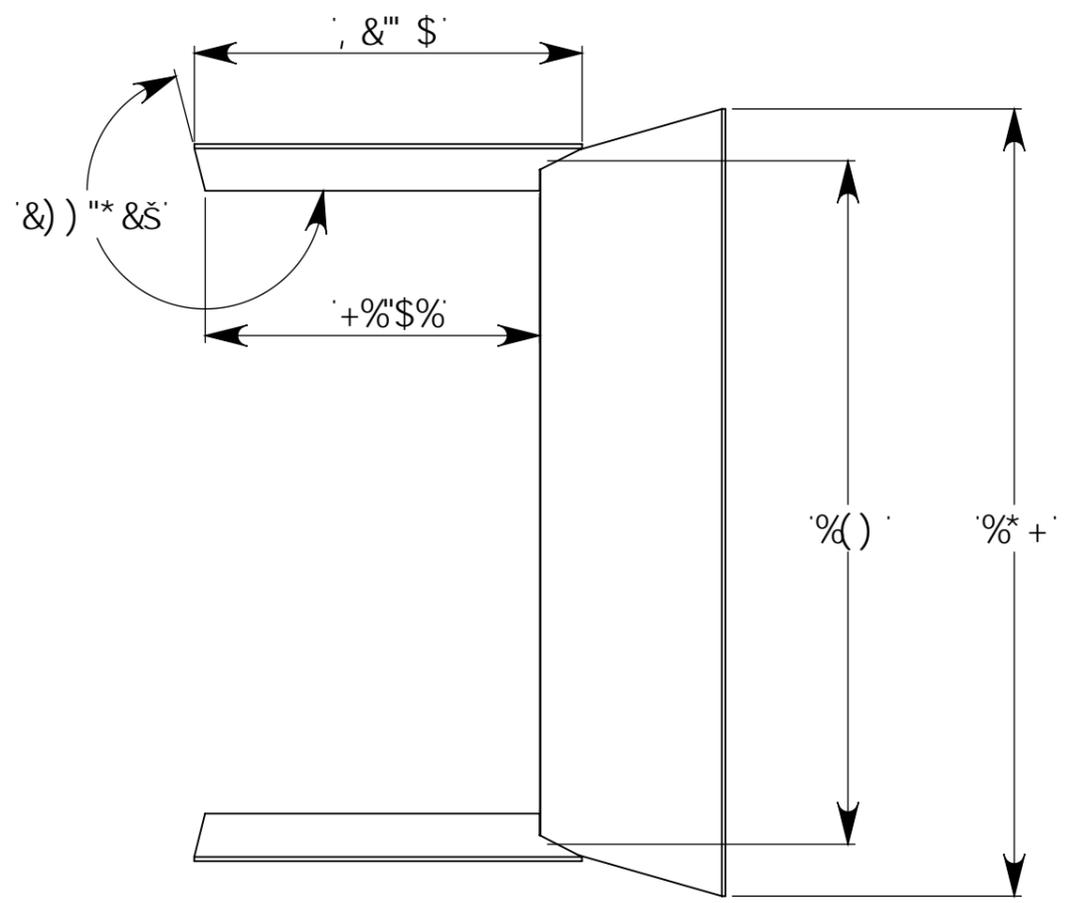
Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
3	1	14	Tolva		Hierro Laminado 1080, 1 1/2 " , 1/2"
3.1	1	15	T 1		Hierro Laminado 1080, 1 1/2 "
3.2	1	16	T 2		Hierro Laminado 1080, 1/2 "
3.3	13		Sujeción Tolva - Estructura Prinsipal, Perno cabeza hexagonal + arandela + anillo de presion + tuerca		1-12 x 4.5"



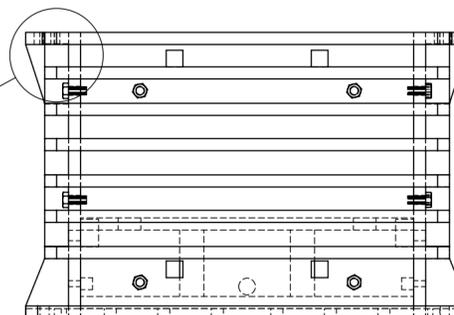
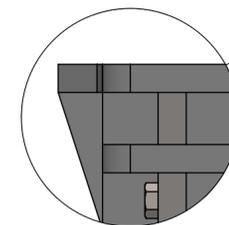
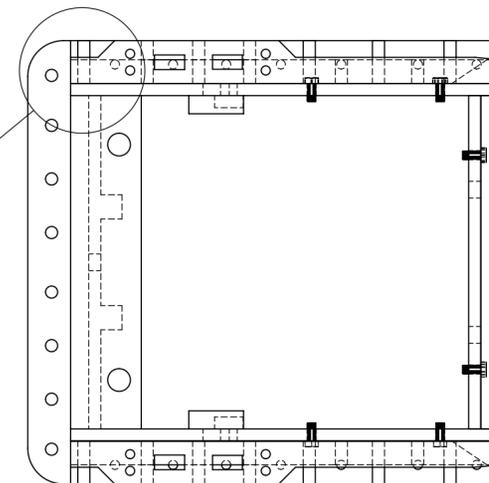
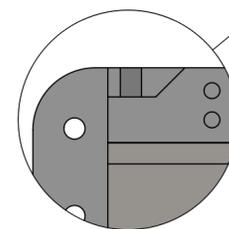
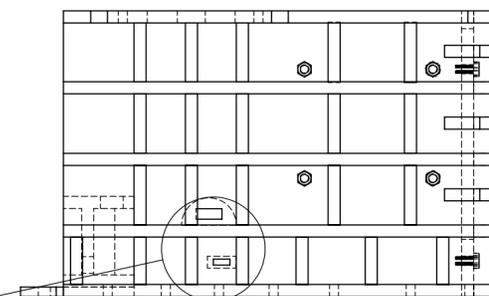
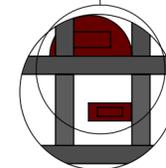
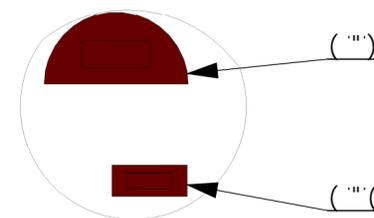
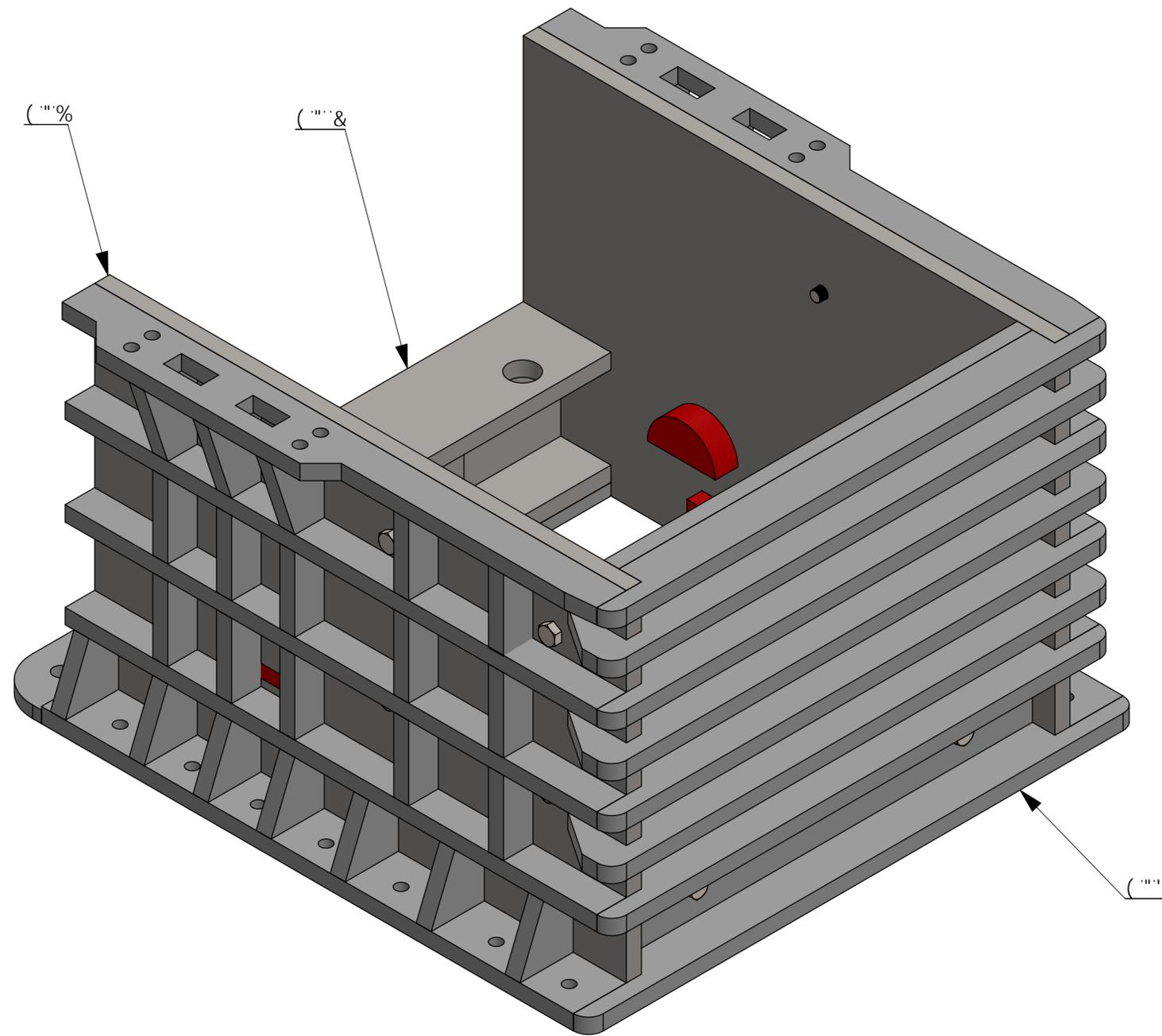
BCA 6F9		:97 <5		:57I @58'89-B; 9B-9F5Z5FEI +97H F5'MI F65B-GA C	
8-6I >58C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY	&S	GdhYa Vfy	&S%	9G7I 96'5758vA 7C DFC: 9GC B5@89-B; 9B-9F5
J 9F 7 58C					A 97 aB=75 9@7H F=75
5DFC 658C					HH @C.
7CB>BHC.		GA 6C @C A 9HC 8C DFC M77 6B			A ãE I B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5'
	A ãE I B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5'				89'(\$HB#<
HH @C.	Ht j U	D9CC.	+ " ) ]c[ fUa cg		HC @9F5B7.5.
A 5H9F 5@	<Yffc @Ja ]bUXc				A 5F75.
					D65BC B.
					9G7 5@5
					%
					5'
		75BH858.'S%	IB-858. W6	9G7 5@5.%&S	<C>5' %89'



BCA 6F9		.97 <5		:57I @58'89-B; 9B-9F&Z5FEI +97H F5'MI F65B-GA C	
8-6I >58C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY	&S	G/dHya Vfy	&S%	HH @C.
J 9F =7 58C					A ãE I B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5'
5DFC 658C					89'(\$'HB#<
7CB>BHC.	HC @ 5	GA 6C @C A 9HC 8C DFC M977 C B		HC @9F5B7 5.	
				A 5F75.	D@5BC B.
HH @C.	H%	D99C.		' '""%	%
		), ""' ' ]c[ fUa cg			9G7 5@5
A 5H9F 5@	<]Yffc '@Ja ]bUXc %\$, \$Z%%#&''	75BH858.'''S%	I B 858. V@	9G7 5@5. %&S	<C >5 &89'



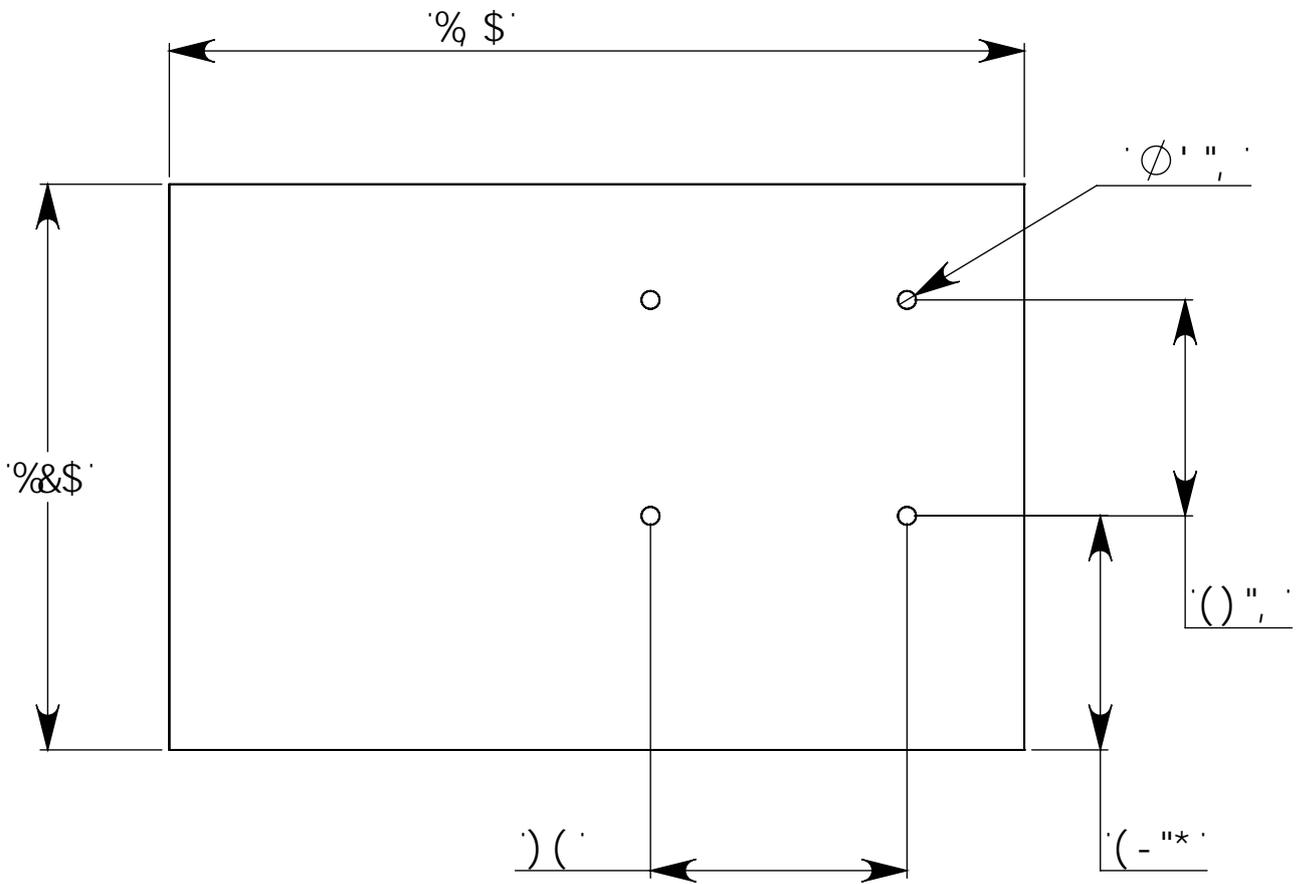
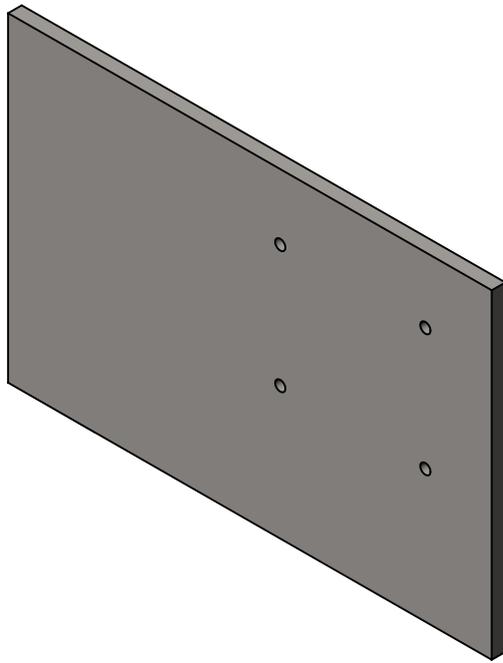
BCA 6F9		.97 <5		:57I @58'89-B; 9B-9F&Z5FEI +97H F5' MI F65B-GA C	
8-6l >58C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY	&S	G'dHYa Vfy	&S%	HH @C.
J 9F ± 7 58C					A ã E I ß5'7 <5B758CF5'89'D-98F5'
5DFC 658C					89'(\$'HB#<
7CB-4 BHC.	HC @ 5	GA 6C © A 9HC 8C DFC M977 © B		HC @9F5B7 5.	
				7CB-4 BHC B.	D65BC B.
HH @C.	H&	D99C.	&S'(%_][c[ flUa cg	' "' &	%
A 5H9F 5@	<Yffc @Ja ]bUXc %\$, \$Z'/%&' "	75BH858.' '\$%	IB-858. Wb	9G7 5@5. %&S	9G7 5@5
				<C >5" 89"	



Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
4	1	17	Estructura Prinsipal		Hierro Laminado 1080 2"
4.1	2	18	EP 1		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.1	2	19	EP 1-1		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.2	2	20	EP 1-2		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.3	14	21	EP 1-3		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.4	6	21	EP 1-4		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.5	24	21	EP 1-5		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.6	6	22	EP 1-6		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.7	2	23	EP 1-7		Hierro Laminado 1080 2"
4.1.8	8		Sujeción Estructura Prinsipal, Paredes de Masticado, Pemo cabeza hexagonal		1 3/8 - 12 x 3"
4.2	1	24	EP 2		Hierro Laminado 1080 4"
4.3	1	25	EP 3		Hierro Laminado 1080 2"
4.3.1	1	26	EP 3-1		Hierro Laminado 1080 2"
4.3.2	4	27	EP 3-2		Hierro Laminado 1080 2"
4.3.3	3	27	EP 3-3		Hierro Laminado 1080 2"
4.3.4	1	28	EP 3-4		Hierro Laminado 1080 2"

BCA 6F9		:97<5		:571 @58 89-B; 9B-9F525FE1 +97H F5 MI F65B-GA C	
8 4i -58C	Fca zb5bXjg; Ua cbU8Y@UHfFY	85	97dH/a VV	85%	HBI IC:
3 9f =7 58C					A ä E I -B5'7 <5B758CF5'89D-98F5'
5DFC 658C					89 (\$IB#<
7CB-J BHC		GA 6C IC A 9C BC DFCM77 EB		HC 9F5B7 5:	
A ä E I -B5'7 <5B758CF5'89D-98F5'				A 5F75:	Dn6BC B:
HBI IC:	97fi Wh fU'Df]bgld U'	D9CC:	" % \$(%_Ic[ flba cg	(	%t
A 5H9F 6@	<]rffc @Ja bUXc %\$, \$2&''	75BH85B: 5%	I B 85B: Wa	9G7 546: %85	<C-5 %89%



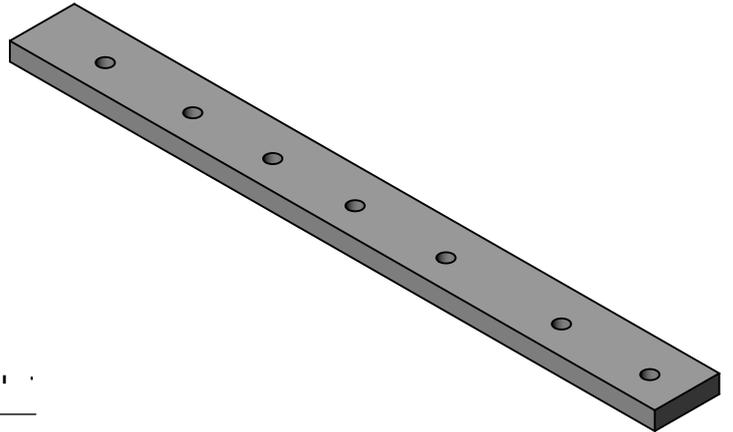
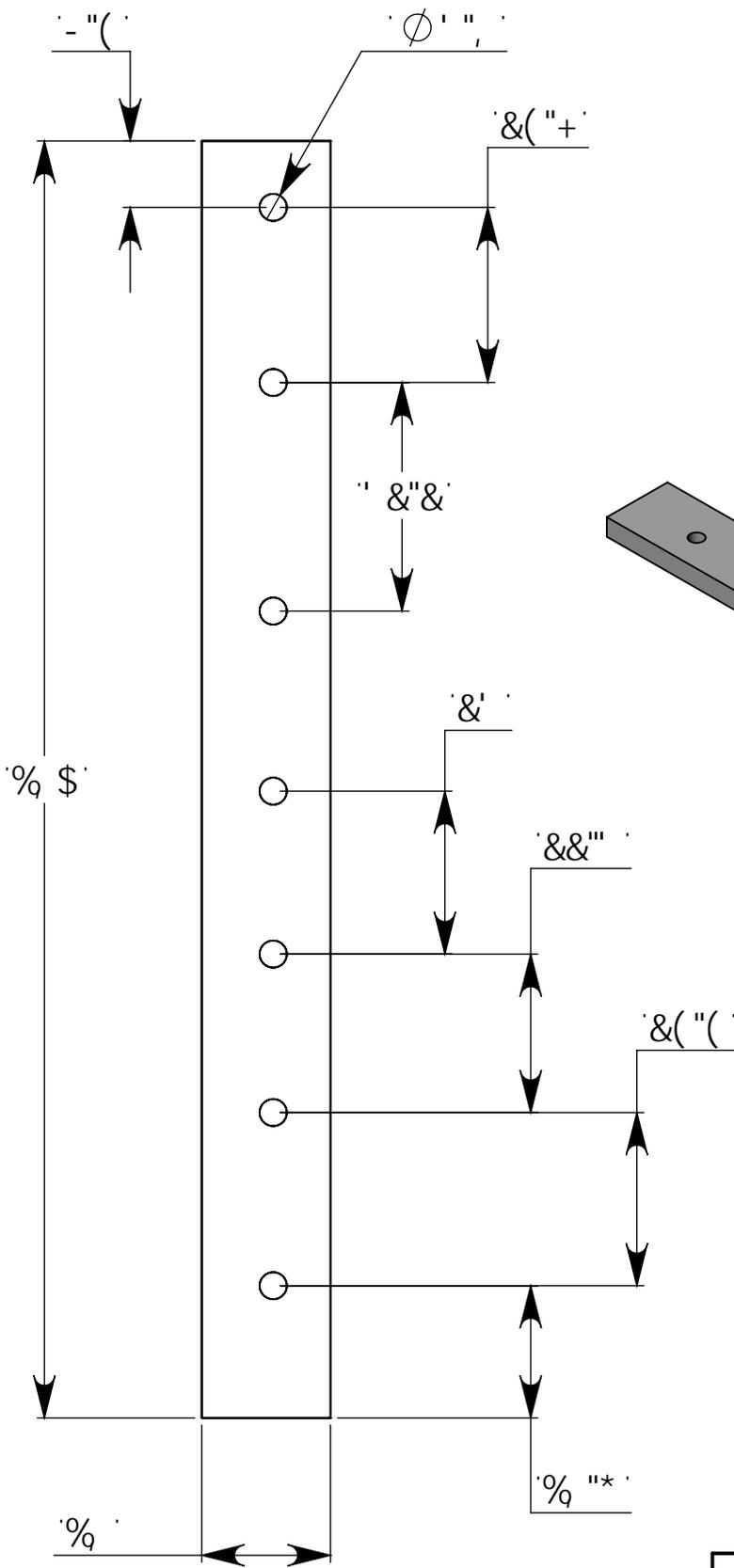


: 571 @58'89-B; 9B-9F aZ5FE I +97H F5' MI F65B-CA C  
 9G7I 9@ 5758vA =7C' DFC: 9@CB5@89-B; 9B-9F a  
 A 97 aB=75' 9@7HF=75

8-6l >58C	BCA 6F9	: 97 <5
J 9F =7 58C	Fca zb'5bXifg; Ua cbU'8Y@UHffY	&\$ G/dhYa Vfy &\$%
5DFC 658C		
7CB>l BHC.	9'D%	GA 6C @C A 94C 8C' DFCM977 C B
HH @C.	9'D'%'! '%	D9GC. &\$\$(&_)]c[ fUa cg

HH @C.  
 A ã E I B5'7 <5B758CF5'89'D=98F5'  
 89(\$'HB#<

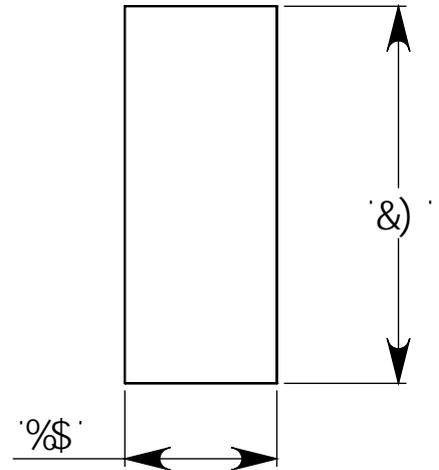
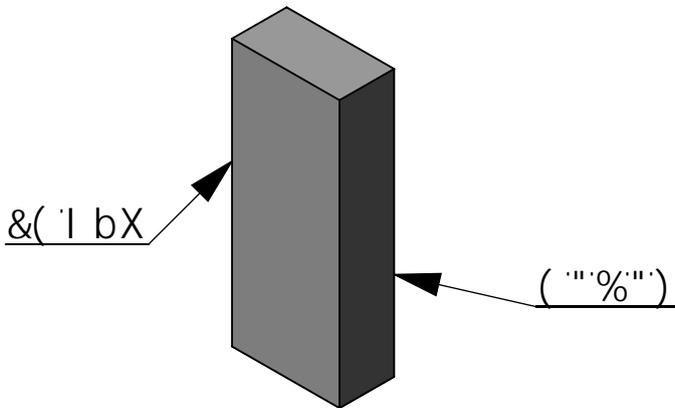
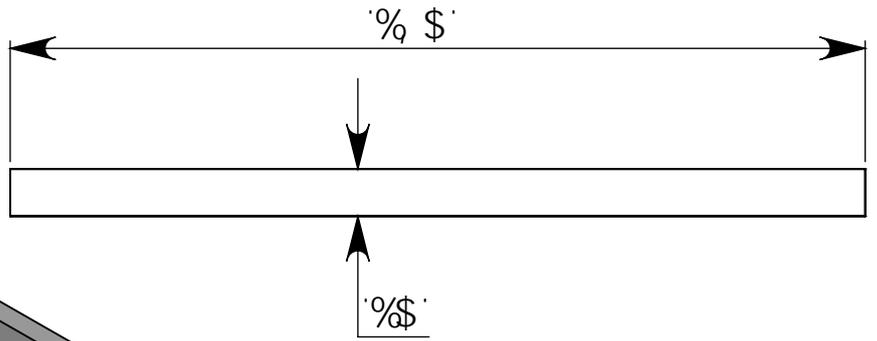
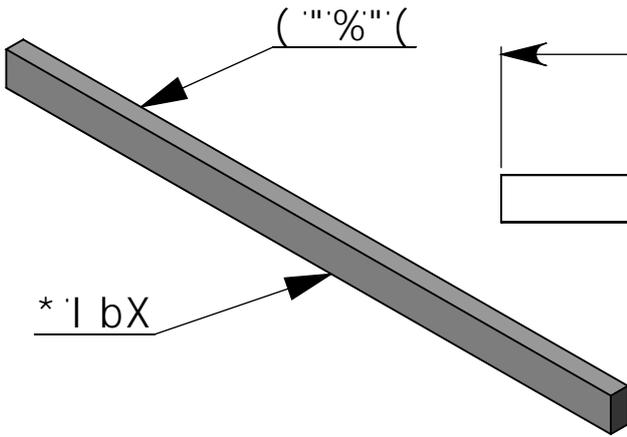
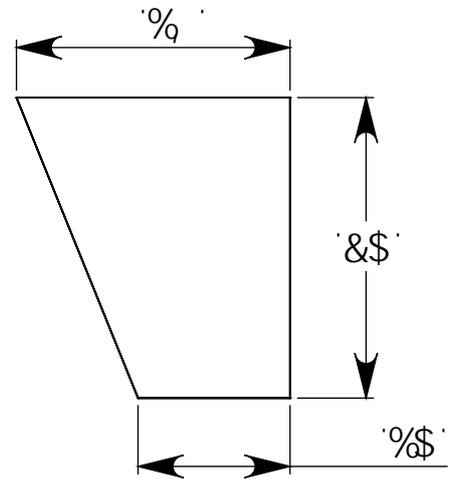
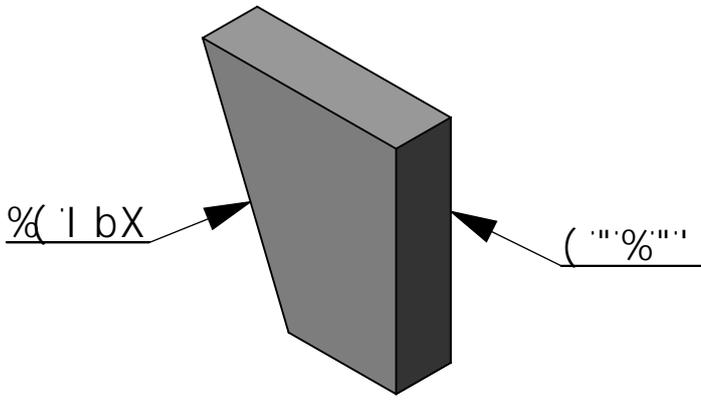
HC @9F5B7-5.	A 5F75.	D@5BC B.	9G7 5@5
( "'%' "'%	%	5 (	



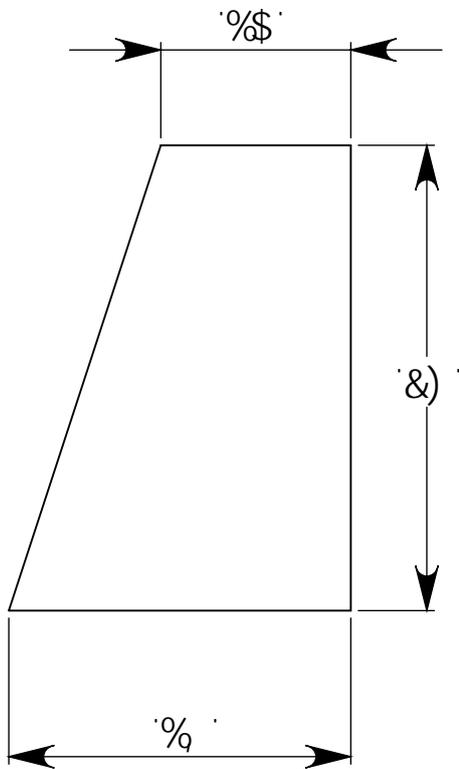
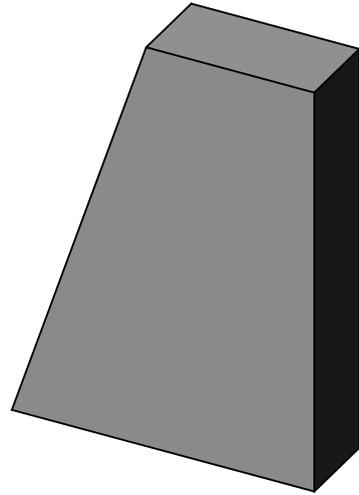
:571 @58'89-B; 9B-9F 25FEI #97H F5 MI F65B-GA C  
 9G7I 96 5758vA 7C DFC: 9C-B5@89-B; 9B-9F 25  
 A 97 2B-75 9@7HF 75

BCA 6F9	: 97 <5
8-6I -58C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UH:ffY
J 9F 7 58C	
5DFC 658C	
7CB>I BHC.	9'D%
HH ©.	9'D%! '&

HH ©.		
A 2E I B5 7 <5B758CF5 89D=98F5 89(\$'B#<		
HC @9F5B7 5.		
A 5F75.	D@5BC B.	9G7 5@5
( "'%'"&	&\$	5(



BCA 6F9		:97 <5		:57I @58'89'B; 9B-9fāž5FEI #97H F5'MI F65B-GA C		
8-6l >58C	Fca zb'5bXfjg; la cbU'8Y@UHffY	&\$	G/dhYa VFY	&\$%	HH @. A āE I B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5' 89'(\$'B#<	
J 9F ÷ 7 58C						
5DFC 658C						
7C B> BHC.		9'D%		GA 6C @C A 9C 8C DFC I 97 7 6B		HC @9F5B7 5.
				A 5F75.		D@5BC B.
HH @. 9'D%!' ž9'D%!' (ž9'D%!' )		D9CC.		( "'%'"' ( "'%'"' ( "'%'"'		9G7 5@5
		'& '\$" - _]c[ fUa cg		&%		5(
A 5HF-5@		: 9FFC : I B8-8C		75BH@58.' '\$%		I B-858. Wa
				9G7 5@5. %&		<C >5' 89%

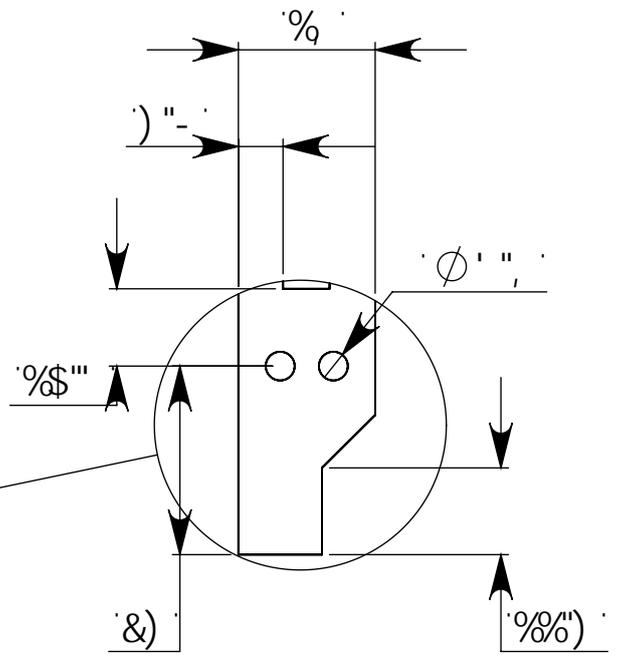
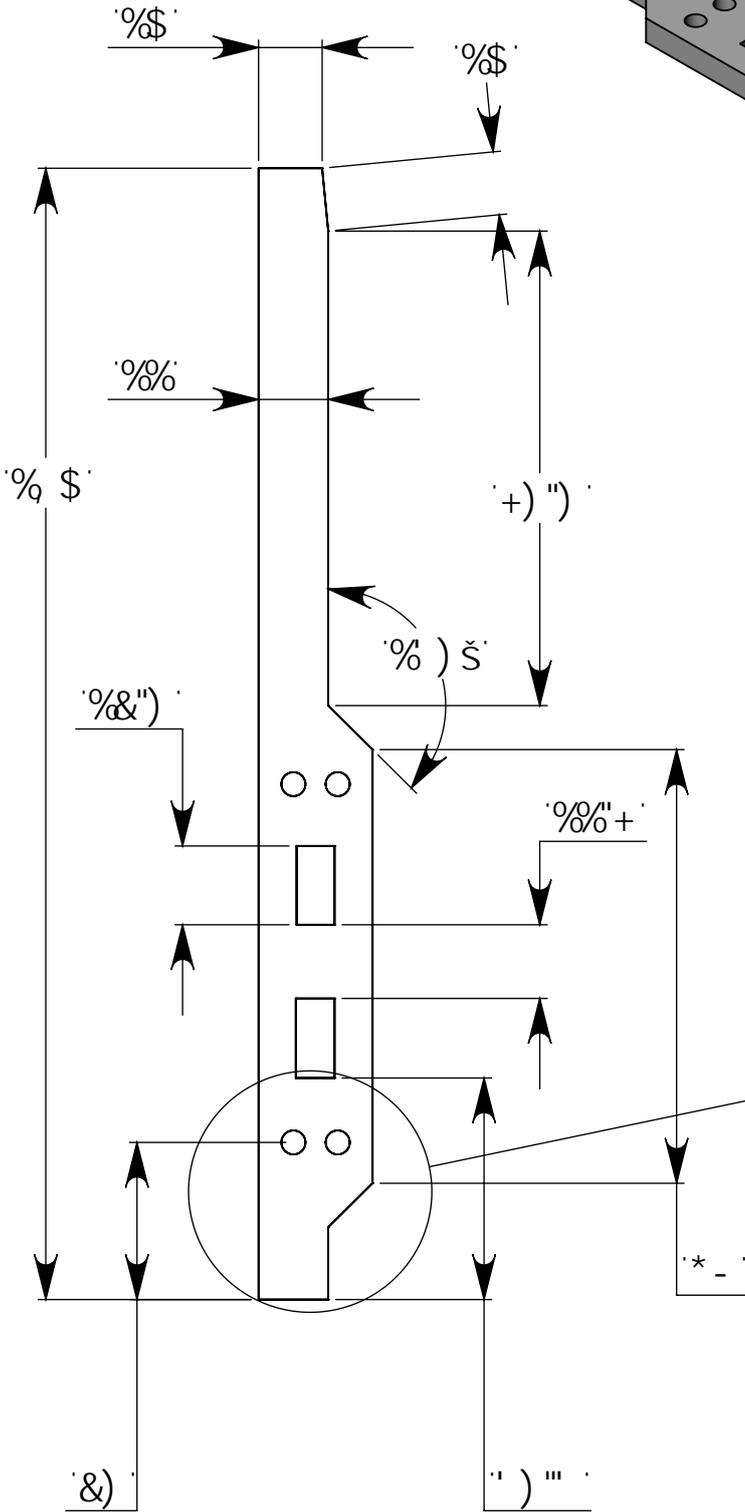
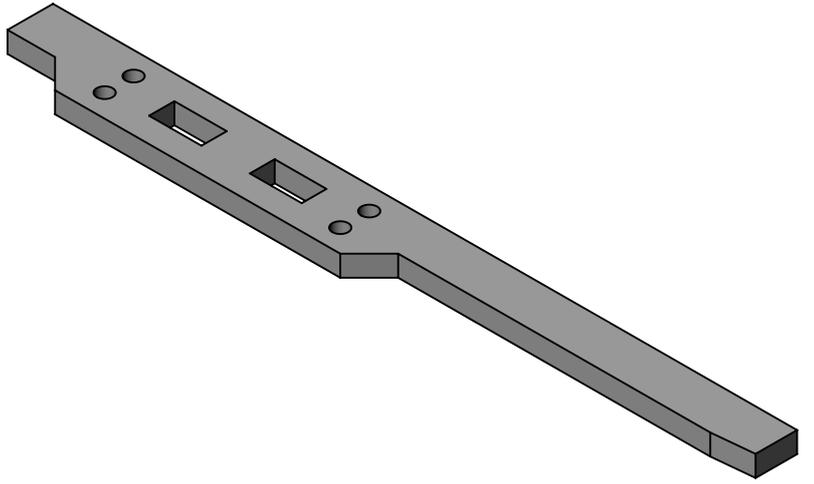


: 571 @58'89-B; 9B-9F aZ5FE I #97H F5 MI F65B-CA C  
 9G7I 96 5758vA 7C DFC: 9GC B5@89-B; 9B-9F a  
 A 97 aB-75'9@7HF-75

8-6I >58C	BCA 6F9	Fca zb'5bX'fg; Ua cbU'8Y@UHffY	: 97 <5
J 9F =7 58C			&\$ \$YdihYa Vfy &\$%
5DFC 658C			
7CB>I BHC.		9'D%	GA 6C @C A 9HC 8C DFC M97 7 <B
HH @.		9'D%! '*	D9GC . %' +_]c[ fUa cg

HH @.  
 A a E I B5'7 <5B758CF5'89D=98F5'  
 89(\$'HB#<

HC @9F5B7-5.		
A 5F75.	D@5BC B.	9G7 5@5
( "'%' '*	&&	5 (



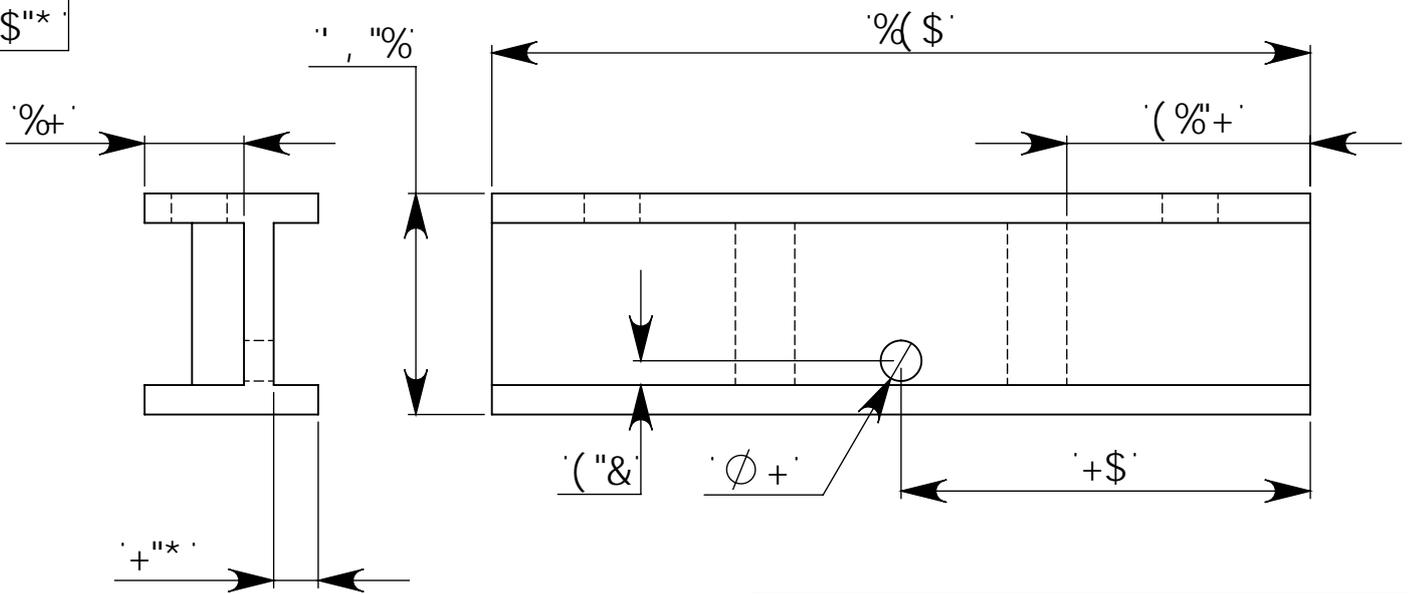
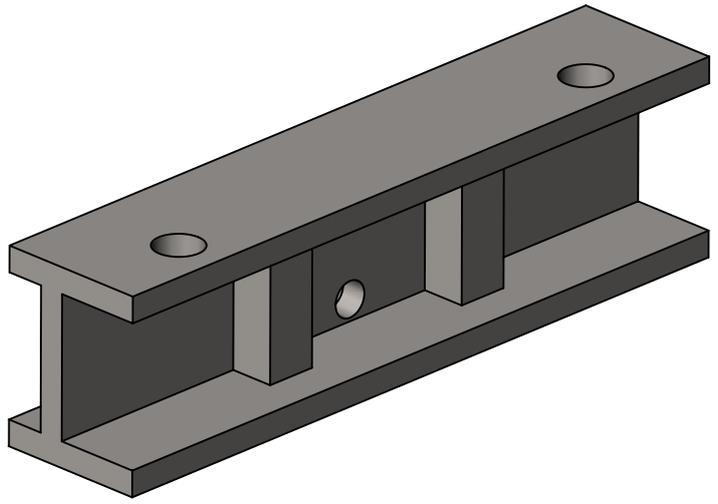
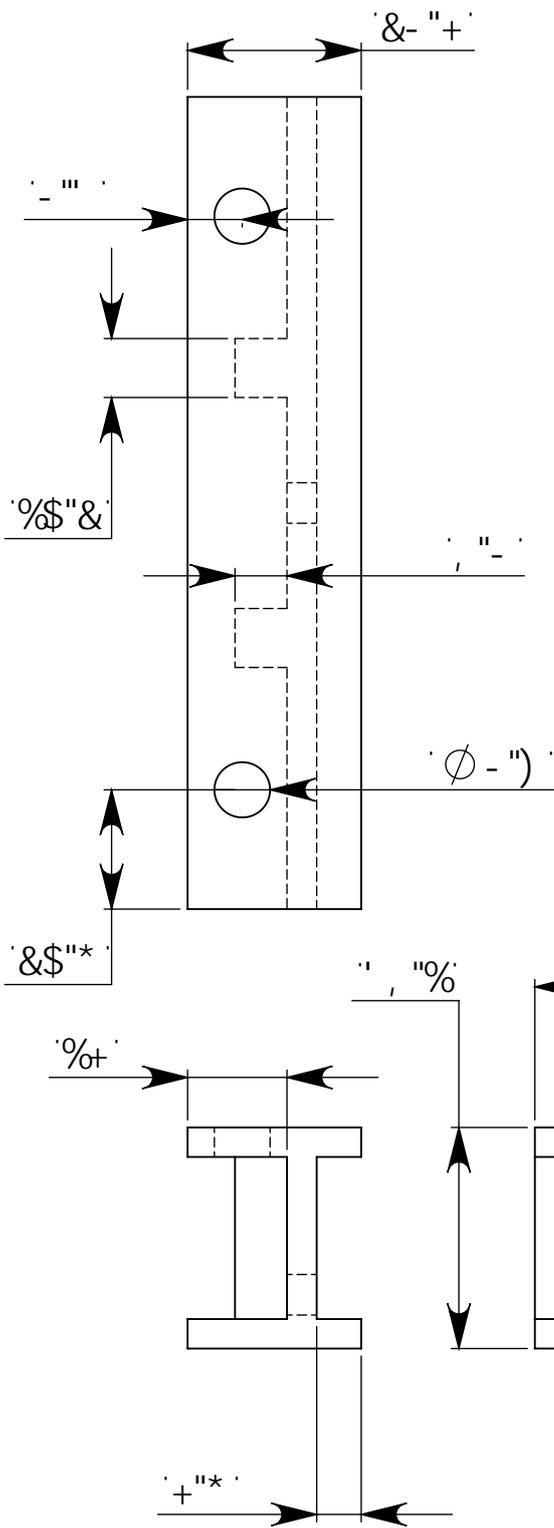
: 571 @58'89-B; 9B-9fāz5FE I #97H F5 MI F65B-6A C  
 9G7I 96 5758vA ÷ C DFC: 9G-CB5@89-B; 9B-9fā  
 A 97āB-75'9@7HF-75

BCA 6F9	: 97 <5
8-6l >58C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY
J 9F ÷ 7 58C	
5DFC 658C	
7CB>BHC	GA 6C @C A 9C8C DFCM77-CB
9'D%	
HH @.	D9GC. ' \$'(&_)c[ fUa cg

HH @.  
 A āE I B5'7 <5B758CF5'89D=98F5'  
 89('\$HB#<

HC @F5B7-5.	A 5F75.	D@5BC B.	9G7 5@5
( "'%\"'+	&'	5(	

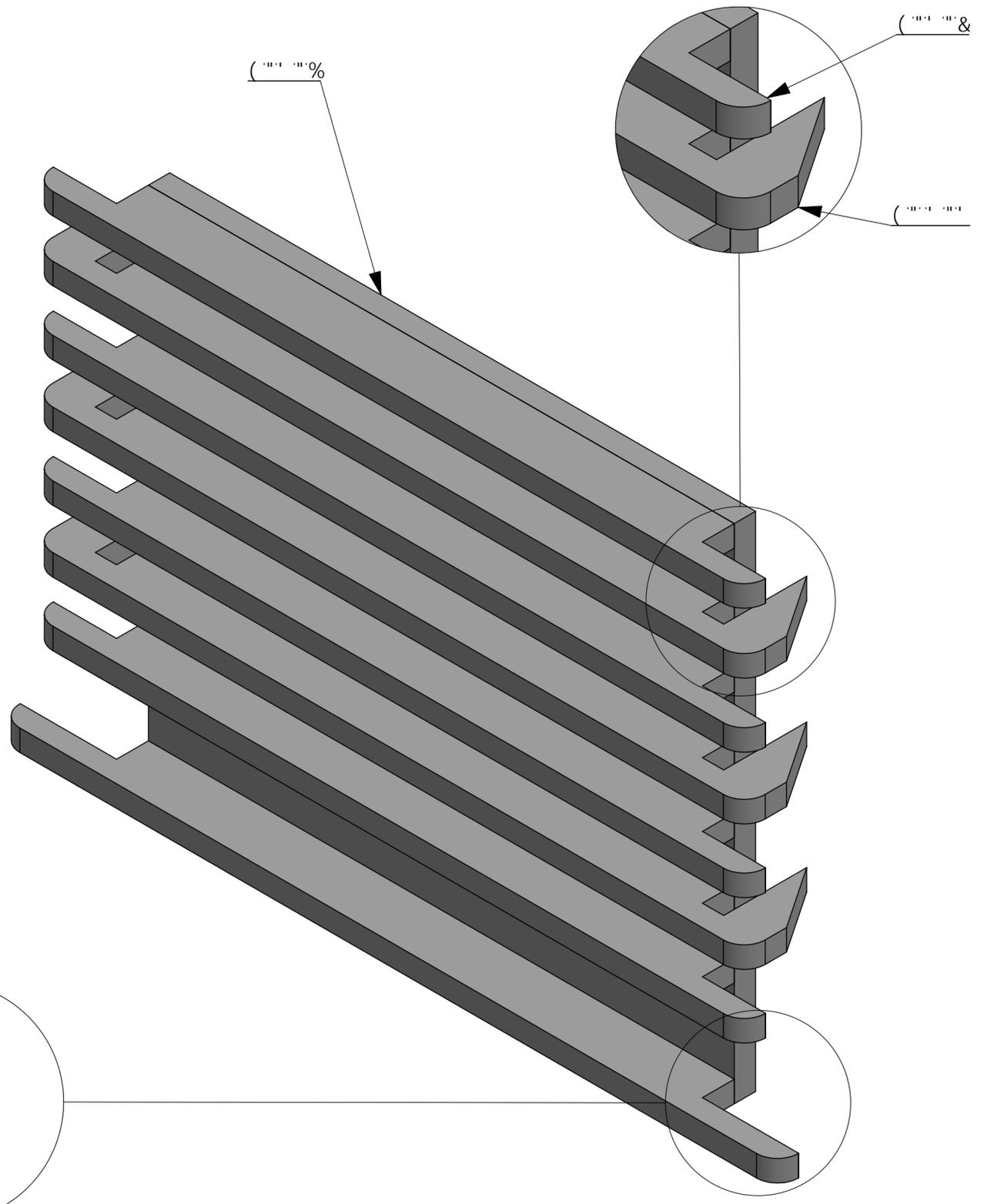
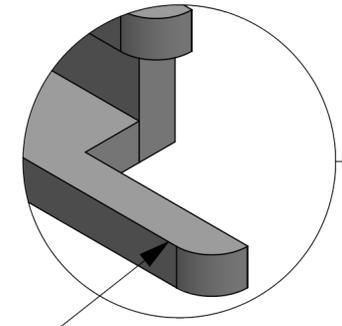
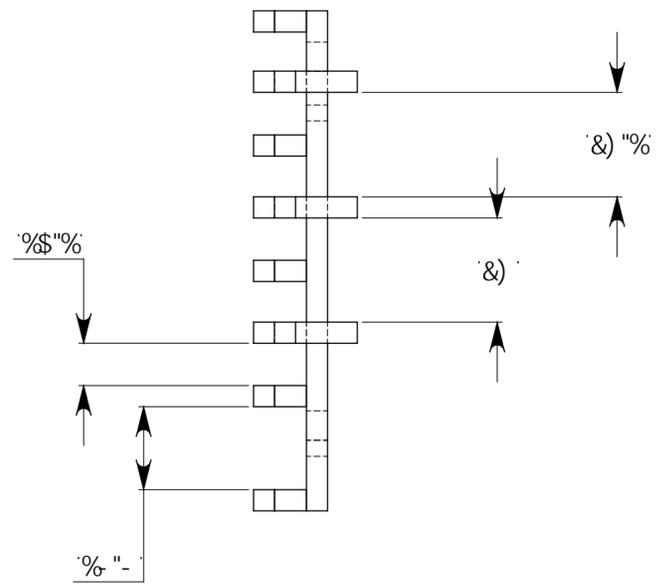
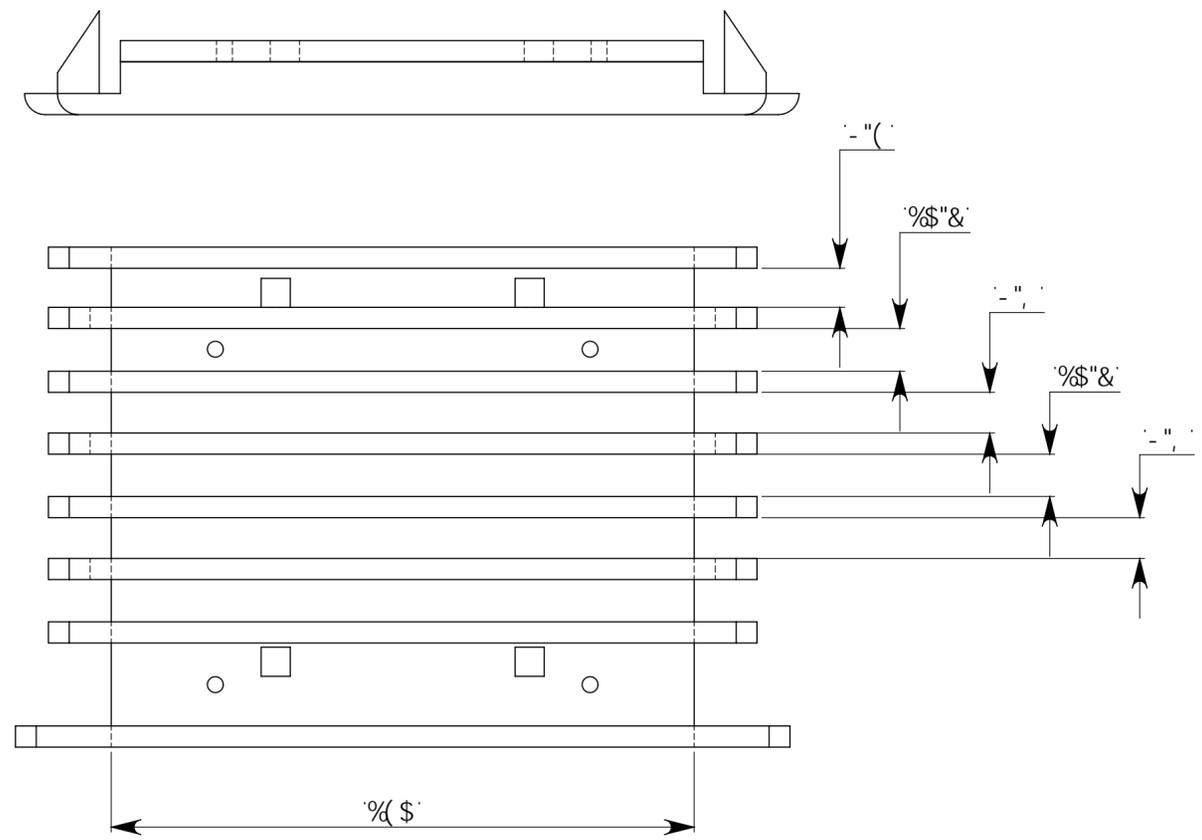
Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
4.2	1	24	EP2		Hierro Laminado 1080 4"



: 571 @58'89-B; 9B-9F ã 25FE I +97H F5 MI F65B-6AC  
 9G7I 96 5758vA ÷ C DFC: 9G-CB5@89-B; 9B-9F ã  
 A 97 ã B-75'9@7HF-75

BCA 6F9	: 97 <5
8-6l >58C	Fca zb'5bXfjg; Ua cbU'8Y@UHffY
J 9F ÷ 7 58C	
5DFC 658C	
7CB > BHC	GA 6C @C A 9C 8C DFC M77 C B
9GFI 7H F5 DF BGD5 @	
HH @C	9'D &
	D9GC
	'%&' "(%_]c[ flüa cg

HH @C		
A ã EI B5'7 <5B758CF5'89'D=98F5' 89('\$'B#<		
HC @F5B7-5		
A 5F75	D@5BC B	9G7 5@5
( "'&	&(	5(

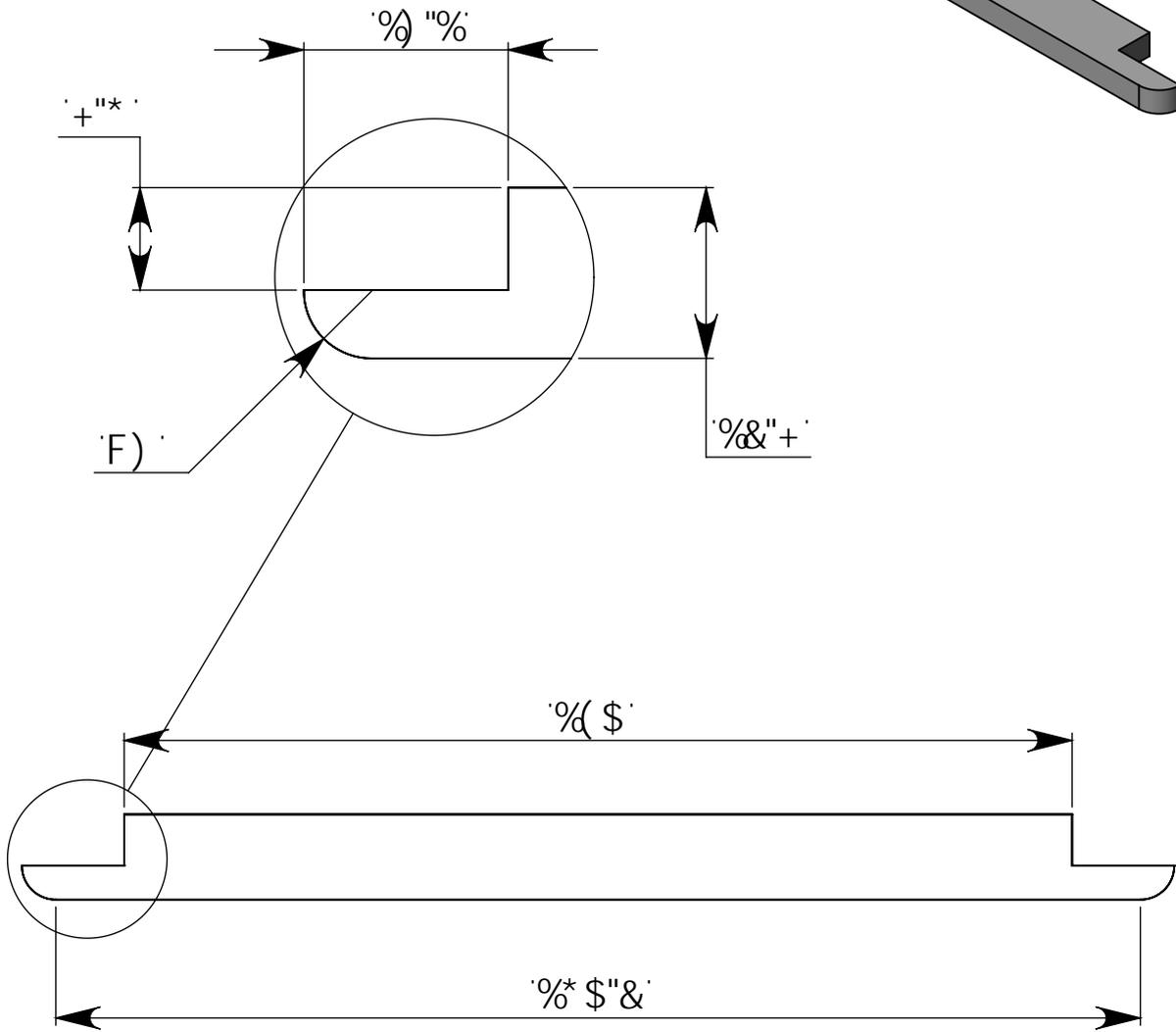
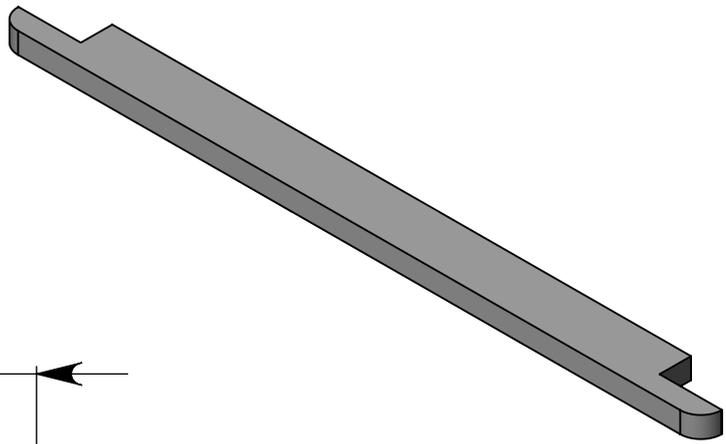


Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
4.3	1	25	EP 3		Hierro Laminado 1080 2 "
4.3.1	1	26	EP 3 - 1		Hierro Laminado 1080 2 "
4.3.2	4	27	EP 3 - 2		Hierro Laminado 1080 2 "
4.3.3	3	27	EP 3 - 3		Hierro Laminado 1080 2 "
4.3.4	1	28	EP 3 - 4		Hierro Laminado 1080 2 "

BCA 6F9		-97 <5		: 571 @58 89-B; 9B-5758vA 7C DFC; 9GC B5@89-B; 9B-5758 A 97 a B-7 5 9@7H F-5	
8 4i -58C	Fca zb5bXjg; Ua cbU8Y@UHeffY	65	D/dH/a VV	65%	HH 4C: A ä E I -B5 '7 <5B758C F5 '89D-98F5' 89 (\$TB#<
3 9F =7 58C					
5DFC 658C					
7CB X BHC	9GF I 7 H F5 'DF-BGD5@	GA 6C 4C A 9C BC DFC M7 7 CB		FC 48F5B7 5; A 5F75; D16BC B; 9G7 5 45	
HH 4C:	9'D"	D9CC: '+\$) (%_][c[ fUa cg		( ' ' ' ' ' ) & ) 5&	
A 5HF-6@	: 9FFC @5A -B58C %\$, \$L &	75B H858: 5%	I B 858: W@	9G7 5 45 %&\$	<C>5 - 89%







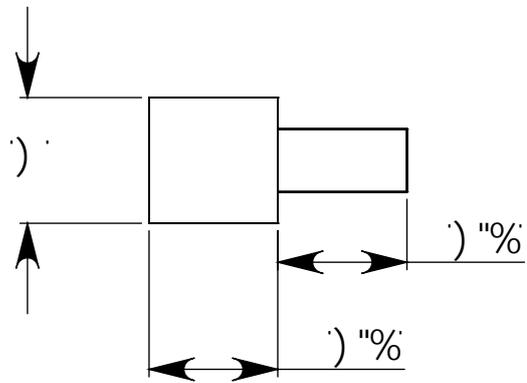
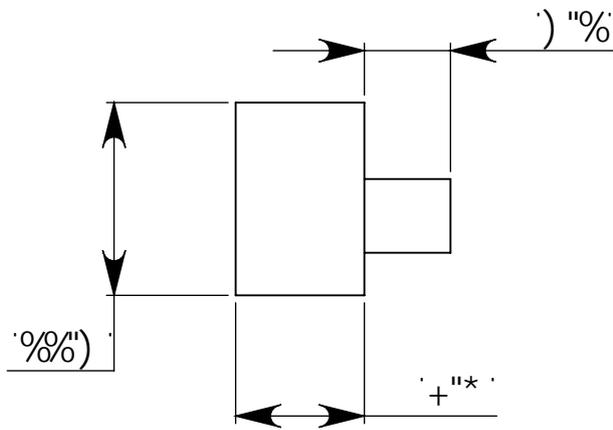
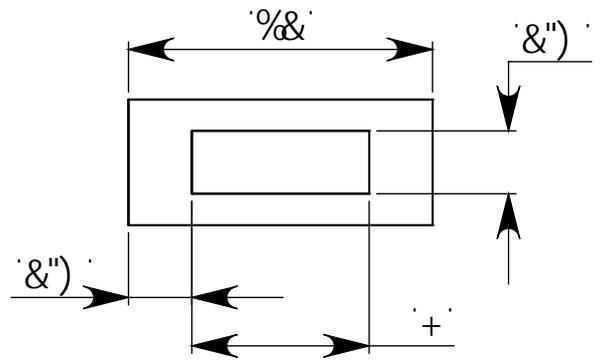
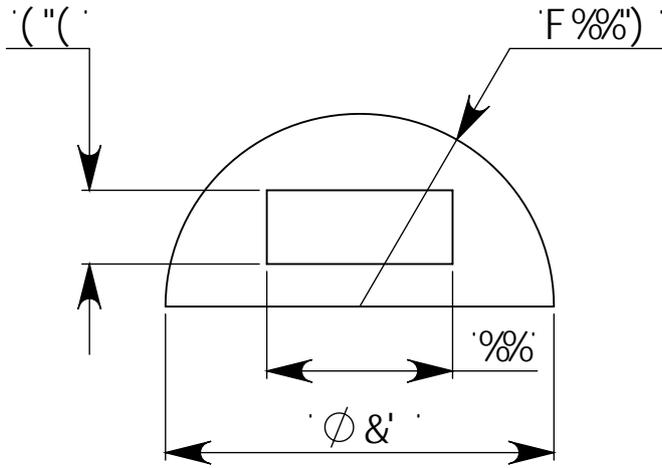
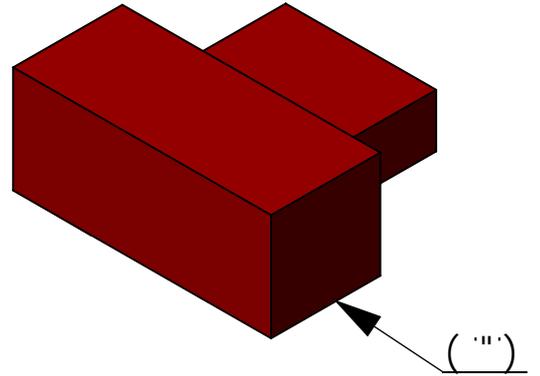
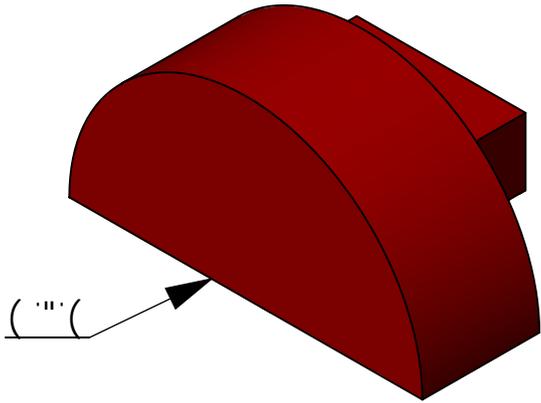
: 571 @58'89-B; 9B-9F aZ5FE I #97H F5 MI F65B-CA C  
 9G7I 96 5758vA ÷ C DFC: 9C-B5@89-B; 9B-9F a  
 A 97 aB-75'9@7HF-75

BCA 6F9	: 97 <5
8-6l >58C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY
J 9F ÷ 7 58C	
5DFC 658C	
7CB>I BHC.	GA 6C @C A 9HC 8C DFC M77 C B
9'D"	
HH @.	D9GC.
9'D" !('	%"(%)c[ fUa cg

HH @.  
 A ã E I B5'7 <5B758CF5'89D-98F5'  
 89('\$'B#<

HC @F5B7-5.	A 5F75.	D@5BC B.	9G7 5@5
( ' " ' ' (		& ,	5 (

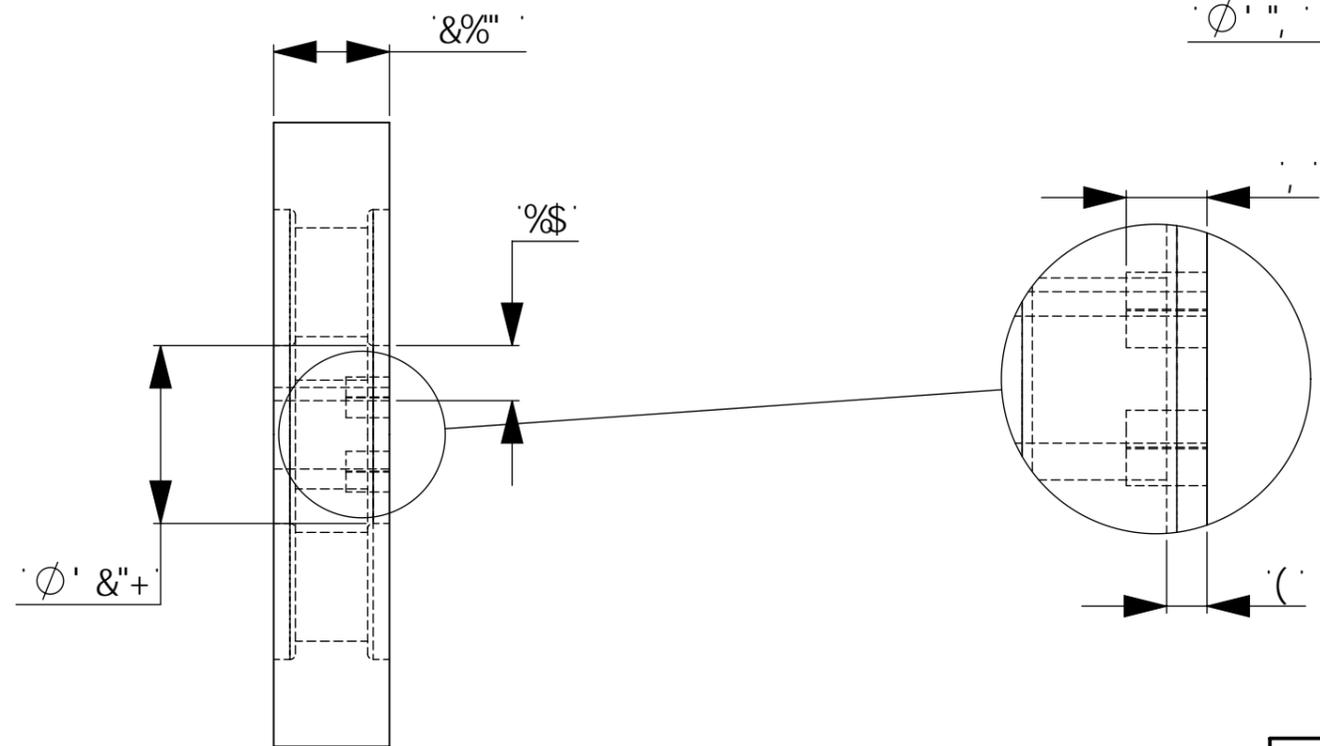
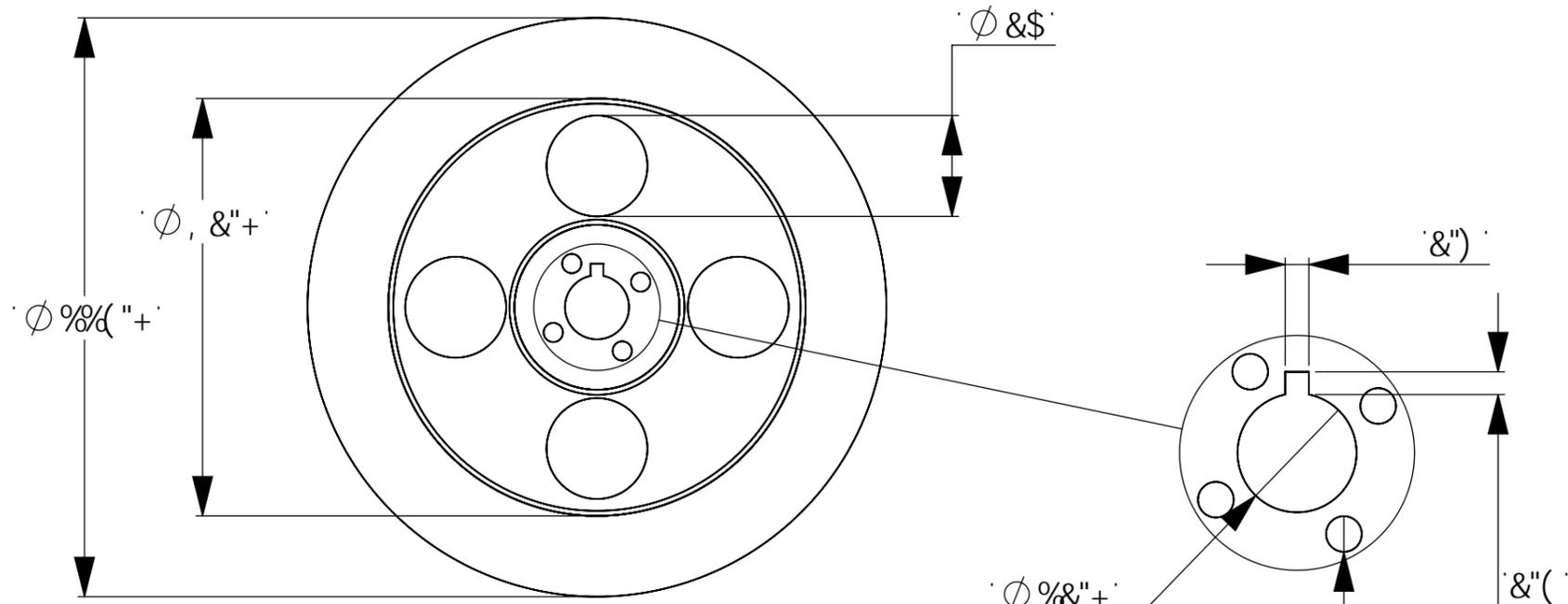
Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
4.4	2	29	EP 4		Hierro Fundido
4.5	2	29	EP 5		Hierro Fundido



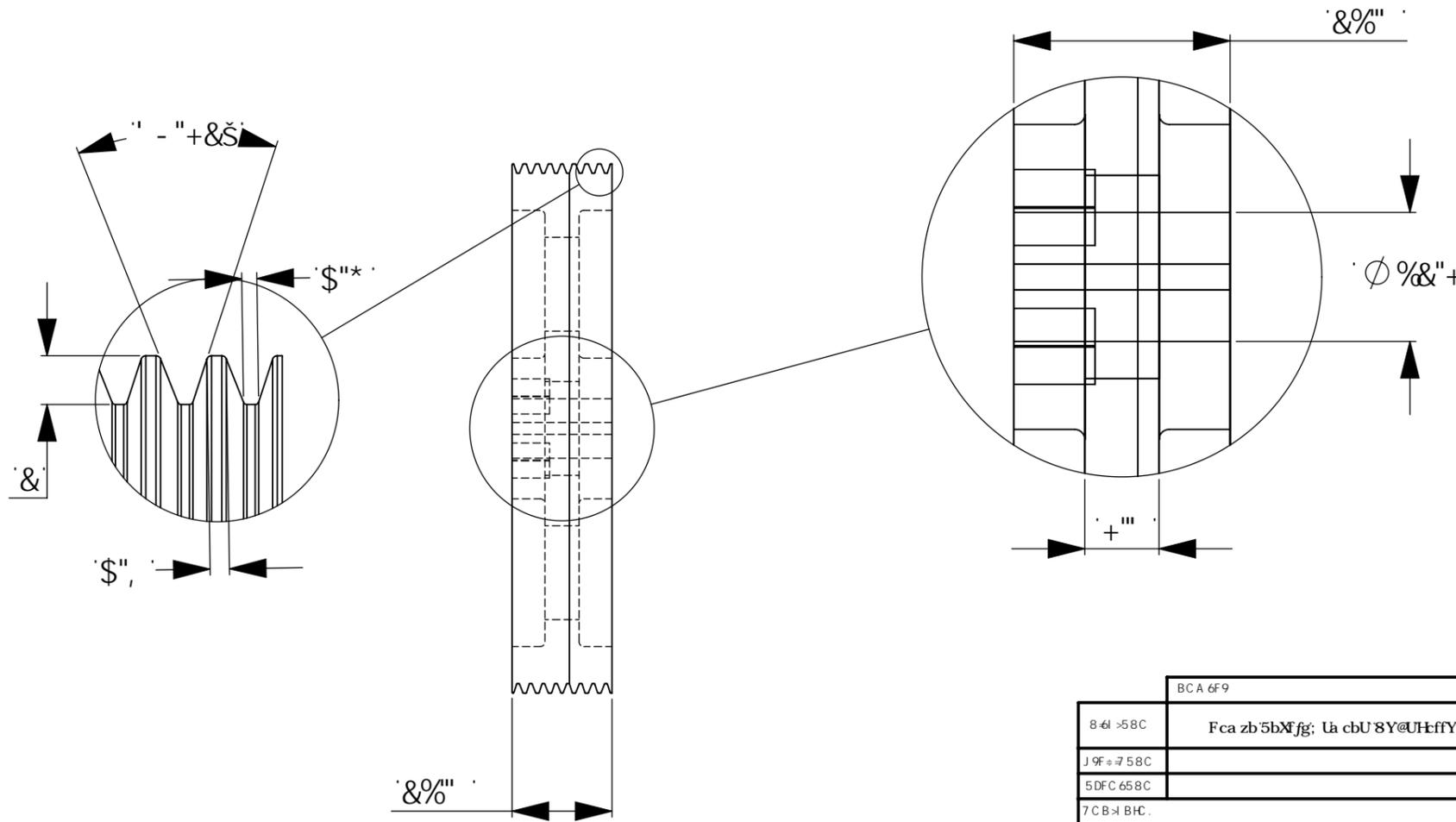
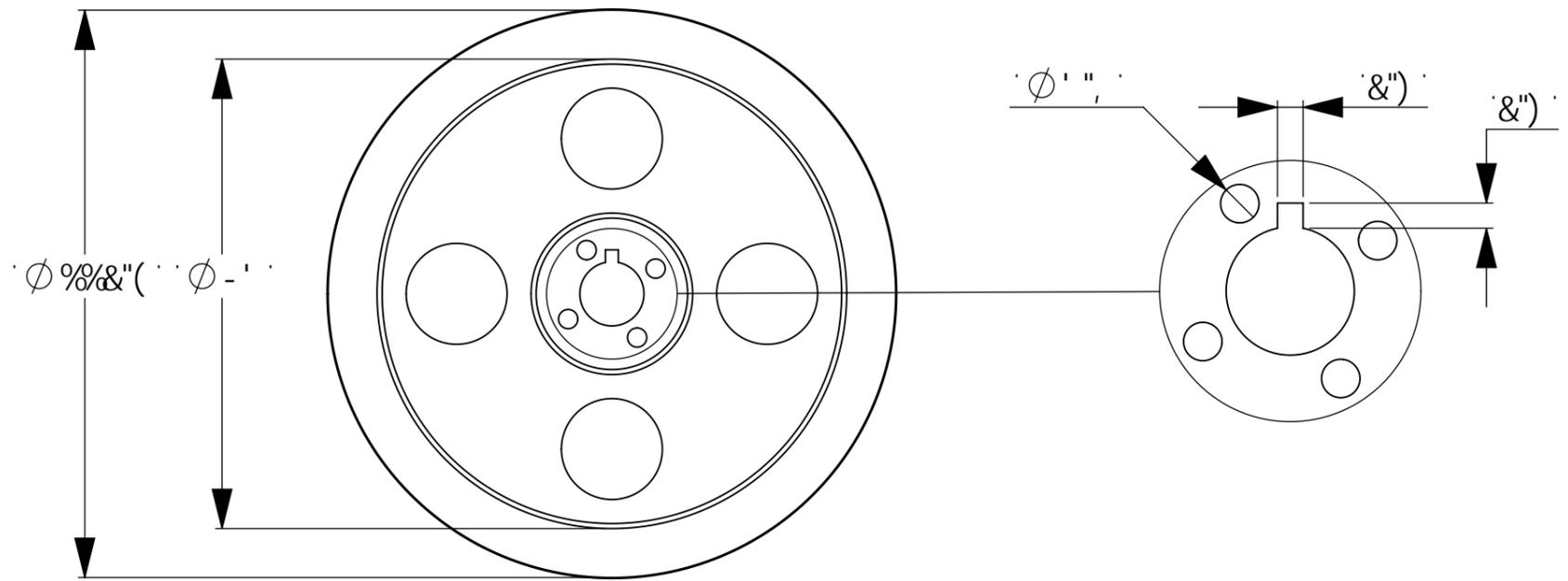
: 571 @58'89-B; 9B-9F aZ5FE I #97H F5 MI F65B-CA C  
 9G7I 9G 5758vA 7C DFC: 9GCB5@89-B; 9B-9F a  
 A 97 aB=75'9@7HF=75

BCA 6F9	: 97 <5
8-6l >58C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY
J 9F =7 58C	
5DFC 658C	
7CB>I BHC.	GA 6C @C A 9C8C DFCM977 C B
9GFI 7H F5 'DF-BG-D5 @	
HH @C.	D9GC.
9'D' ( 9'D)	'(. '(%)_c[fUa cg

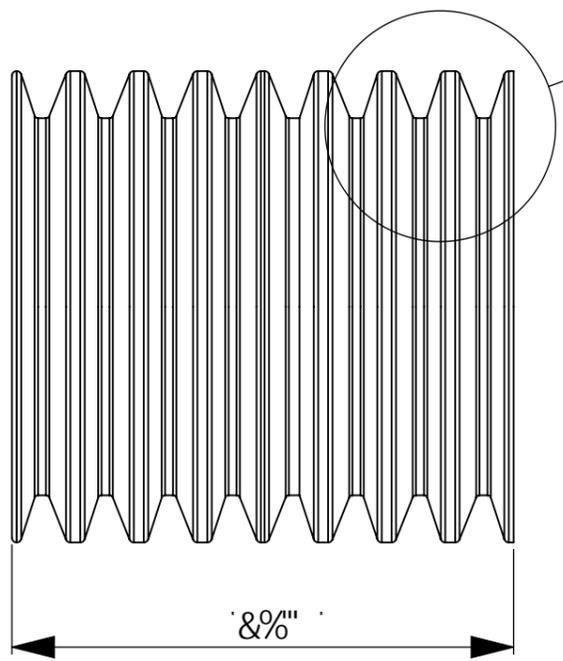
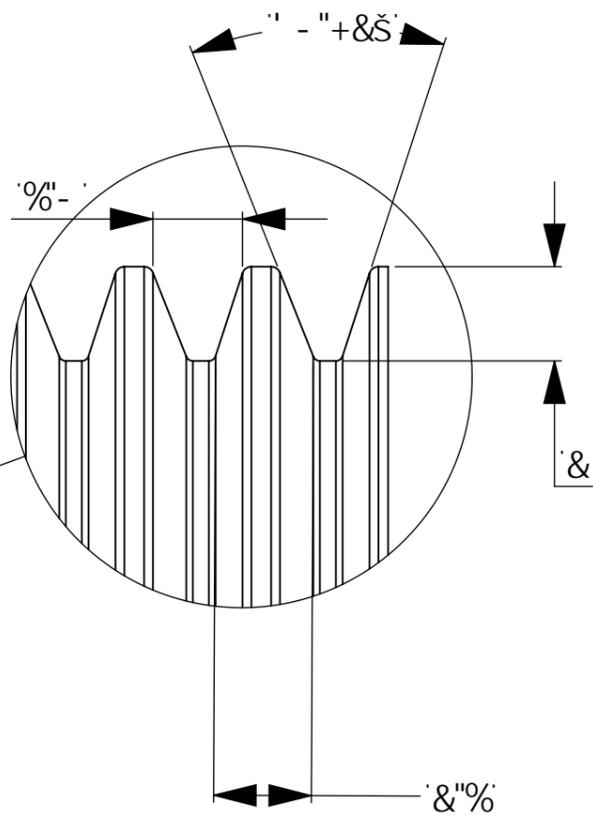
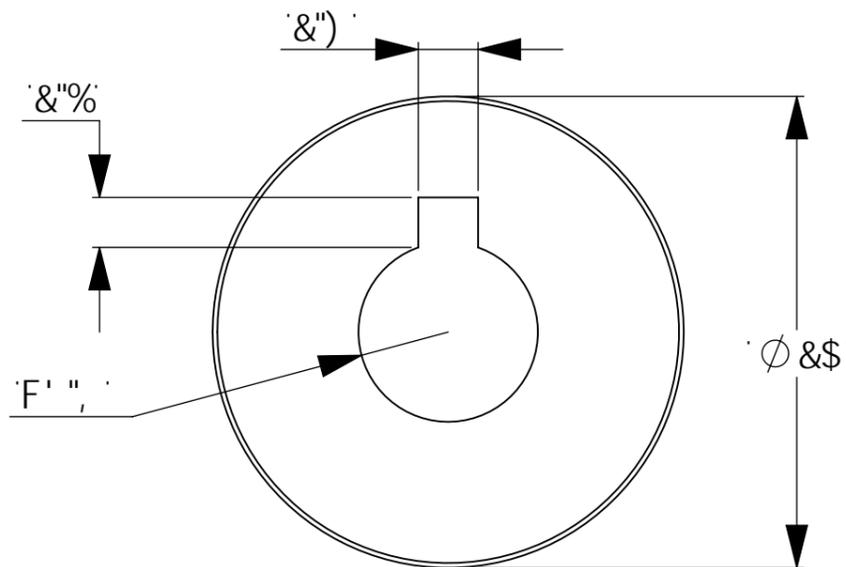
HH @C.		
A a E I B5'7 <5B758CF5'89D=98F5' 89('\$'B#<		
HC @F5B7-5.	A 5F75.	D@5BC B.
( '' (	( '' (	9G7 5@5
	&-	5 (



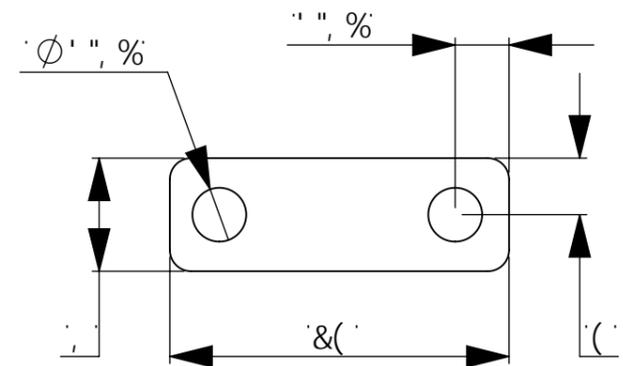
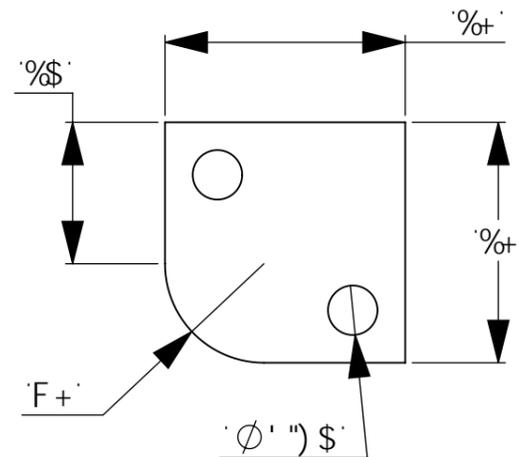
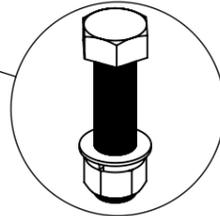
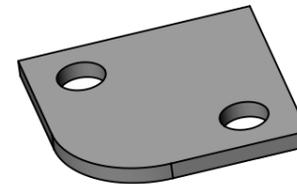
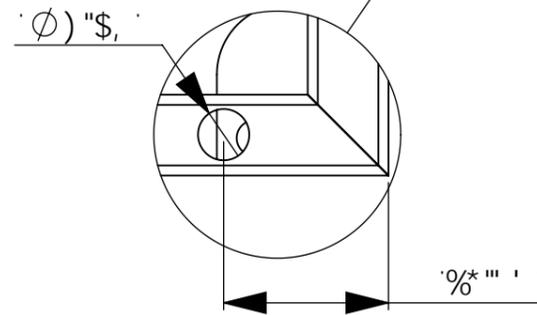
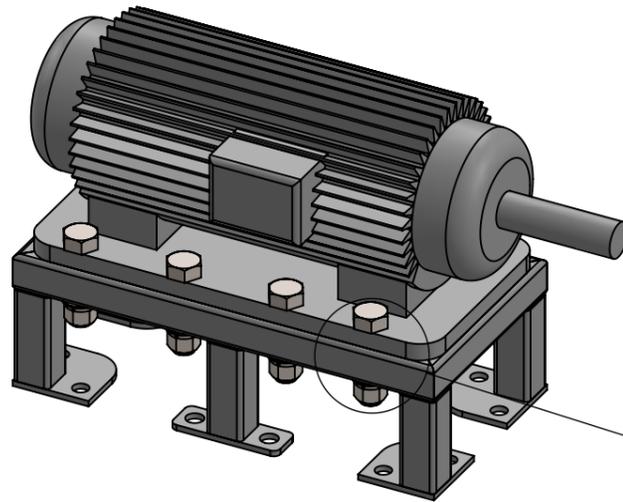
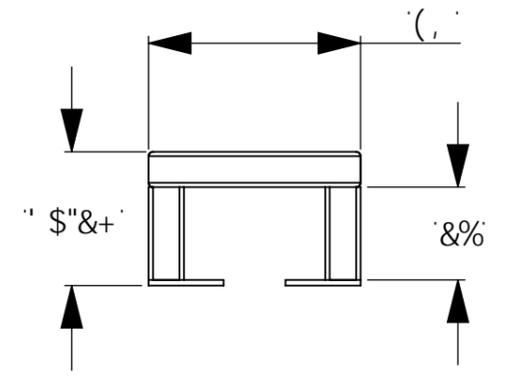
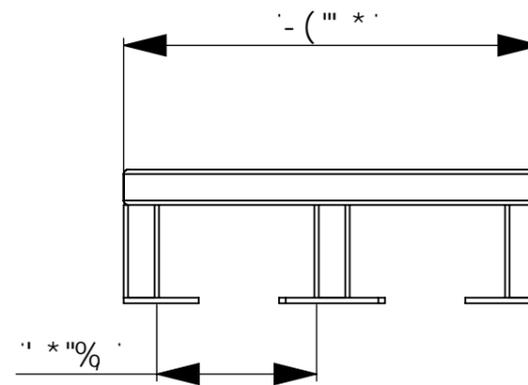
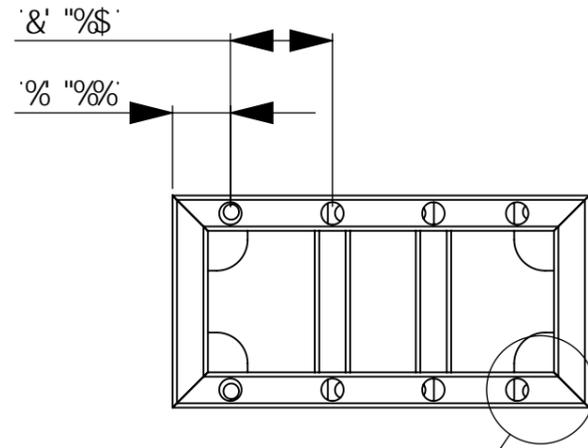
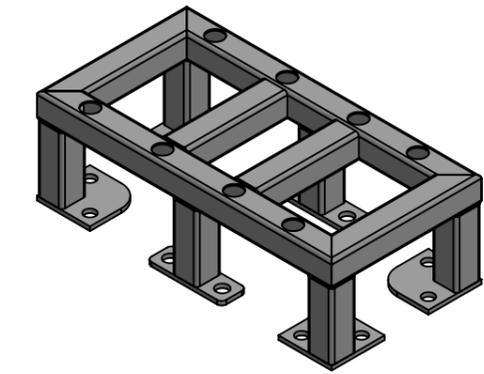
BCA 6F9		97 <5		: 57I @58'89-B; 9B-9F 5Z5FEI +97H F5 MI F65B-GA C	
8-6I >58C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY	&S	YdHya VFY	&S%	HH @C.
J 9F ± 7 58C					A ã E I B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5'
5DFC 658C					89'(\$'HB#<
7CB-4 BHC.	A ã E I B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5	GA 6C @C A 9HC 8C DFC M977 C B	HC @9F5B7 5.		7CB-4 BHC B.
HH @C.	J C @5BH9	D99C.	%% (' _]c[ fUa cg	D65BC B.	9G7 5@5
A 5H9F 5@	<9FFC :I B8-8C	75BH858.' '\$%	IB 858. W6	9G7 5@5. %&S	<C >5' %89'



BCA 6F9		: 97 < 5		: 571 @58 89-B; 9B-9F 5FE I +97 H F5 MI F65B-GA C		
8-6l >58C		Fca zb 5bXfg; la cbU 8Y@UHffY		8S GydhYa VFY 85%		HH @C.
J 9F * 7 58C				A ä E I B5 7 < 5B758CF5 89D-98F5 89(\$'B#<		
5DFC 658C						HC @F 5B7-5.
7CB> BHC.		A ä E I B5 7 < 5B758CF5 89D-98F5		GA 6C @C A 9HC 8C DFC M977 < B		7CB> BHC B.
HH @C.		DC @95 7 C B8I 7 -85		D9CC.		D05BC B.
				'++-'&_]c[ flüa cg		9G7 5 @5
A 5HF-5@		< 9FFC : I B8-8C		75BH858. %		IB-858. V@
				9G7 5 @5. %8S		<C >5 & 89'



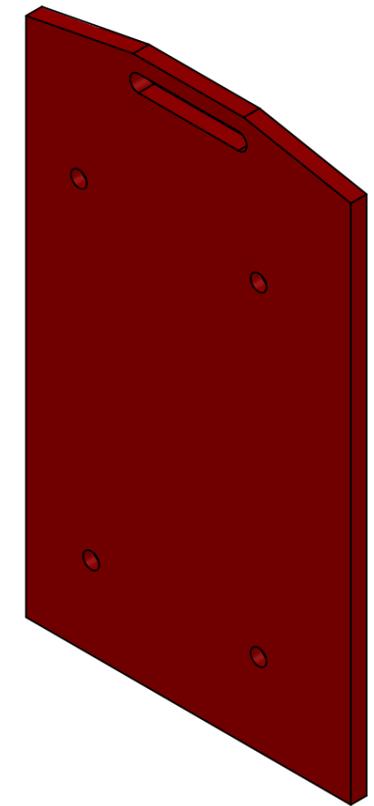
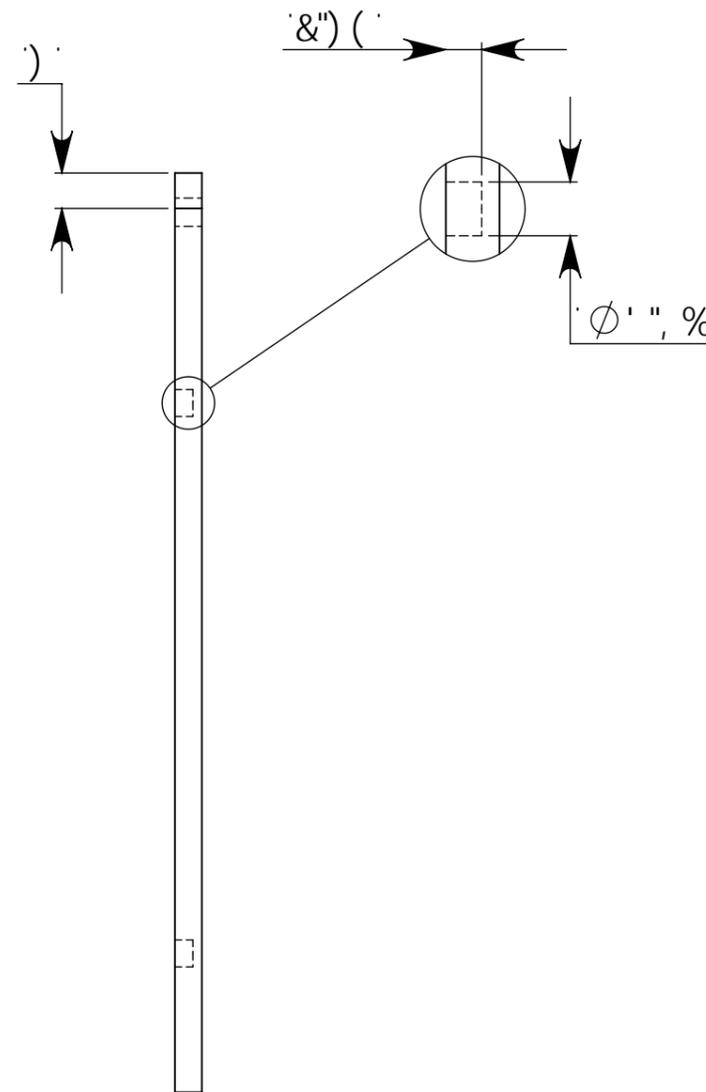
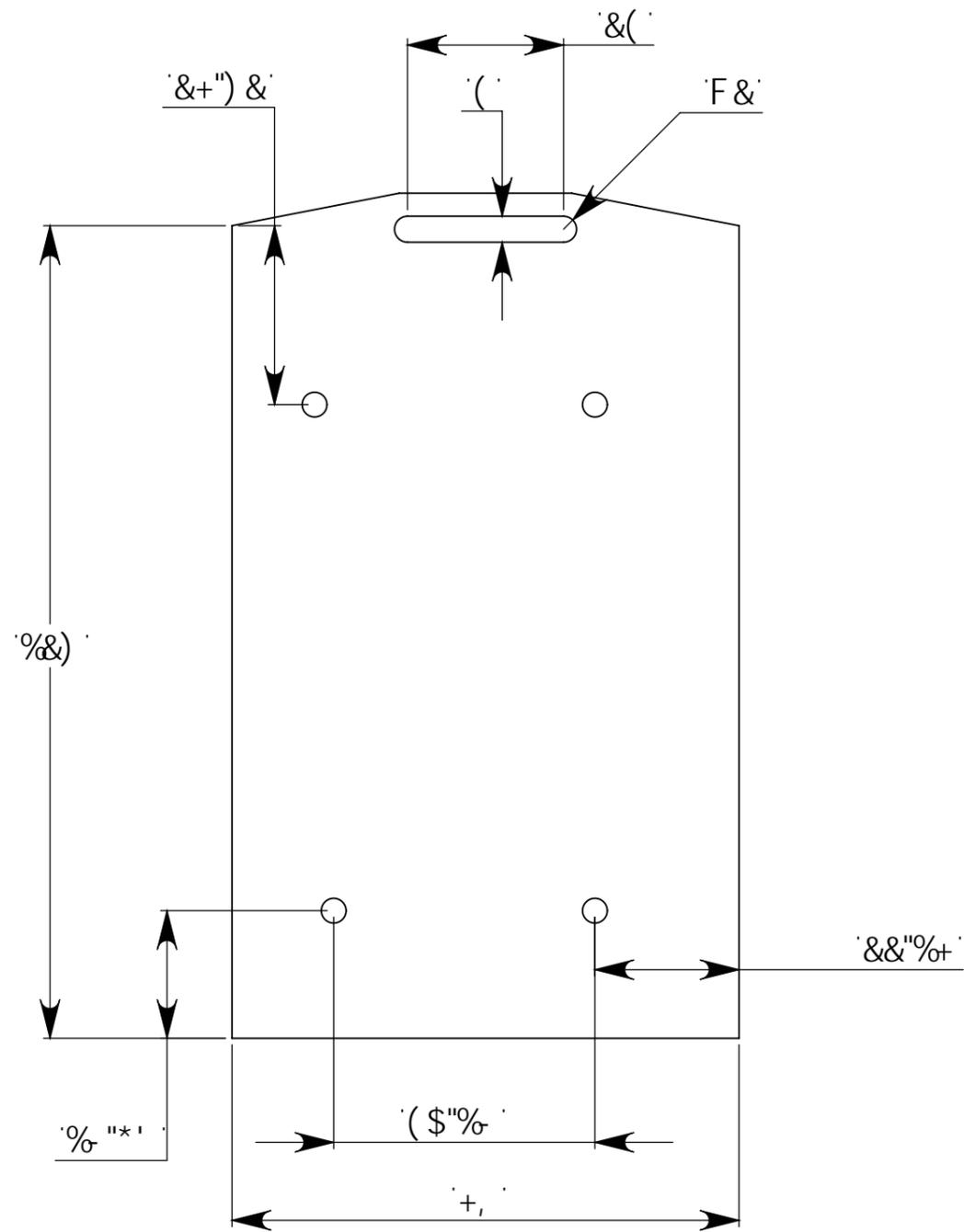
BCA 6F9		.97 <5		:57I @58'89-B; 9B-9f6ž5FEI +97H F5' MI F65B-GA C		
8-6l >58C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY	%	G'dHya Vfy	&S%	HH @C. A äEI B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5' 89('\$IB#<	
J 9f =7 58C						
5DFC 658C						
7CB-1 BHC.	A äEI B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5	GA 6C @C A 9HC 8C DFC M977 C B		HC @9F5B7 5.		
				7CB-1 BHC B.	D05BC B.	9G7 5@5
HH @C.	DC @95'7 C B8I 7 HC F5	D93C.	' %- ' ]c[ fUa cg	%&	%\$	5&
A 5H9f 5@	<9FFC :I B8-8C	75BH858.'S%	IB 858. W6	9G7 5@5.%)	<C>5" '89"	



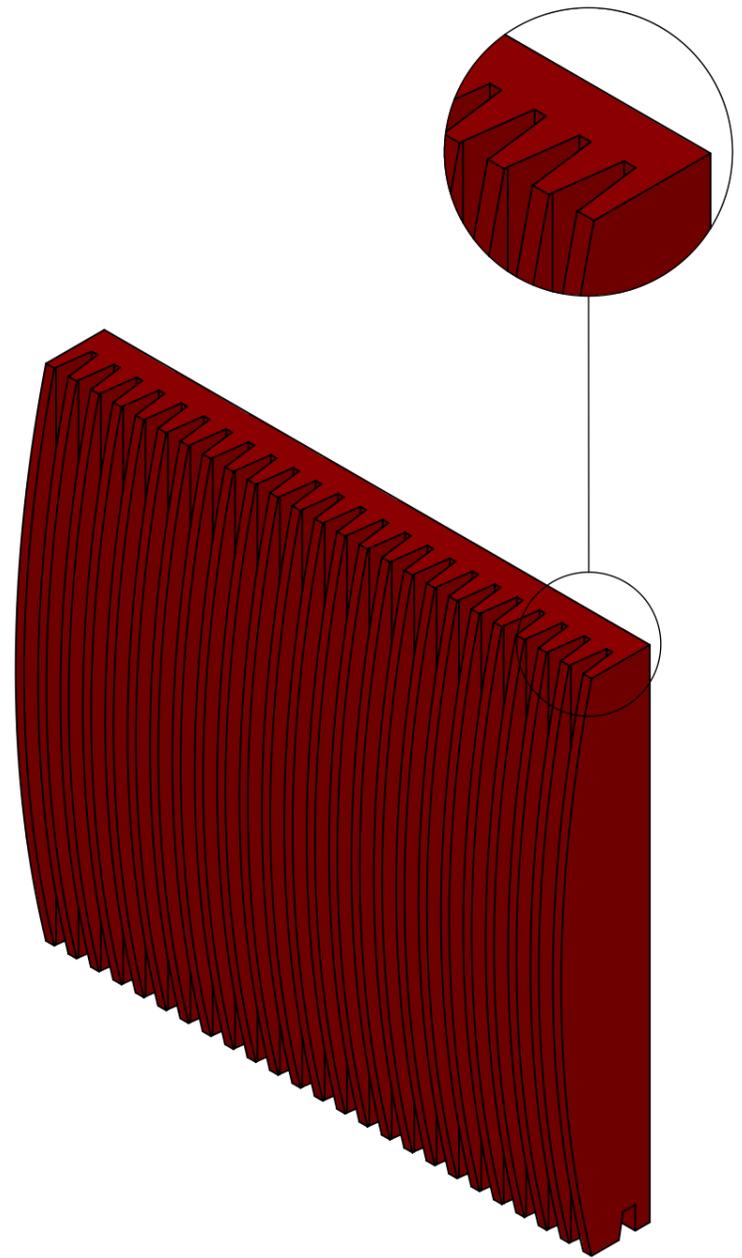
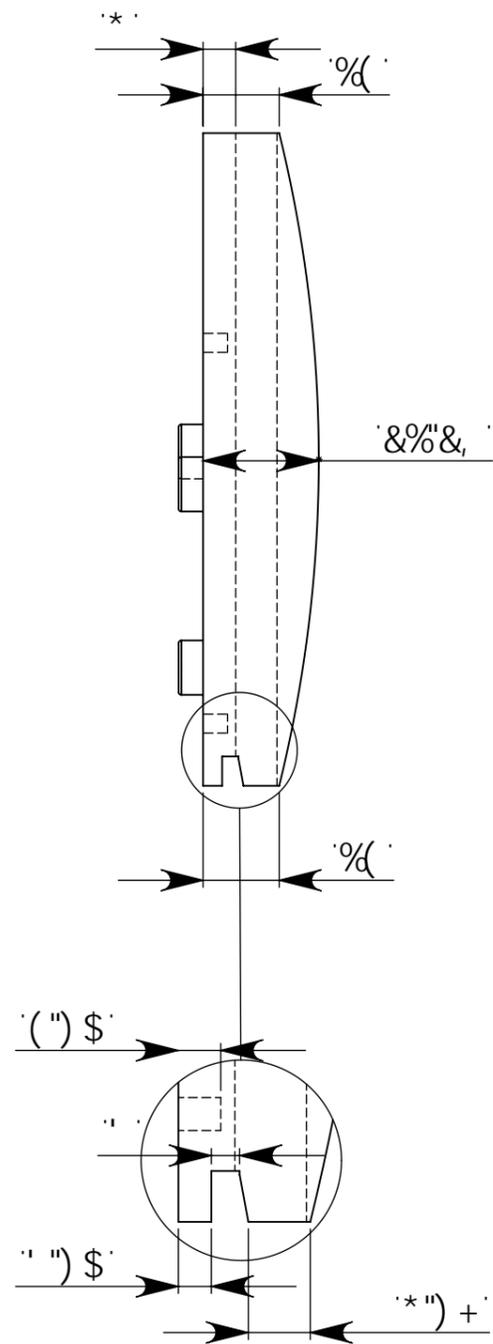
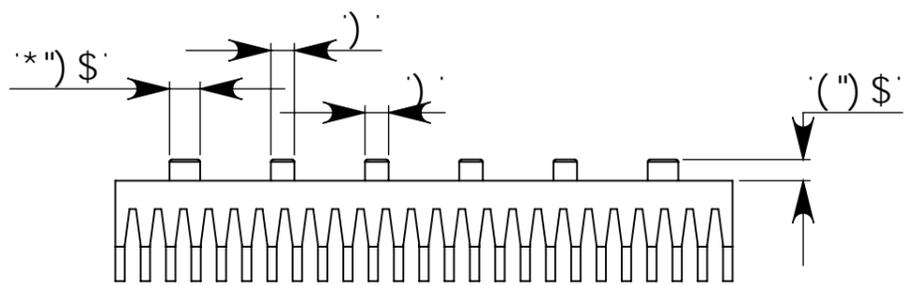
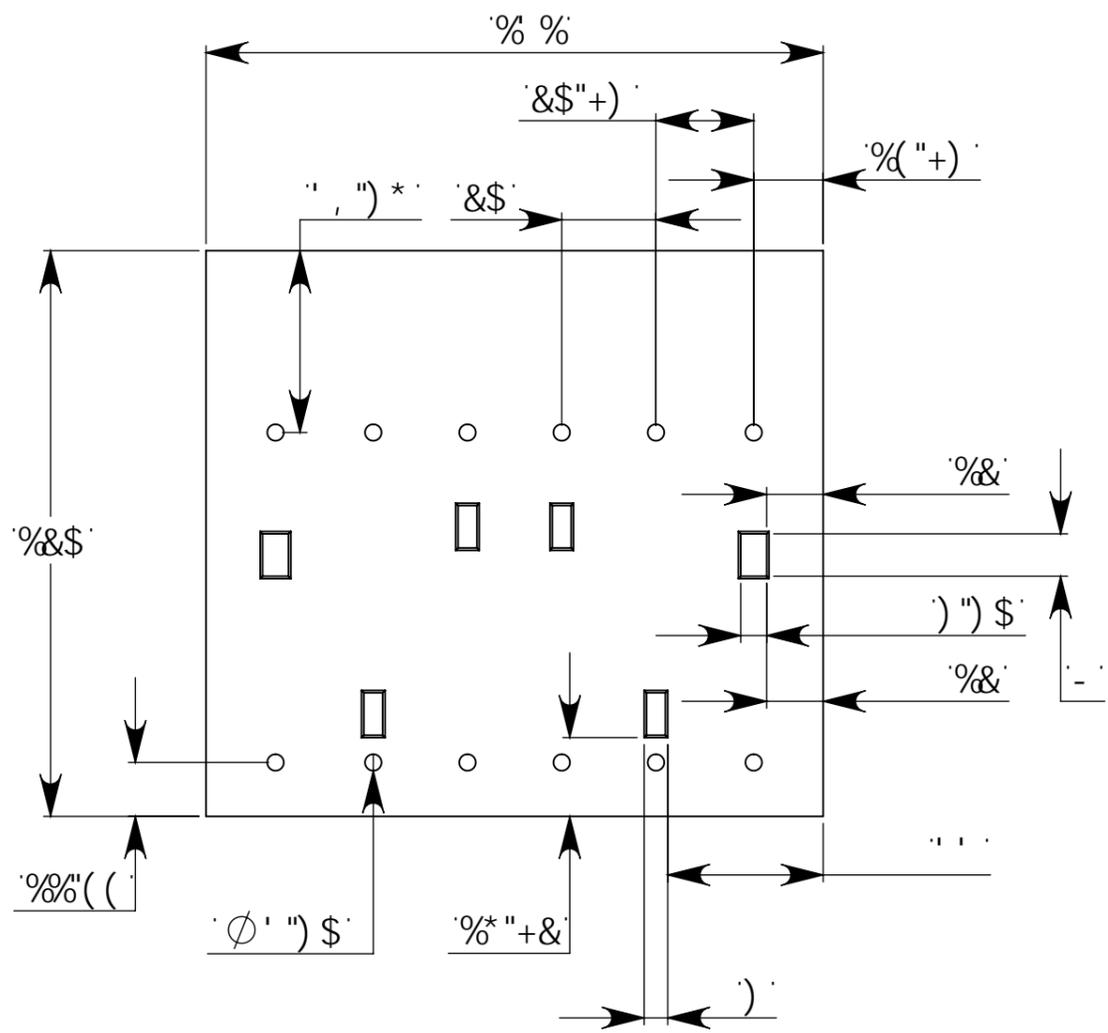
: 571 @58'89-B; 9B-9F 6Z5FE I +97H F5 MI F65B-GA C  
 9G7I 96 5758vA 7C DFC: 9GC B5@89-B; 9B-9F 6  
 A 97 6B 75 9@7HF 75

BCA 6F9	:97 <5	HH @C.		
8-6l >58C	Fca Ub'5bXfg; Ua cbU'8Y@UH:ffY	A äEI ß5'7 <5B758CF5'89'D-98F5' 89(\$IB#<		
J 9F 7 58C		HC @9F5B7-5.		
5DFC 658C		A 5F75.	D65BC B.	9G7 5@5
7CB 4 BHC.	A äEI ß5'7 <5B758CF5'89'D-98F5	%&	%\$	5'
HH @C.	6UgY 'A chcf	*% '_]c[ fUa cg		
A 5HF 5@	H Vc '<]Yffc " ' (' "	75BH858.' '\$%	IB 858. W6	9G7 5@5. %&\$
				<C >5 %89%

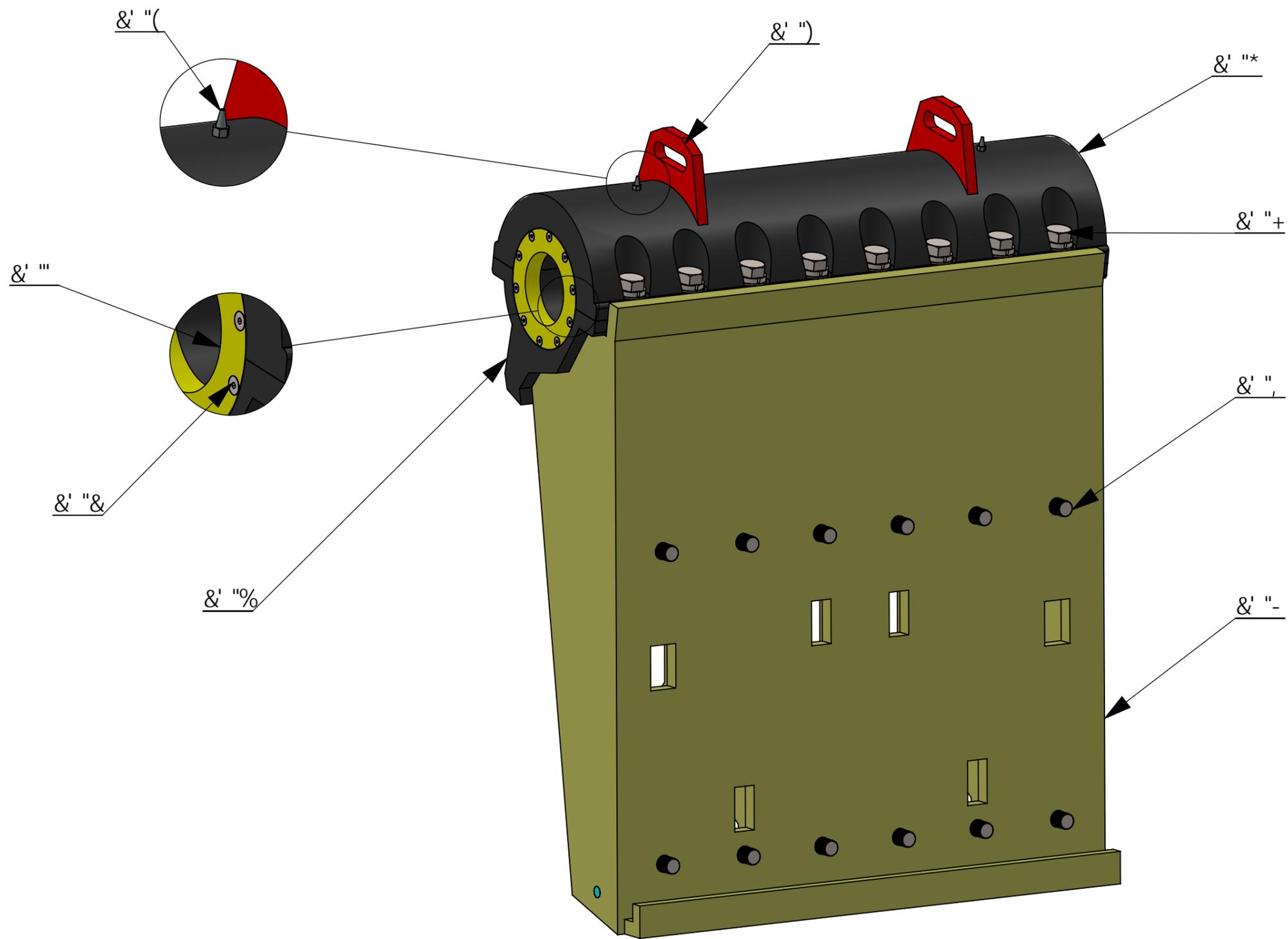




BCA 6F9		: 97 < 5		: 571 @58'89-B; 9B-9fæZ5FEI #97H F5 MI F65B-6A C		
8-6l >58C	Fca Ub'5bXfg; ùa cbU'8Y@UHffY	&S	G/dHya VFY	&S%	HH @C.	
J 9F=7 58C					A ã EI ß5'7 <5B758CF5'89'D=98F5' 89'(\$'HB#<	
5DFC 658C					HC @9F5B7 5.	
7CB>I BHC.		GA 6C @C A 9C 8C DFCM77 4B		A 5F75.		
A ã EI ß5'7 <5B758CF5'89'D=98F5				D@5BC B.		
HH @C.		D9GC.		9G7 5@5		
89BH58I F5 @5H9F5@		&+ \$%L &'1 ) (\$"&? [		%		
A 5Hf-5@		< 9FFC : I B8-8C		7 5BH658. 'S&		
		I B-658. V@		9G7 5@5. %%%		
				<C >5 & 89'		



BCA 6F9		: 97 <5		: 57I @58'89-B; 9B-9F#Z5FEI #97H F5'MI F65B-6A C	
8-6l >58C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY	&\$	G/dH'Ya Vfy	&\$%	HH @C.
J9F*758C					A ãE I B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5'
5DFC 658C					89('\$#B#<
7CB>l BHC.		GA 6C @C A 9HC 8C DFC M977 6B		HC @9F5B7-5.	
A ãE I B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5				A 5F75.	D@5BC B.
HH @C.		D9GC.		&%	&(
89BH58I F5'A C J @		% , ' " ) ]c[ flüa cg			9G7 5@5
A 5HF5@	<9FFC : I B8-8C	75BH858.'\$%	I B-858. V@	9G7 5@5.%%	<C >5' 89'



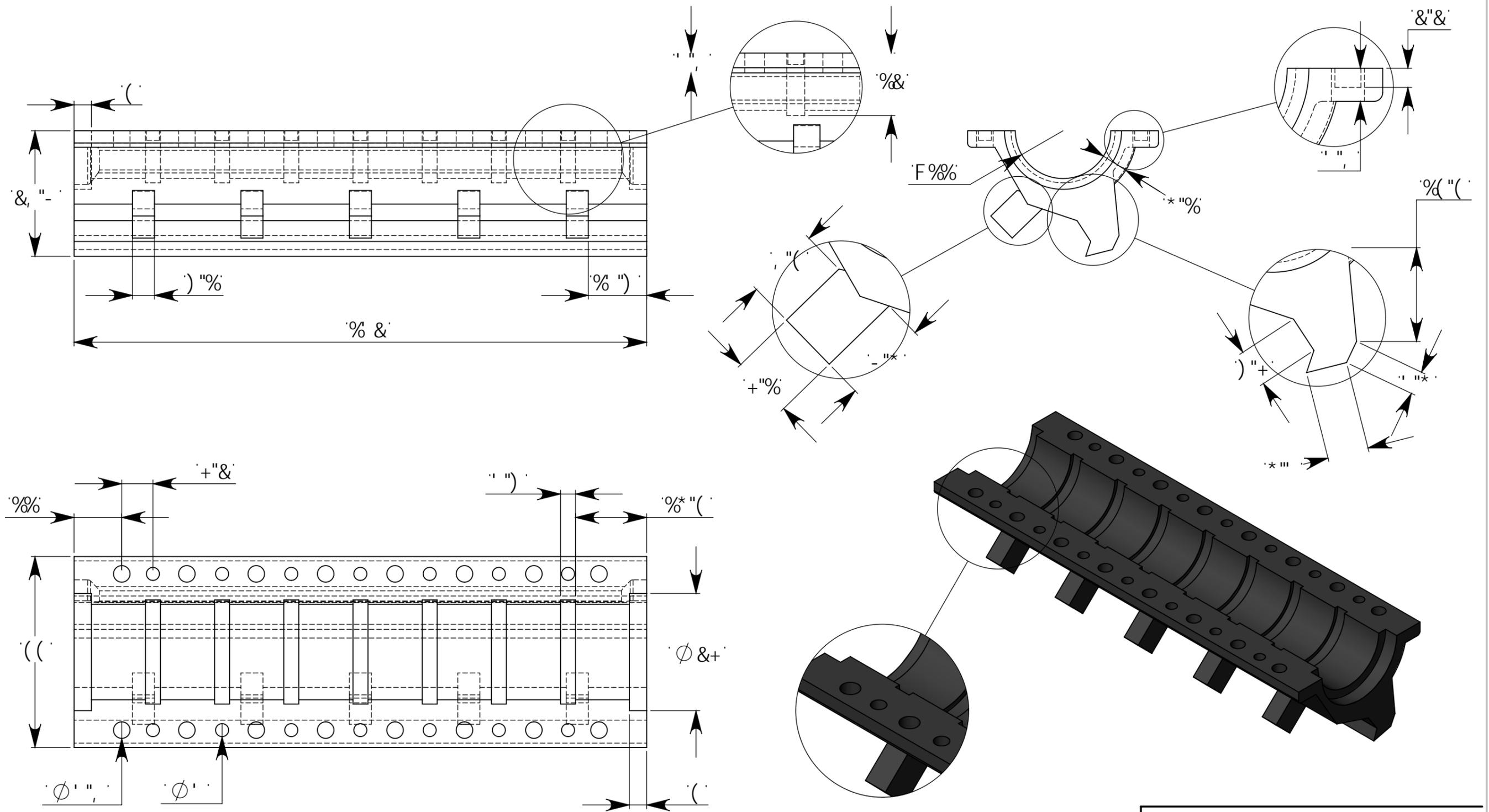
Marca	# Piezas	# Plano	Designación y Observaciones	Norma	Material y Medidas
23	1	26	Mandíbula		Varios
23.1	1	27	M1		Hierro Fundido
23.2	20		Sujecion M1, M4 con M2, Perno cabeza hexagonal avellanada		7/16 x 3.75"
23.3	2	28	M2		Hierro Fundido
23.4	2		Engrasadera		Hierro Fundido
23.5	2	29	M3		Hierro Fundido
23.6	1	30	M4		Hierro Fundido
23.7	16		Sujecion M1 con M4, Perno cabeza exagonal + arandela + anillo de seguridad		1 3/8 x 5"
23.8	12		Sujecion M6 a Dentadura Movil, Perno cabeza hexagonal + arandela + anillo de presion		1 3/8 x 3"
23.9	1	31	M6		Hierro Fundido

BCA 6F9	:97 <5	:571 @58'89-B; 9B-9F 6Z5FEI +97H F5 MI F65B-GA C	
8-6l >58C	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY	&S	G/dh/a Vfy
J 9F *7 58C			
5DFC 658C			
7CB-4 BHC.	A z ei ]bU '7 \UbWUXcfU 'XY 'd ÷XfU	GA 6C @C A 9HC 8C DFC M977 C B	HC @9F5B7 5.
HH @C.	A 5B8-6l @5	D99C.	[ fi dc.
		&' "+" )% ]c[ fUa cg	D65BC B.
A 5HF 5@	J Ufjcg	75BH858.' '\$%	9G7 5@5
		I B 858. V@	5&
		9G7 5@5.%&S	<C >5 %89%

:571 @58'89-B; 9B-9F 6Z5FEI +97H F5 MI F65B-GA C  
 9G7I 9@5 5758vA ÷C DFC: 9GC B5@89-B; 9B-9F 6  
 A 97 áB ÷5 '9@7 HF ÷5

HH @C.  
 A ã E I Ñ5 '7 <5B758CF5 '89'D-98F5 '  
 89'(\$'HB #<

&'	&*	5&
----	----	----



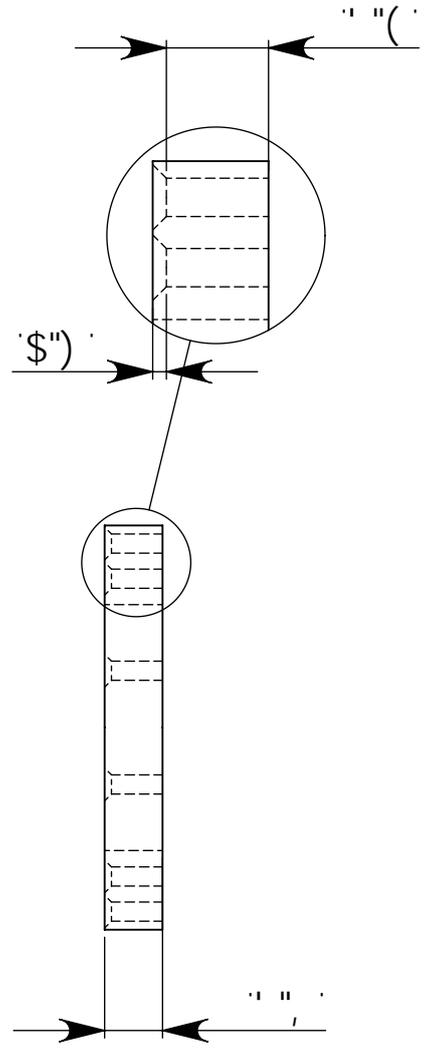
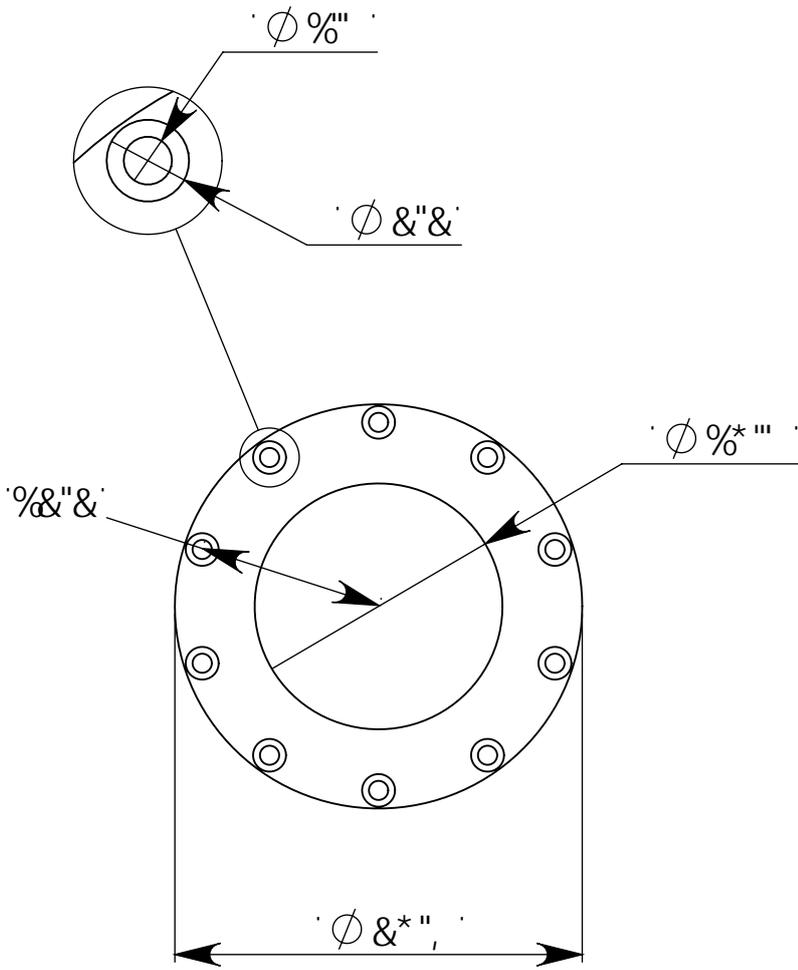
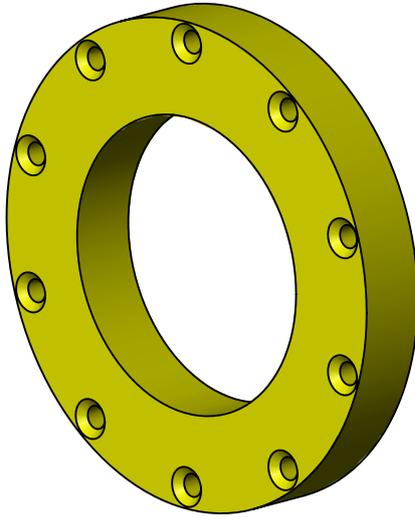
: 571 @58 89-B; 9B-9f aZ5FEI #07H F5 MI F65B-6A C  
 9G7I 9e5 5758vA =7 C DFC: 9GcB5@89-B; 9B-9f aZ  
 A 97 aB=7 5 9a7H F=5

BCA 6F9	: 97 <5
8 6l >58C	Fca zb5bXfg; la cbU 8Y@UHffY
J 9F =7 58C	
5DFC 658C	
7 C B> BHC.	GA 6C @C A 9c 8C DFC M7 7 c B
A 5B8-6l @	
HH @C.	A %
	D9QC. " +")(']c[ fla cg

HH @C.  
 A a EI B5 7 <5B758CF5 89D-98F5  
 89(' \$HB#<

FC @9F5B7 5.	[ fi dc.	D@5BC B.	9G7 5@5
&' "%	&+	5&	

A 5H9F 5@ <9FFC :I B8-8C 7 5BH858. '\$% I B 858. V@ 9G7 5@5 %&S <C >5 & 89%&



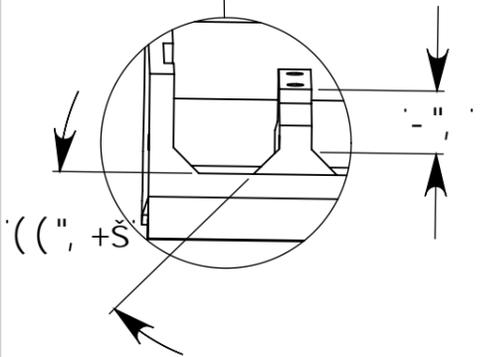
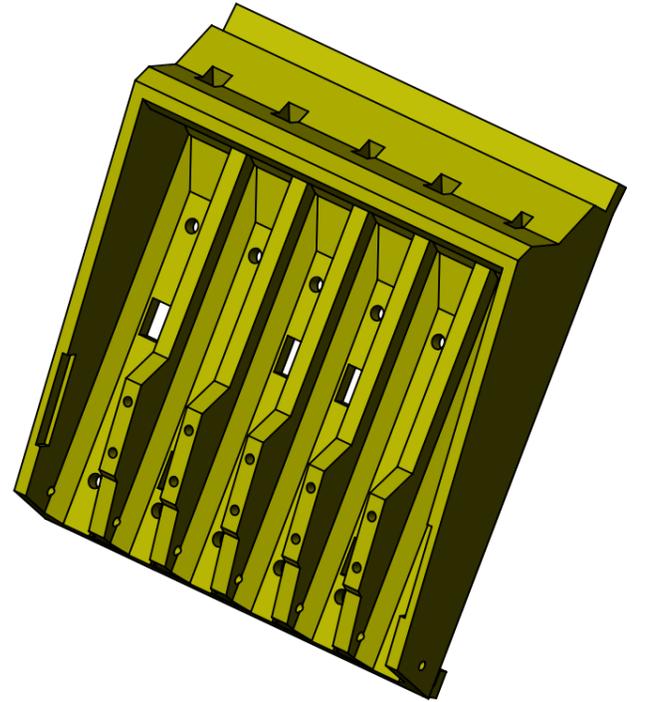
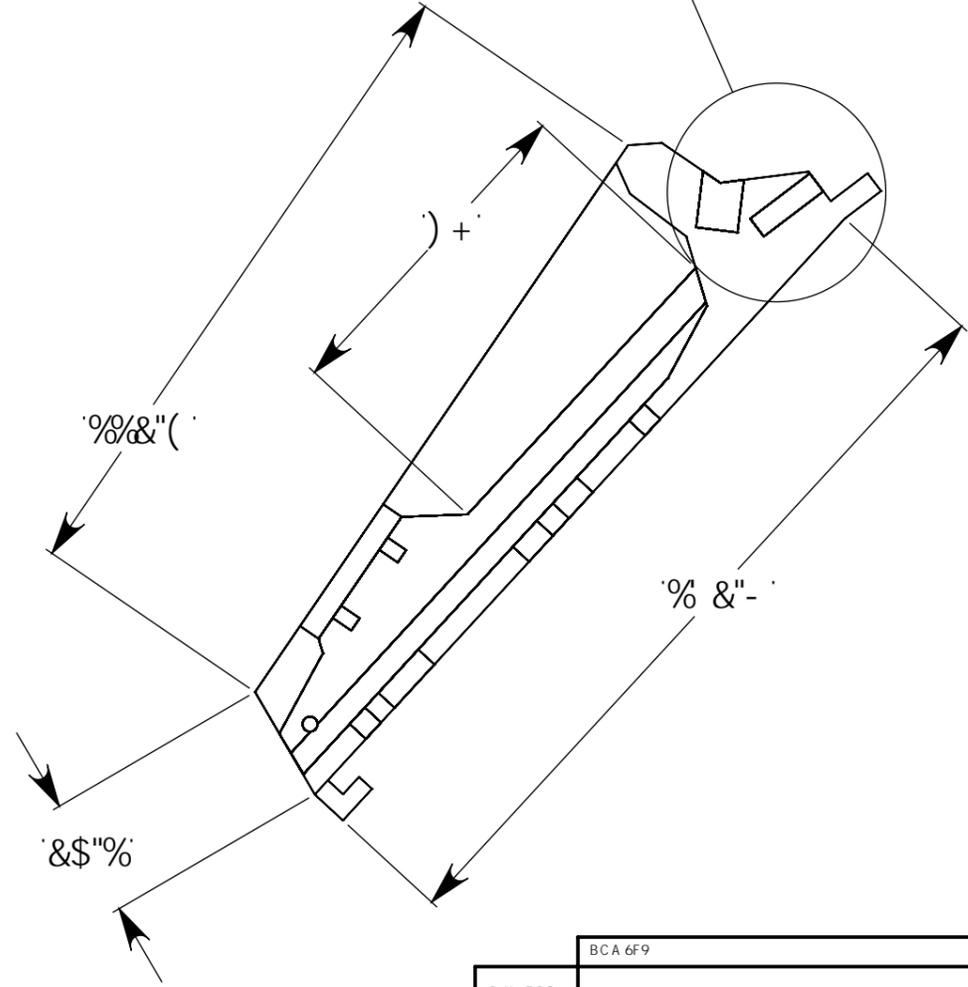
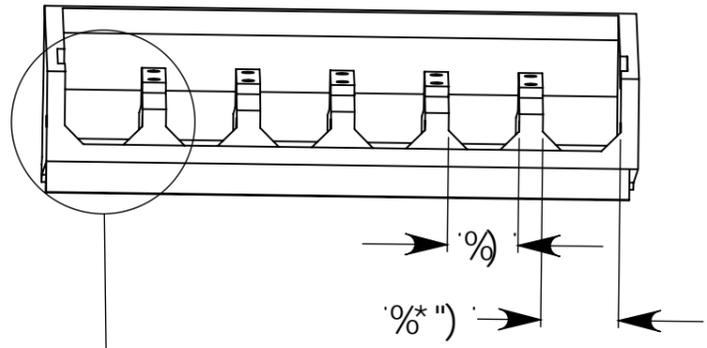
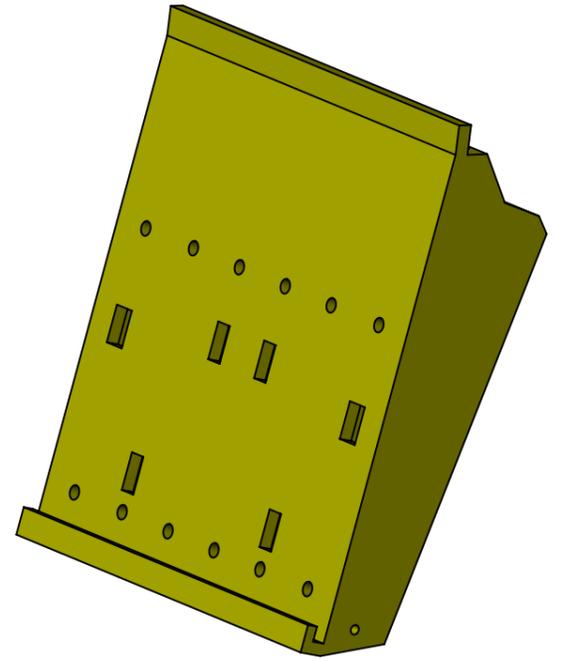
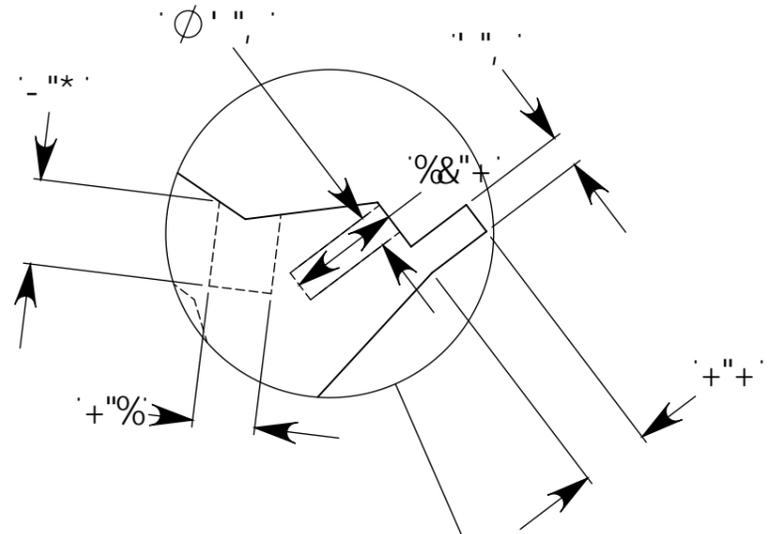
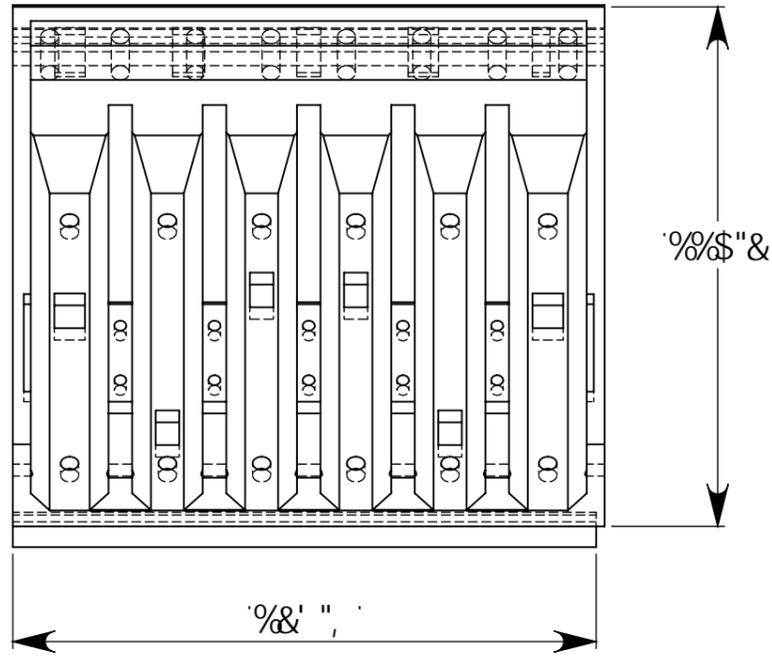
: 571 @58'89'-B; 9B-9F 25FE I #97 H F5' MI F65B-CA C  
 9G7I 96' 5758vA 7C DFC: 9GCB5@89'-B; 9B-9F 25'  
 A 97 2B-75' 9@7HF 75

8-61 -58C	BCA 6F9	Fca zb'5bX'fg; Ua cbU'8Y@UHffY	: 97 <5
J 9F 7 58C			&\$ GYdhYa VFY &\$%
5DFC 658C			
7CB>I BHC.	A 5B8-6l @5		GA 6C @C A 9C 8C DFC M77 <B
HH @.	A &		D9GC. - " + ]c[ flUa cg

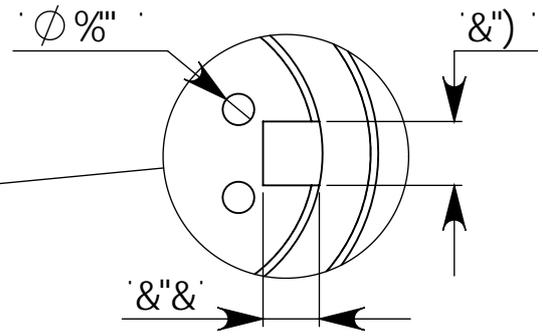
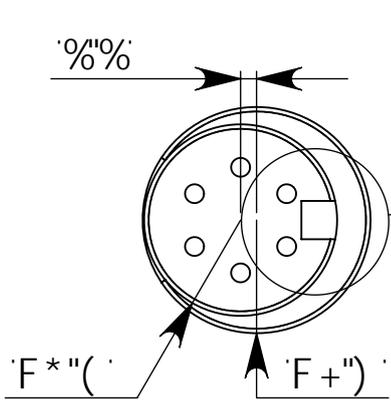
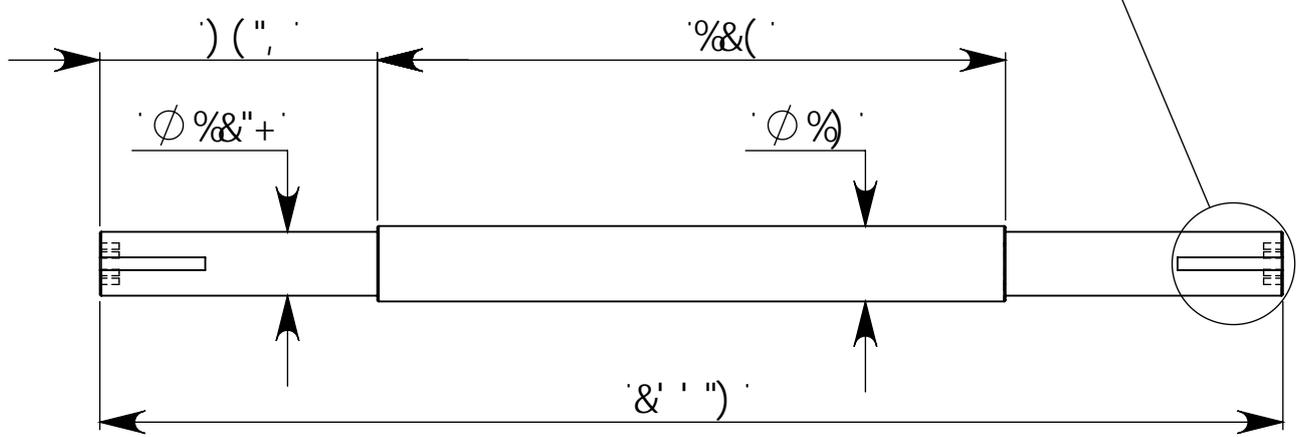
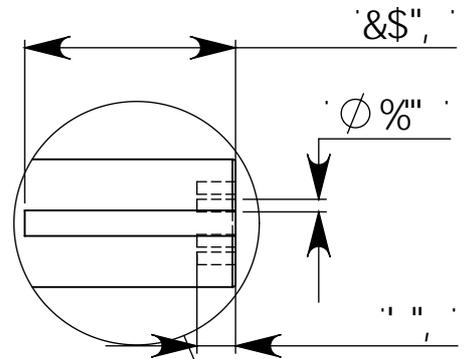
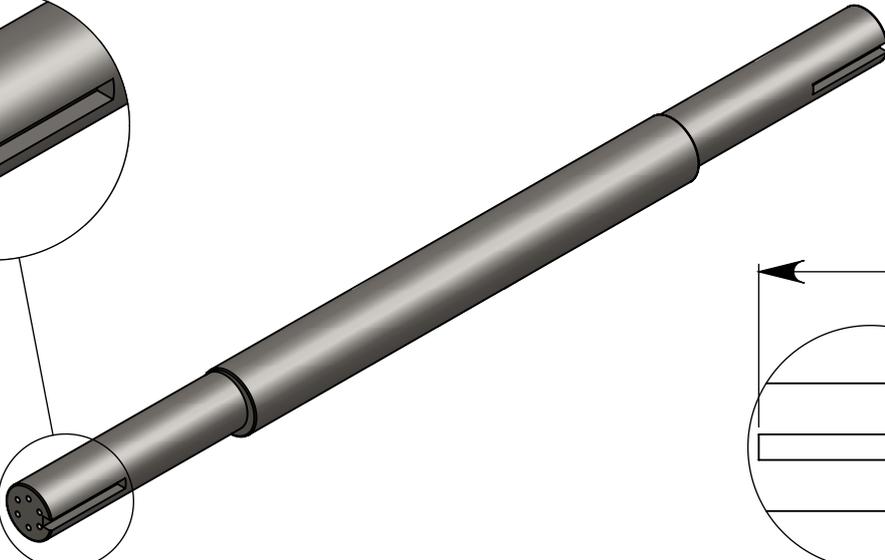
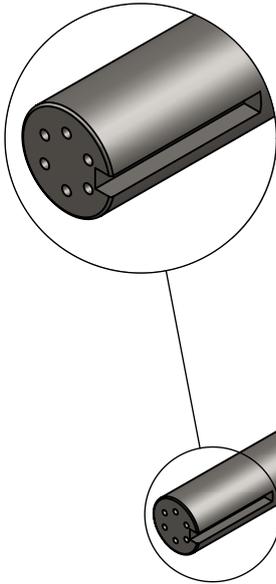
HH @.		
A 2E I B5'7 <5B758CF5'89'D=98F5' 89('\$'B#<		
HC @F5B7-5.	A 5F75.	D@5BC B.
&' ''	&,	9G7 5@5 5 (







BCA 6F9		: 97 < 5		: 571 @58'89-B; 9B-9fæZ5FEI #97H F5 MI F65B-6A C		
8-6l >58C	Fca zb5bXfg; lã cbU'8Y@UHffY	&S	GydhYa Vfy	&5%	HH ©. A ãE I B5'7 <5B758CF5 '89'D-98F5' 89('\$HB#<	
J9F=758C					HC @9F5B7-5.	
5DFC 658C					A 5F75.	D6BC B.
7CB>I BHC.	A 5B8-6l @	GA 6C @ A 9c 8C DFC M7 7 4 B		9G7 5 @5		
HH ©.	A '*	D9GC.		% (' (' ' ]c[ flã cg		
A 5Hf-5@	<]ffc : i bX]Xc	75BH658.'\$%	I B 658. Vã	9G7 5 @5.) \$	<C >5 * 89%	

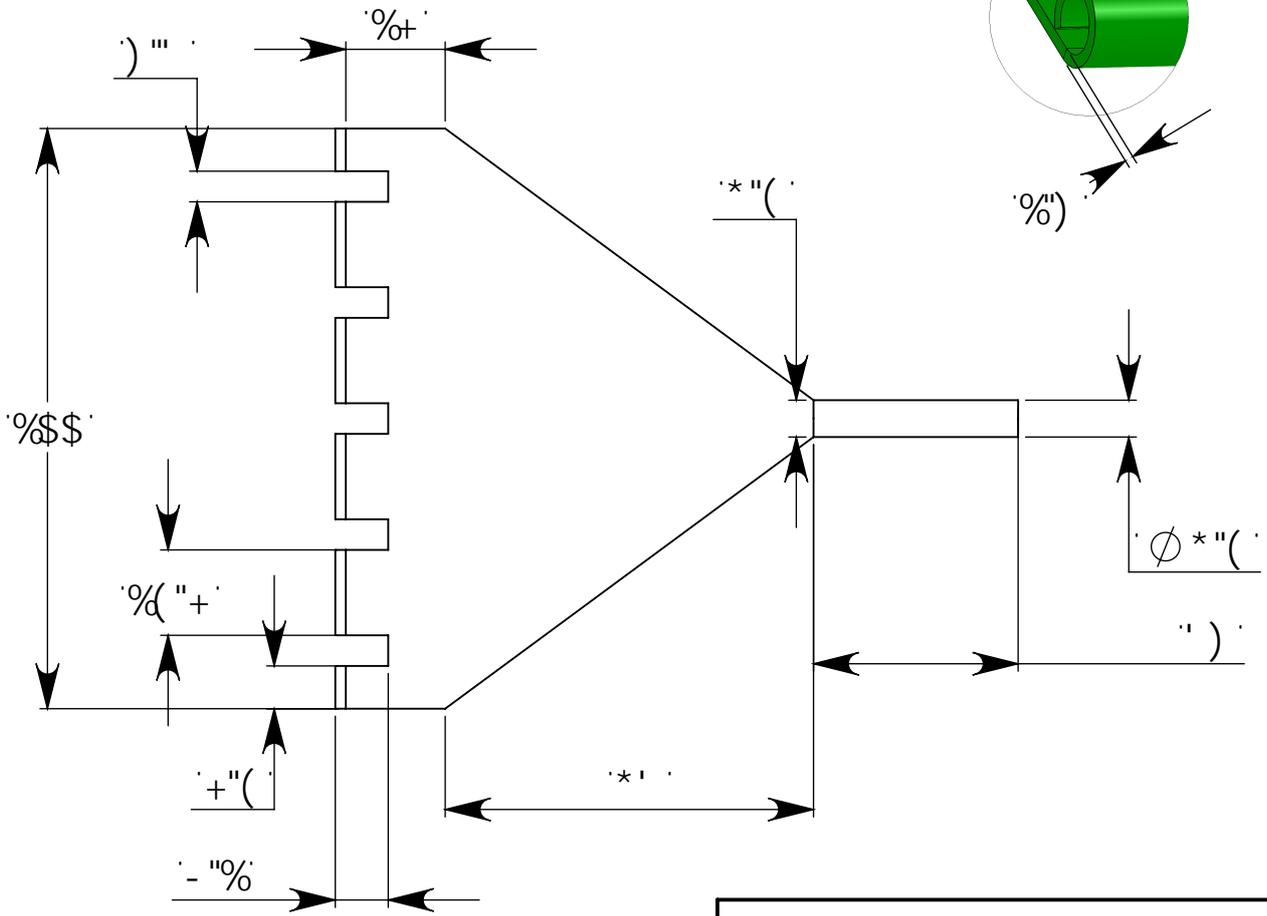
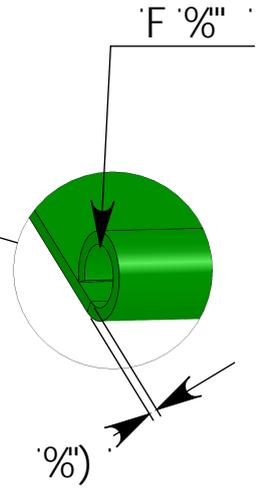
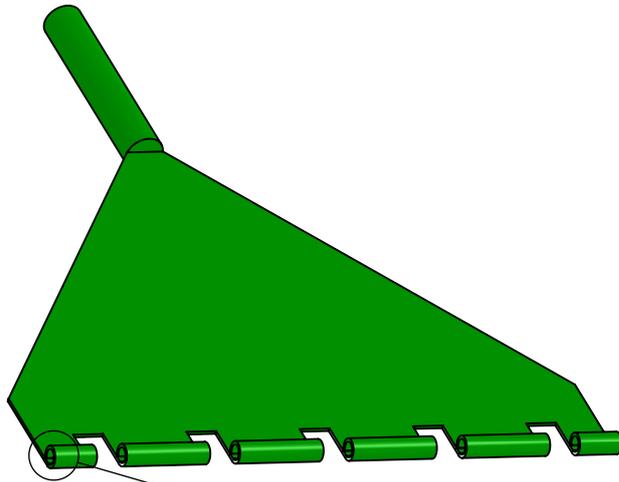


:57I @58'89-B; 9B-9fāž5FEI #07H F5'MI F65B-6A C  
 9G7I 96 5758vA 7C DFC: 9G-CB5@89-B; 9B-9fā  
 A 97 āB=75'9@7HF=75

8-6I >58C	BCA 6F9	Fca zb5bXfjg; ūa cbU'8Y@UHffY	:97 <5
J 9f = 7 58C			&\$ Gydtŷa Vŷ &\$%
5DFC 658C			
7C B> BHC.		A zei ]bU'7 \UbWUXcfU'XY'D]YXfU	GA 6C@C A 9HC 8C DFC M97 7-6B
HH @.		9Y'9W Ybf]Mc	D9GC. '&+, ') &_ ]c[ fŷa cg

HH @. A āEI B5'7 <5B758CF5'89'D=98F5' 89('\$HB#<		
HC @9F5B7-5. A 5F75.	D@BC B.	9G7 5@5
&)	' &	5(





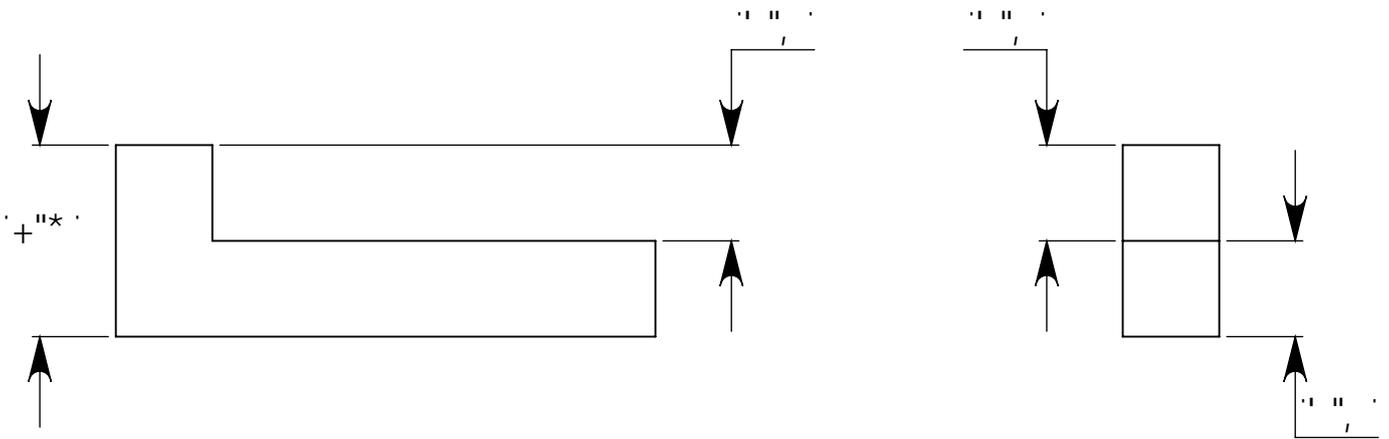
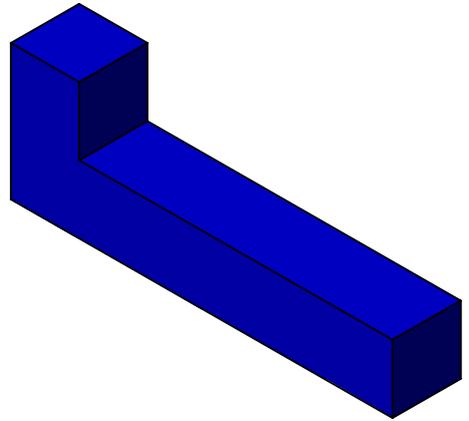
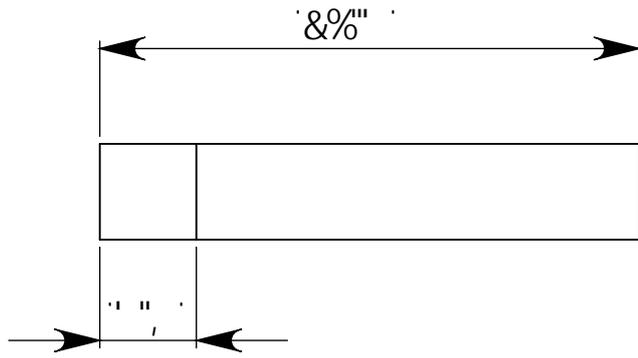
: 571 @58'89-B; 9B-9Fæž5FE I #97H F5 MI F65B-CA C  
 9G7I 96 5758vA ÷C DFC: 9GCB5@89-B; 9B-9Fæ'  
 A 97ãB-75'9@7HF-75

8-6I >58C	BCA 6F9	Fca zb'5bXfg; Ua cbU'8Y@UHffY	: 97 <5
J 9F ÷7 58C			&\$ GydhYa VFY &\$%
5DFC 658C			
7CB>I BHC.	A zei ]pU'7 \UbWUXcfU'XY'DJYXfU		GA 6C @C A 9C8C DFCM97 7 <CB
HH @C.	; 5FF5		D9GC. '(%*(']c[fUa cg

HH @C.  
 A ãE I B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5'  
 89('\$'B#<

HC @9F5B7-5.	A 5F75:	D@5BC B.	9G7 5@5
	&,	' )	5(

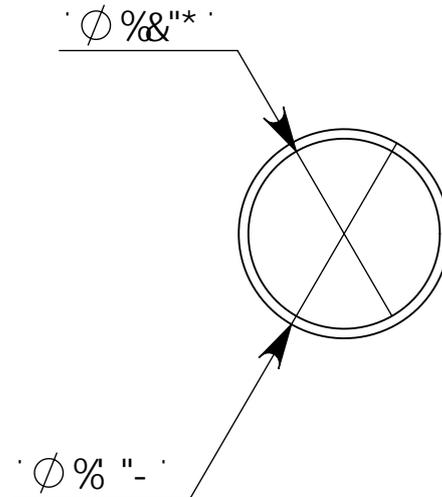
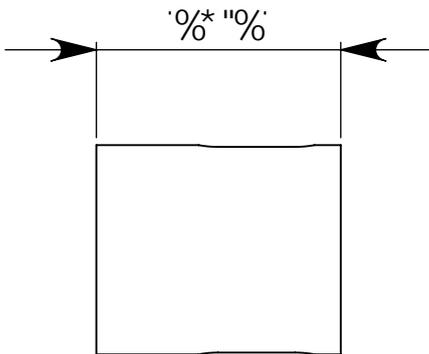
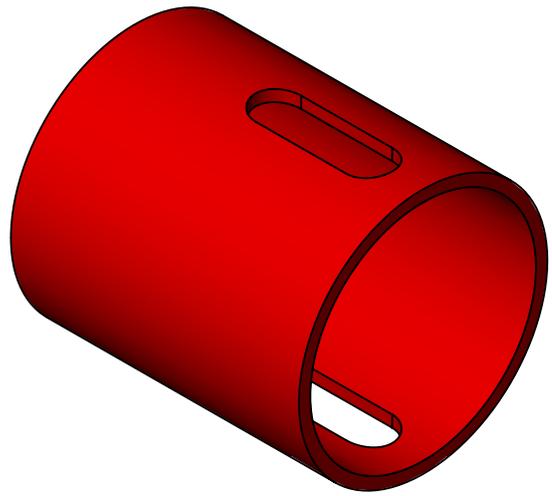
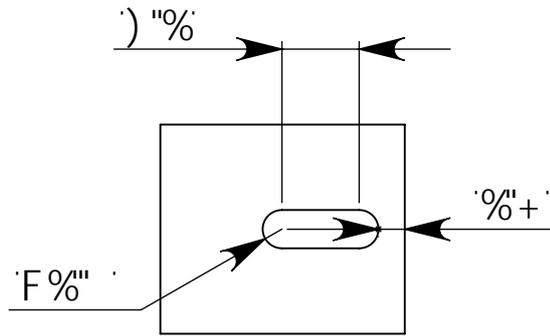




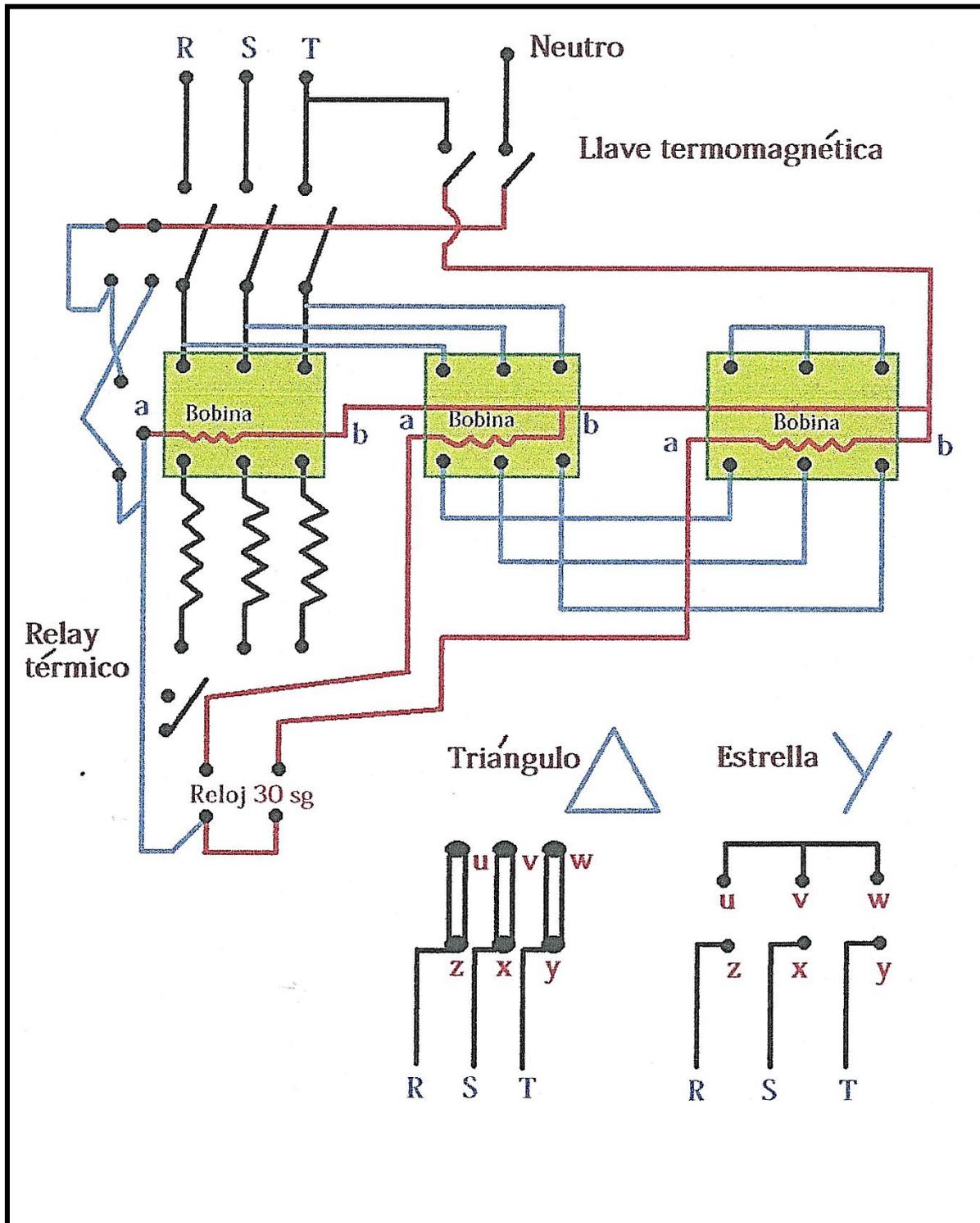
:57I @58'89-B; 9B-9f abZ5FE I #97H F5'MI F65B-GA C  
 9G7I 9@ 5758vA ÷C'DFC: 9@CB5@89-B; 9B-9f ab'  
 A 97ãB-75'9@7HF-75

BCA 6F9	: 97 <5
8-6I >58C	Fca zb'5bX'fg; Ua cbU'8Y@UHffY
J9F ÷758C	
5DFC 658C	
7CB>I BHC.	GA 6C @C A 9C8C'DFCM977-CB
A zei ]bU'7 \UbWUXcfU'XY'D]YXfU	
HH @.	D9GC.
7 <5J 9H5	&, +?]

HH @.		
A ãE I B5'7 <5B758CF5'89'D-98F5' 89('\$'B#<		
HC @9F5B7-5.		
A 5F75:	D@5BC B.	9G7 5@5
%+	&'	5(



BCA 6F9		: 97 <5		: 571 @58'89-B; 9B-9F ãZ5FE I +97H F5 MI F65B-CA C		
8-6l >58C	Fca zb'5bX'fg; Ua cbU'8Y@UHffY	&\$	G/dhYa Vfy	&\$%	HH ©.	
J 9F ÷7 58C					A ã E I B5'7 <5B758CF5'89D-98F5'	
5DFC 658C					89(\$'B#<	
7CB>I BHC.		GA 6C ©' A 9C 8C' DFC M97 7 <CB		HC ©9F5B7-5.		
A zei ]bU'7 \UbWUXcfU'XY'DJYXfU				A 5F75:		D©BC B.
HH ©.		D9GC.		&&		9G7 5©5
F 9H9B 7 € B '9>9		' ""%* '? [ .		&)		5 (
A 5Hf-5@		<9FFC %\$, \$		7 5BH858.' '\$&		I B-858. 'Wa
				9G7 5©5.% )\$		<C >5 %&89%&



FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TÍTULO:  
**SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA MOTORES DE 100 Hp**

MOTOR: 100 Hp = 75 Kw  
 ALIMENTACIÓN: Trifásico 220/380 60 Hz  
 RPM: 1750  
 EFICIENCIA AL 100%: 95,5

DIBUJADO: ROMAN GAMONAL DE LA TORRE