



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
EXTENSIÓN LATACUNGA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA  
TRITURADORA DE ESCORIA PARA LA EMPRESA  
NOVACERO S.A. PLANTA INDUSTRIAL LASSO”**

**LUIS ALBERTO CHANGO SUPE  
ANDRÉS AUGUSTO MOLINA TAPIA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE  
INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

**Latacunga, Febrero del 2013**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICADO**  
**ING. GUIDO TORRES (DIRECTOR)**  
**ING. MARIO JIMÉNEZ (CODIRECTOR)**

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE ESCORIA PARA LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA INDUSTRIAL LASSO**” realizado por los señores: LUIS ALBERTO CHANGO SUPE y ANDRÉS AUGUSTO MOLINA TAPIA ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el reglamento de estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto.

Autorizan a los señores LUIS ALBERTO CHANGO SUPE y ANDRÉS AUGUSTO MOLINA TAPIA, que lo entregue al ING. WILSON SÁNCHEZ, en su calidad de director de carrera.

Latacunga, Febrero del 2013

-----  
Ing. Guido Torres  
**DIRECTOR**

-----  
Ing. Mario Jiménez  
**CODIRECTOR**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Nosotros:** LUIS ALBERTO CHANGO SUPE

ANDRÉS AUGUSTO MOLINA TAPIA

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE ESCORIA PARA LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA INDUSTRIAL LASSO”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Febrero del 2013.

-----  
LUIS ALBERTO CHANGO S.

CI: 1803384492

-----  
ANDRÉS MOLINA T.

CI: 0503265977

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

**Nosotros:** LUIS ALBERTO CHANGO SUPE

ANDRÉS AUGUSTO MOLINA TAPIA

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE ESCORIA PARA LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA INDUSTRIAL LASSO”** cuyo contenido, ideas y criterios son de NUESTRA exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Febrero del 2013.

-----  
LUIS ALBERTO CHANGO S.

CI: 1803384492

-----  
ANDRÉS MOLINA T.

CI: 0503265977

## **AGRADECIMIENTO**

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al personal de NOVACERO S.A. PLANTA INDUSTRIAL LASSO por la confianza y el apoyo que se nos han brindado durante el desarrollo de este proyecto principalmente a los Ingenieros Guillermo Miño, Carlos Morales, Juan Tello. Quienes nos han dado la oportunidad de tener en nuestra vida profesional el conocimiento y la experiencia que son recursos invaluables.

A la Escuela Superior Politécnica del Ejército, por los conocimientos adquiridos en nuestra formación profesional, y a los Ingenieros Guido Torres y Mario Jiménez, por su acertada dirección y recomendaciones durante el desarrollo del proyecto.

**Luis y Andrés**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado.

A mis queridos padres, Luis y Rosario, que siempre me han dado su apoyo y amor incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual, a mis hermanos, Mirian, Nelson y Ángel, por el gran cariño que nos tenemos, siendo un apoyo fundamental, a mis familiares y amigos por su apoyo y palabras de aliento en los buenos y malos momentos.

**Luis.**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis se la dedico a mis padres por darme la vida, y ser el apoyo incondicional en los momentos difíciles de mi vida es a ellos a quien les debo mis estudios y todos los valores que me han inculcado a través de los años, a mis queridos abuelitos por ser el pilar que a unido siempre a la familia y por darnos todo su cariño y afecto, al resto de mi familia que se han constituido en mi ejemplo a seguir al ser unas personas luchadoras, y enseñarme como ser una persona de bien y útil a la sociedad. Gracias por todo los quiero.

**Andrés.**

## RESUMEN

El objetivo de la presente tesis va enfocado al diseño de una máquina la cual permita la trituración de los desechos que se producen en la fundición del acero. La cual tomando criterios de diseño aprendidos en nuestra formación se selecciona distintos componentes para el funcionamiento del sistema, determinados con cálculos que aseguran el rendimiento óptimo y brindan una vida útil de los elementos más larga, tomando en cuenta materiales y precios disponibles en el mercado.

Una de las principales cualidades es que la máquina va a tener un sistema de regulación automática en la salida del producto terminado la cual estará controlada por medio de un PLC, al existir algún desperfecto o falla en la operación este control automático también asegura el paro instantáneo y la descarga del material el cual obstruye el funcionamiento normal de la máquina asegurando que las partes mecánicas y eléctricas no sufran daños, rupturas o cualquier otro desperfecto fortuito, la forma de operación será por medio de líneas de programación creadas y memorizadas en el PLC , y asignadas de forma manual mediante un panel de control.

Este proyecto sirve como base para la siguiente etapa que es la recolección y reutilización del acero alojado en la escoria, la cual estará encargada por la empresa NOVACERO S.A.

## **ABSTRACT**

The objective of this thesis is focusing on the design of a machine that could crush the waste that the iron foundry produces. Thinking about all the knowledge that we have acquired throughout our formation, we have chosen various components for the operation of this system, determined with calculations that assured us the good performance, giving a long and useful life to the elements, being aware of the materials and prices available in the market.

One of the main qualities of this machine is that is going to have an automatic regulation system on the final stage of the product, which it will be controlled by a PLC, if any imperfection exists or malfunction in the operation, this automatic control will also stop completely and instantly making sure all the mechanic and electric parts do not get damaged, the operation will be through programming lines made and memorized on the PLC, and they will be assigned manually through a control panel.

This project is the base for the next stage of the recollection and reuse of the iron that is staying in the slag, the same that it will be in charge by company NOVACERO S.A.

## INDICE GENERAL

<b>CARÁTULA.....</b>	<b>I</b>
<b>CERTIFICADO.....</b>	<b>II</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>III</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VIII</b>
<b>INDICE GENERAL .....</b>	<b>IX</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XVI</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XXI</b>
<b>INDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XXIII</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>FUNDAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.2.1. EL HORNO DE ARCO ELÉCTRICO .....	2
1.2.2. LA ESCORIA SIDERÚRGICA.....	4
<b>1.3. CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO 5</b>	
1.3.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA.....	5
<b>1.4. TIPO DE ESCORIA SIDERÚRGICA .....</b>	<b>6</b>
1.4.1. ESCORIAS NEGRAS .....	6
1.4.2. ESCORIAS BLANCAS .....	6
<b>1.5. ELEMENTOS A TRITURAR A FUTURO .....</b>	<b>7</b>
1.5.1. LADRILLOS REFRACTARIOS.....	7
1.5.2. ELECTRODOS DE CARBÓN O DE GRAFITO.....	8
1.5.3. ESTUDIO DE COMPRESIÓN DE LOS MATERIALES A TRITURAR .....	9
a. ESFUERZO DE COMPRESIÓN.....	9
1.5.4. MÁQUINA DE ENSAYO PARA LA COMPRESIÓN .....	9
1.5.5. MUESTRAS PARA LA COMPRESIÓN: .....	10

<b>1.6. ASPECTOS MEDIO AMBIENTALES.....</b>	<b>11</b>
1.6.1. IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES.....	11
a. PROYECTO .....	11
b. CONSTRUCCIÓN.....	11
c. FUNCIONAMIENTO .....	12
<b>1.7. USOS DE LA ESCORIA.....</b>	<b>12</b>
1.7.1. VENTAJAS EN EL USO DE ESCORIA .....	12
1.7.2. BASES PARA PAVIMENTACIÓN DE CAMINOS Y AUTOPISTAS .....	12
1.7.3. EN LA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE VIDRIO .....	13
1.7.4. COMO SUSTRATO O COMPONENTE DE UNA MEZCLA EN LA AGRICULTURA.....	13
1.7.5. BALASTRO DE FERROCARRIL .....	14
1.7.6. FABRICACIÓN DE CEMENTO.....	14
a. CEMENTO PORTLAND DE ESCORIA.- .....	15
b. EL CEMENTO CAÍ.....	15
c. CEMENTOS SOBRE SULFATADO .....	15
<b>1.8. CLASIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA DE TRITURACIÓN Y MOLIENDA.....</b>	<b>15</b>
1.8.1 TRITURADORES BASTOS.....	17
a. TRITURADORES (QUEBRANTADORES) DE MANDÍBULAS. ....	17
b. TRITURADORES GIRATORIOS. ....	18
b.1. PARTES DEL TRITURADOR GIRATORIO .....	19
1.8.2. TRITURADORES INTERMEDIOS.....	19
a. TRITURADORES DE RODILLOS. ....	20
a.1. SELECCIÓN DE LOS TRITURADORES DE RODILLOS.....	20
b. TRITURADORES DE DISCO O CONO. ....	21
b.1. PARTES DEL TRITURADOR DE DISCO SYMONS .....	21
c. MOLINOS DE MUELAS.....	22
c.1. PARTES DEL MOLINO DE MUELAS VERTICALES EN SECO: .....	23
d. DESINTEGRADOR DE JAULA DE ARDILLA. ....	23
e. MOLINOS DE MARTILLOS.....	24
e.1. PARTES DEL MOLINO DE MARTILLOS:.....	25
f. TRITURADORES DE RODILLO ÚNICO. ....	25
1.8.3. MOLINOS FINOS. ....	26
a. MOLINO DE MUELAS DE PIEDRA. ....	26
a.1 PARTES DEL MOLINO DE MUELAS DE PIEDRA: .....	27
b. MOLINOS DE RODILLOS. ....	27
b.1 PARTES DEL MOLINO DE RODILLOS .....	28
c. MOLINOS CENTRÍFUGOS.....	28
c.1. PARTES DEL MOLINO DE RAYMOD.....	29

d.	MOLINOS DE BOLAS.....	29
d.1.	PARTES DEL MOLINO DE BOLAS: .....	30
e.	MOLINOS DE TUBO .....	30
f.	MOLINOS ULTRAFINOS .....	31
f.1.	PARTES DEL MICRONIZADOR: .....	32
1.8.4.	SELECCIÓN DE LA MÁQUINA .....	32
<b>1.9.</b>	<b>SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE ANÁLISIS DE LA MÁQUINA TRITURADORA</b> .....	<b>35</b>
1.9.1.	INTRODUCCIÓN .....	35
1.9.2.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE SOLIDWORKS. ....	36
a.	DEFINICIÓN DE PARÁMETROS CLAVE .....	36
b.	ASOCIATIVIDAD .....	36
c.	FUNCIONES GEOMÉTRICAS INTELIGENTES .....	37
d.	GESTOR DE DISEÑO .....	38
1.9.3.	MÓDULOS DE SOLIDWORKS .....	38
a.	PIEZA .....	39
b.	ENSAMBLAJE .....	40
c.	PLANO O DIBUJO .....	40
<b>1.10.</b>	<b>PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE) .....</b>	<b>41</b>
1.10.1	CAMPOS DE APLICACIÓN .....	42
a.	EJEMPLOS DE APLICACIONES GENERALES: .....	43
1.10.2.	VENTAJAS E INCONVENIENTES .....	43
a.	VENTAJAS .....	43
b.	INCONVENIENTES .....	44
1.10.3.	FUNCIONES BÁSICAS DE UN PLC.....	44
a.	DETECCIÓN: .....	44
b.	MANDO: .....	44
c.	DIALOGO HOMBRE MÁQUINA: .....	45
d.	PROGRAMACIÓN: .....	45
e.	REDES DE COMUNICACIÓN: .....	45
f.	SISTEMAS DE SUPERVISIÓN: .....	45
g.	CONTROL DE PROCESOS CONTINUOS: .....	45
h.	ENTRADAS- SALIDAS DISTRIBUIDAS: .....	46
i.	BUSES DE CAMPO: .....	46
1.10.4.	CLASIFICACIÓN DE PLC.....	46
a.	PLC TIPO NANO:.....	46
b.	PLC TIPO COMPACTOS:.....	46
c.	PLC TIPO MODULAR:.....	47

<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>48</b>
<b>DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES.....</b>	<b>48</b>
<b>2.1. PARÁMETROS DE DISEÑO .....</b>	<b>48</b>
<b>2.2 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DE LA MÁQUINA.....</b>	<b>49</b>
2.2.1. SISTEMA DE TRITURACIÓN.....	49
2.2.2 SISTEMA DE REGULACIÓN.....	49
2.2.3. SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN .....	49
2.2.4 SISTEMA ELÉCTRICO .....	50
<b>2.3. DISEÑO MECÁNICO .....</b>	<b>50</b>
2.3.1. DISEÑO DE SISTEMA DE TRITURACIÓN .....	51
a. DIMENSIONAMIENTO DE LA MUELA .....	51
b. DISEÑO DE LA BASE PARA LA MUELA FIJA.....	54
b.1. ANÁLISIS DE CARGAS EN LA MUELA MÓVIL .....	60
c. DISEÑO DE PLACAS LATERAL .....	62
d. CÁLCULO DEL MOTOR .....	64
d.1. SELECCIÓN DE VELOCIDAD .....	64
d.2. POTENCIA DEL MOTOR .....	65
d.3. VELOCIDAD REAL DEL MOTOR.....	68
e. DISEÑO DEL EJE EXCÉNTRICO.....	69
f. DISEÑO DEL BALANCÍN .....	73
g. CÁLCULOS DE PERNOS DE SUJECCIÓN DE LOS BUJES.....	77
g.1. DETERMINACIÓN DE UN DIÁMETRO DE PRUEBA .....	78
g.2. SELECCIÓN DEL PERNO .....	78
g.3. FACTOR DE SEGURIDAD DE LOS PERNOS .....	79
h. CÁLCULO DE PERNOS PARA SUJETAR LA MUELA FIJA A LAS PLACAS LATERALES .....	80
i. CÁLCULO DE LA PLACA LATERAL A DESGARRE EN LOS AGUJEROS DE LOS PERNOS .....	81
2.3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN .....	82
a. DISEÑO DEL SOPORTE POSTERIOR DEL BALANCÍN (MÓVIL).....	82
b. PLACA SOPORTE POSTERIOR (FIJA) .....	86
c. CÁLCULO DE LA SOLDADURA PARA EL SOPORTE DEL BALANCÍN: .....	89
d. CÁLCULO DE LOS PERNOS DE POTENCIA.....	91
e. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR REDUCTOR PARA LA REGULACIÓN DE LA MANDÍBULA.....	93

f.	DISEÑO DE TORNILLO SIN FIN Y CORONA .....	96
f.1.	RUEDA O CORONA .....	98
f.2.	ALTURA DEL DIENTE .....	99
g.	DISEÑO DEL RESORTE DE COMPRESIÓN .....	101
h.	CÁLCULO DE CORREAS DE TRANSMISIÓN .....	104
h.1.	SELECCIÓN DEL PERFIL DE CORREA .....	105
h.2.	DIÁMETRO DE POLEA EN EL MOTOR .....	106
h.3.	DISTANCIA ENTRE EJES .....	106
2.4.	DIMENSIONAMIENTO Y MODELACIÓN COMPUTACIONAL DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA .....	108
2.4.1	SELECCIÓN DE LOS MATERIALES QUE UTILIZAREMOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA .....	108
2.4.2	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ACEROS UTILIZADOS .....	108
2.4.3.	DISEÑO DEL EJE EXCÉNTRICO UTILIZANDO SOLIDWORKS .....	110
a.	TENSIÓN DE VON MISES .....	110
b.	DESPLAZAMIENTO RESULTANTE .....	111
c.	FACTOR DE SEGURIDAD .....	111
2.4.4.	BASE DE LA MUELA FIJA. ....	114
a.	TENSIÓN DE VON MISES .....	114
b.	DESPLAZAMIENTO RESULTANTE .....	115
c.	FACTOR DE SEGURIDAD .....	116
2.4.5.	BASE DE LA MUELA MÓVIL .....	119
a.	TENSIÓN DE VON MISES .....	119
b.	DESPLAZAMIENTO RESULTANTE .....	119
c.	FACTOR DE SEGURIDAD .....	120
2.4.6.	CORONA Y SIN FIN .....	120
a.	TENSIÓN DE VON MISES .....	120
b.	DESPLAZAMIENTO RESULTANTE .....	121
c.	FACTOR DE SEGURIDAD .....	121
2.4.7.	PLACAS LATERAL.....	122
a.	TENSIÓN DE VON MISES .....	122
b.	DESPLAZAMIENTO RESULTANTE .....	123
c.	FACTOR DE SEGURIDAD .....	123
<b>2.5.</b>	<b>DISEÑO ELÉCTRICO .....</b>	<b>125</b>
2.5.1.	CARACTERÍSTICAS Y REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS QUE CONFORMAN LA MÁQUINA.....	125
2.5.2.	DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE EL SISTEMA ELÉCTRICO. ....	126

2.5.3. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA LA MÁQUINA TRITURADORA DE ESCORIA.....	126
a. ELEMENTOS REQUERIDOS PARA EL MOTOR DE POTENCIA .....	127
a.1. SELECCIÓN DE CONDUCTORES .....	127
a.2. SELECCIÓN DEL CONTACTOR DE POTENCIA .....	127
a.3. SELECCIÓN DEL RELÉ TÉRMICO.....	128
a.4. SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC) .....	129
a.5. SELECCIÓN DEL BREAKER.....	129
b. ELEMENTOS REQUERIDOS PARA MOTOR DE APERTURA DE LA MUELA .....	129
b.1. SELECCIÓN DE CONDUCTORES .....	130
b.2. SELECCIÓN DEL CONTACTOR.....	130
b.3. SELECCIÓN DEL RELÉ TÉRMICO.....	131
b.4. SELECCIÓN DEL BREAKER .....	131
b.5. PARADA DE EMERGENCIA .....	132
<b>2.6. ACCESORIOS .....</b>	<b>132</b>
<b>2.7. MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS .....</b>	<b>133</b>
<b>2.8. SELECCIÓN Y PROGRAMACION DEL PLC .....</b>	<b>135</b>
2.8.1. FLUJOGRAMA BÁSICO PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA .....	135
2.8.2. PROGRAMACIÓN DEL MICRO PLC LOGO 12/24 RC.....	137
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>140</b>
<b>3.1. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS.....</b>	<b>140</b>
3.1.1 CONSTRUCCIÓN .....	140
3.1.2. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS .....	140
a. SISTEMA DE TRITURACIÓN.....	140
a.1. BANCADA.....	140
a.2. MUELA MÓVIL Y CAJA PARA EXCÉNTRICO .....	141
a.3. BUJES Y EJE EXCÉNTRICO .....	141
b. SISTEMA DE REGULACIÓN.....	142
b.1. BALANCÍN Y SOPORTE DEL BALANCÍN .....	142
b.2. PERNOS DE REGULACIÓN Y TUERCA DE REGULACIÓN .....	143
b.3. SOPORTE PARA TUERCAS Y TENSORES .....	143
b.4. TORNILLO SIN FIN Y CORONA .....	143
<b>3.2. MONTAJE DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS .....</b>	<b>144</b>
3.2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE MANDO Y CONTROL .....	146
3.2.2 IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE FUERZA .....	146
3.2.3 MONTAJE DE LOS FINALES DE CARRERA Y SENSOR INDUCTIVO.....	147

<b>3.3. CALIBRACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA.....</b>	<b>148</b>
3.3.1 CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE TRITURACIÓN .....	148
3.3.2 CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN .....	148
<b>3.4 PRUEBAS.....</b>	<b>149</b>
3.4.1. PRUEBAS MECÁNICAS.....	149
a. SISTEMA DE TRITURACIÓN.....	149
a.1. PRUEBA DE MOVILIDAD DEL EJE EXCÉNTRICO Y MANDÍBULA.....	150
a.2 VELOCIDAD DEL VOLANTE DE INERCIA .....	151
a.3. CAPACIDAD DE TRITURACIÓN.....	151
b. SISTEMA DE REGULACIÓN.....	152
b.1. PRUEBA DEL SENSOR INDUCTIVO .....	152
b.2. TIEMPO DE APERTURA .....	153
3.4.2 PRUEBAS ELÉCTRICAS .....	153
a. PRUEBAS DEL SISTEMA DE TRITURACIÓN.....	154
b. PRUEBAS DEL SISTEMA DE REGULACIÓN .....	154
c. PRUEBAS DE LUCES INDICADORAS DEL TABLERO DE CONTROL. ....	155
<b>3.5. RESULTADOS.....</b>	<b>155</b>
3.5.1 VERIFICACIÓN DEL PRODUCTO FINAL.....	155
<b>3.6 ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>155</b>
3.6.1. GASTOS DE FUNCIONAMIENTO.....	157
3.6.2. FLUJOS DE CAJA. ....	161
3.6.3. VALOR PRESENTE NETO (VPN o VAN). ....	163
3.6.4. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR). ....	164
3.6.5. PERÍODO REAL DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI). ....	164
a. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN. ....	165
3.6.6. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	165
3.6.7. INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FINANCIERO .....	167
<b>3.7. MANUAL DE OPERACIÓN (ANEXO M) .....</b>	<b>167</b>
<b>3.8. MANUAL DE MANTENIMIENTO (ANEXO N).....</b>	<b>167</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>168</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>168</b>
<b>4.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>168</b>
<b>4.2 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>169</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
FIG. 1.1. HORNO DE ARCO ELÉCTRICO Y HORNO DE AFINO .....	<b>3</b>
FIG. 1.2. ESCORIA DE FUNDICIÓN POR ARCO ELÉCTRICO .....	<b>5</b>
FIG. 1.3. ASPECTO DE LA ESCORIA NEGRA .....	<b>6</b>
FIG. 1.4. ASPECTO DE LA ESCORIA BLANCA.....	<b>7</b>
FIG. 1.5. LADRILLOS Y ELECTRODOS DETERIORADOS .....	<b>7</b>
FIG. 1.6. LADRILLO REFRACTARIO.....	<b>8</b>
FIG. 1.7. ELECTRODOS DE CARBONO EN USO .....	<b>8</b>
FIG. 1.8. MÁQUINA PARA ENSAYOS DE COMPRESIÓN .....	<b>10</b>
FIG. 1.9. TRITURADORES (QUEBRANTADORES) DE MANDÍBULAS .....	<b>18</b>
FIG. 1.10. TRITURADORES GIRATORIOS .....	<b>19</b>
FIG. 1.11. TRITURADOR DE RODILLOS .....	<b>20</b>
FIG. 1.12. FORMA DE ACTUAR LA TRITURADORA DE RODILLO.....	<b>21</b>
FIG. 1.13. TRITURADORES DE DISCO O CONO .....	<b>21</b>
FIG. 1.14. MOLINOS DE MUELAS .....	<b>23</b>
FIG. 1.15. DESINTEGRADOR DE JAULA DE ARDILLA.....	<b>24</b>
FIG. 1.16. MOLINOS DE MARTILLOS .....	<b>25</b>
FIG. 1.17. TRITURADORES DE RODILLO ÚNICO .....	<b>26</b>
FIG. 1.18. MOLINO DE MUELAS DE PIEDRA .....	<b>27</b>
FIG. 1.19. MOLINOS DE RODILLOS.....	<b>28</b>
FIG. 1.20. MOLINOS CENTRÍFUGOS .....	<b>29</b>
FIG. 1.21. MOLINOS DE BOLAS .....	<b>30</b>
FIG. 1.22. MOLINOS DE TUBO .....	<b>31</b>
FIG. 1.23. MOLINOS ULTRAFINOS.....	<b>31</b>
FIG. 1.24. MÓDULOS DE SOLIDWORKS .....	<b>36</b>
FIG. 1.25. VINCULACIÓN DE LOS MÓDULOS DE SOLIDWORKS .....	<b>37</b>
FIG. 1.26. FUNCIONES GEOMÉTRICAS INTELIGENTES .....	<b>37</b>
FIG. 1.27. GESTOR DE DISEÑO .....	<b>38</b>

FIG. 1.28. MÓDULO DE PIEZA.....	39
FIG. 1.29. MÓDULO DE ENSAMBLAJE .....	40
FIG.1.30. PLANO O DIBUJO.....	41
FIG. 1.31. PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE) .....	42
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>48</b>
FIG. 2.1. DIMENSIONES DE LA MUELA FIJA.....	51
FIG. 2.2. ÁREA DE LA MUESTRA PARA ENSAYO A COMPRESIÓN .....	52
FIG.2.3. BASE PARA LA MUELA FIJA .....	54
FIG. 2.4. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES Y DE ESFUERZOS CORTANTES EN LA MUELA FIJA .....	57
FIG. 2.5. VISTA SUPERIOR DE CELOSÍAS .....	57
FIG. 2.6. ANÁLISIS DE CENTRO DE GRAVEDAD DE LA CELOSÍA .....	58
FIG. 2.7 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE CON FUERZA EN EL PUNTO DEL EJE EXCÉNTRICO(A) Y EL BALANCÍN (B) .....	61
FIG. 2.8. ESQUEMA BÁSICO DE LAS PLACAS LATERALES.....	62
FIG. 2.9. CORTE DE LA PLACA LATERAL CON CELOSÍAS .....	63
FIG. 2.10. ESQUEMA COMPLETO DE LA PLACA LATERAL.....	64
FIG. 2.11. BOSQUEJO DEL VOLANTE Y TERMINAL DE EJE EXCÉNTRICO .....	65
FIG. 2.12. DATO DE LA MASA ENCONTRADO EN SOLID WORKS .....	66
FIG. 2.13. DIMENSIONES BÁSICAS DEL EJE EXCÉNTRICO .....	69
FIG. 2.14. DIAGRAMA DE FUERZAS APLICADAS EN EL EJE .....	69
FIG. 2.15. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE .....	70
FIG. 2.16. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES Y DE ESFUERZOS CORTANTES EN EL EJE.....	71
FIG. 2.17. DIAGRAMA BÁSICO PARA CÁLCULO DE DIÁMETROS .....	73
FIG. 2.18. DIAGRAMA GENERAL PARA UBICACIÓN DE DISTANCIAS.....	73
FIG. 2.19. UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL EJE EXCÉNTRICO .....	74

FIG. 2.20. DIAGRAMA PARA UBICACIÓN DE ÁNGULO DE BALANCÍN .....	75
FIG. 2.21. DIAGRAMA PARA DETERMINAR LA LONGITUD DEL BALANCÍN .....	75
FIG. 2.22. ESQUEMA DE DIMENSIONES DEL BALANCÍN .....	76
FIG. 2.23. UBICACIÓN DE PERNOS DE SUJECIÓN.....	80
FIG. 2.24. ESQUEMA DE DESGARRE DE LOS PERNOS DE LA PLACA .....	81
FIG. 2.25. SOPORTE PARA BALANCÍN .....	83
FIG. 2.26. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES Y DE ESFUERZOS CORTANTES DEL .....	84
SOPORTE DEL BALANCÍN.....	84
FIG. 2.27. ESQUEMA PARA CALCULAR EL ÁREA DE LA PLACA .....	86
FIG. 2.28. SOPORTE DEL BALANCÍN .....	86
FIG. 2.29. DIAGRAMA DE PLACA DE SOPORTE POSTERIOR FIJA .....	87
FIG. 2.30. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA PLACA DE SOPORTE POSTERIOR FIJA.....	87
FIG. 2.31. DIAGRAMA DE SOPORTE FIJO PARA CÁLCULOS .....	89
FIG. 2.32. DIAGRAMA PARA UBICAR SOLDADURA .....	89
FIG.2.33. DIAGRAMA DE TORNILLO SIN FIN.....	97
FIG. 2.34. DIAGRAMA BÁSICO DE UN RESORTE .....	101
FIG. 2.35. INGRESO DE VARIABLES .....	102
FIG. 2.36. DATOS OBTENIDOS CON GUTEKUNST .....	103
FIG. 2.37. DIAGRAMA DE RESORTE EN 3D .....	103
FIG. 2.38. DATA SHEET DEL RESORTE.....	104
FIG. 2.39. DIAGRAMA DE CORREAS DE TRANSMISIÓN.....	104
FIG. 2.40. SELECCIÓN DE TIPO DE BANDA.....	105
FIG.2.41. TENSIÓN DE VON MISES EN EJE EXCÉNTRICO .....	111
FIG. 2.42. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE EJE EXCÉNTRICO .....	111
FIG.2.43.CÍRCULO DE MOHR PARA EJE EXCÉNTRICO .....	113
FIG.2.44. FACTOR DE SEGURIDAD EN EJE EXCÉNTRICO.....	114
FIG.2.45. TENSIÓN DE VON MISES EN MUELA FIJA .....	115

FIG.2.46. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE EN MUELA FIJA.....	115
FIG. 2.47. CIRCULO DE MOHR PARA MUELA FIJA.....	117
FIG. 2.48. FACTOR DE SEGURIDAD EN MUELA FIJA.....	118
FIG. 2.49. TENSIÓN DE VON MISES EN MUELA MÓVIL.....	119
FIG. 2.50. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE EN MUELA MÓVIL.....	120
FIG. 2.51. FACTOR DE SEGURIDAD EN MUELA MÓVIL .....	120
FIG. 2.52. TENSIÓN DE VON MISES EN CORONA Y SIN FIN.....	121
FIG. 2.53. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE MISES EN CORONA Y SIN FIN .....	121
FIG. 2.54. FACTOR DE SEGURIDAD EN CORONA Y SIN FIN.....	122
FIG. 2.55. TENSIÓN DE VON MISES EN PLACAS LATERALES.....	122
FIG. 2.56. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE EN PLACAS LATERALES.....	123
FIG. 2.57. FACTOR DE SEGURIDAD EN PLACAS LATERALES .....	123
FIG. 2.58. ENSAMBLE COMPLETO DE LA MÁQUINA.....	124
FIG. 2.59. DIAGRAMA DE POTENCIA PARA LOS MOTORES.....	134
FIG. 2.60. DIAGRAMA DE POTENCIA Y CONTROL PARA ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO.....	135
FIG.2.61. VENTANA DE SELECCIÓN DE LENGUAJE.....	137
FIG. 2.62. DETERMINACIÓN DEL LOGO Y MÓDULO .....	137
FIG.2.63. CONEXIONES UTILIZADAS PARA EL PROGRAMA DE CONTROL .....	138
FIG. 2.64. PROGRAMACIÓN DEL ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO.....	138
FIG. 2.65. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN .....	139
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>140</b>
FIG. 3.1. MONTAJE DE LA BANCADA (MUELA FIJA Y PLACAS LATERALES) .....	141
FIG. 3.2. MONTAJE DE LA MUELA MÓVIL .....	141
FIG. 3.3. MONTAJE DE BALANCÍN Y SOPORTE DE BALANCÍN.....	142
FIG. 3.4. MONTAJE DE LAS TUERCAS Y TENSORES .....	143
FIG. 3.5. TABLERO DE CONTROL (A) Y FUERZA (B) .....	144

FIG.3.6. DISTRIBUCIÓN DEL TABLERO DE FUERZA.....	<b>146</b>
FIG. 3.7. TABLERO DE CONTROL .....	<b>146</b>
FIG. 3.8. FINALES DE CARRERA Y SENSOR INDUCTIVO .....	<b>147</b>
FIG. 3.9. PRUEBA DE MOVILIDAD MANUAL .....	<b>150</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
TABLA 1.1. VALORES OBTENIDOS DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN .....	<b>10</b>
TABLA 1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS MÁQUINAS TRITURADORA .....	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>48</b>
DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	<b>48</b>
TABLA 2.1. CONJUNTO DE DATOS PARA CALCULAR EL MOMENTO DE INERCIA..	<b>58</b>
TABLA 2.2. POTENCIA DE MOTOR PRINCIPAL .....	<b>68</b>
TABLA 2.3. ROZAMIENTO SEGÚN EL MATERIAL.....	<b>93</b>
TABLA 2.4. TABLA DE MATERIALES PARA LAS PIEZAS PRINCIPALES.....	<b>108</b>
TABLA 2.5. PROPIEDADES DEL ACERO AISI 1045.....	<b>109</b>
TABLA 2.6. PROPIEDADES DEL ACERO AISI 1010.....	<b>109</b>
TABLA 2.7. DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL ENSAMBLE .....	<b>124</b>
TABLA 2.8. CARGAS EN EL SISTEMA.....	<b>126</b>
TABLA 2.9. DATOS DEL MOTOR DE POTENCIA.....	<b>127</b>
TABLA 2.10. DATOS DEL CONTACTOR DE POTENCIA.....	<b>128</b>
TABLA 2.11. CARACTERÍSTICAS DEL RELÉ TÉRMICO .....	<b>128</b>
TABLA 2.12 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE .....	<b>129</b>
TABLA 2.13. CARACTERÍSTICAS DEL BREAKER.....	<b>129</b>
TABLA 2.14. DATOS DEL MOTOR DE CONTROL.....	<b>130</b>
TABLA 2.15. DATOS DEL CONTACTOR PARA MOTOR DE APERTURA DE MUELA	<b>131</b>
TABLA 2.16. CARACTERÍSTICAS DEL RELÉ TÉRMICO .....	<b>131</b>
TABLA 2.17. CARACTERÍSTICAS DEL RELÉ TÉRMICO BREAKER.....	<b>132</b>
TABLA 2.18. CARACTERÍSTICAS DEL INTERRUPTOR.....	<b>132</b>
TABLA 2.19. LISTA DE MATERIALES .....	<b>133</b>
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>140</b>

TABLA 3.1 ELEMENTOS ELÉCTRICOS UTILIZADOS .....	145
TABLA 3.2 VELOCIDAD DEL VOLANTE DE INERCIA .....	151
TABLA 3.3 TIEMPOS DE MOLIENDA .....	152
TABLA3.4 APERTURA DE MANDÍBULA .....	153
TABLA 3.5 PARÁMETROS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO.....	154
TABLA 3.6 PRECIO DE ELEMENTOS MECÁNICOS.....	156
TABLA 3.7 PRECIOS DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS.....	157
TABLA 3.8. COSTO TOTAL DE LOS MATERIALES PARA LA TRITURADORA DE ESCORIA.....	160
TABLA 3.9. INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO.....	160
TABLA 3.10 PROYECCIÓN DE INVERSIÓN PARA UN AÑO.....	161
TABLA 3.11 TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES .....	161
TABLA 3.12. AMORTIZACIÓN DE PRÉSTAMOS .....	162
TABLA 3.13. PROYECCIÓN DEL FLUJO DE CAJA PARA 5 AÑOS, TIR Y VAN .....	162
TABLA 3.14. RANGO DE VALORES LÍMITES PARA QUE EL PROYECTO SEA ECONÓMICAMENTE VIABLE .....	166
TABLA3.15 RANGO DE VALORES OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS FINANCIERO .....	166

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO A .....	173
ANEXO B .....	176
ANEXO C .....	178
ANEXO D .....	180
ANEXO E .....	183
ANEXO F .....	188
ANEXO G .....	190
ANEXO H .....	192
ANEXO I .....	201
ANEXO J .....	206
ANEXO K .....	212
ANEXO L .....	213
ANEXO M .....	214
ANEXO N .....	225

# **CAPITULO I**

## **FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

La generación de escorias como subproducto<sup>1</sup> industrial se inicia a finales del siglo XIX. La fabricación de acero genera una serie de residuos procedentes del proceso industrial, los cuales representan entre el 15-20% aproximadamente de la producción total de acero, siendo las escorias negras el subproducto industrial más importante en la fabricación de aceros.

La Escoria es un residuo metalúrgico que se puede utilizar como material de construcción, bloques o como aislante de la humedad, en la fabricación de cemento y vidrio, a su vez tiene residuos de acero que con un correcto proceso de recuperación se podría reutilizar y así no represente una pérdida de materia prima.

### **1.2. ANTECEDENTES**

El proceso de la fabricación de acero, tanto común como especial, en las acerías de horno de arco eléctrico se compone de dos etapas: la primera denominada metalurgia primaria o fusión, donde se produce la fusión de las materias primas que se realizan en hornos de arco eléctrico, y la segunda, denominada metalurgia secundaria o afino<sup>2</sup>.

La principal materia prima es empleada para la fabricación de acero en horno de arco eléctrico es la chatarra de hierro dulce o acero. Como elementos auxiliares se pueden cargar también pequeñas cantidades de fundición, de mineral de hierro o ferroaleaciones. La etapa de fusión una serie de fases como la oxidación, dirigida a eliminar impurezas de

---

<sup>1</sup>Sub producto: Extracción de otro producto que tiene más valor.

<sup>2</sup> Afino: Proceso de eliminación de impurezas

manganeso y silicio, la defosforación y la formación de escoria espumante en la que se acumulan todas las impurezas. La etapa de afino permite eliminar los óxidos metálicos de la colada, la desulfuración y la descarbonación del acero. Al final de estas fases se genera escoria la cual va a ser utilizada en este proyecto.

### **1.2.1. EL HORNO DE ARCO ELÉCTRICO**

El horno de arco eléctrico es cilíndrico y está recubierto de refractario, dispone de una bóveda por donde se alimentan las diferentes materias primas con la ayuda de una cesta, una compuerta utilizada durante la fusión y para desescoriar una piquera situada en el fondo o en un costado del horno que se utiliza para colar el acero. La materia prima fundamental es la chatarra junto con pequeñas cantidades de mineral de hierro, pre reducido, ferroaleaciones, cal, espato-flúor, coque y oxígeno.

Cuando los electrodos entran en contacto con la chatarra y se hace saltar el arco eléctrico, se producen saltos entre los electrodos del horno y la chatarra empieza a fundirse. La aparición de líquido fundido hace que el trabajo sea más regular. Se alimenta el horno con oxígeno puro y cal. La reacción de oxidación del hierro es la primera en producirse debido a la cantidad de hierro presente en la chatarra. A continuación el óxido de hierro oxida al manganeso y silicio. Estas reacciones son altamente exotérmicas<sup>3</sup>, por lo que producen un aumento brusco de la temperatura de fusión, reduciéndose el consumo energético. Los óxidos de hierro, manganeso y silicio pasan a formar parte de la escoria que cubre el líquido fundido.

Finalmente, cuando se ha oxidado prácticamente todo el silicio y gran parte del manganeso, la escoria tiene suficiente porcentaje de FeO libre.

---

<sup>3</sup>Exotérmicas: Proceso químico o físico que se produce con desprendimiento de energía

La adición de carbón en polvo permite la reducción del FeO. Con ello se genera monóxido de carbono, gas que al desprenderse del líquido produce lo que se conoce como hervido del baño, que facilita la uniformización de la composición y temperatura del baño así como la eliminación de gases.

Además el paso de monóxido de carbono a través de la escoria, que produce lo que se conoce como escoria espumante, facilita la penetración de la escoria en los electrodos e incrementa la eficiencia energética. La reducción de la ebullición del líquido fundido es un indicador de que la mayor parte del carbono se ha oxidado.

La presencia de cal asegura la eliminación de fósforo del líquido, que de otro modo se manifestaría en una gran fragilidad del acero en frío. Esta escoria es la que se conoce como escoria negra u oxidante, es de colores muy oscuros, tiene aspecto poroso, morfología irregular, cúbica y de fractura puntiaguda.

En general, se calcula que aproximadamente por cada tonelada de acero se generan de 110 a 150 kg de escoria. A continuación en la figura 1.1 se muestra un esquema del proceso de fabricación:

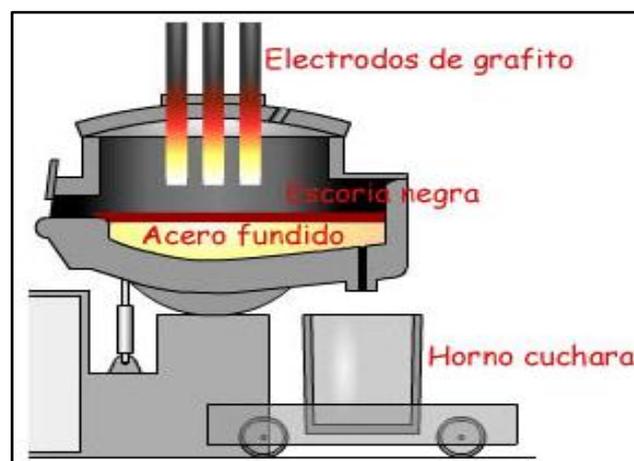


Fig. 1.1. Horno de arco eléctrico y horno de afinado  
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/87927412/04FromacionDeEscorias>

## 1.2.2. LA ESCORIA SIDERÚRGICA

Una escoria siderúrgica son los materiales de desecho resultantes de la fundición de chatarra en los hornos de arco eléctrico para producir acero. Tras un proceso de trituración, estos residuos son reconvertidos, aptos para ser usados como materia prima en la fabricación de hormigones destinados a la construcción, así como asfaltos, bases y sub bases para carreteras y caminos, ver Fig.1.2.

Las escorias negras son trituradas y cribadas<sup>4</sup>, que procesan el material para obtener áridos<sup>5</sup> reciclados que se clasifican según distintas granulometrías. En el proceso, los elementos férricos se separan por el efecto de un electroimán y se devuelven a la industria siderúrgica para ser refundidos. De este modo, se consigue un producto de calidad similar o superior al que se obtiene del medio natural a través de las canteras. Los áridos reciclados suponen una doble ventaja en términos medioambientales. No sólo se evita la derivación de escombros a vertederos, sino que una vez valorizado el residuo, éste sustituye a las materias primas y se genera un círculo virtuoso que contribuye al mantenimiento del medio natural<sup>6</sup>.

La producción de áridos reciclados reduce la extracción de material de las canteras, lo cual incide en una menor deforestación y se minimiza la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, ya que el proceso de reconversión de materiales se torna más limpio.

---

<sup>4</sup> Cribada: Limpiar de impurezas o separar las partes menudas de las gruesas

<sup>5</sup> Árido: Material granulado que se utiliza como materia prima en la construcción.

<sup>6</sup>Reciclaje de escorias siderúrgicas con equipos móviles de trituración y cribado, Empresa Emsa



Fig. 1.2. Escoria de fundición por arco eléctrico  
Fuente: <http://freeimagefinder.com/pic/escoria.html>

### **1.3. CARACTERIZACIÓN BÁSICA DE LA ESCORIA DE HORNO DE ARCO ELÉCTRICO**

#### **1.3.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA**

En la bibliografía consultada, los distintos autores coinciden en citar las siguientes características físicas y mecánicas como las principales propiedades:

- Densidad.
- Forma.
- Resistencia a la fragmentación.
- Resistencia a compresión.
- Absorción de agua.
- Resistencia a los ciclos de hielo- deshielo.
- Estabilidad volumétrica.
- Resistencia a la abrasión.

De modo general, las escorias de acería presentan elevada masa específica, forma angular, textura superficial áspera, gran dureza y

absorción de agua media. En relación a su uso como árido, presentan buena resistencia a la abrasión, fragmentación y compresión<sup>7</sup>.

#### **1.4. TIPO DE ESCORIA SIDERÚRGICA**

Cabe recordar que para cada colada de acero producida de horno de arco eléctrico, se originan dos tipos de escoria distintos, que se denomina escoria negra y escoria blanca, utilizando de esta manera solo la escoria negra y especificando en que procesos se forman.

##### **1.4.1. ESCORIAS NEGRAS**

Mediante el proceso de fusión en el horno de arco eléctrico se obtiene acero líquido y nadando sobre su superficie escoria negra que se extrae por una de las puertas del horno, la composición química de la escoria está condicionada por el tipo de chatarra, ver la figura 1.3.



Fig. 1.3. Aspecto de la escoria negra  
Fuente: Novacero S.A.

##### **1.4.2. ESCORIAS BLANCAS**

La escoria blanca es de color blanquecino, pulverulenta y se desintegra al tocarla, se produce en el proceso de afino, posterior al de fusión, puede contener impurezas de escoria negra, ver la figura 1.4. Debido a las propiedades físicas que tiene esta escoria se convierte en polvo muy

---

<sup>7</sup> Hernández Puy, Joan, Estudio de la estabilidad volumétrica, propiedades físicas y químicas de la escoria negra de acero de horno de arco eléctrico, Cap. 3 pág. 10

fácilmente por este motivo este material no va a ser tomado en cuenta para el proyecto.



Fig. 1.4. Aspecto de la escoria blanca  
Fuente: Novacero S.A.

### 1.5. ELEMENTOS A TRITURAR A FUTURO

La máquina trituradora está diseñada para realizar moliendas a futuro de elementos como son ladrillos refractarios y electrodos de grafito para la reutilización de estos materiales en la planta, en la figura 1.5. Se puede ver estos materiales ya deteriorados debido a su uso.



Fig. 1.5. Ladrillos y electrodos deteriorados  
Fuente: Novacero S.A.

#### 1.5.1. LADRILLOS REFRACTARIOS

Los ladrillos refractarios (fig. 1.6) actualmente son empleados para revestir calderas, ollas de aceración, parrillas, hornos rotatorios de cementeras, estos trabajan con temperaturas superiores a 3000 °F (1650 °C). Para poder crear estos ladrillos es necesario que sus

componentes estén expuestos a bajas presiones y que sean a su vez, quemados a temperaturas muy altas.



Fig. 1.6. Ladrillo refractario  
Fuente: Novacero S.A.

### 1.5.2. ELECTRODOS DE CARBÓN O DE GRAFITO

Los electrodos de grafito (Fig. 1.7.) son utilizados en hornos de arco eléctrico para la fabricación de acero y son utilizados como conductores eléctricos para establecer un circuito eléctrico. Los electrodos son impregnados con una variedad de coque de petróleo calcinado y de aguja el cual debe tener propiedades fisicoquímicas adecuadas para este fin.

El carbono se calienta a temperaturas entre 2700 °C y 3000 ° C, su estructura cristalina se modifica completamente y resulta en una estructura caracterizada por tener una baja resistividad y alta conductividad térmica, resistencia mejorada a la oxidación y de alto poder.



Fig. 1.7. Electrodos de carbono en uso  
Fuente: Novacero S.A.

### **1.5.3. ESTUDIO DE COMPRESIÓN DE LOS MATERIALES A TRITURAR**

#### **a. ESFUERZO DE COMPRESIÓN**

El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección.

Los ensayos practicados para medir el esfuerzo de compresión son contrarios a los aplicados al de tracción, con respecto al sentido de la fuerza aplicada. Tiene varias limitaciones:

- Dificultad de aplicar una carga concéntrica o axial, sin que aparezca pandeo.
- Una probeta de sección circular es preferible a otras formas.

El ensayo se realiza en materiales:

- Duros.
- Semiduros.
- Blandos

#### **1.5.4. MÁQUINA DE ENSAYO PARA LA COMPRESIÓN**

El ensayo de compresión se realizó con la máquina TiniusOlsen (ver figura 1.8 y Anexo A) en las instalaciones de la Escuela Politécnica Nacional, verificando de esta manera cuál de los tres materiales: escoria, ladrillo refractario, electrodo de grafito (es el más robusto al aplicar una fuerza de compresión), con los valores obtenidos se puede realizar el análisis y cálculos necesarios de los elementos que conforman la máquina trituradora.

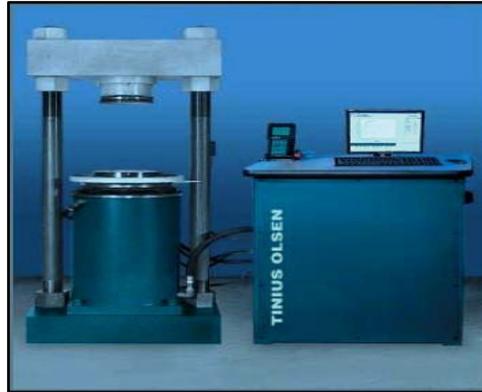


Fig. 1.8. Máquina para ensayos de compresión  
 Fuente:[http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/maquina-control-66277-\\_6.html](http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/maquina-control-66277-_6.html)

### 1.5.5. MUESTRAS PARA LA COMPRESIÓN:

El ensayo de compresión se lo realizó a tres muestras de diferentes composiciones de un área aproximada de 90x90 mm obteniendo los datos de la tabla 1.1. Con este ensayo se identifica el elemento de mayor dureza como es el electrodo de grafito con una fuerza a la compresión de 8.408,00 libras fuerza o 37.480,00 Newton

Tabla 1.1. Valores obtenidos de la prueba de compresión

Maquina tinius Olsen				
Nombre	Antes de ensayo	Luego de ensayo	Carga maxima resistida	
			lbf	N
Escoria Negra			3.480,00	15.480,00
Ladrillo Refractario			3.885,00	17.400,00
Electrodo de Grafito			8.408,00	37.400,00

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## 1.6. ASPECTOS MEDIO AMBIENTALES

Las escorias de acería de horno de arco eléctrico se consideran como residuos no tóxicos ni peligrosos ya que las escorias de acería no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana<sup>8</sup>.

### 1.6.1. IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES.

- a. **PROYECTO.**-En el proyecto no existen riesgos medio ambientales ya que se toma la materia prima (escoria) para disminuir su granulación y pasarla a una segunda etapa de molienda. Como la escoria no representa un peligro para el medio ambiente debido a que en su composición no tiene ningún material tóxico, ni tiene emisión de gases nocivos no emite ninguna clase de contaminación.
- b. **CONSTRUCCIÓN.**-En la construcción de la máquina trituradora la contaminación será en base a los materiales que usemos. Debido a los materiales usados para la construcción de la trituradora se va a obtener desechos como limallas de hierro, desperdicio de electrodos, trozos de metales, que con un tratamiento adecuado no van a generar ningún riesgo medio ambiental.

La emisión de gases en la construcción será debido al corte por plasma y la suelda, ventajosamente esta emisión es mínima por lo cual no se necesita ninguna clase de tratamiento especial para los gases tóxicos.

---

<sup>8</sup> Acción ecológica, Impactos de la fundición de chatarra en el medio ambiente

**c. FUNCIONAMIENTO.**-La máquina trituradora de escoria en funcionamiento no producirá ninguna emisión tóxica ni desperdicio debido a que es una máquina de impacto que funciona a base de motores eléctricos

## **1.7. USOS DE LA ESCORIA**

### **1.7.1. VENTAJAS EN EL USO DE ESCORIA**

Debido a las propiedades de este material se puede utilizar en varias aplicaciones, en este punto vamos a mencionar algunas de las principales ventajas de la escoria:

- Elevada resistencia al hielo o deshielo en zonas con temperaturas extremas.
- Muy adecuado para los asfaltos, capas de rodadura, etc.
- Gran resistencia en pavimentos de naves industriales con movimiento de maquinaria.
- Elevada densidad, pigmentación: idóneo en jardinerías, proporciona el color oscuro sin riesgo de ser fácilmente arrastrado por el viento.
- Material reciclable.
- Textura superficial áspera, gran dureza y absorción de agua media.

Mencionando las ventajas de la escoria se va a realizar un pequeño recuento de las principales utilidades de la escoria.

### **1.7.2. BASES PARA PAVIMENTACIÓN DE CAMINOS Y AUTOPISTAS**

Debido a las características de la escoria se pueden utilizar como bases para pavimentación, se dará una descripción de las más importantes a continuación:

- Bases granulares: tienen que tener los máximos requisitos de calidad y tener las mejores características físicas y químicas, han de tener: alta capacidad portante, insensibilidad al agua, inalterabilidad de propiedades ante el tráfico y el tiempo.
- Bases de macadán: conjunto de áridos de granulometría discontinua, que se obtiene extendiendo y compactando un árido grueso cuyos huecos se rellenan con un árido llamado 'recebo' se compacta por vibrado (sin agua) o sin vibrado (con agua).
- Bases de zahorra artificial: mezcla de áridos parcial o totalmente machacados la granulometría es de tipo continuo, compactado adecuadamente tiene muy buenas cualidades. Para conseguir esto hay que estudiar la granulometría y los áridos de machaqueo tienen que tener buena forma, duros, pocos degradables y poco o nada plásticos. ( La zahorra natural está formada por suelos no triturados, suelos granulares o mezcla de los dos, granulometría continua, se puede emplear para capas de sub-base)

### **1.7.3. EN LA INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE VIDRIO**

La escoria presenta un contenido de sílice bastante alto, lo cual permite su uso como materia prima para la producción de lana de vidrio y otros materiales termoaislantes<sup>9</sup>.

### **1.7.4. COMO SUSTRATO O COMPONENTE DE UNA MEZCLA EN LA AGRICULTURA**

La escoria cristalizada de horno alto es un residuo metalúrgico, que aunque en parte se utiliza en ingeniería civil, presenta problemas de

---

<sup>9</sup>Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica ISSN 1561-0888 versión impresa

almacenaje y reciclaje, por lo que su incorporación en la formulación de sustratos de cultivo contribuiría a resolver estos problemas.

El termino sustrato se aplica en horticultura a todo material, natural o sintético, que, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, aislado del suelo, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta pudiendo intervenir o no en el proceso de nutrición vegetal.

La escoria es un material altamente poroso y que presenta similitudes al llamado “lapilli volcánico”, que actualmente se utiliza de forma extensiva en la agricultura canaria<sup>10</sup>.

#### **1.7.5. BALASTRO DE FERROCARRIL**

Se llama balastro a cierta clase de material escogido, tal como piedra triturada, grava, escoria, cenizas, etc. que se coloca sobre las terracerías compactadas para dar apoyo y estabilidad a los durmientes o traviesas.

El balastro mantiene a los durmientes alineados y nivelados, permitiendo arrojar el agua fuera de ellos y haciendo posible el alineamiento, nivelación y elevación de la vía o bien la renovación de los durmientes sin tocar el lecho. Cuando se coloca correctamente y tiene suficiente espesor, el balastro proporciona un soporte firme y uniforme a los durmientes y distribuye por igual la presión causada por el peso y el empuje de los trenes que transitan por la vía<sup>11</sup>.

#### **1.7.6. FABRICACIÓN DE CEMENTO**

La escoria sirve también como un elemento para la fabricación de cemento ya que por sus propiedades físicas es un elemento necesario en la composición de este material. A continuación se dará una breve reseña

---

<sup>10</sup> Verónica Arrieta Pico, Utilización de la escoria cristalizada de horno alto como sustrato de cultivo, pág.

<sup>11</sup>Italo Olivos Verdugo, Transporte de Personas y Cargas, pág. 1

de los cementos que en su composición necesitan un porcentaje de escoria:

**a. CEMENTO PORTLAND DE ESCORIA.-** El Cemento Portland de Escoria, se constituye con la mezcla de clinker de portland, sulfato de calcio y escoria granulada en porcentajes comprendidos entre el 25% y el 65% del total, molidos conjuntamente.

La escoria granulada de alto horno, es el subproducto del tratamiento de minerales de hierro del alto horno, enfriados rápidamente y de conveniente composición química<sup>12</sup>.

**b. EL CEMENTO CAÍ**

Este aglomerante que fue el antecesor M Portland, se constituye con porcentajes que fluctúan entre 75% de escoria y 30% de cal como máximo, admitiéndose adiciones de sulfato sódico o yeso crudo hasta el 1%. Se emplea especialmente en albañilería.

**c. CEMENTOS SOBRE SULFATADO**

Está compuesto por escoria granulada y sulfato de calcio. Se fabrica moliendo una mezcla del 80 -85% de escoria granulada 10 - 15 % de anhidrita o yeso fuertemente cocido, y aproximadamente el 5% de cemento portland; se muele más finamente que el Cemento Portland.

**1.8. CLASIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA DE TRITURACIÓN Y MOLIENDA.**

Es extremadamente difícil hacer una clasificación rígida de la maquinaria de trituración, La división de trituradores bastos, trituradores intermedios y molinos finos. Trituradores bastos se definen como aquellos tipos de maquinaria que pueden desarrollarse para tomar, como alimentación,

---

<sup>12</sup>Ing. Manuel Gonzáles de la Cotera, la normalización del cemento portland de escoria, Pág. 2

masas tan grandes como se desee. Los molinos finos se definen como aquellas máquinas que pueden dar un producto que pase por el tamiz de 2000 mallas. Los trituradores intermedios son aquellas máquinas que ordinariamente no pueden tomar masas grandes como alimentación y no producen un producto que pasa por el tamiz de 200 mallas. Los diferentes dispositivos pueden clasificarse en los siguientes tipos<sup>13</sup>:

### **1. Trituradores bastos.**

- a) Trituradores de mandíbulas (quebrantadores).
  - i) Blake.
  - ii) Dodge.
- b) Triturador giratorio

### **2. Intermedios**

- a) De rodillos.
- b) De disco.
- c) De muelas verticales
- d) Desintegradores.
- e) De martillos.
- f) De rodillo único

### **3. Molinos finos.**

- a) De muelas de piedra
- b) Molinos de rodillos.
- c) Centrífugos.
  - i) Raymond.
  - d) De bolas y tubos.
  - e) De tubo
- f) Molinos ultra finos.

---

<sup>13</sup> Mauro Alejandro Trujillo Gavilanes, Diseño, cálculo y construcción de un trapiche, Cap. 4

### **1.8.1 TRITURADORES BASTOS**

Las máquinas del tipo de trituradores bastos se utilizan normalmente cuando la alimentación es del orden de 5 cm en diámetro y mayores.

#### **a. TRITURADORES (QUEBRANTADORES) DE MANDÍBULAS.**

Hay dos tipos, el de Blake y el de Dodge. El de Blake es el más corriente. Un quebrantador típico Blake está representado en la fig. 1.9. Consiste en una armadura rectangular A, de fundición o acero, en uno de cuyos extremos va la mandíbula estacionaria B, que puede ser vertical o inclinada. Las caras de las mandíbulas normalmente son onduladas para concentrar la presión sobre superficies relativamente pequeñas. Sobre los lados de la armadura lleva dos cajas de muñones C, entre las que gira un eje robusto que lleva en un extremo la rueda D, que sirve tanto de polea como de volante. Otro par de cojinetes E llevan un eje F del que va colgada la mandíbula móvil G con su recubrimiento H que sufre el desgaste. La mayor parte de la longitud del eje entre los cojinetes C va accionada por una leva excéntrica J, en la que va colgada la barra de conexión K. Entre el extremo inferior de esta barra de conexión y el plato G, por un lado, y entre la barra y el soporte fijo L, por otro, hay dos barras articuladas M. Cuando gira el eje principal, la leva J hace que la barra de conexión K oscile en sentido vertical y las barras articuladas transforman este movimiento vertical de la barra de conexión en un movimiento alternativo de la mandíbula móvil. Puede existir o no un cojinete ajustable, que consiste en dos bloques L y N, que tiene por objeto ajustar la distancia entre las mandíbulas fija y móvil, y de este modo regular el tamaño del producto. La mandíbula móvil se mueve hacia atrás contra la barra articulada por la varilla de conexión P, el muelle Q y el volante de ajuste. Si accidentalmente caen en el quebrantador, piezas de hierro, podría producirse desperfectos.

El mayor recorrido de la mandíbula móvil se efectúa en el fondo. En el movimiento hacia atrás, el material que ha sido triturado cae libremente, impidiéndose de esta forma que el material fino acumulado alrededor de la alimentación gruesa, pueda amortiguar la trituración. Este es el principal punto de la diferencia entre el tipo Dodge y el Blake. En el Dodge la mandíbula móvil va colgada en el punto inferior. La tendencia del quebrantador Dodge a obturarse con los finos es una desventaja.

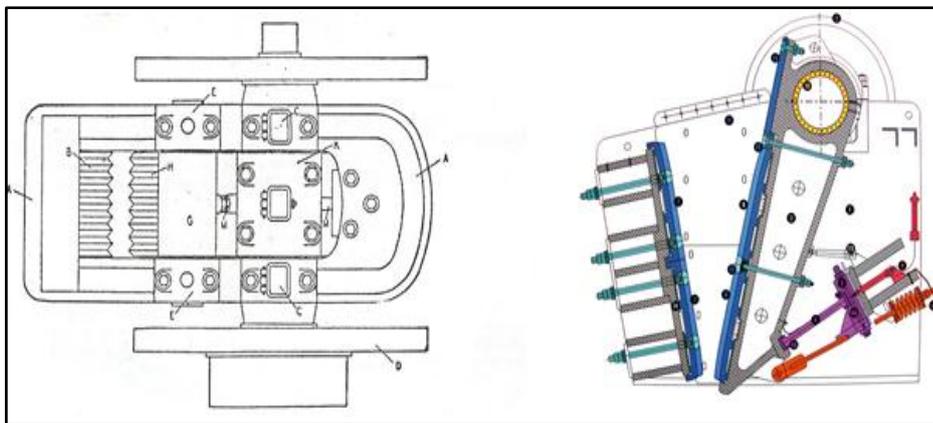


Fig. 1.9. Trituradores (quebrantadores) de mandíbulas

Fuente:[http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

## b. TRITURADORES GIRATORIOS.

Es una máquina rotativa en lugar de alternativa está representada en la fig. 1.10, y tiene una capacidad por unidad de área de descarga mayor que el quebrantador alternativo de mandíbulas. Por estas razones el triturador giratorio utiliza mucho para el troceo previo de rocas duras.

De igual manera que la máquina trituradora de mandíbula, los materiales viajan hacia abajo entre dos superficies siendo progresivamente triturados hasta que son lo suficientemente pequeños para pasar por el espacio existente entre las dos superficies. Una máquina trituradora giratoria, es uno de los tipos principales de trituradoras que se emplean en minas o plantas de procesamiento de minerales. Las máquinas trituradoras

giratorias se pueden diferencia en tamaño ya sea del espacio y diámetro de manto o por el tamaño de abertura de recepción de materiales.

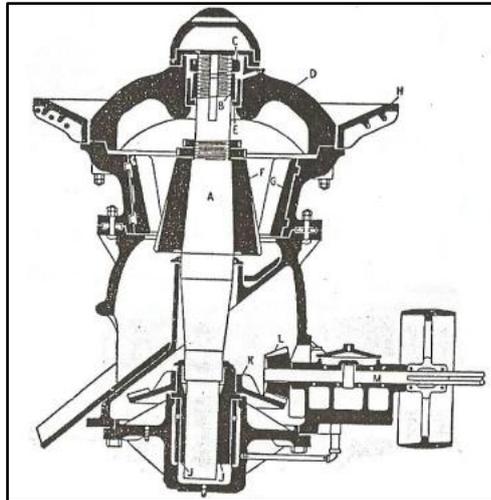


Fig. 1.10. Trituradores giratorios

Fuente:[http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

### **b.1. PARTES DEL TRITURADOR GIRATORIO:**

A, eje principal; B buje giratorio; C, tuerca de seguridad; D armadura en patas de arazá; E, buje fijo; F, cabeza trituradora; G, mandíbulas trituradoras; H, tolva de alimentación; J, cojinete excéntrico; K, engranajes de movimiento; L, piñón de movimiento; M, eje de movimiento.

### **1.8.2. TRITURADORES INTERMEDIOS.**

No admiten una alimentación de gran tamaño o el producto que se obtiene de ellas no pasa por el tamiz de 200 mallas. Los dispositivos varían ampliamente según la clase de materiales para la que son aptos. Algunos pueden admitir una alimentación de hasta 38 a 50mm. Estas máquinas muestran una amplia variedad de construcciones y no es posible decir exactamente las ventajas y desventajas de los diferentes tipos.

### a. TRITURADORES DE RODILLOS.

Los rodillos trituradores (ver fig. 1.11) se han adoptado como el tipo normal que sigue al triturador giratorio. El rodillo móvil se mueve principalmente por fricción con el material que se tritura. Triturador de rodillos: (a) alzado; (b) sección; A, bancada; B, cojinete fijo; C, eje de rodillo fijo; D, rodillo fijo; D rodillo móvil; E, polea principal de movimientos; F, cojinete móvil; G, muelle; H, varilla de unión; J, tuerca de ajuste; K, separadores; L, tornillos; M, polea de movimiento del rodillo móvil; N y N, armaduras principales de los rodillos; P, cubierta de los rodillos.

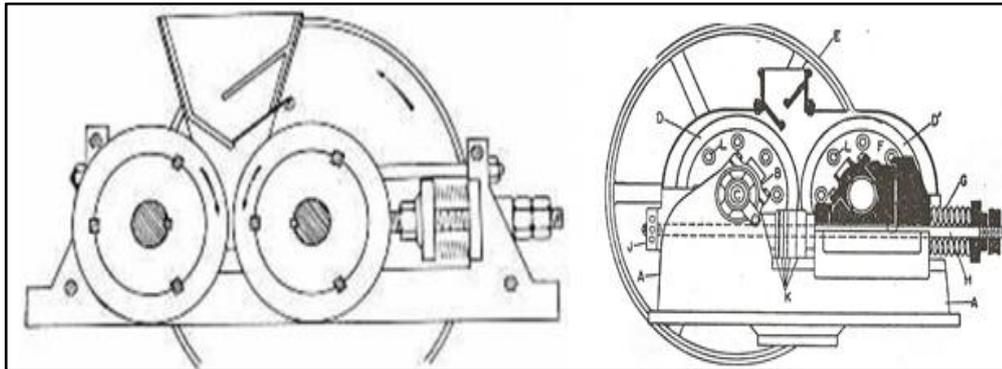


Fig. 1.11. Triturador de rodillos

Fuente: [http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

#### a.1. SELECCIÓN DE LOS TRITURADORES DE RODILLOS.

En la figura, sean  $A_1$  y  $A_2$  los centros de los dos rodillos, y  $B$  una partícula esférica del material, en el momento en que es cogida entre los mismos. Existe una fuerza  $r$  que actúa sobre la partícula y que forma un cierto ángulo  $\alpha$  con la línea  $A_1$  y  $A_2$  de los centros. Esta fuerza  $r$  puede descomponerse en los dos componentes  $m$  y  $n$ .

También existe la fuerza  $t$ , que tiene a arrastrar la partícula entre los rodillos que depende de la fuerza  $r$  y del coeficiente de rozamiento entre el material que se tritura y la superficie del rodillo. Las fuerza  $e$  y  $m$  tienen

dirección opuestas. La tangente del ángulo  $\alpha$  debe ser menor que el coeficiente de rozamiento. En la fig. 1.12 se explica esta teoría más gráficamente.

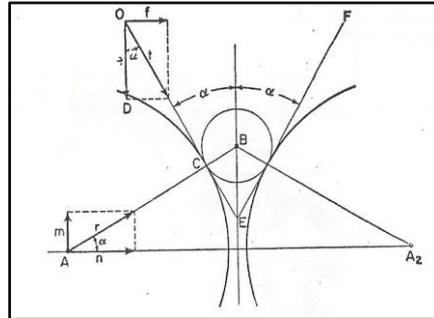


Fig. 1.12. Forma de actuar la trituration de rodillo

Fuente: [http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

#### b. TRITURADORES DE DISCO O CONO.

Son semejantes en principio a los giratorios, pero están modificados para admitir una alimentación y dar un producto más pequeño. Pueden trabajar con el eje principal vertical u horizontalmente. En la fig. 1.13 se muestra un pequeño esquema de cómo son estas máquinas.

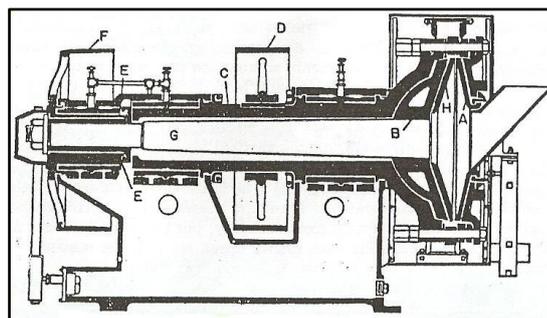


Fig. 1.13. Trituradores de disco o cono

Fuente: [http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

#### b.1. PARTES DEL TRITURADOR DE DISCO SYMONS:

A, H, platos de molienda; B, cojinete esférico; C, eje hueco; D, polea de movimiento; E, cojinete excéntrico; F, polea de movimiento, del cojinete

excéntrico; G, eje macizo. Resulta una acción de molienda muy similar a la de los trituradores giratorios, aunque este dispositivo no está habilitado para admitir una alimentación tan gruesa como los giratorios. Esta máquina se utiliza únicamente para rocas duras.

### **c. MOLINOS DE MUELAS.**

El tipo más antiguo es el Arastra, que consiste en una plataforma circular formada por piedras ásperas y un poste en el centro de ellas. Unos brazos horizontales salen de este poste, a los que van unidas unas pesadas piedras por medio de unas cadenas. Una mula o un buey uncido a un largo brazo hacen el situado sobre el suelo. Este dispositivo primitivo se utilizó ampliamente y está fuera de uso actualmente, pero varios de los dispositivos más utilizados se han desarrollado a partir de él.

El primer más claro desarrollo fue el mover el eje central con máquina y reemplazar las piedras que se arrastraban por los brazos laterales, por pesadas muelas de molino. El primer molino con este principio fue el PuttyChaser, que realmente es mucho más una máquina de mezclar que un molino. Consiste en una cazoleta estacionaria que tiene varios cientos de kilogramos de carga. En el centro de esta cazoleta hay un eje vertical que gira por medio de un engranaje cónico y piñón. A este eje está unido otro eje, que lleva montada una pesada muela de acero o granito; que gira libremente alrededor de su propio eje. Al eje vertical va unida cualquier clase de hoja o reja que rasca el material del bode exterior de la plataforma y lo devuelve al camino de la muela.

El triturador de este tipo utilizado con más frecuencia es aquel en que la plataforma gira y el eje horizontal de las muelas es estacionario. Esta máquina es muy utilizada en la industria arcillera, pero poco en las demás. Se conocen corrientemente con el nombre de plataforma seca o plataforma mojada, según que la arcilla se muele sin o con adición de agua. No es apropiada para triturar rocas duras.

El tipo de plataforma seca está representado en la fig. 1.14. Existe normalmente algún rasgador para arrancar continuamente el material del frente de las muelas según va girando la plataforma.

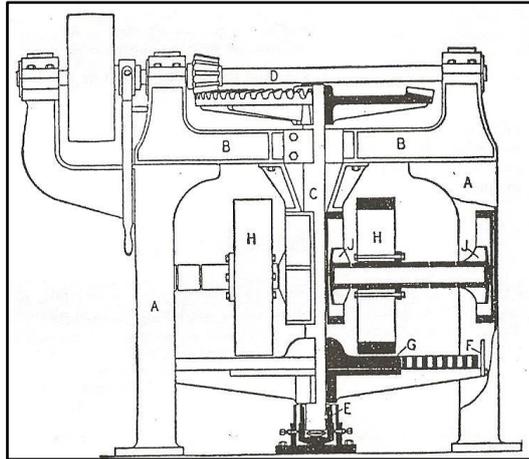


Fig. 1.14. Molinos de muelas

Fuente:[http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales_apuntes_.html)

#### **c.1. PARTES DEL MOLINO DE MUELAS VERTICALES EN SECO:**

A, armaduras; B, yugo; C, eje principal; D, eje; E, ranura; F, artesa; G, anillo de recubrimiento; H, muelas; J, cajas de cojinetes. La totalidad del fondo de la plataforma puede ser sin taladros, en cuyo caso el aparato funciona en régimen discontinuo, si el espacio entre el anillo G y el anillo exterior está cubierto por chapas perforadas, el material que llega a tener una figura apropiada pasa a través de estas perforaciones y cae fuera del aparato, y únicamente el material que no llega a ese grado de figura permanece para ser rascado y llevado debajo de las muelas. Este aparato funciona continuamente y puede trabajar en seco o en húmedo.

#### **d. DESINTEGRADOR DE JAULA DE ARDILLA.**

Se denomina desintegrador (fig. 1.14), debido a que es apto para desintegrar materiales fibrosos que no sean muy duros. Desintegrador de jaula de arcilla: A, A', discos giratorios; B, barras desintegradoras; C, C',

poleas de movimiento; D, D', ejes de movimiento; E, E', soportes de cojinetes; F', balanceada.

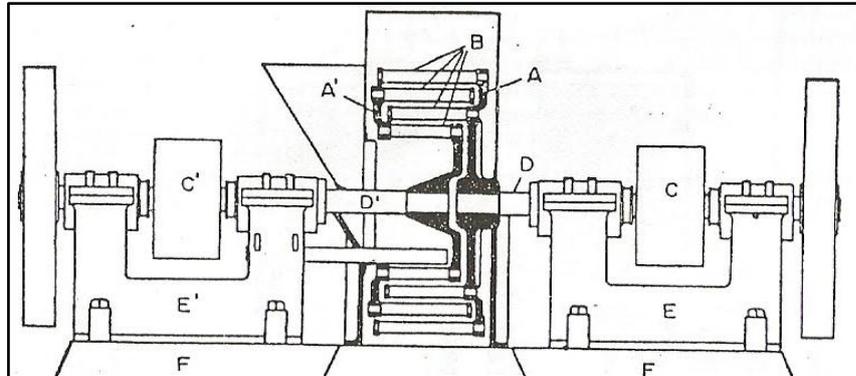


Fig. 1.15. Desintegrador de jaula de ardilla

Fuente:[http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

La fuerza centrífuga impartida por el rápido giro de las jaulas lanza al material de una jaula a otra, y lo subdivide casi completamente por el impacto con las barras de tal manera que es desgarrado o desintegrado antes de alcanzar las carcavas. Se utiliza principalmente en la industria de fertilizantes.

#### e. MOLINOS DE MARTILLOS.

Operan más por impacto que por presión. El eje se hace girar a alta velocidad y la fuerza centrífuga hace que los martillos salgan hacia fuera de los platos. El material frágil o friable, es golpeado por impacto contra los platos rompedores o contra las barras, se rompe y cae a través del tamiz. Utilizando martillos de diferentes pesos y barras tamizadoras de diferentes secciones rectas, la máquina puede adaptarse a los materiales en la figura 1.16 se aprecia el esquema básico de estos trituradores.

Hay muchos tipos de estos molinos que difieren en detalles de construcción y en la forma de las barras martillos, pero la forma de trabajar de todos los molinos de este tipo es esencialmente la misma.

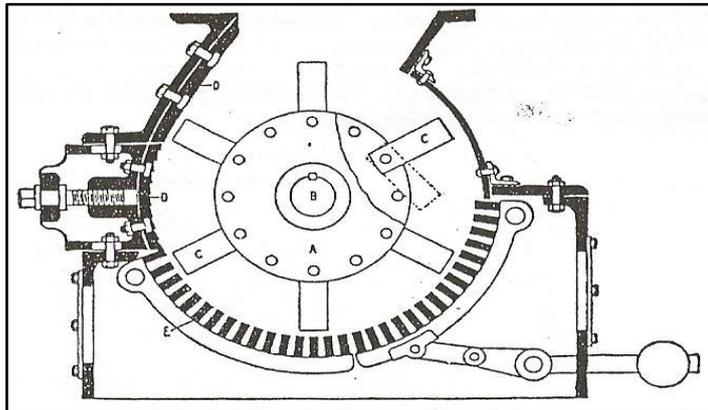


Fig. 1.16. Molinos de martillos

Fuente:[http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

#### e.1. PARTES DEL MOLINO DE MARTILLOS:

A, disco giratorio; B, eje; C, martillos; D, platos quebrantadores; E, barras de la criba. Hay un cierto número de modificaciones de este tipo en los que los martillos son más pequeños y se utiliza un solo anillo de ellos. En estos casos, tanto las barras del tamiz como las superficies de la envuelta actúan como superficies de trituración.

#### f. TRITURADORES DE RODILLO ÚNICO.

Depende principalmente del impacto, pero no se clasifica como molino de martillos. El rodillo único (fig. 1.17) está provisto de ondulaciones o dientes de diferentes tamaños y gira a una velocidad relativamente alta. Su acción es similar a la del molino de martillos, donde se efectúa la trituración por los dientes que llevan al material que hay que moler contra el plato rompedor, moliéndose por impacto más que por presión. Estas máquinas se construyen en una gran variedad de tipos y son muy empleadas para moler carbón.

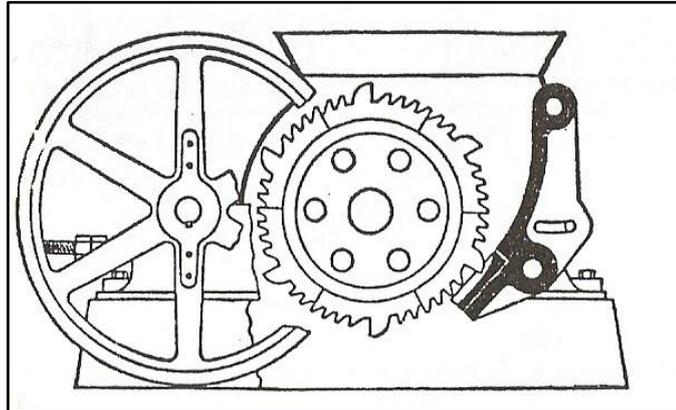


Fig. 1.17. Trituradores de rodillo único

Fuente:[http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

### **1.8.3. MOLINOS FINOS.**

La mayor parte del producto pasa por el tamiz de 200 mallas. Este es el criterio de molino fino, no porque la partícula que pasa por el tamiz de 200 mallas sea más pequeña que se puede producir, sino porque el tamiz de 200 mallas es el tamiz más fino que ordinariamente se emplea para analizar los productos industriales. La producción de un molino fino puede tener que cumplir tales especificaciones.

#### **a. MOLINO DE MUELAS DE PIEDRA.**

El molino de muelas de piedras (fig.1.18) es probablemente el tipo de molino más antiguo que aún permanece en uso. Los molinos de muelas se distinguen como de movimiento inferior o superior, no por la situación del mecanismo de movimiento, sino según la inferior o la superior la muela que se mueve.

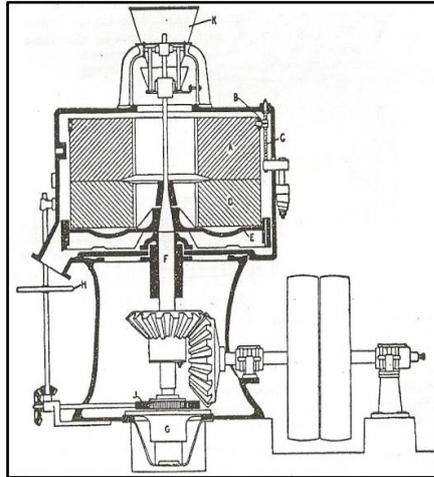


Fig. 1.18. Molino de muelas de piedra

Fuente:[http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

#### **a.1 PARTES DEL MOLINO DE MUELAS DE PIEDRA:**

A, piedra superior; B, banda metálica; C, espárragos; D, piedra inferior; E, soporte de patas de araña; F, eje principal; G, rangua; H, volante de ajuste; J, engranaje de ajuste; K, alimentador.

El material se trabaja gradualmente entre las muelas y sale finalmente por la conexión indicada. Las piedras utilizadas son de una arenisca especial que se encuentra en pocas localidades.

Una característica particular de las muelas de piedra es el método de tallado de sus caras. Este método de tallado ha permanecido fijo durante años, y su origen es incierto. El uso de los molinos de muelas de piedra para moler granos está disminuyendo rápidamente, siendo reemplazado por los molinos de rodillos, más modernos.

#### **b. MOLINOS DE RODILLOS.**

Se utiliza para la molienda de granos en la fabricación de harina. Puesto que este molino tiene una acción cortante en lugar de una acción de trituración o de fricción, puede utilizarse cuando el material ha de

reducirse a un tamaño moderadamente fino. Está formado por dos pares de rodillos, y los rodillos de cada par giran el uno hacia el otro. Los rodillos tiene su superficie con ondulaciones, y uno de los rodillos de cada par gira más rápido que el otro, lo que da origen a una acción de corte en lugar de una de presión que es la que se tiene en los molinos trituradores ordinarios. Uno de los rodillos de cada par gira en cojinetes fijos. En la figura 1.19 se puede ver un molino de rodillos con sus partes principales.

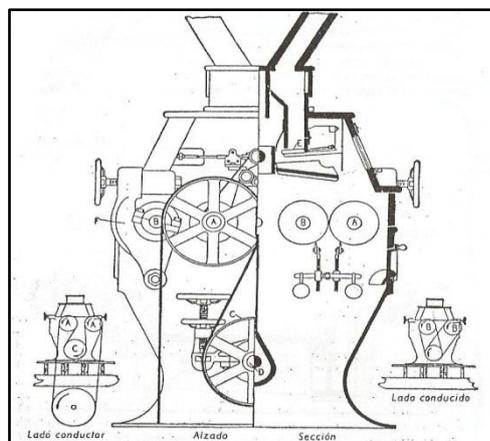


Fig. 1.19. Molinos de rodillos

Fuente:[http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

### **b.1 PARTES DEL MOLINO DE RODILLOS:**

A, rodillo rápido; B, rodillo lento; C, polea loca; D, eje loco; E, alimentador; F, trinquetes.

### **c. MOLINOS CENTRÍFUGOS.**

La moliendo se hace por una o más muelas rotativas que ejercen una presión sobre el material y lo trituran total o parcialmente por molienda fina, el Raymond combina en una sola unidad una máquina de moler y un separador de aire. Las cabezas muelen por acción de laminado en lugar de acción de frotamiento (fig. 1.20). Todas las partes deben proyectarse muy cuidadosamente para asegurar que todas las superficies sobre las que existe rozamiento están libres de polvo.

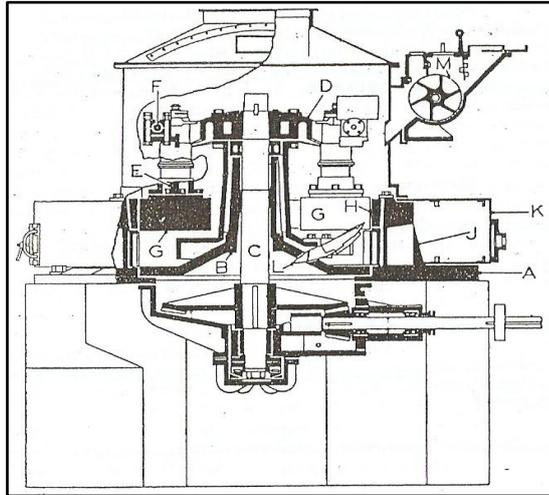


Fig. 1.20. Molinos centrífugos

Fuente: [http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

#### **c.1. PARTES DEL MOLINO DE RAYMOD:**

A, base fundida; B, manguito vertical; C, eje de movimiento; D, brazo de la armadura; E, eje de la muela; F, eje horizontal; G, muela; H, anillo de molienda; J, aletas; K, envuelta de chapa metálica; L, arados; M, dispositivos de alimentación.

Alrededor de la base, hay una serie de aberturas provistas en su interior de aletas directoras J, y alrededor de estas aberturas va una cubierta ligera de chapa metálica K, en el interior de la que se insufla aire a una presión moderada. Este aire sube a través del molino, eleva el material que tenga la suficiente figura como para quedar suspendido y lo lleva a través de la parte superior de la cubierta al separador de polvos. El material que no ha sido pulverizado cae al fondo, y aquél es tomado por las piezas L, y lanzado nuevamente al anillo de molienda.

#### **d. MOLINOS DE BOLAS**

La fig. 1.21 representa un molino de bolas en sección. Está formado por un cilindro horizontal. El tamiz de descarga es un tamiz de mallas grandes

que tiene por objeto retener las bolas, pero no tamizar las partículas que no han sido molidas al tamaño desaseado.

Si el molino gira a mayor velocidad, será mayor el consumo de potencia, pero la figura, para una capacidad dada o la capacidad para una finura dada, aumentan. También, cuánto más pequeñas sean las bolas, mayor será la finura del producto. Finalmente, cuanto más rápida sea la alimentación del molino más rápida será la descarga que llega al otro extremo y el producto será más grueso. Pueden trabajar tanto en húmedo como en seco.

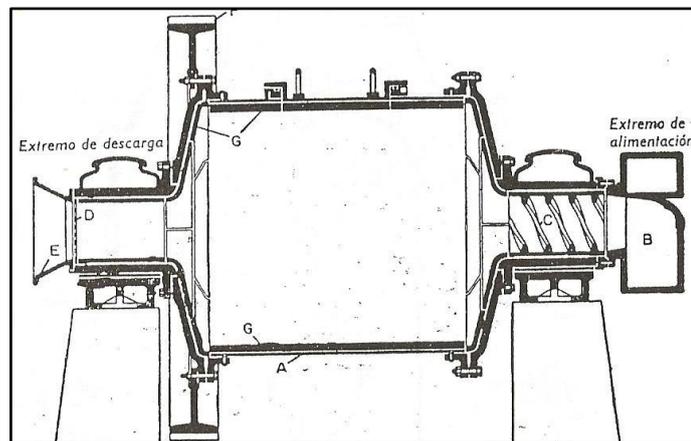


Fig. 1.21. Molinos de bolas

Fuente:[http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

#### d.1. PARTES DEL MOLINO DE BOLAS:

A, envuelta; B, caracol de alimentación; C, espiral de alimentación; D, tamiz de descarga; E, embudo de descarga; F, engranaje de movimientos; G, placas de revestimiento.

#### e. MOLINOS DE TUBO

Operan de la misma forma que un molino de bolas, diferenciándose en que su longitud es mucho mayor, en que se cargan con guijarros de pedernal en lugar de con bolas metálicas y en que el tamaño medio de las

bolas es menor que en los molinos de estas. Produce un producto más fino, se emplea mucho en la molienda de rocas duras y el clinker de cemento portland trabaja a pequeñas velocidades. Los revestimientos se reemplazan a medida que se desgastan, mientras que la envuelta exterior es permanente. Una modificación del molino de tubo (fig. 1.22) es el molino de barras, en el que los agentes que efectúan la moliendo, en lugar de ser bolas o guijarros, son barras paralelas al eje de molino.

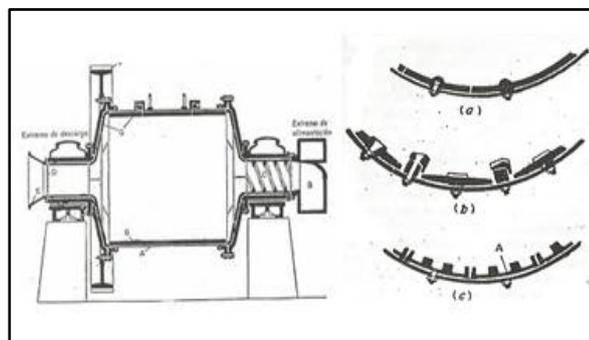


Fig. 1.22. Molinos de tubo

Fuente: [http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

#### f. MOLINOS ULTRAFINOS

Puede moler hasta 5 micrones o menos. Puede tratar grandes toneladas, pero su compartimiento puede ser muy importante. Estas máquinas algunas veces se denominan molinos coloidales. La molienda se efectúa por impactos a alta velocidad, y esta alta velocidad se obtiene por chorros de fluido en la figura se tiene un modelo básico de estos trituradores.

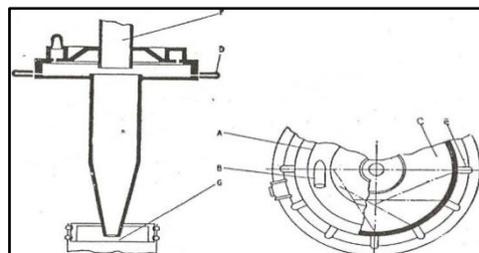


Fig. 1.23. Molinos ultrafinos

Fuente: [http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-\\_apuntes\\_.html](http://www.taringa.net/posts/info/11884200/Trituracion-y-Molienda-de-Minerales-_apuntes_.html)

#### f.1. PARTES DEL MICRONIZADOR:

A, anillo de alimentación; B, toberas tangenciales de alimentación; C, cámara de molienda; D, dispositivo de aire; E, toberas de aire; F, descarga del aire; G, descarga del producto.

#### 1.8.4. SELECCIÓN DE LA MÁQUINA

Para seleccionar la máquina que va a disponer de mayor desempeño para el trabajo a realizarse se ha decidido realizar un análisis en la cual tendremos las principales ventajas y desventajas de cada trituradora, y poder seleccionar la trituradora que más se adjunte a nuestras necesidades, ver tabla 1.2.

Tabla 1.2. Ventajas y desventajas de las máquinas trituradora

<b>Máquina</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Trituradores de mandíbulas	-Para materiales duros -Velocidades medias -Altas capacidades -Poco mantenimiento	-Alta potencia -Alto costo -Necesita trituración secundaria
Triturador giratorio	-Alta eficiencia -Menor costo	-Capacidades medias -Velocidad media -Necesita trituración secundaria
De rodillos	-No necesita trituración secundaria -Grandes aperturas de entrada	-Potencias altas -Baja capacidad -Difícil construcción
De disco	-Gran amplitud de la boca de entrada -Se necesita poco mantenimiento -ideal para procesos de producción intermitentes	-Alto costo -Difícil construcción -Los discos se desgastan con facilidad

<b>Máquina</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
De muelas verticales	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Su costo de construcción es bajo</li> <li>- No genera ningún tipo de residuos tóxicos</li> <li>-Su costo de mantenimiento es bajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Este dispositivo es de uso primitivo</li> <li>-Actualmente está fuera de uso</li> <li>-Animales dan la fuerza motriz para esta máquina</li> </ul>
Desintegradores	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Requiere motor de baja potencia</li> <li>-Larga vida útil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No tritura materiales duros</li> <li>-Es de uso agrícola (granos, forraje)</li> </ul>
De martillos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produce un amplio rango de tamaño de partículas</li> <li>- Bajo costo de mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede generar calor.</li> <li>- Puede generar ruidos y emisiones de polvo</li> <li>-No hay uniformidad en el tamaño de partículas</li> </ul>
De rodillo único	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se adapta fácilmente a los lugares apretado</li> <li>- resistente al desgaste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Difícil construcción</li> <li>-Repuestos muy costosos</li> </ul>
De muelas de piedra	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Costo de construcción bajo</li> <li>- Tracción a motor o animal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Para trituración fina</li> <li>-Tiene un diseño antiguo</li> <li>-Se lo utiliza muy poco en la actualidad</li> </ul>

<b>Máquina</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Molinos de rodillos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Utilizan 30-50% menos energía</li> <li>-Excelente capacidad de secado cuando se muele escoria de alto horno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Para trituración fina</li> <li>- Se utiliza para la molienda de granos</li> </ul>
Centrífugos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No es fácil dañar el equipo</li> <li>- La instalación es fácil</li> <li>- El tamaño del grano del producto final es uniforme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Para trituración fina</li> <li>-Necesita de mantenimiento constante</li> <li>-El volumen es pequeño</li> </ul>
De bolas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pueden trabajar tanto en húmedo como en seco.</li> <li>-Se limpia muy fácilmente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Para trituración fina</li> <li>-Gran capacidad de demolición</li> <li>-Fácil de instalar y programar</li> </ul>
De tubo	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se emplea mucho en la molienda de rocas duras</li> <li>-Su mantenimiento se hace de una manera fácil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Para trituración fina</li> </ul>
Molinos ultra finos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se tiene uniformidad en la granulación de salida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Para trituración fina</li> <li>-No admite bloques grandes para la trituración</li> </ul>

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

De acuerdo a la tabla 1.2 se ha decidido utilizar el triturador de mandíbulas ya que necesitamos una máquina robusta que tenga una gran capacidad de trituración.

El proceso que estamos elaborando es la trituración primaria por esta razón la trituradora de mandíbulas es la que más se ajusta con las necesidades además necesitamos una máquina que sea lo suficientemente fuerte para poder reducir la granulación de materiales duros como son: la escoria, electrodos de carbono o grafito, ladrillo refractario.

## **1.9. SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE ANÁLISIS DE LA MÁQUINA TRITURADORA**

### **1.9.1. INTRODUCCIÓN**

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de manejar. Su filosofía de trabajo permite plasmar sus ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas y lentas<sup>14</sup>.

Las principales características que hace de SolidWorks una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser asociativo, variación al y paramétrico de forma bidireccional con todas sus aplicaciones. Además utiliza el Gestor de diseño que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados. Junto con las herramientas de diseño de Pieza, Ensamblajes y Dibujo.

---

<sup>14</sup>Introducción a Solid Works, capítulo 1

## 1.9.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE SOLIDWORKS.

### a. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS CLAVE

Los parámetros clave son las dimensiones (cotas) y las Relaciones Geométricas que definen un modelo tridimensional. Asocia a cada una de las cotas de un croquis así como a las operaciones tridimensionales un nombre que permite modificarla en cualquier momento y su actualización en el resto de documentos asociados.

### b. ASOCIATIVIDAD

Contiene tres módulos: Pieza, Ensamblaje y Dibujo mostrados en la figura 1.24. La creación de un documento en cada uno de ellos genera un fichero con distinta extensión. Los documentos, aunque no pueda observarse, están asociados y vinculados entre ellos.

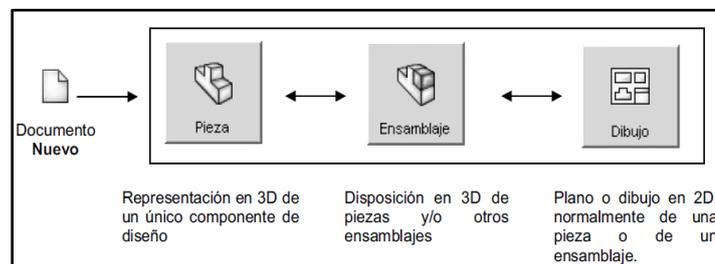


Fig. 1.24. Módulos de SolidWorks  
Fuente: Introducción a SolidWorks

Para realizar un conjunto o ensamblaje debe diseñar cada una de las piezas que lo conforman y guardar como ficheros de pieza distintos (cada uno con un nombre). El módulo de ensamblaje permite insertar cada una de las piezas y asignar relaciones geométricas de posición para definir tridimensionalmente el ensamblaje. Finalmente, puede obtener los planos las piezas o del propio ensamblaje de forma automática.

Cuando se dice que SolidWorks es asociativo quiere decir que todos los documentos (Pieza, Ensamblaje o Plano de la fig.1.25) están vinculados y

que la modificación de un fichero de pieza modifica el ensamblaje y los planos asociados de forma automática, sin la participación del usuario. Los ficheros se actualizan aunque se encuentren cerrados.

Es importante tener los documentos de un ensamblaje juntos en una misma carpeta. Para abrir un ensamblaje SolidWorks necesita los ficheros de las piezas de que se compone. Si los ficheros no se encuentran en la misma carpeta debe buscarlos de forma manual.

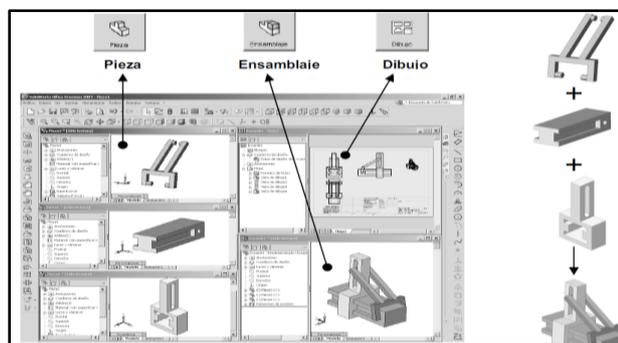


Fig. 1.25. Vinculación de los módulos de SolidWorks  
Fuente: Introducción a SolidWorks

### c. FUNCIONES GEOMÉTRICAS INTELIGENTES

La creación de Taladros, Chaflanes, Redondeos, Vaciados o la creación de Nervios, entre otras operaciones mostradas en la fig.1.26, son creadas de forma rápida, ágil e intuitiva. En muchas operaciones el proceso de definición esta guiado y puede pre visualizar la operación antes de su aceptación definitiva.

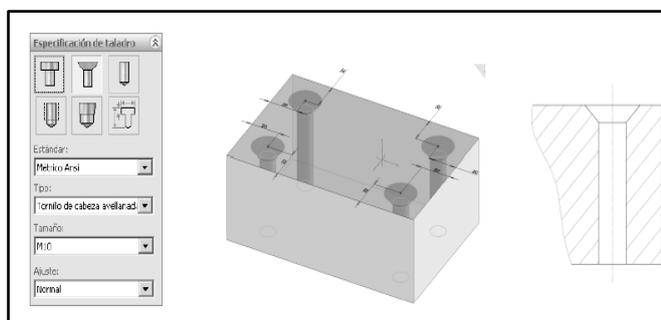


Fig. 1.26. Funciones Geométricas Inteligentes  
Fuente: Introducción a SolidWorks

#### d. GESTOR DE DISEÑO

También es conocido como árbol de operaciones o FeatureManager. En él se incluyen de forma histórica todas las operaciones que han sido necesarias efectuar para conformar la pieza durante su diseño. Las operaciones recientes se encuentran al final del árbol mientras que las más antiguas son las primeras en aparecer.

El Gestor de Diseño (fig. 1.27) permite visualizar/ocultar operaciones, Suprimirlas o Eliminarlas, Cambiar el color y, lo que es más importante, Modificar sus parámetros de definición. Puede establecer nuevas relaciones de posición geométrica o modificar la dimensión de una cota de croquis u operación.

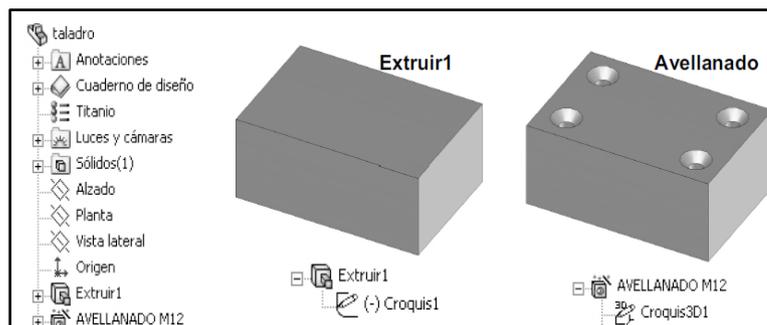


Fig. 1.27. Gestor de diseño  
Fuente: Introducción a SolidWorks

Así, por ejemplo, si efectúa un taladro avellanado M12 a 10 mm de los lados de una placa puede modificar el tipo de taladro, su distancia a las caras y la profundidad del mismo en cualquier momento con sólo editar su operación desde el Gestor de Diseño.

#### 1.9.3. MÓDULOS DE SOLIDWORKS

SolidWorks contiene tres módulos: Pieza, Ensamblaje y Dibujo. En cada uno de ellos se disponen de múltiples herramientas de Productividad, Comunicación y Análisis-simulación.

## a. PIEZA

El Módulo de Pieza constituye un entorno de trabajo dónde puede diseñar modelos mediante el empleo de herramientas de diseño de operaciones ágiles e intuitivas. Su facilidad de uso se debe al empleo de un entorno basado en Microsoft Windows y en el uso de funciones clásicas como arrastrar y colocar, cortar y pegar o marcar y hacer clic con el ratón.

El conjunto de funciones e iconos permiten crear modelos tridimensionales (3D) partiendo de geometrías de croquis (2D) y obtener sólidos, superficies, estructuras metálicas, piezas de chapa, piezas multicuerpo, etc.

Los modelos creados se gestionan mediante el Gestor de Diseño dónde se incluyen todas las operaciones 3D y 2D utilizadas en la obtención de la pieza. Puede modificar operaciones sin necesidad de eliminar y volverlas a crear.

El Módulo de Pieza (fig. 1.28) está totalmente integrado con el resto de módulos y funcionalidades de forma que cualquier cambio en su modelo 3D se actualiza en el resto de ficheros asociados

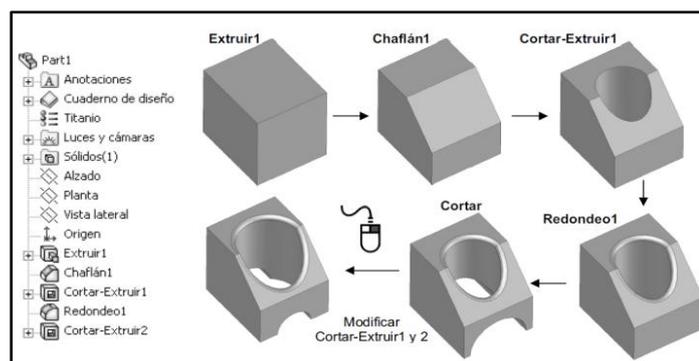


Fig. 1.28. Módulo de Pieza  
Fuente: Introducción a SolidWorks

## b. ENSAMBLAJE

En Módulo de Ensamblaje (fig. 1.29) está formado por un entorno de trabajo preparado para crear conjuntos o ensamblajes mediante la inserción de los modelos 3D creados en el Módulo de Pieza. Los ensamblajes se definen por el establecimiento de Relaciones Geométricas entre las piezas integrantes.

La creación de ensamblajes permite analizar las posibles interferencias o choques entre los componentes móviles insertados así como simular el conjunto mediante motores lineales, rotativos, resortes y gravedad y evaluar la correcta cinemática del conjunto (Ensamblajes, Dibujo, etc.) de forma bidireccional.

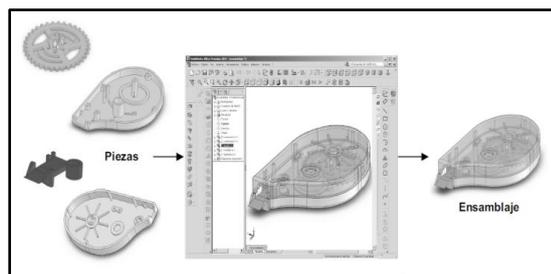


Fig. 1.29. Módulo de Ensamblaje  
Fuente: Introducción a SolidWorks

## c. PLANO O DIBUJO

Es el tercer módulo integrado en SolidWorks (fig. 1.30) que permite crear planos con las vistas de los modelos o ensamblajes de forma automática y en muy poco tiempo. La obtención de las vistas, alzado, planta y perfil requiere únicamente pulsar sobre un icono o arrastrar la pieza 3D desde su ventana hasta la ventana del dibujo.

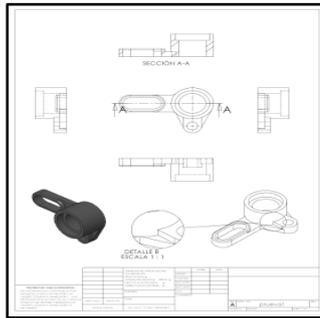


Fig.1.30. Plano o dibujo

Fuente: Introducción a SolidWorks

El Módulo de Dibujo permite obtener proyecciones ortogonales (Vistas Estándar), Secciones y Cortes, Perspectivas, Acotación, Lista de materiales, Vistas Explosionadas, entre otras muchas funciones. Los documentos de dibujo están totalmente asociados a las piezas y ensamblajes de forma que cualquier cambio en ellas se actualizan en tiempo real en sus planos, sin tener que modificarlos de forma manual.

### 1.10. PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)

El PLC (fig. 1.31) es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los equipos. Es importante conocer sus generalidades y lo que un PLC puede hacer por un proceso, pues se podría estar gastando mucho dinero en mantenimiento y reparaciones, cuando estos equipos solucionan el problema se dice que se pagan solos.

Además, programar un PLC resulta bastante sencillo. La historia de los PLC nos dice que fueron desarrollados por Ingenieros de la GMC (General Motors Company) para sustituir sus sistemas basados en relevadores. La palabra PLC es el acrónimo de Controlador Lógico Programable (en inglés Programmable Logic Controller).



Fig. 1.31. PLC (Controlador Lógico Programable)  
Fuente: <http://maleonhe.blogspot.com/2010/05/plc.html>

### 1.10.1 CAMPOS DE APLICACIÓN

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc, por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

#### **a. EJEMPLOS DE APLICACIONES GENERALES:**

- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transferidoras
- Maquinaria de embalajes
- Maniobra de instalaciones
- Instalación de aire acondicionado, calefacción
- Instalaciones de seguridad
- Señalización y control:
- Chequeo de programas
- Señalización del estado de procesos

#### **1.10.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES**

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones obligan a referirse a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

#### **a. VENTAJAS**

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos
- No es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.

- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata. Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

#### **b. INCONVENIENTES**

- Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.
- El costo inicial también puede ser un inconveniente.

### **1.10.3. FUNCIONES BÁSICAS DE UN PLC**

#### **a. DETECCIÓN:**

Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.

#### **b. MANDO:**

Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

**c. DIALOGO HOMBRE MÁQUINA:**

Mantener un diálogo con los operarios de producción, obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso.

**d. PROGRAMACIÓN:**

Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina.

**e. REDES DE COMUNICACIÓN:**

Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómetas a tiempo real. En unos cuantos milisegundos pueden enviarse telegramas e intercambiar tablas de memoria compartida.

**f. SISTEMAS DE SUPERVISIÓN:**

También los autómetas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

**g. CONTROL DE PROCESOS CONTINUOS:**

Además de dedicarse al control de sistemas de eventos discretos los autómetas llevan incorporadas funciones que permiten el control de procesos continuos. Disponen de módulos de entrada y salida analógicas y la posibilidad de ejecutar reguladores PID que están programados en el autómeta.

#### **h. ENTRADAS- SALIDAS DISTRIBUIDAS:**

Los módulos de entrada salida no tienen por qué estar en el armario del autómatas.

Pueden estar distribuidos por la instalación, se comunican con la unidad central del autómatas mediante un cable de red.

#### **i. BUSES DE CAMPO:**

Mediante un solo cable de comunicación se pueden conectar al bus captadores y accionadores, reemplazando al cableado tradicional. El autómatas consulta cíclicamente el estado de los captadores y actualiza el estado de los accionadores.

#### **1.10.4. CLASIFICACIÓN DE PLC.**

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías.

##### **a. PLC TIPO NANO:**

Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU e I/O integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/O, generalmente en un número inferior a 100.

Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

##### **b. PLC TIPO COMPACTOS:**

Estos PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta varios cientos ( alrededor de 500 I/O ) , su tamaño

es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- Entradas y salidas análogas
- Módulos contadores rápidos
- Módulos de comunicaciones
- Interfaces de operador
- Expansiones de i/o

**c. PLC TIPO MODULAR:**

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final, estos son:

- Rack
- Fuente de Alimentación
- CPU
- Módulos de I/O

De estos tipos existen desde los denominados Micro PLC que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O.

## **CAPÍTULO II**

### **DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES**

#### **2.1. PARÁMETROS DE DISEÑO**

Como se ha mencionado en este proyecto se pretende obtener una trituración de la escoria debido a que en este desperdicio se aloja una cantidad considerable de materia prima la cual podría ser reutilizada.

Tomando en cuenta las capacidades de producción y especificaciones que tienen las máquinas industriales semejantes que existen en el mercado se determina las principales características que debe tener la máquina trituradora de escoria.

- Capacidad máxima de trituración: 2 toneladas por hora
- Sistema de trituración: comprende todo el sistema mecánico que da la fuerza necesaria para comprimir la escoria a medidas requeridas.
- Sistema de regulación: el cual nos permite tener una abertura de 1cm a 7 cm en la salida del material ya triturado mediante un tornillo sin fin.
- Sistema de automatización y control: gobernado mediante un PLC (controlador lógico programable).
- Sistema eléctrico: Para la potencia y control de la máquina.

En base a estas características generales de la máquina trituradora, a continuación se describe las características específicas y los requisitos que deben cumplir cada uno de los sistemas antes mencionados.

## **2.2 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS PARA DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DE LA MÁQUINA**

Para que el proceso de trituración de escoria sea eficiente y se obtenga un resultado de calidad, la secuencia de procesos que se debe desarrollar en la máquina son los siguientes:

### **2.2.1. SISTEMA DE TRITURACIÓN**

Después de ser introducida la escoria, procede a funcionar la máquina con el movimiento de un motor trifásico, el cual por medio de poleas permite el giro de un eje excéntrico, debido a su excentricidad facilita la movilidad de una muela móvil que es realiza el proceso de triturado mediante impacto y fricción contra su otra muela que está en una posición fija.

### **2.2.2 SISTEMA DE REGULACIÓN**

Para la máquina se requiere una regulación de 1 cm a 7 cm, estará controlada con un tornillo sin fin el cual estará acoplado en coronas que van a desplazar a la muela móvil hasta que la abertura de la descarga sea la adecuada. Para esta regulación vamos a pasar por pasos que se explican a continuación:

1. Por medio de un tablero elegimos la abertura que se requiere.
2. El motor primario se apaga y entra el motor de control.
3. El motor de control regula la abertura.
4. El motor de control se apaga y entra el motor primario.

### **2.2.3. SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN**

La automatización es el sistema donde se transfieren tareas de producción, como es el control principal de la máquina, la misma que tendrá que

cumplir parámetros y condiciones de funcionamiento de acuerdo a la programación que se realice.

La máquina tiene un mando principal que habilita su funcionamiento, con la condición que primero se debe seleccionar la abertura de la muela, con la abertura de la muela a la medida requerida por el usuario procede a la trituración, si existe sobrecarga o materiales muy duros la trituradora deberá parar y proceder a la abertura total de la mandíbula y luego de un tiempo reiniciar con su trabajo de forma normal.

#### **2.2.4 SISTEMA ELÉCTRICO**

El sistema eléctrico es parte vital en el funcionamiento y rendimiento de la máquina trituradora, todo esto se va a controlar mediante un PLC, el sistema eléctrico va a proporcionar de la fuerza y la velocidad necesaria para que los volantes den movilidad a la máquina. El sistema eléctrico tendrá las protecciones necesarias contra las fallas eléctricas.

#### **2.3. DISEÑO MECÁNICO**

En esta sección se muestra el resultado de la búsqueda de un diseño eficiente de la máquina que cumpla con toda la secuencia de procesos descrita en la sección 2.2. Para ello se partió de una idea preliminar la misma que se fue corrigiendo y mejorando durante la etapa de diseño, hasta llegar al diseño definitivo que se describirá en los cálculos realizados en este capítulo y que garantizara el correcto funcionamiento de la trituradora de escoria, para facilitar el proceso iterativo de correcciones y mejorar el diseño preliminar es necesario utilizar los diferentes módulos del software SolidWork, para con su ayuda realizar de forma rápida y precisa el análisis cinético de esfuerzos de las diferentes alternativas de diseño hasta llegar a obtener las dimensiones, formas y perfiles más adecuados que garanticen un satisfactorio funcionamiento de la máquina.

### 2.3.1. DISEÑO DE SISTEMA DE TRITURACIÓN

#### a. DIMENSIONAMIENTO DE LA MUELA

Para empezar el diseño se comenzará de la parte más básica como es la muela, este elemento va a ser capaz de triturar tres tipos diferentes de materiales como son la escoria, los ladrillos refractarios y los electrodos de grafito, la muela es el elemento que va a sufrir el desgaste y el esfuerzo más crítico, su función es comprimir la materia prima para reducir su tamaño hasta un rango requerido.

Se parte por calcular el área de la muela la misma que tiene un ancho de 500 mm y el alto de 900 mm (Ver Fig. 2.1). El material de la muela va a ser de acero al manganeso ya que es un material duro el cual es apto para el triturado de materiales.

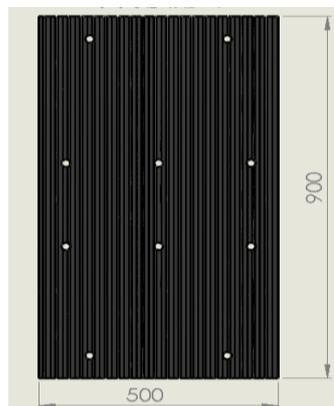


Fig. 2.1. Dimensiones de la muela fija  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Muela: Alto = 90 cm

Ancho = 50 cm

$$\text{Área} = 90 \text{ cm} * 50 \text{ cm} = 4.500 \text{ cm}^2$$

Para seguir con el cálculo se necesita saber la fuerza de rotura de la muestra (Ensayo a compresión), esta fuerza se la obtuvo del ensayo a

compresión realizado en los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional<sup>15</sup>:

$$F_{\text{comp}} = 8.408 \text{ lbf} * \frac{1 \text{ kgf}}{2.2 \text{ lbf}}$$

$$F_{\text{comp}} \cong 3.822 \text{ Kgf}$$

Conocida la carga de rotura de la muestra en este caso la más resistente (electrodo de grafito) se puede calcular el esfuerzo a compresión con el área mostrada en la fig. 2.2:

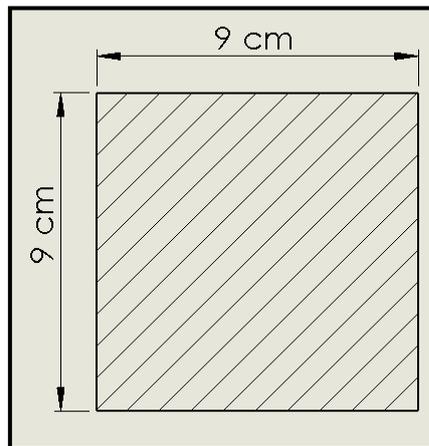


Fig. 2.2. Área de la muestra para ensayo a compresión  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Muestra para ensayo:      Alto: 9 cm

   Ancho: 9 cm

$$\text{Área} = 9 \text{ cm} * 9 \text{ cm} = 81 \text{ cm}^2$$

A partir del área y la fuerza de compresión se encuentra el esfuerzo de compresión del material a trabajar, el esfuerzo es la resistencia interna

---

<sup>15</sup> Ensayo especificado en el capítulo 1, pág. 11

que ofrece un área unitaria del material que está hecho un miembro para una carga aplicada externa y se calcula mediante la Ec. 2.1<sup>16</sup>.

$$\sigma = \frac{F_{\text{comp}}}{A} \quad \text{Ec 2.1}$$

Dónde:

$\sigma$  = Esfuerzo a compresión

$F_{\text{comp}}$  = Fuerza de compresión

A = Área

$$\sigma = \frac{3.822 \text{ kg}}{81 \text{ cm}^2} = 47,2 \text{ Kgf/cm}^2$$

Si se considera que durante el trabajo la muela ejerce fuerza sobre un 40% del área de la muela debido a que la escoria no ocupa totalmente el espacio al momento de triturar, tenemos:

- Área total de la muela =  $4.500 \text{ cm}^2$
- Área del trabajo =  $4.500 \text{ cm}^2 * 0.40$   
Área del trabajo =  $1.800 \text{ cm}^2$

Con el esfuerzo del material y el área total de la muela se calcula la fuerza que debe ejercer la muela y sus elementos para la trituración de la escoria, para esto es necesaria la Ec. 2.1.

$$\sigma_{\text{del material}} = 47,2 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{F_{\text{compr}}}{A}$$

---

<sup>16</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 83

$$F_{\text{compr}} = 47,2 \text{ Kg/cm}^2 * 1.800 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{compr}} = 84.960 \text{ Kg}$$

Por lo tanto la fuerza que debe ejercer la muela y sus elementos es de:

$$F_{\text{compr}} \cong 85.000 \text{ Kg} = 85 \text{ Ton}$$

### b. DISEÑO DE LA BASE PARA LA MUELA FIJA

Como la muela debe ir sentada sobre un soporte (Fig. 2.3.) para facilidad de mantenimiento y para reparaciones a futuro se la debe realizar en forma desmontable tomando en cuenta parámetros que están descritas en el cálculo a continuación:

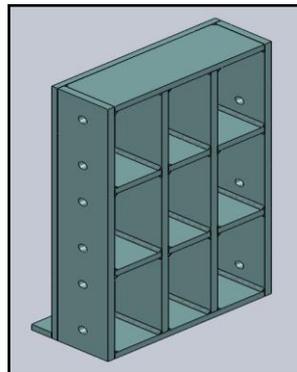


Fig.2.3. Base para la muela fija

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Para empezar debemos encontrar la carga que va a soportar la base de la muela, considerando una carga distribuida sobre el elemento podemos analizarlo con la fórmula siguiente:

$$W = \frac{F_{\text{compr}}}{L} \quad \text{Ec 2.2}$$

Dónde:

$W$  = Carga

$F_{\text{compr}}$  = Fuerza de compresión

L = Longitud de placa

$$W = \frac{85.000 \text{ Kgf}}{90 \text{ cm}}$$

$$W = 945 \text{ Kgf/cm}$$

Para hallar el máximo momento de flexión existen fórmulas desarrolladas para cada tipo de viga, como esta base se la está tomando como una viga simple se utiliza la Ec. 2.3<sup>17</sup>.

Dónde:

M = Momento máximo

W = Carga

L = Longitud de placa

$$M = \frac{W * L^2}{8} \quad \text{Ec. 2.3}$$
$$M = \frac{945 \text{ kgf/cm} * (90 \text{ cm})^2}{8}$$
$$M = 956.812,5 \text{ kgf} * \text{cm}$$

La pieza ha de diseñarse para que sea segura, por lo tanto cuando se aplican cargas perpendiculares al eje mayor de una viga, se producen momentos flexionantes en su interior que hacen que la viga se flexione. El esfuerzo es proporcional a la magnitud del esfuerzo del momento flexionante. Con la fórmula del esfuerzo máximo (Ec. 2.4<sup>18</sup>.) se puede determinar el espesor de la placa requerida al reemplazar las variables por otras las cuales conste el espesor como se lo realiza a continuación:

---

<sup>17</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 276

<sup>18</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 276

$$\sigma_{\max} = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec. 2.4}$$

I = Inercia

c = Distancia del eje centroidal de la viga a las fibras externas

$\sigma$  = Esfuerzo de la placa (Acero SAE 1010 = 180MPa)

Se reemplaza en la Ec. 2.4 sus respectivas igualdades en este caso con la fórmula del momento de inercia, en el estudio de resistencia de materiales, la propiedad del momento de inercia es una indicación de la rigidez de una viga, es decir su resistencia a de flexionarse cuando se somete a cargas que tienden a reflexionarse Ec.2.5<sup>19</sup>.

$$I = \frac{b * e^3}{12} \quad ; \quad c = \frac{e}{2} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Dónde:

b = Longitud de la placa

e = Espesor de la placa

$$\sigma_{\max} = \frac{Mc}{I} = \frac{956.812,5 \text{ kgf} * \text{cm} * \frac{e}{2}}{\frac{be^3}{12}}$$

$$e^2 = \frac{5.740,875 \text{ kgf} * \text{cm}}{1.836 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * 50 \text{ cm}}$$

$$e = \sqrt{45,927 \text{ cm}^2} = 7,9 \text{ cm}$$

Utilizando el programa MDSOLIDS comprobamos la rigidez de las celosías al verificar los valores calculados y los obtenidos mediante el programa, ver Fig.2.4

Valor de momento calculado:  $956.812,5 \text{ kgf} * \text{cm} = 93.767,6 \text{ N} * \text{m}$

---

<sup>19</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 347

Valor de momento en software: 93.767,63 N \* m

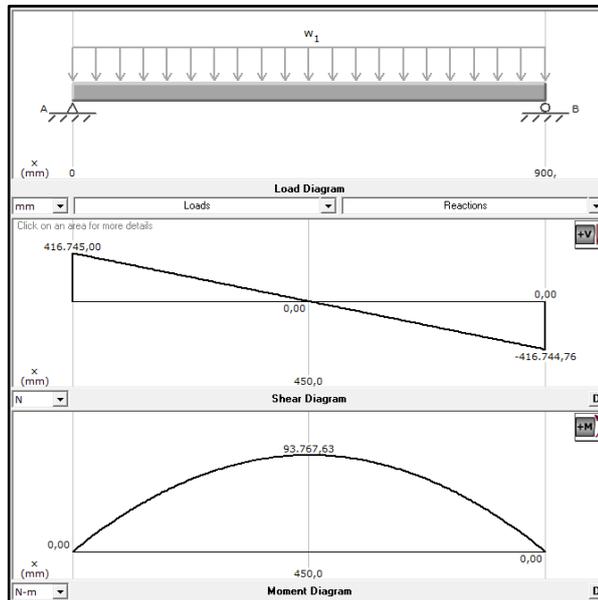


Fig. 2.4 Diagrama de momentos flectores y de esfuerzos cortantes en la muela fija  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Según los cálculos el espesor de la placa que se debería utilizar es de 7,9 cm esta placa es difícil de encontrarla comercialmente por lo cual la reemplazaremos por una placa con celosías (ver fig. 2.5). Para empezar el rediseño de la placa base para la muela se realiza un esquema básico de la placa con 4 celosías longitudinales:

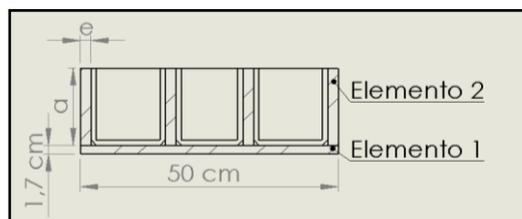


Fig. 2.5. Vista superior de celosías  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

**CENTRO DE GRAVEDAD.**- El centro de gravedad de un área es el punto con respecto al cual el área se podría equilibrar suponiendo que se apoya

en dicho punto<sup>20</sup>, un concepto que ayuda a la localización del centro de gravedad en formas complejas es que las mismas están formadas de varias formas simples<sup>21</sup>. Para encontrar el centro de gravedad se divide la base total de la muela en 5 partes y se toma en partes individuales como se lo muestra en la Fig. 2.5.

Para encontrar los valores necesarios se va a tomar la distancia  $a = 15$  cm y el espesor  $e = 3$  cm que se reemplazaran en la Fig. 2.5.

Tabla 2.1. Conjunto de datos para calcular el momento de inercia

	$A_i$	$Y_i$	$A_i Y_i$	$I_i$	$d_i$	$A_i d_i$	$I_i + A_i d_i$
1	45	9,2	414	843,75	2,7	328	1171,75
2	45	9,2	414	843,75	2,7	328	1171,75
3	45	9,2	414	843,75	2,7	328	1171,75
4	45	9,2	414	843,75	2,7	328	1171,75
5	85	0,85	72,25	20,47	5,65	2713,4	2733,87
$Y_{cg} = \frac{\sum A_i Y_i}{A_i} = \frac{1.728,25}{265} = 6,5$						$I_T = 7.420,87$	

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

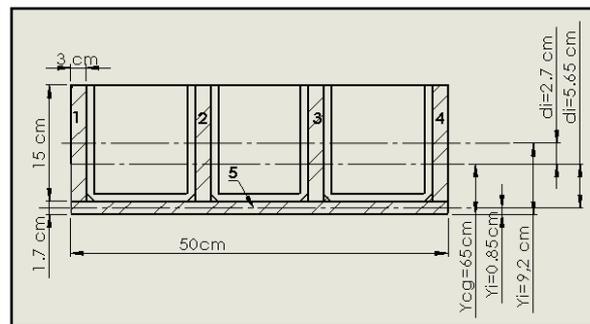


Fig. 2.6. Análisis de centro de gravedad de la celosía

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

<sup>20</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 262

<sup>21</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 258

En este punto se debe calcular los esfuerzos, con la carga total que es de 85000 kgf, cada celosía se encuentra con una carga equivalente en un área (l \* a).

De acuerdo a la Ec. 2.1 se va a calcular el esfuerzo total si el esfuerzo que se aplica sobre la placa es de:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{85.000 \text{ kgf}}{50 \text{ cm} * 90 \text{ cm}}$$

$$\sigma = 18,88 \text{ kgf/cm}^2$$

Debido a que es una carga distribuida vamos a utilizar la Ec. 2.2 para hallar la carga aplicada:

$$W = \frac{F}{L}$$

$$W = \frac{85.000 \text{ kg}}{50 \text{ cm}}$$

$$W = 1.700 \text{ kg / cm}$$

Con los datos obtenidos vamos a encontrar el momento total con la Ec. 2.3.

Dónde:

M = Momento

W = Carga

L = Longitud de placa

$$M = \frac{Wl^2}{8}$$

$$M = \frac{1.700 \text{ kgf/cm} * (50 \text{ cm})^2}{8}$$

$$M = 531.250 \text{ kgf} * \text{cm}$$

En este punto se va a encontrar el factor de seguridad, se debe partir de la Ec. 2.4 para sacar el esfuerzo que va a recibir la placa y poder compararla con el esfuerzo del material con el cual está construido.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{531.250 \text{ kgf} * \text{cm} (6,52 \text{ cm})}{7420,87 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma = 45,74 \text{ MPa}$$

Con esfuerzo de un SAE 1010(Ver Anexo B) es  $\sigma = 180 \text{ MPa}$  se calcula el factor de seguridad Ec.2.6<sup>22</sup>.

$$\eta = \text{Factor de seguridad} = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{Ec. 2.6}$$

Dónde:

$S_y$  = Resistencia de fluencia del material

$\sigma$  = Esfuerzo máximo

$$\eta = \frac{180 \text{ MPa}}{45,74 \text{ MPa}} = 4$$

Por lo tanto se concluye que el factor de seguridad es el apropiado para este elemento por lo que se puede proceder a su construcción.

### **b.1. ANÁLISIS DE CARGAS EN LA MUELA MÓVIL**

En este análisis se realiza el diagrama de cuerpo libre de la muela móvil ubicando el eje excéntrico y el balancín en su posición de diseño como se

---

<sup>22</sup>Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985,pág. 240

indican en las figuras 2.7 (a) y 2.7 (b) y realizar la sumatoria de fuerzas y de momentos como se indica a continuación:

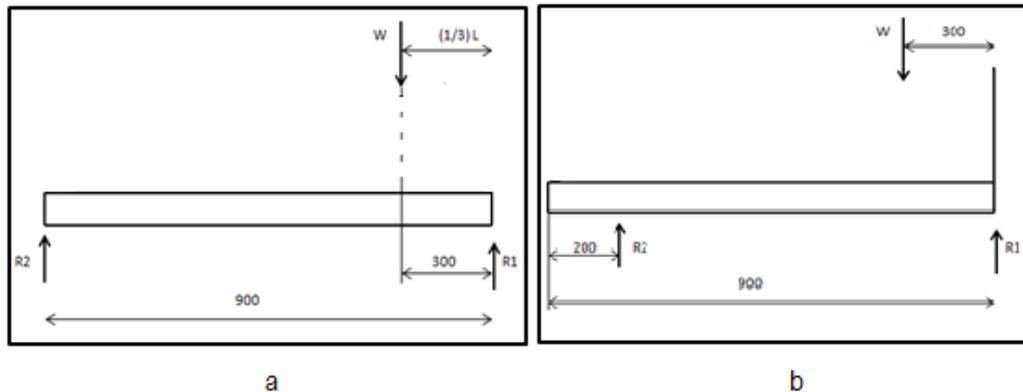


Fig. 2.7 Diagrama de cuerpo libre con fuerza en el punto del eje excéntrico(a) y el balancín (b)

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Aquí realizamos la sumatoria de fuerzas y de momentos guiándose en la figura 2.7a, de acuerdo a las dimensiones indicadas.

$$\sum f_y = 0 = R_2 + R_1 - W$$

$$R_2 = W - R_1$$

$$\sum M_{R2} = 0 = -W * 60 + R_1 * 90$$

$$R_1 = \frac{W * 60}{90} = \frac{85.000 * 60}{90} = 56.666,6 \text{ kgf}$$

Y reemplazando el valor de  $R_1$  en la sumatoria de fuerzas en y, se tiene lo siguiente:

$$R_2 = (85.000 - 56.695) \text{ kg} = 28.333,4 \text{ kgf}$$

Si sabemos que el balancín está soportando la carga en la parte inferior de la muela a unos 20 cm de la punta como se observa en la Fig. 2.7b tenemos:

$$\sum f_y = 0 = R_2 + R_1 - W$$

$$W=85000\text{kg}$$

$$\sum M_{R2} = 0 = -W * 40 + R_1 * 70$$

$$R_1 = \frac{W * 40}{70} = \frac{85.000 * 40}{70} = 48.571,43 \text{ kgf}$$

$$R_2 = (85.000 - 48.571,43) \text{ kg} = 36.428,57 \text{ kgf}$$

Si de los análisis realizados en la muela se toma los valores más altos para el eje excéntrico y el balancín para proceder al diseño de los mismos:

Carga en el eje = 48.571,43 kgf a 56.695 kgf => *Max* = 56.695 kgf

Carga en el balancín = 28.305 kgf a 36.428,57 kgf => *Max*  
= 36.428,57 kgf

### c. DISEÑO DE PLACAS LATERAL

En las placas laterales es donde va alojada la mayor parte de elementos, estas placas deben tener mayor estabilidad y sujeción, en estos elementos van alojadas las chumaceras y el sistema de regulación. Es la parte primordial de la estructura fija, como estas placas deben tener mayor robustez se ha considerado colocar celosías laterales.

Si la fuerza es de 85 toneladas cada placa lateral soporta 42,5 Toneladas a tracción como se muestra en la Fig. 2.8.

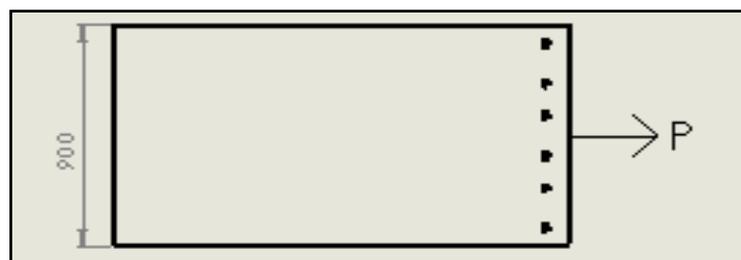


Fig. 2.8. Esquema básico de las placas laterales  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

**EL ESFUERZO A TRACCIÓN.-** En el cálculo de estructuras e ingeniería se denomina tracción al esfuerzo interno a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, si el sentido de las fuerzas se invierten se obtiene una compresión en el elemento apareciendo la tensión de compresión, dado que  $\sigma$  actúa en dirección perpendicular a la superficie de corte se lo conoce también como esfuerzo normal<sup>23</sup>, se lo calcula con la Ec. 2.1.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dónde:

$\sigma$  = Esfuerzo de la placa

$F_{\text{comp}}$  = Fuerza de compresión

A = Área

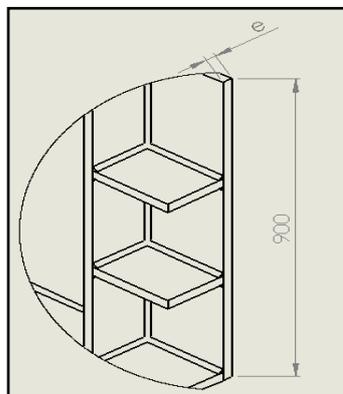


Fig. 2.9. Corte de la placa lateral con celosías  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

$\sigma$  = Esfuerzo de la placa (Acero SAE 1010 = 180MPa)

$$A = \frac{F}{\sigma} = \frac{42.500 \text{ Kgf}}{1.836 \text{ Kgf/cm}^2} = 23,14 \text{ cm}^2$$

$$A = L * e$$

<sup>23</sup><http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema01.pdf>

Dónde:

L = Largo de la placa lateral

e = Espesor de la placa lateral

$$e = \frac{A}{L} = \frac{23,14 \text{ cm}^2}{90 \text{ cm}}$$

$$e = 0,25 \text{ cm}$$

Si estuviésemos trabajando a tracción pura, se utilizaría una placa de 3 mm, pero considerando el peso de los elementos, la rigidez, y la facilidad de conseguirlos se sugiere colocar una placa de 25,4mm (1 pulgada) con refuerzos laterales.

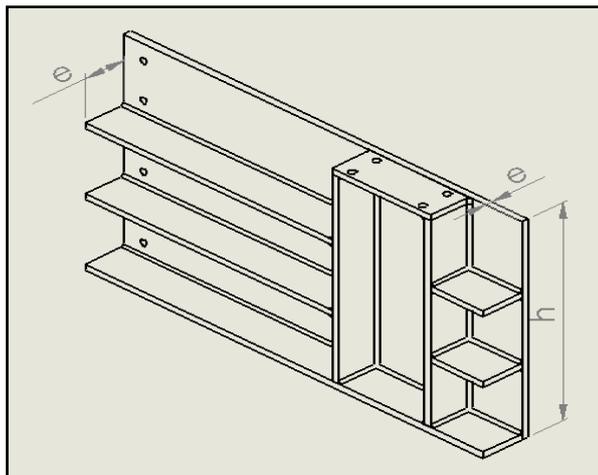


Fig. 2.10. Esquema completo de la placa lateral  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

#### d. CÁLCULO DEL MOTOR

##### d.1. SELECCIÓN DE VELOCIDAD

De acuerdo al catálogo de la empresa METSO (Anexo C), las velocidades para las trituradoras oscilan entre

V = 200 R.P.M. a 350 R.P.M.

Por esto se concluye que van a servir todas las velocidades que estén dentro del rango anteriormente mencionado, por lo cual en este proyecto se va a trabajar con una velocidad de  $V = 220$  R.P.M. que cumple el requerimiento de las trituradoras.

#### d.2. POTENCIA DEL MOTOR

Para los cálculos se va a realizar un bosquejo del volante y la polea motriz como se lo muestra en la fig. 2.11, estos elementos han sido encontradas de manera inter empresarial por lo que se debe justificar la utilización de los mismos, a continuación se dará las dimensiones de los volantes de inercia a utilizarse:

Volante de inercia grande: 1,064 m

Polea motriz = 0,2 m

Terminal de eje excéntrico = 0,05 m

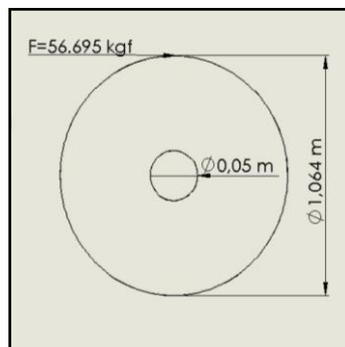


Fig. 2.11. Bosquejo del volante y terminal de eje excéntrico  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

$$F = 56.695 \text{ kgf} = 555.611 \text{ N}$$

El cálculo del torque en el eje se lo realiza con la Ec. 2.7<sup>24</sup>

<sup>24</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 137

$$T = F \cdot r = 555.611 \text{ N} \cdot 0,025 \text{ m} \quad \text{Ec.2.7}$$

$$T = 13.890 \text{ N} \cdot \text{m}$$

El siguiente paso es calcular la inercia del volante, esto se lo realiza con la Ec. 2.8<sup>25</sup> el dato de la masa se lo puede obtener del programa Solid Works como se muestra en la Fig. 2.12

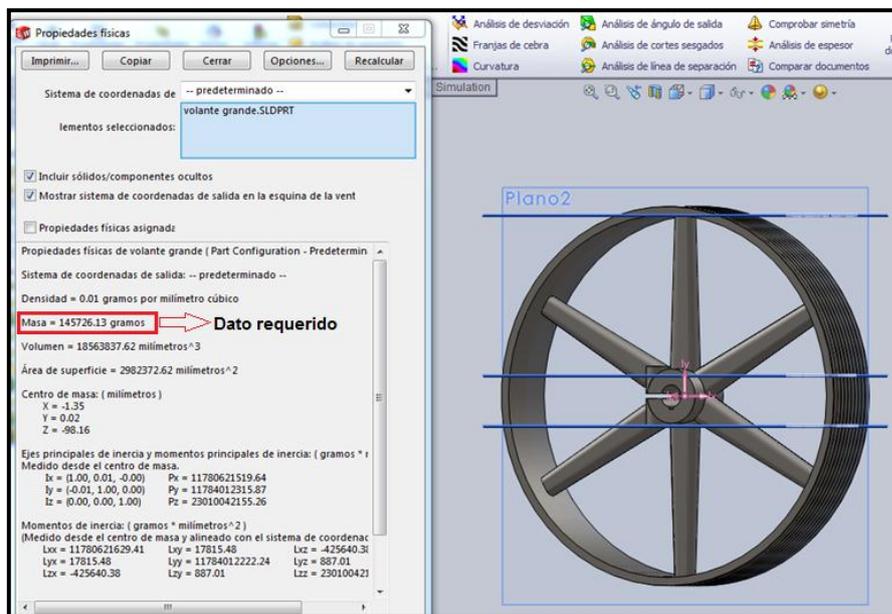


Fig. 2.12. Dato de la masa encontrado en Solid Works  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

$$I = m \cdot r^2 \quad \text{Ec. 2.8}$$

$$I = 145,7 \text{ kg}(0,532 \text{ m})^2$$

$$I = 41,236 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Determinamos la aceleración angular la cual la podemos obtener con la Ec. 2.9<sup>26</sup>.

<sup>25</sup><http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/mi.html>

<sup>26</sup><http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/mi.html>

$$\alpha = \frac{T}{I} = \frac{13.890 \text{ N} \cdot \text{m}}{41,236 \text{ m}^2} \quad \text{Ec. 2.9}$$

$$\alpha = 336,89 \text{ N} \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

Como siguiente paso se encuentra la velocidad angular con la Ec. 2.10<sup>27</sup>

$$W = r * \alpha \quad \text{Ec. 2.10}$$

$$W = 0,025 \text{ m} * 336,89 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$W = 8,4 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Para determinar la potencia real necesitamos hallar la relación de transmisión se hallara mediante la siguiente Ec.2.11.<sup>28</sup>:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad \text{Ec. 2.11.}$$

$$i = \frac{d_{\text{mayor}}}{d_{\text{menor}}}$$

Dónde:

$i$  = Relación de transmisión = 6

$d_{\text{mayor}}$  = Diametro de volante de inercia = 1.064 mm

$d_{\text{menor}}$  = Diametro de patea motriz (acoplada a motor) = 200 mm

$$i = \frac{1.064 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} = 6$$

Determinados todos los datos podemos sacar la potencia del motor aplicando la Ec. 2.12<sup>29</sup>.

<sup>27</sup><http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/mi.html>

<sup>28</sup>HermannJutz, EduardScharkus, Metall - Tabellen, edición 13 , pag.76

$$P = \frac{T}{6} * W \quad \text{Ec. 2.12.}$$

$$P = \frac{13.890}{6} \text{ N} * \text{ m} * \frac{8,4 \text{ rad}}{\text{seg}}$$

$$P = 1.946\text{W} = 25\text{HP}$$

### d.3. VELOCIDAD REAL DEL MOTOR

La velocidad viene dada por la velocidad de giro del motor y la relación de transmisión que posee, para hallar este valor se multiplica el valor de las rpm por la relación de transmisión necesaria, como se lo realiza a continuación:

Datos:

$$\text{rpm}_{\text{volante}} = 220 \text{ rpm}$$

$$\text{rpm}_{\text{motor}} = \text{rpm}_{\text{volante}} * \frac{d_{\text{mayor}}}{d_{\text{menor}}}$$

$$\text{rpm}_{\text{motor}} = 220 \text{ rpm} * 5,32$$

$$\text{rpm}_{\text{motor}} = 1.170 \text{ rpm}$$

Por lo que se concluye que para el trabajo se necesita un motor de las siguientes características, ver tabla 2.2:

Tabla 2.2. Potencia de motor principal

Motor	Trifásico
Potencia	25 hp
Velocidad:	1.170 rpm

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

---

<sup>29</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág .418

### e. DISEÑO DEL EJE EXCÉNTRICO

El eje excéntrico es el elemento que incorpora el movimiento a la máquina. Debe ser lo suficientemente robusto para aguantar la fuerza que va a ejercer el motor, también debe contener el peso de los volantes que están acoplados al eje por medio de sus bujes.

Para el diseño se realizará un esquema simple del eje excéntrico en el cual consten las distancias básicas las cuales nos ayudará a realizar las sumatorias de momentos.

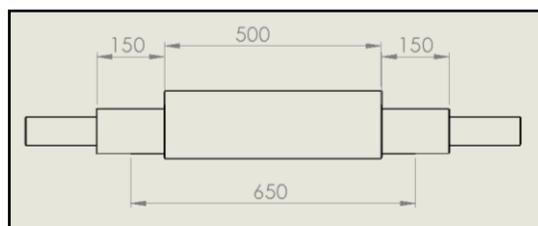


Fig. 2.13. Dimensiones básicas del eje excéntrico  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Si se considera una carga distribuida, también son tomados en cuenta los volantes que son poleas unidas por medio de bandas para el movimiento del eje como se observa en la Fig. 2.14.

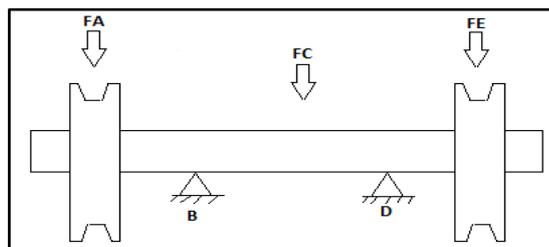


Fig. 2.14. Diagrama de fuerzas aplicadas en el eje  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Del diagrama de cuerpo libre de la Fig. 2.15 podemos observar la distribución de sus cargas y distancias.

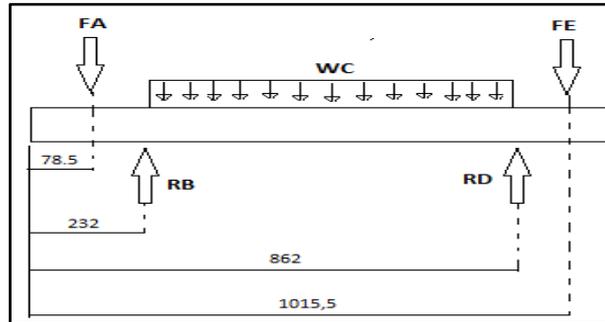


Fig. 2.15. Diagrama de cuerpo libre  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Con la Ec. 2.12, se encuentra el torque en el eje como se muestra:

$$P = T * W$$

$$T = \frac{P}{W} = \frac{116.676W}{8,4\text{rad/seg}} = 13.890\text{Nm}$$

$$T = F * d$$

$$F_A = \frac{13.890\text{Nm}}{0,15\text{m}} = 92.600\text{N}$$

$$W_C = \frac{F_C}{L} = \frac{56.695\text{Kgf}}{65\text{cm}} = 854.786,1 \text{ N/m}$$

Con estos valores obtenidos en los cálculos anteriores y utilizando en software MD Solid podemos encontrar los diagramas de momentos flectores y los esfuerzos cortantes y observar los valores de las reacciones RB y RD como se observa en la Fig. 2.16.

Para calcular los diámetros del eje en los diferentes puntos como indica la figura 2.15 aplicamos la Ec.2.13<sup>30</sup>.y guiandose con los datos obtenidos en del software mencionado anteriormente se procede a calcular :

<sup>30</sup> Bernard J.Hamrock ,Bo O.Jacobson,StevenR.Schmid,Elementos de máquinas, editorial McGRAW-HILL INTERAMÉRICA S.A, 1999, pág. 431

$$d = \left( \frac{32N_s}{\pi S_y} \sqrt{M^2 + \frac{3}{4}T^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec. 2.13}$$

Dónde:

$N_s$  = Factor de seguridad

$S_y$  = Resistencia de fluencia

$M$  = Momento máximo

$T$  = par torsor

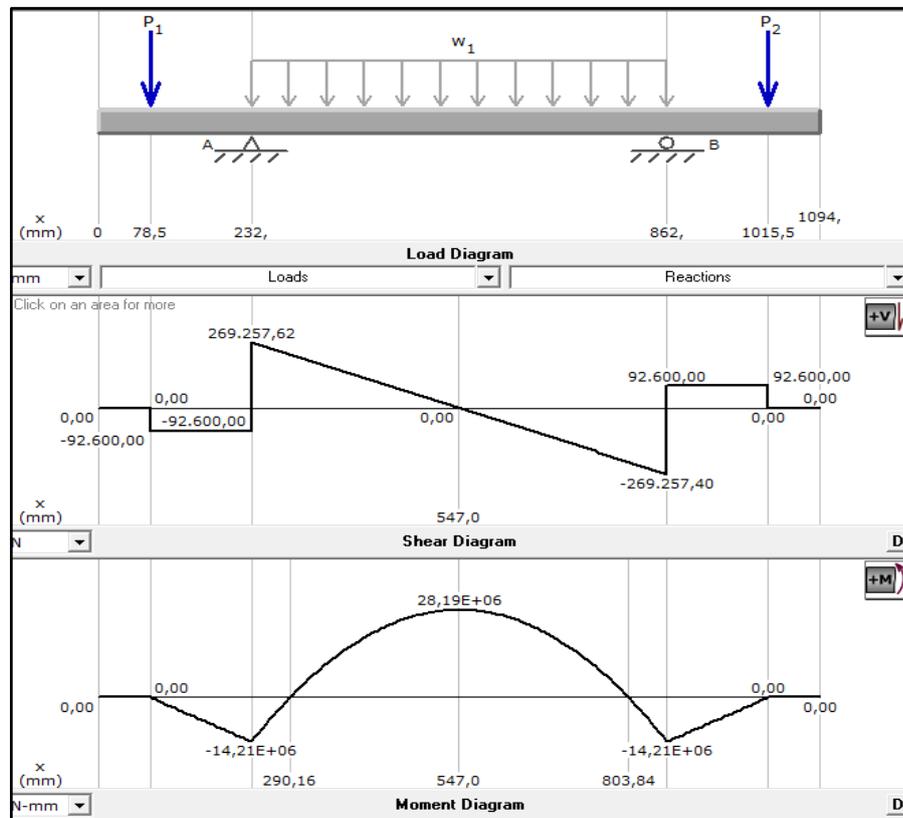


Fig. 2.16. Diagrama de momentos flectores y de esfuerzos cortantes en el eje

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Aquí se calculará el primer diámetro del eje donde va a ser instalado el volante de inercia, tomando en cuenta que el momento es cero y el torque en ese punto es el valor obtenido por el movimiento del motor,

aplicando la Ec.2.13 y tomando la resistencia de fluencia ( $S_y$ ) del material, en este caso se utiliza un AISI 1045 con  $S_y = 310$  MPa

$$d_1 = \left( \frac{32(0,5)}{3,1416(310 \times 10^6)} \sqrt{0 + \frac{3}{4}(13.890)^2 \text{N} \cdot \text{m}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_1 = 58,2 \text{mm}$$

Para la construcción, se lo realiza con un diámetro de 6,3mm para no tener problemas en el ajuste con los volantes de inercia.

Aquí se calculará el segundo diámetro del eje donde va ser instalado los bujes, considerando que el momento y el torque en ese punto es obtenido del diagrama de momentos flectores y esfuerzos cortantes ver figura 2.15 y aplicando la Ec.2.13 y tomando la resistencia de fluencia ( $S_y$ ) del material, en este caso se utiliza un AISI 1045 con  $S_y = 310$  MPa

$$d_2 = \left( \frac{32(0,5)}{3,1416(310 \times 10^6)} \sqrt{14.210^2 + \frac{3}{4}92.600^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_2 = 110 \text{mm}$$

Para la construcción, se lo realiza con un diámetro de 100mm para no tener problemas en el ajuste con los Bujes.

Aquí se calculara el tercer diámetro del eje donde va ser instalado la caja excéntrica, considerando que el momento y el torque en ese punto es obtenido del diagrama de momentos flectores y esfuerzos cortantes ver figura 2.15 y aplicando la Ec.2.13 y tomando la resistencia de fluencia ( $S_y$ ) del material, en este caso se utiliza un AISI 1045 con  $S_y = 310$  MPa

$$d_3 = \left( \frac{32(0,5)}{3,1416(310 \times 10^6)} \sqrt{28.190^2 + \frac{3}{4} 269.257,62^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_3 = 156\text{mm}$$

Para la construcción se lo realiza con un diámetro de 150mm para no tener problemas en el ajuste con los bocines de la caja excéntrica, con todos estos datos calculados tenemos listo el eje como se observa en la figura 2.17.

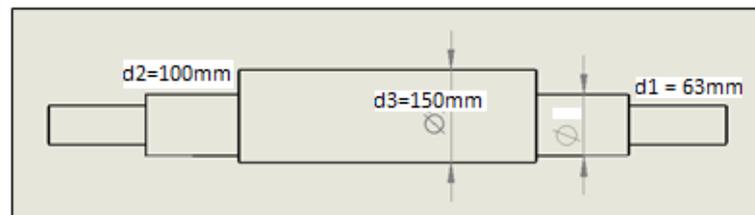


Fig. 2.17. Diagrama básico para cálculo de diámetros  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

#### f. DISEÑO DEL BALANCÍN

Este elemento nos permite que la muela móvil haga su movimiento de vaivén al actuar como un pivote, este elemento ayuda en la regulación de la mandíbula, ver figura 2.18.

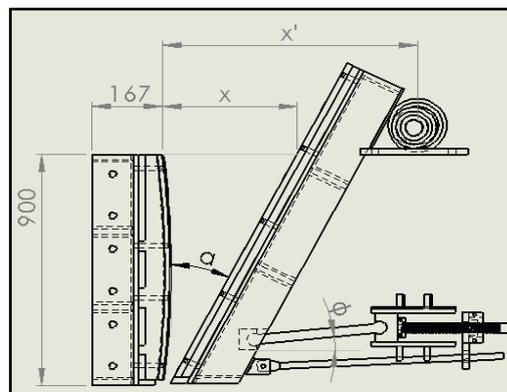


Fig. 2.18. Diagrama general para ubicación de distancias  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

En el diseño el ángulo de la muela móvil no sobrepasara los  $30^{\circ}$ , entonces se parte de este valor para los cálculos pertinentes

$$\alpha \cong 18^{\circ} - 30^{\circ}$$

$$\text{Si } \alpha \cong 30^{\circ} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{x}{90}$$

$$x = 51,96 \cong 52 \text{ cm}$$

Encontrado este valor se determina la apertura del tragante que será de:

$$\text{Apertura} = 50 \text{ cm} * 52 \text{ cm}$$

En este punto se encontrara la medida de  $X'$  la cual dará la medida que va a tener el balancín para esto se necesita los siguientes datos, ver Fig. 2.18.

$$X' = 520 + \text{Ancho de la muela y la celosía} + \text{el radio del cigüeñal}$$

$$X' = 520 + 167 + r$$

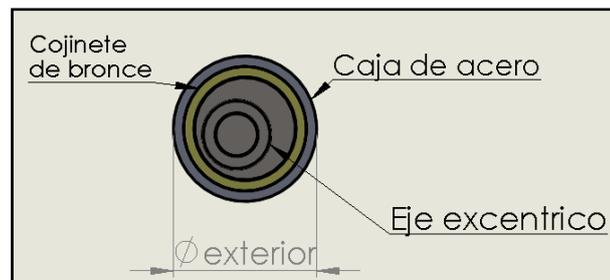


Fig. 2.19. Ubicación de los elementos que conforman el eje excéntrico  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Considerando los datos como: el diámetro  $\emptyset$ eje = 155,5 cm; el espesor del bronce es = 15 mm y el espesor de la caja = 15 mm, ver fig. 2.19.

$$\emptyset \text{ Exterior} = 155,5 + 30 + 30 = 215,5$$

$$\text{Por tanto } r = \frac{215,5}{2} = 107,75$$

Para hallar  $X'$  partimos de la Fig. 2.20. el cual nos da los valores para poder calcular una distancia del balancín y el ángulo  $\phi$  que se muestra la Fig. 2.19.

$$X' = 520 + 167 + 107,75 = 794,75$$

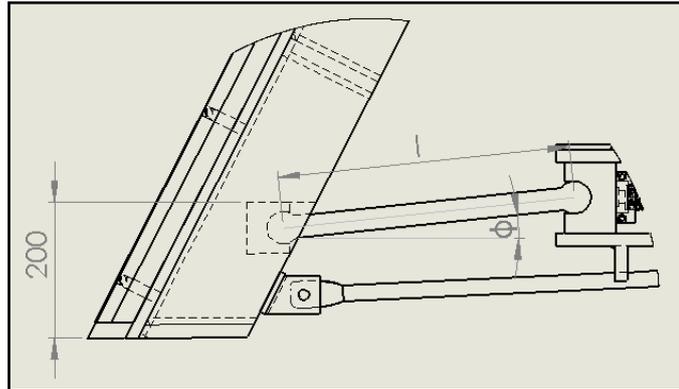


Fig. 2.20. Diagrama para ubicación de ángulo de balancín  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

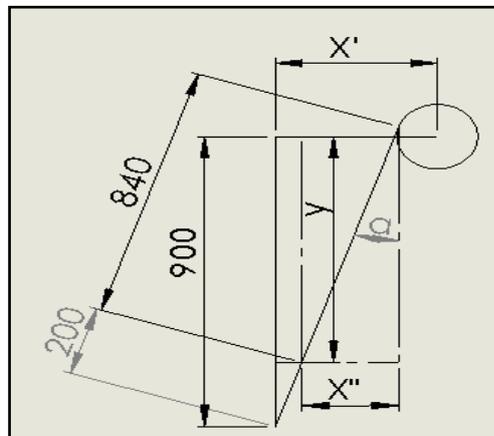


Fig. 2.21. Diagrama para determinar la longitud del balancín  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Para calcular la distancia del balancín simplemente partimos de la Fig. 2.21 conocido el ángulo ( $\alpha$  crítico = 30) podemos hallar la distancia requerida

$$X'' = \text{sen } \alpha * 840 = \text{sen } 30 * 840 = 420 \text{ mm}$$

Si tomo el largo (**L**) del balancín de 450mm

L=450mm

En el diseño del eje excéntrico se obtuvo la carga del balancín que es la siguiente.

Carga aplicada al balancín =  $P_{cr} = 36.428,57 \text{ kgf}$

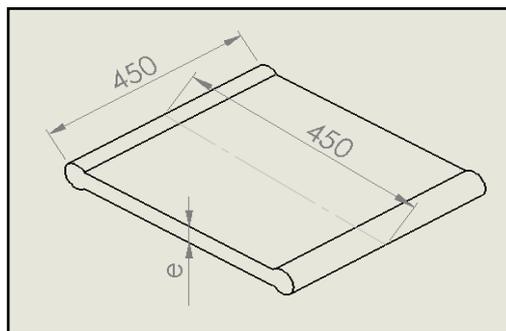


Fig. 2.22. Esquema de dimensiones del balancín  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Debido a que al elemento se lo está considerando como una columna larga se va a utilizar la fórmula de J.B. Johnson Ec.2.14<sup>31</sup>.

$$P_{cr} = \frac{\pi EI}{4l^2} \quad \text{Ec. 2.19.}$$

Dónde:

E= Módulo de elasticidad

$$E=20,40 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

L= Longitud de la placa = 450 mm

$P_{cr}$  = Carga aplicada = 36.428.57 kg

I = Inercia (Ec. 2.5)

e = Espesor de la placa

---

<sup>31</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 520

b = Longitud de la placa

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{45 * e^3}{12} = 3.75e^3$$

Reemplazando los valores en la fórmula de J.B. Johnson y despejando el espesor se va a obtener el valor el cual vamos a utilizar:

$$P_{cr} = \frac{\pi EI}{4l^2} = \frac{\pi \left( 20,4 * 10^9 \text{ kg/cm}^2 \right) 3,75e^3}{4 * (45 \text{ cm})^2}$$

$$P_{cr} = 29.671 * e^3$$

$$e = \sqrt[3]{\frac{36.428,57}{2.967,1}} = 35\text{mm}$$

#### g. CÁLCULOS DE PERNOS DE SUJECCIÓN DE LOS BUJES

Si colocamos 4 pernos en cada cojinete, tenemos que él cojinete soporta una carga de  $R_1=56.695\text{kgf}$

Esta carga para 4 pernos es: ( $F_{perno}$ )

$$F_{perno} = \frac{R_1}{8} = \frac{56.695 \text{ kg}}{8} = 7.087 \text{ kgf}$$

Para estimar el diámetro de los pernos, podemos utilizar la Ec.2.1. Con el diámetro seleccionado se hacen los cálculos y las verificaciones necesarias, y si después de esto se encuentra que el perno está sobredimensionado o no cumple los requisitos, se determina un nuevo diámetro (o se selecciona un nuevo material del perno) y se hacen nuevamente los cálculos. Si el esfuerzo cortante del acero es 300 MPa ( $\tau = 300 \text{ MPa}$ )

### g.1. DETERMINACIÓN DE UN DIÁMETRO DE PRUEBA:

Aplicamos una de las ecuaciones para tracción inicial desconocida. Escogemos, por ejemplo, la Ec.2.15.

$$A_t = \left( \frac{6F_e}{(\text{in}^{-1})S_y} \right)^{2/3} \quad \text{Ec. 2.15.}$$

Se selecciona un perno de alta resistencia SAE grado 8. En el ANEXO D se encuentra las propiedades para pernos con tamaños desde 1/4 in hasta 1 1/2 in:

$$S_p = 120 \text{ ksi} \quad ; \quad S_y = 130 \text{ ksi} \quad ; \quad S_u = 150 \text{ ksi}$$

Entonces, aplicando la Ec. 2.15:

$$A_t = \left( \frac{6 * 15.591,4 \text{ lbf}}{(1 \text{ pulg}^{-1})130.000 \text{ ksi}} \right)^{2/3} = 0,8030 \text{ pulg}^2$$

### g.2. SELECCIÓN DEL PERNO

Del ANEXO D seleccionamos un perno unificado de rosca fina de diámetro  $d = 1 \frac{1}{8}$  in, ya que el área de esfuerzo de éste es la más cercana, por encima, al área requerida. Los datos de interés son:

$$d = 1 \frac{1}{8} \text{ pulg} \quad ; \quad d_r = 1,10167 \text{ pulg} \quad ; \quad A_t = 0,8557 \quad ; \quad A_t = 1 \frac{11}{16} \text{ pulg}$$

Fuerza de apriete.-Teniendo en cuenta que las cargas sobre la junta son estáticas y que la conexión es reutilizable, escogemos el menor valor de esfuerzo de apriete, dado por las Ec. 2.16 y 2.17.

$$S_i = 0,75 S_p = 0,25 * 120 \text{ ksi} = 90 \text{ ksi} \quad \text{Ec. 2.16}$$

La fuerza de apriete está dada por la ecuación 8.52:

$$F_i = S_i A_t = 90.000 \text{ psi} * 0,803 \text{ in}^2 = 72.270 \text{ lbf} \quad \text{Ec. 2.17}$$

### g.3. FACTOR DE SEGURIDAD DE LOS PERNOS:

Primero, calculamos las constantes elásticas del perno y de las partes a unir. Para el perno aplicamos la Ec. 2.18.:

$$K_b = \frac{A_t E_b}{L} \quad \text{Ec. 2.18}$$

$$K_b = \frac{0,803 \text{ in}^2 * 30 * 10^6 \text{ lbf/in}^2}{1 \text{ in}} = 24 * 10^6 \text{ lbf/pulg}$$

El área de traslape (contacto entre placas a unir) es igual a (1.5 in)\*(4 in) menos el área correspondiente a los dos agujeros. Esta área total se divide por dos, que es el número de pernos. Entonces, el área (real) es:

$$A_c = \frac{1,5 \text{ pulg}^2 * 4 \text{ pulg}}{2} - \frac{\pi}{4} (1,125)^2 = 2 \text{ in}^2$$

Para la junta calculamos la constante elástica. Como la junta posee un solo material (acero) se utiliza la Ec. 2.19.

$$K_c = \frac{A_c E_c}{L} = \frac{2 \text{ in}^2 * 30 * 10^6 \text{ lbf/pulg}^2}{1 \text{ pulg}} = 60 * 10^6 \quad \text{Ec 2.19}$$

Para hallar el factor de seguridad se calcula las cargas con la Ec. 2.20.

$$N_f = (S_p A_t - F_i) \frac{k_c + k_b}{K_b F_e} \quad \text{Ec. 2.20}$$

$$N_f = [(120 * 10^3 \text{ psi})(0.203 \text{ in}^2) - 72270 \text{ lbf}] \frac{60 + 24,09}{24,08 * 15.591,4 \text{ lbf}} = 5,39$$

Y usando la Ec. 2.21.

$$N_s = \frac{S_{ys}}{S_s} = \frac{0,577 S_y}{\frac{V}{(\pi/4) d_r^2}} \quad \text{Ec. 2.21}$$

Donde  $V$  es la fuerza cortante que es la misma a la que van a estar sometidos los pernos.

$$V=15.591,4 \text{ lbf}$$

Entonces:

$$N_s = \frac{0,577 * \pi * 13.000 \text{ psi} * 1,067 \text{ in}^2}{4 * 15.591,4} = 3,84$$

Reemplazamos los variables de seguridad en la Ec. 2.22 podemos sacar el factor de seguridad:

$$N_s = \left[ \frac{1}{N_f^2} + \frac{1}{N_s^2} \right]^{-0,5} \quad \text{Ec. 2.22}$$

$$N_s = \left[ \frac{1}{5,39^2} + \frac{1}{3,84^2} \right]^{-0,5} = 3,12$$

El factor de seguridad es de 3,12 entonces, el diseño es seguro. Por esto se pueden tomar pernos de 1" 1/8 pulg.

#### **h. CÁLCULO DE PERNOS PARA SUJETAR LA MUELA FIJA A LAS PLACAS LATERALES**

Para calcular los pernos de sujeción se hará el mismo proceso que en el punto anterior, ver fig. 2.23.



Fig. 2.23. Ubicación de pernos de sujeción  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Si colocamos 6 pernos para cada lado y la carga total sobre la muela es de 85000 kgf cada perno tendrá una carga de:

$$f_{\text{perno}} = \frac{85.000 \text{ kgf}}{12} = 7.084 \text{ kgf}$$

Debido a que los pernos van a soportar una carga casi igual que en los bujes (7.087 kgf) se puede seleccionar los elementos de el mismo diámetro, por lo tanto se utilizara pernos de 1" 1/8 pulg.

### i. CÁLCULO DE LA PLACA LATERAL A DESGARRE EN LOS AGUJEROS DE LOS PERNOS

Si sabemos que el espesor  $e=25.4$  (1 pulgada) aproximadamente 25 mm, aplicando la Ec. 2.1 y aplicando despejes necesarios para obtener el diámetro del orificio del perno, ver Fig. 2.24.

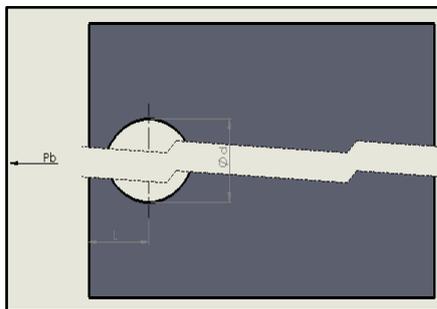


Fig. 2.24. Esquema de desgarre de los pernos de la placa  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

$$F_b = A_b * \sigma_b = (e * d) * \sigma_b$$

Dónde:

$F_b$  = Fuerza en la placa

$A_b$  = Área de la placa

$\sigma_b$  = Esfuerzo de la placa

$e$  = Espesor de la placa

$$F_b = (e * d) * \sigma_b$$

$$\sigma = 1.836 \text{ kgf/cm}^2 \text{ Para la placa}$$

$$\tau = 0,75 * 1.836 \text{ kgf/cm}^2 = 1.377 \text{ kgf/cm}^2$$

$$d = \frac{F_b}{\sigma_b * e} = \frac{7.084 \text{ kgf}}{1.377 \text{ kgf/cm}^2 * 2,5 \text{ cm}} = 1.51 \text{ cm}$$

Con el diámetro del perno  $d=25$  mm calculamos el área mínima de desgarre

$$P_b = A_b * \sigma_b \quad A = e * d$$

$$e = \frac{A}{d} = \frac{3.80 \text{ cm}^2}{2.5 \text{ cm}} = 1.521 \text{ cm}$$

Se recomienda que la distancia del centro del orificio al borde de la placa sea igual o superior a 1.75 - 2 veces el diámetro:

$$\text{Por lo que : } L = 2 * 2.54 \text{ cm} = 5.8 \text{ cm}$$

## 2.3.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE REGULACIÓN

### a. DISEÑO DEL SOPORTE POSTERIOR DEL BALANCÍN (MÓVIL)

Este soporte del balancín es diseñado para soportar el movimiento de forma horizontal la regulación de la muela, en este soporte el balancín hará movimientos de sube y baja el cual ayuda a que la muela móvil haga su movimiento de vaivén, ver Fig. 2.25.

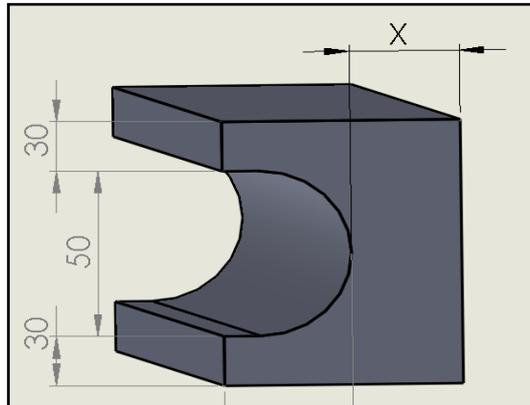


Fig. 2.25. Soporte para balancín  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Si el balancín es de 35mm, el extremo para pivote tendrá un diámetro de 50 mm para permitir el movimiento. Si se considera que la carga aplicada sobre el soporte a través del balancín está soportado por los pernos de regulación.

Para saber cuánta carga soporta los pernos de regulación se realiza el estudio de sumatorias de fuerza y sumatoria de momentos en el balancín que tiene una carga  $P = 36.428,57 \text{ kg}$  y comprobada en el programa MD Solid, ver Fig. 2.26

$$\sum f_y = R_1 + R_2 - P$$

$$\sum M_{R1} = R_2(29 \text{ cm}) - P(14,5 \text{ cm})$$

$$R_2 = \frac{P(14,5 \text{ cm})}{29 \text{ cm}}$$

$$R_2 = \frac{36.428,57 \text{ kg} * 14,5 \text{ cm}}{29 \text{ cm}} = 18.214,285 \text{ kg}$$

$$R_1 = P - R_2 = 36.428,57 \text{ kg} - 18.214,285 \text{ kg} = 18.214,285 \text{ kg}$$

$$R_1 = 18.214,285 \text{ kg}$$

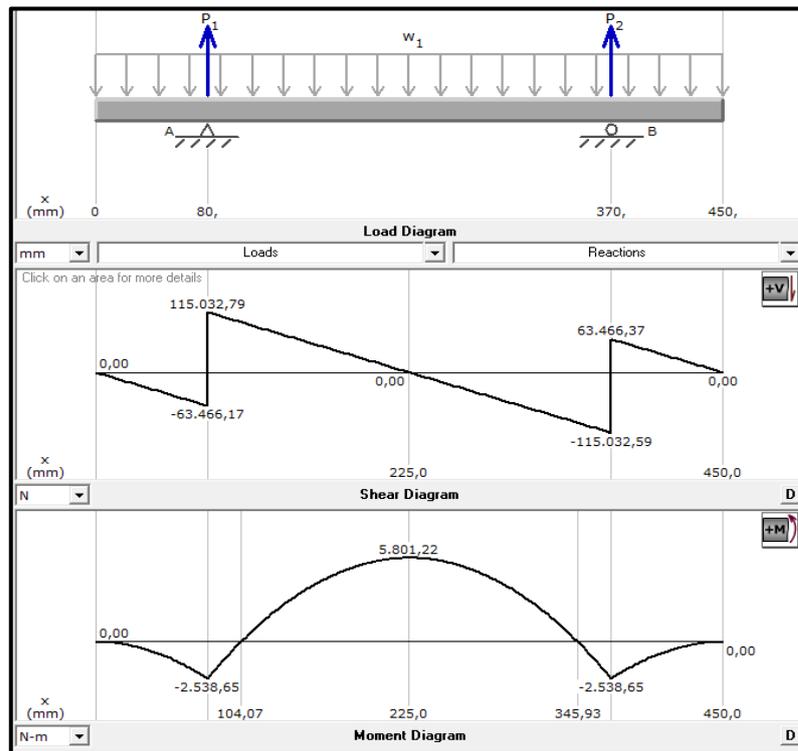


Fig. 2.26. Diagrama de momentos flectores y de esfuerzos cortantes del Soporte del balancín

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Utilizando un acero SAE 1010 se obtiene el esfuerzo debido a la flexión ( $\sigma$ ) y utilizando datos del momento flector máximo de la Fig. 2.25 se calcula el esfuerzo como se muestra a continuación:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \text{ Si consideramos que la placa es cuadrada}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad ; \quad C = \frac{e}{2} = h \quad ; \quad I = \frac{bh^3}{12}$$

**Dónde:**

M = Momento

C=Y<sub>cg</sub>= Centro de gravedad en Y

I = Inercia

$\sigma = S_y$  = Esfuerzo = SAE 1010 = 180 MPa

b = Altura = 11 cm

h= Espesor = e

Para obtener el esfuerzo de diseño ( $\sigma_d$ ) , se divide la resistencia de fluencia para el factor de diseño como se observa en la Ec.2.23<sup>32</sup>.

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N} \quad \text{Ec. 2.23}$$

$$\sigma_d = \frac{180\text{MPa}}{3} = 60 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma_d = \frac{5.801,22\text{Nm} * \frac{e}{2}}{\frac{bh^3}{12}}$$

$$\sigma_d = \frac{30.487,32\text{Nm}}{e^2}$$

$$e = \sqrt{\frac{30.487,32\text{Nm}}{(60)(10^6) \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}} = 6,02\text{cm}$$

Realizando la sumatoria de área total e igualando las áreas se obtiene el valor de (x) y con este valor obtenido deducir de qué espesor se necesita el material para la construcción y así evitar roturas o daños en la máquina en su funcionamiento, ver Fig. 2.27 y 2.28.

Área de la placa de 11 x 6     $A = 11 * 6 = 66 \text{ cm}^2$

$$A_t = 2A_1 + A_2$$

---

<sup>32</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 84

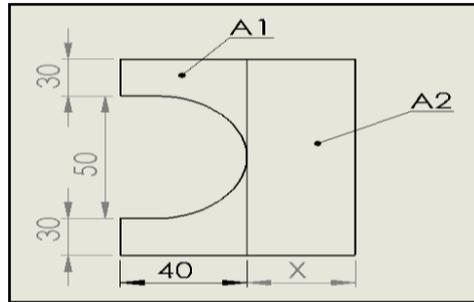


Fig. 2.27. Esquema para calcular el área de la placa  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Obtenida de esta manera el área total de la placa de acero encontramos la distancia (x) y con ello sabemos de qué dimensión es su espesor real como se observa en el cálculo y la Fig. 2.26

$$A_t = 2(4 \text{ cm} * 3 \text{ cm}) + (11 \text{ cm} x)$$

$$x = \frac{66 \text{ cm}^2 - 24 \text{ cm}^2}{11 \text{ cm}} = 3,82 \text{ cm}$$

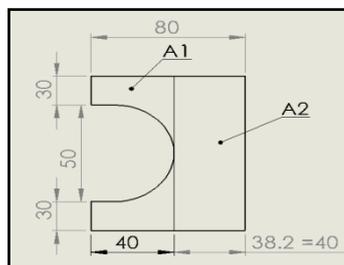


Fig. 2.28. Soporte del balancín  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### b. PLACA SOPORTE POSTERIOR (FIJA)

Este elemento sirve para la regulación de la trituradora de mandíbula aquí van alojados los tornillos de potencia que permiten la apertura de la mandíbula por medio de un motor reductor, ver Fig. 2.29.

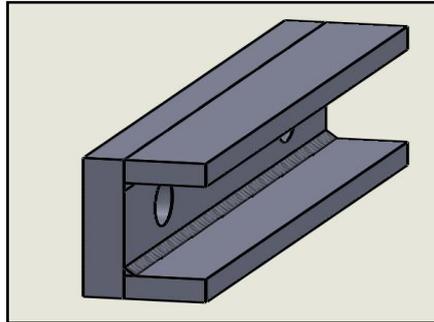


Fig. 2.29. Diagrama de placa de soporte posterior fija  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Sabiendo que las fuerzas en cada extremo del balancín son iguales y realizando la sumatoria de fuerzas y sumatoria de momentos, encontrando de esta manera el momento máximo como se observa en la Fig.2.30.

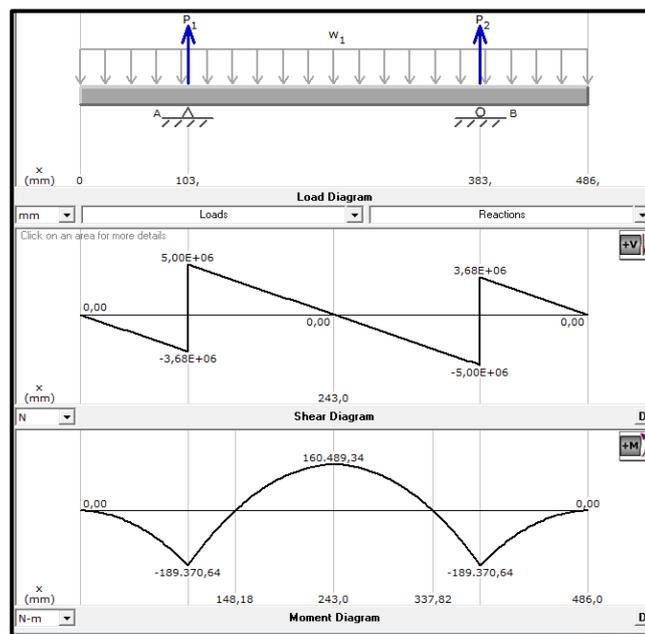


Fig. 2.30. Diagrama de cuerpo libre de la placa de soporte posterior fija  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

$$P_1 = P_2$$

$$R_1 = R_2 = 18.214,285 \text{ kg}$$

$$W = 356.999,9 \text{ N}$$

Momento máximo = 160.489,34 N \* m

Utilizando un acero SAE 1010 se calcula el esfuerzo debido a flexión ( $\sigma$ ) y utilizando datos del momento flector máximo de la Fig. 2.30 y utilizando la Ec.2.4 se calcula a continuación

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad ; \quad I = \frac{bh^3}{12}$$

Dónde:

M = Momento

C=Y<sub>cg</sub>= Centro de gravedad en Y

I = Inercia

$\sigma = S_y$  = Esfuerzo = SAE 1010 = 180 MPa

b = Altura = 12 cm

h= Espesor = e

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

$$\sigma_d = \frac{180\text{MPa}}{6} = 30 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{12e^3}{12} = e^3$$

$$\sigma_d = \frac{160.489,34 \text{ N} * \text{m}}{e^2 * 2}$$

$$e = \sqrt{\frac{80.244,715 \text{ N} * \text{m}}{30(10^6) \text{ N}/\text{m}^2}}$$

$$e = 5,17 \text{ cm}$$

Por motivo de diseño se utiliza una placa de espesor de 8 cm como indica la Fig. 2.31.

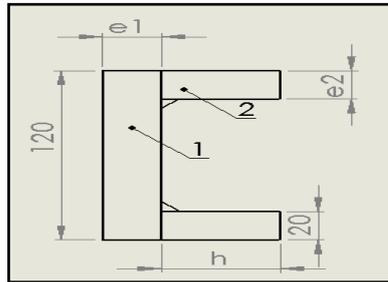


Fig. 2.31. Diagrama de soporte fijo para cálculos  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

**c. CÁLCULO DE LA SOLDADURA PARA EL SOPORTE DEL BALANCÍN:**

La soldadura produce una conexión sólida entre dos partes (Ver ANEXO E), denominada unión por soldadura, es el contacto entre los bordes o superficies de las partes que se han unido mediante soldadura utilizando la Ec. 2.24<sup>33</sup>. Ver Fig. 2.32.

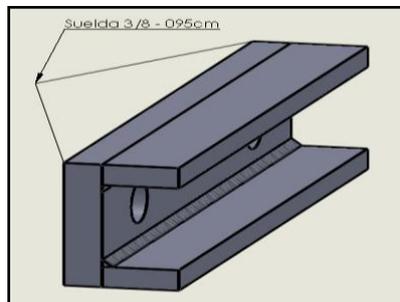


Fig. 2.32. Diagrama para ubicar soldadura  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

$$A = h * \cos 45^{\circ} * l \quad \text{Ec. 2.24}$$

Dónde:

L= Longitud de la pieza

h = Altura de la suelda

$A_s$  = Área de cobertura de la suelda

$\tau$  = Esfuerzo cortante

<sup>33</sup>Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985,pág. 440

Considerando que la longitud de la suelda esta en toda la extensión superficial del elemento (fig. 2.33) se debe sumar todas las partes de suelda:

$$L = 2(12,5 + 12,5 + 12 )$$

$$L = 74 \text{ cm}$$

Si se considera que la placa es rígida, entonces suponemos que la soldadura está sometida a corte puro.

$$\text{Por lo que } \tau = \frac{F}{A_s} = \frac{F}{h * \cos 45^\circ * L}$$

Si soldamos a un solo lado:

F= fuerza aplicada sobre la placa = 36.428,57 kgf

Obteniendo el dato calculado es comparado con el esfuerzo teórico cortante es  $\tau = 39 \text{ kgf/mm}^2$  y observamos que cumple la normativa que se muestra a continuación.

$$\tau = \frac{36.428,57 \text{ kgf}}{0,95 \text{ cm} (0,7071) 74 \text{ cm}}$$

$$\tau = 7,32 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\tau_{\text{calculado}} \leq \tau_{\text{teorico}}$$

$$7,33 \text{ kgf/mm}^2 \leq 39 \text{ kgf/mm}^2$$

Si soldamos por el interior de la U también y con un cordón de 8 mm de alto, tenemos una mayor seguridad.

$$\tau = \frac{36.428,57 \text{ kgf}}{0,8\text{cm}(0,7071) * (74 \text{ cm} + (7 \text{ cm} + 20 \text{ cm})2)}$$

$$\tau = 503,11 \text{ kgf/cm}^2 = 5,031 \text{ kgf/cm}^2 \leq 39 \text{ kgf/cm}^2$$

#### d. CÁLCULO DE LOS PERNOS DE POTENCIA

Los pernos de potencia son elementos que permiten la regulación de la máquina, mediante un motor los pernos giran y este a su vez desplaza a la placa posterior dando así su regulación, los pernos de potencia deben ser robustos ya que van a soportar vibraciones y desgastes al momento de realizar su función.

Si se coloca 2 pernos para la regulación de las muelas tenemos por cada perno una carga

$$R_1 = R_2 = 18.214,285 \text{ kgf}$$

El diámetro del tornillo se determina con base en la resistencia al desgaste de la tuerca:

$$d_m \geq \sqrt{\frac{2F}{\pi\phi S_{d-ap}}} V \quad \text{Ec. 2.25}$$

Dónde:

$S_{d-ap} = 80 \text{ Mpa}$  debido a que es rosca de acero

$F = 18.214,285 \text{ kgf} = 178,49 * 10^3 \text{ N}$

$\phi = 2,5$  debido a que la tuerca es de una sola pieza

$$d_m \geq \sqrt{\frac{2 * 178,49 * 10^3 \text{ N}}{\pi * 2,5 * 80 * 10^6 \text{ N/m}}} = 0,0238\text{m} = 0,93 \text{ pulg}$$

Por seguridad el perno que se escogerá un tornillo de 1 3/4(ANEXO F)

A continuación se colocara los datos importantes del tornillo seleccionado

$$d_m = 0,041275 \text{ m} ; d_r = 0,0381\text{m} ; p = l = 0,0635 \text{ m} ; d = 0,004445\text{m}$$

$$u = U_c = 0,1$$

Por diseño la longitud del perno será de 450 mm

El núcleo del tornillo está sometido a una combinación de compresión y torsión. El esfuerzo normal en los puntos críticos es la relación entre la fuerza y el área del tornillo (Ec.2.25). Para calcular el esfuerzo cortante en los puntos críticos es necesario calcular el par de torsión máximo, aquí el ángulo del coseno se lo toma como 0 grados debido a que es una rosca cuadrada:

$$T_s' = T_s + T_c = F \frac{d_m}{2} \frac{l + \frac{u * \pi * d_m}{\cos \alpha_f}}{\pi d_m + \frac{u * l}{\cos \alpha_f}} + F \frac{u_c d_c}{2} \quad \text{Ec. 2.26}$$

$$T_s' = 178,49 * 10^3 \text{ N} \frac{0,041227 \text{ m} * 0,006\text{m} + \frac{0,1 * \pi * 0,0412275 \text{ m}}{\cos 0}}{2 \pi * 0,0412275 \text{ m} + \frac{0,1 * 0,00635}{\cos 0}} + 178,49 * 10^3 \text{ N} \frac{0,1 * 0,06}{2}$$

$$T_s' = 392,25 \text{ N} * \text{m} + 552,53 \text{ N} * \text{m} = 944,78 \text{ N} * \text{m}$$

Los esfuerzos se calculan de la siguiente manera:

$$S_t = -\frac{F}{A_t} = -\frac{178,48 * 10^3 \text{ N}}{1,277 * 10^{-3} \text{ m}^2} = -145,6 \text{ MPa}$$

$$S_{st} = -\frac{16 T_s}{\pi d_r^3} = -\frac{16 * 944,78 \text{ N} * \text{m}}{\pi (0,0318 \text{ m})^3} = 87 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad está dado una relación que incluye a los esfuerzos calculados anteriormente y además consideramos que el acero del que está construido es un SAE 1045 ( $S_y=530$  MPa ANEXO B)

$$\frac{1}{N^2} = \left(\frac{S_t}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{S_{sT}}{S_{ys}}\right)^2 = \left(\frac{-145,6}{530}\right)^2 + \left(\frac{87}{0,577 * 530}\right)^2$$

$$N = 2,5$$

### e. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR REDUCTOR PARA LA REGULACIÓN DE LA MANDÍBULA

Sobre los pernos actúan la fuerza del peso de la muela móvil y la fuerza de fricción entre el perno y la tuerca. Para seleccionar adecuadamente el factor de rozamiento se utiliza la tabla 2.3 de acuerdo a la carga y a su contacto, tomando en cuenta la siguiente información.

Carga aplicada en el balancín

$$F = 36.428,57 \text{ kgf} = 356.999,98 \text{ N}$$

$$N = \frac{36.428,57 \text{ kgf}}{2} = 18.214,285 \text{ kg} \text{ En cada perno}$$

Esta carga sobre la fuerza genera una fuerza de rozamiento Ec.2.27<sup>34</sup>

$$f_r = N * \mu \quad \text{Ec. 2.27}$$

Tabla 2.3. Rozamiento según el material

Carga ( estático)	$\mu$
Acero sobre acero seco	0,15
Acero sobre acero lubricado	0,10

<sup>34</sup><http://web.educastur.princast.es/proyectos/fisquiweb/Apuntes/Apuntes1Bach/FuerzasRoz.pdf>

<b>Carga (dinámico)</b>	
Acero sobre acero seco	0,10
Acero sobre acero lubricado	0,09 – 0,08

Fuente: Serway R. A. Física. Editorial McGraw-Hill. (1992)

$$f_r = 18.214,285\text{kg} * 0,10$$

$$f_r = 1.821,4285$$

De esta manera obteniendo la carga en cada perno (N) y multiplicando por el factor de rozamiento ( $\mu$ ) que se encuentra en la tabla 2.3, se calcula el torque con la Ec. 2.7.

$$T = f_r * d$$

$$T = f_r * r_m$$

De los cálculos realizados anteriormente se toma el diámetro del perno de potencia.

$r_m$  = Radio medio del perno de potencia

$$r_m = \frac{3,865\text{cm}}{2} = 1,9325 \text{ cm}$$

$$T = 1.821,4285 \text{ kgf} * 1,9325\text{cm}$$

$$T = 35,1989\text{Kgf m}$$

Por ser 2 pernos el torque total es la multiplicación del torque por dos.

$$T_{\text{total}} = T * 2$$

$$T_{\text{total}} = 70.397 \text{ kgf} * \text{m} = 689,89 \text{ N} * \text{m}$$

Este torque es igual al de la corona por lo tanto la fuerza ejercida en la corona es calculada con la Ec. 2.7 y el diámetro de paso dividido para 2

$$F = \frac{T}{dG/2} = \frac{2(689,89 \text{ N} \cdot \text{m})}{112 \text{ mm}} = 1.231,946 \text{ N}$$

Por análisis sabemos que la fuerza ejercida en la corona es igual a la fuerza en el tornillo sin fin, con la Ec.2.28<sup>35</sup>, y el diámetro de paso (dW) se calcula el torque en el tornillo sin fin.

$$d_w = \emptyset \text{ de paso} = 31$$

$$W_f = F * u \Rightarrow \text{si selecciono } u = 0.05 \quad \text{Ec. 2.28}$$

$$T = W_f * \frac{dW}{2} = 61,5979 * \frac{31\text{mm}}{2} = 9,5941 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Si se considera que el desplazamiento de la muela es de 1.25 cm/seg y utilizando la Ec. 2.12 para calcular la potencia requerida para generar el giro de los pernos.

$$P = T \cdot \omega$$

Dónde:

P=Potencia

T= Torque

$\omega$ = velocidad angular

Si tenemos que el paso es de 6,3 mm, por lo tanto al girar el perno este se desplazara 6.3 mm por revolución, para desplazar 12,5 mm/seg, el perno deberá girar dos revoluciones por segundo aproximadamente, por lo que la velocidad angular ( $\omega$ ).

---

<sup>35</sup>Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985,pág. 690

$$\omega = 400 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ Rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}}$$

$$\omega = 41,88 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

Tomando en cuenta las siguientes unidades se calculan la potencia del motor que será acoplado en el tornillo sin fin y facilitar la apertura y cierre de la mandíbula.

$$1\text{Julio} = 1\text{Nm}$$

$$1\text{Watt} = 1\text{J/s}$$

$$P = 9,5941 \text{ N} * \text{m} * \frac{41,88 \text{ rad}}{\text{seg}}$$

$$P = 401,8776 \text{ Watt} = 1 \text{ HP}$$

#### **f. DISEÑO DE TORNILLO SIN FIN Y CORONA**

El contacto inicial de los dientes de engranes helicoidales es un punto, el cual se convierte en una línea cuando los dientes hacen más contacto, tienen una conexión gradual entre los dientes y la transmisión suave de la carga de uno a otro lo que da a los engranes helicoidales la capacidad de transmitir cargas pesadas a altas velocidades, ver Fig.2.33. Lo más importante de la regulación es el tornillo sin fin y la corona, debido a que con el movimiento de estos 2 elementos las demás partes acopladas van a tener un desplazamiento lo que obligara a la muela avanzar o retroceder. El tonillo sin fin se moverá con el motor reductor antes calculado aquí estará implicada la automatización.

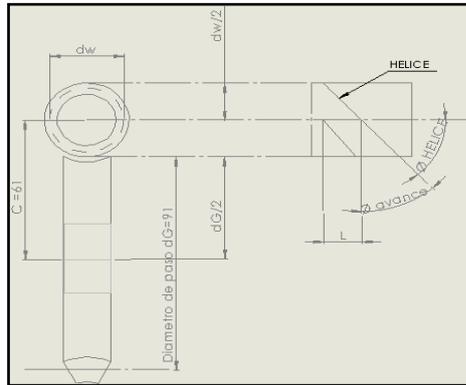


Fig.2.33. Diagrama de tornillo sin fin  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

**Dónde:**

$d_w$  =diámetro del paso del tornillo sin fin

$m$  =módulo

$d_r$  =diámetro de raíz

$d_k$  = diámetro de cabeza

$d_G$  = diámetro de paso o primitivo

$N_G=Z$  = Número de dientes

$C$ = distancia entre centros

$P$  = Paso

Para empezar el diseño tomamos el diámetro del paso del tornillo ( $d_w = 31$ ) se toma en cuenta la siguiente fórmula de la Ec. 2.29<sup>36</sup>.

$$\frac{c^{0.875}}{3.0} \leq d_w \leq \frac{c^{0.875}}{1.7} \quad \text{Ec. 2.29}$$

$$\frac{61^{0.875}}{3,0} \leq d_w \leq \frac{61}{1,7}$$

<sup>36</sup>Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985,pág. 391

$$12,163 \leq dw \leq 21,46$$

Demostrado con la Ec.2.29, el diámetro de paso del tornillo se continúa con el diseño de la corona y el tornillo sin fin

### f.1. RUEDA O CORONA

Para que el diámetro del sin fin no sea muy grande se aumenta el diámetro de la corona ( $dk = 120 \text{ mm}$ ) y se calcula el módulo con la Ec.2.30<sup>37</sup> y con la Ec. 2.31<sup>38</sup> se calcula el número de dientes.

$$m = \frac{p}{\pi} \quad \text{Ec. 2.30}$$

$$m = \frac{10 \text{ mm}}{3,1416}$$

$$m \cong 3,5 \text{ mm}$$

$$dk = m(z + 2) \quad \text{Ec. 2.31}$$

$$z = \frac{120 \text{ mm}}{3,5 \text{ mm}} - 2$$

$$z = 32,28 \rightarrow 32$$

$$\text{Con } Z=32 \rightarrow dk = 3,5 \text{ mm } (32 + 2)$$

$$dk = 119 \text{ mm}$$

Obteniendo el número de dientes y aplicando la Ec.2.31 obtenida anteriormente se calcula el diámetro de paso ( $dG$ ), que es la superficie

---

<sup>37</sup>Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985,pág. 604

<sup>38</sup>Hermann Jutz ,Eduard Scharkus ,Tablas para uso en la industria metalúrgica, editorial Reverté S.A, 1971 -1974,pág. 77

imaginaria que se encuentra entre el diámetro de raíz y el diámetro de cabeza, ver Fig. 2.32, y de esta manera comprobamos el diámetro de paso con la Ec.2.32.

$$dG = \frac{z * P}{\pi} \text{ Ec. 2.32.}$$

$$P = m * \pi = 3,5 \text{ mm} * \pi = 10,95 \text{ mm}$$

$$dG = \frac{32 * 10,95 \text{ mm}}{3,1416} = 112 \text{ mm}$$

$$c = 71 \text{ mm}$$

$$\frac{71^{0.875}}{3,0} \leq dw \leq \frac{71^{0.875}}{1,7}$$

$$13,976 \leq dw \leq 24,66$$

## f.2. ALTURA DEL DIENTE

La altura del diente se calcula multiplicando dos veces su módulo, tomando en cuenta el inicio del diente desde el diámetro de raíz

$$h = 2 * m$$

$$h = 2 * 3,5 \text{ mm} = 7 \text{ mm}$$

Por no disponer de espacio suficiente, tomamos medidas de corona y sin fin fuera de las recomendaciones de diseño. Para perno sin fin, utilizando las Ec. 2.33<sup>39</sup> y 2.34<sup>40</sup>.

$$d_w = \emptyset \text{ de paso} = 31$$

<sup>39</sup>Hermann Jutz, Eduard Scharkus, Tablas para uso en la industria metalúrgica, editorial Reverté S.A, 1971 -1974,pág. 77

<sup>40</sup>Hermann Jutz, Eduard Scharkus, Tablas para uso en la industria metalúrgica, editorial Reverté S.A, 1971 -1974,pág. 77

$$d_r = d_w - 2h \quad \text{Ec. 2.33}$$

$$d_r = 31 \text{ mm} - 7 \text{ mm} = 24 \text{ mm}$$

$$d_k = d_w + 2h \quad \text{Ec. 2.34}$$

$$d_k = 31 \text{ mm} + 7 \text{ mm} = 38 \text{ mm}$$

Con los datos obtenidos de cálculos realizados se obtienen los datos para la construcción del eje sin fin la corona

$$d_w = \emptyset \text{ de paso} = 31$$

$$d_r = \emptyset \text{ de raíz} = 24$$

$$b = \text{cuerda} = 28$$

$$P = P_x = \text{Paso} = 11 \text{ mm}$$

$$d_k = \emptyset \text{ de cabeza} = 38$$

Datos Para la corona:

$$d_r = \emptyset \text{ de raíz}$$

$$d_G = \emptyset \text{ de paso} = 112$$

$$d_k = \emptyset \text{ de cabeza} = 120$$

$$Z = 32 \text{ dientes}$$

$$b = 28$$

$$m = \text{módulo} = 3,5$$

Para calcular ( $b$  o  $f_c$ ) que es el ancho de la cara de la corona tenemos la cuerda que es calculada con la Ec.2.35<sup>41</sup>.

$$f = 3,5 \quad ; \quad r = 15,5$$

$$c = \sqrt{8f\left(r - \frac{f}{2}\right)} \quad \text{Ec. 2.35}$$

$$c = \sqrt{8 * 3,5\left(15,5 - \frac{3,5}{2}\right)}$$

$$c = 19,62 \text{ mm} \cong 20 \text{ mm}$$

### g. DISEÑO DEL RESORTE DE COMPRESIÓN

Los resortes ayudan al retroceso inmediato de la muela móvil, sufriendo deformaciones por efecto de las cargas y pueden trabajar con un alto grado de resiliencia<sup>42</sup>, ver Fig.2.34.

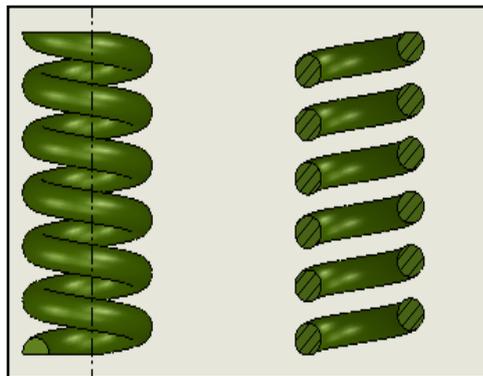


Fig. 2.34. Diagrama básico de un resorte  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

<sup>41</sup>Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985,pág. 683

<sup>42</sup> Es una magnitud que cuantifica la cantidad de energía por unidad de volumen que almacena un material

Para calcular el resorte se va a utilizar un software llamado Gutekunst el cual ayuda de gran manera al cálculo de los mismos, en la figura 2.35 se puede observar las variables necesarias para obtener un resorte de acuerdo a las necesidades requeridas, como se observa en la figura no se requiere de todas las variables solo requerimos las siguientes:

De=Diámetro externo

F1=Fuerza de longitud instalada

S1=Longitud de deformación del resorte instalado

S2=Deformación del resorte en trabajo normal

L0=Longitud libre

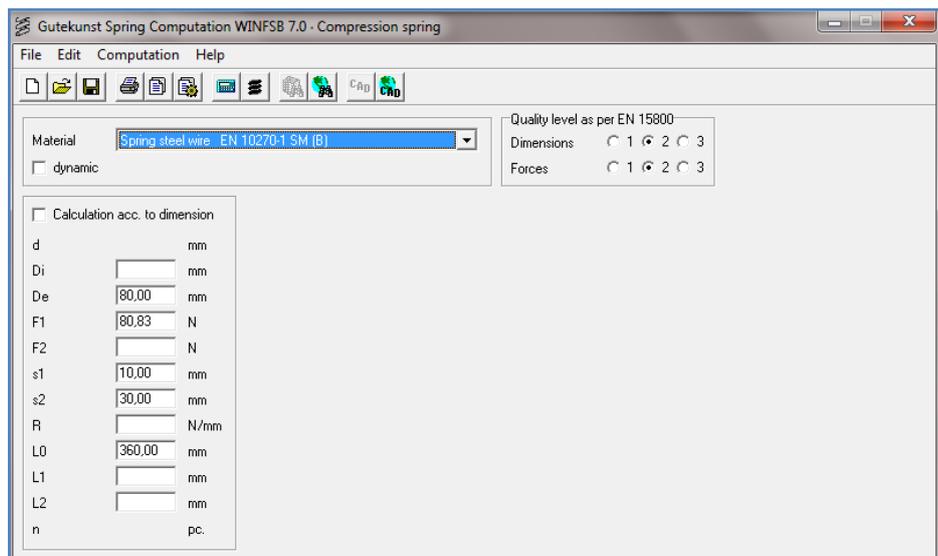


Fig. 2.35. Ingreso de variables  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Ingresados los valores se coloca en la pantalla COMPUTATION y se da click en Compute los valores de la Fig. 2.36 son los que nos provee el programa

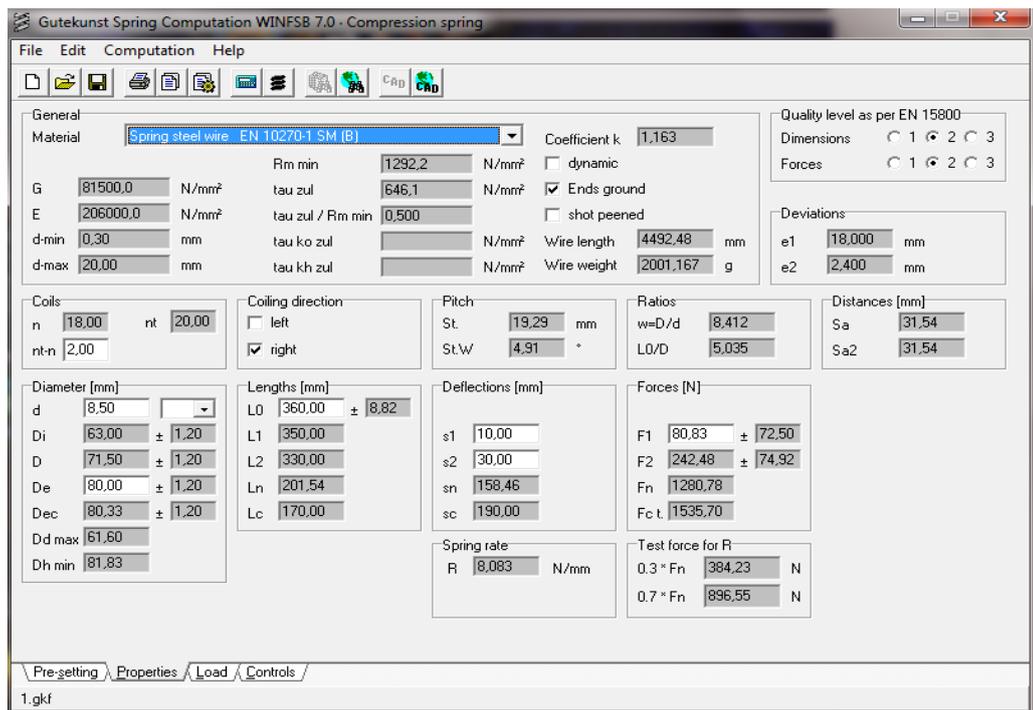


Fig. 2.36. Datos obtenidos con Gutekunst  
Fuente: Software GutekunstWinFSB 7.0

Para que el programa nos de la forma del resorte se puede dar click en la opción COMPUTATION y click en la opción ONLINE CAD el programa nos muestra el resorte sólido como se observa en la Fig. 2.37, de este programa se pueden obtener las vistas necesarias para 2D y 3D.

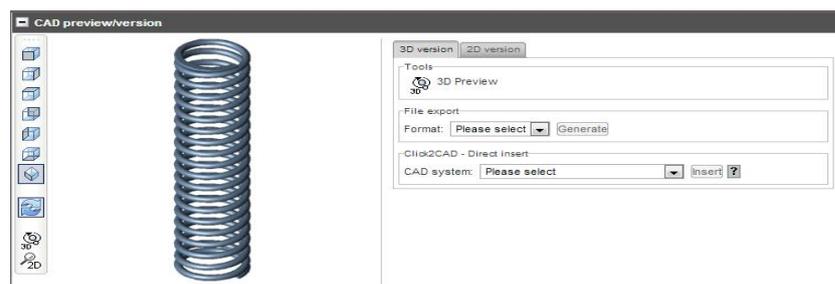


Fig. 2.37. Diagrama de resorte en 3D  
Fuente: Software GutekunstWinFSB 7.0

Para encontrar los datasheet de nuevo se da un click en la opción COMPUTATION y se da click en ONLINE SEARCH FOR SPRINGS donde automáticamente nos brinda los datos de los resortes compatibles con la aplicación como se muestra en la Fig. 2.38

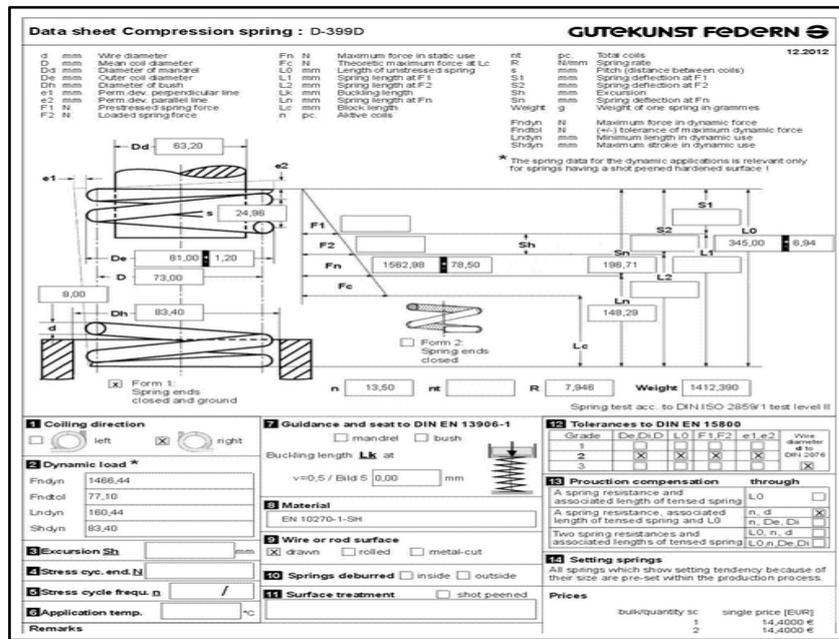


Fig. 2.38. Data sheet del resorte  
 Fuente: Software GutekunstWinFSB 7.0

## h. CÁLCULO DE CORREAS DE TRANSMISIÓN<sup>43</sup>

Las correas de transmisión son importantes en el diseño ya que mediante estas se puede trasladar el movimiento de un motor a los volantes, el cual dará el movimiento y la fuerza para el triturado. Las bandas se escogerán de acuerdo a la distancia entre ejes, la velocidad deseada, la potencia del motor, factor de servicio que son los factores que más intervienen en la elección, ver Fig. 2.39.

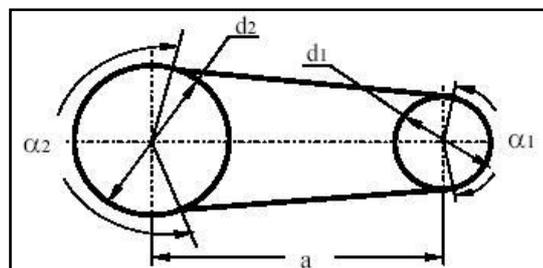


Fig. 2.39. Diagrama de correas de transmisión  
 Fuente: [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-mecanico-1/material\\_clase/ocw\\_correas2](http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-mecanico-1/material_clase/ocw_correas2)

<sup>43</sup><http://es.scribd.com/doc/11863511/Diseno-y-Seleccion-Del-Mando-a-Correas-en-V>

- $\mu$  = Factor de servicio(2 por servicios continuos )
- $P_t$  = Potencia teorica (Motor 25hp)
- $P_d$  = Potencia de diseño

Con la Ec. 2.36<sup>44</sup>, se calcula la potencia de diseño y con el valor obtenido se selecciona un perfil de correa.

$$P_d = P_t * \mu \quad \text{Ec. 2.36}$$

$$P_d = 25 \text{ HP} * 2 = 50 \text{ HP}$$

### h.1. SELECCIÓN DEL PERFIL DE CORREA

Para el proceso de selección de la correa se la realiza con las revoluciones obtenidas de la polea del motor y los HP de la misma y luego comparándola con la tabla de selección de perfiles de correas de la Fig.2.40

Polea= 900 RPM

$P_d=50 \text{ HP}$

Según tabla seleccionamos perfil tipo B

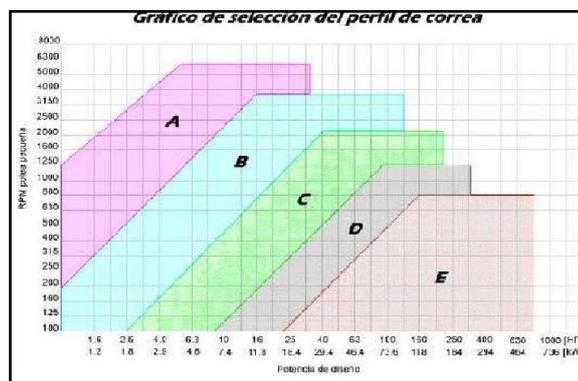


Fig. 2.40. Selección de tipo de banda

Fuente:<http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/materias/elementosdemáquinas/CasoEstudio11.pdf>

<sup>44</sup><http://es.scribd.com/doc/11863511/Diseno-y-Seleccion-Del-Mando-a-Correas-en-V>

## **h.2. DIÁMETRO DE POLEA EN EL MOTOR**

Aplicando la Ec. 2.37<sup>45</sup>, existe relación de diámetros y las revoluciones sobre minutos, se puede encontrar el diámetro de la polea motriz.

$d_1$  = Diámetro pequeño

$N_1$  = RPM diámetro pequeño

$d_2$  = Diámetro grande

$N_2$  = RPM Diámetro grande

$$d_1 = \frac{N_2 * d_2}{N_1} \quad \text{Ec. 2.37}$$

$$d_1 = \frac{221 \text{ rpm} * 1.064 \text{ mm}}{1.175 \text{ rpm}}$$

$$d_1 = 200 \text{ mm}$$

## **h.3. DISTANCIA ENTRE EJES**

Aplicando la Ec. 2.38<sup>46</sup> se observa las distancias mínimas y máximas para poder encontrar la longitud entre centros.

$$d_{\min} = 0,7(d_1 + d_2) \quad \text{Ec. 2.38}$$

$$d_{\min} = 0,7(221 + 1.064)\text{mm}$$

$$d_{\min} = 899,5 \text{ mm}$$

$$d_{\max} = 2(d_1 + d_2)$$

---

<sup>45</sup>Hermann Jutz ,Eduard Scharkus ,Tablas para uso en la industria metalúrgica, editorial Reverté S.A, 1971-1974,pág. 76

<sup>46</sup>Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985,pág.809

$$d_{\max} = 2(221 + 1.064)\text{mm}$$

$$d_{\min} = 2.570 \text{ mm}$$

Para efectos de cálculo se toma un valor medio entre la distancia máxima y mínima, se va a tomar para este caso una distancia entre ejes de 1000mm.

Se encuentra la longitud de la correa con la Ec. 2.39<sup>47</sup> y relacionado los diámetros y el valor medio seleccionado entre la distancia mínima y máxima (C = 1.000mm).

$$L = 2 * C + 1,57(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 + d_1)^2}{4 * C} \quad \text{Ec. 2.39}$$

$$L = 2(1.000) + 1,57(1.064 + 221) + \frac{(1.064 + 221)^2}{4(1.000)}$$

$$L = 4.430 \text{ mm} = 4,40 \text{ m}$$

Con la Ec.2.40<sup>48</sup> se puede encontrar el ángulo de contacto entre la polea y la banda, que al poner en marcha la máquina no exista deslizamientos de las bandas en las poleas y no tenga un plazo corto de utilidad.

$$\text{Arc} = 180^\circ - \frac{60^\circ(d_2 - d_1)}{C} \quad \text{Ec. 2.40}$$

$$\text{Arc} = 180^\circ - \frac{60^\circ(1.064 - 221)}{1.000}$$

$$\text{Arc} = 129,4^\circ$$

Debido a que los catálogos expresan que las bandas tipo B resisten hasta 400 Kw de transmisión de potencia resiste el valor de 18,6 kw que es la potencia del motor que se utiliza, por seguridad y fiabilidad se coloca 6

<sup>47</sup>Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985,pág. 808

<sup>48</sup><http://es.scribd.com/doc/11863511/Diseno-y-Seleccion-Del-Mando-a-Correas-en-V>

bandas tipo B. De acuerdo al catálogo se pondrá bandas B 173 marca texrope, Ver ANEXO G

## **2.4 DIMENSIONAMIENTO Y MODELACIÓN COMPUTACIONAL DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA**

### **2.4.1 SELECCIÓN DE LOS MATERIALES QUE UTILIZAREMOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA**

Con los cálculos obtenidos anteriormente, se ha demostrado y verificado que material se utilizara para cada pieza, el acero que más se va a utilizar es el AISI 1020 pero se ha decidido cambiar este acero por un acero aleado al carbono A52 que tiene mejores propiedades mecánicas que el AISI 1020, asegurando así el funcionamiento de la máquina en la tabla se especifica que material se va a utilizar en los principales componentes de la chancadora de mandíbula, ver tabla 2.4.

Tabla 2.4. Tabla de materiales para las piezas principales

Pieza	Material
Eje excéntrico	SAE 1045
Base muela fija	SAE 1010
Base muela móvil	SAE 1010
Balancín	SAE 1010
Soporte balancín	SAE 1010
Bujes	SAE 1045
Placas laterales	SAE 1010

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### **2.4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ACEROS UTILIZADOS**

En esta sección se hará un pequeño estudio de las principales características de los materiales utilizados para la construcción de la máquina trituradora, estos datos fueron obtenidos del software Solid Works como se observa en las tablas 2.5 y 2.6.

## Acero AISI 1045

Tabla 2.5. Propiedades del acero AISI 1045

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2,05e+011	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coefficiente de Poisson	0,29	NA	Constante
Módulo cortante	8e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante
Densidad	7850	kg/m <sup>3</sup>	Constante
Límite de tracción	6,25e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Límite elástico	5.3e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coefficiente de dilatación	1,15e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica	49,8	W/(m.K)	Constante
Calor específico	486	J/(kg.K)	Constante

Fuente: Software Solid Works

## Acero AISI 1010

Tabla 2.6. Propiedades del acero AISI 1010

Módulo elástico	2e+011	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D	Constante
Módulo cortante	7.7e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante
Densidad	7900	kg/m <sup>3</sup>	Constante
Límite de tracción	420507000	N/m <sup>2</sup>	Constante
Compressive Strength in X		N/m <sup>2</sup>	Constante
Límite elástico	351571000	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coef. de dilatación térmica	1.5e-005	/K	Constante
Conductividad térmica	47	W/(m·K)	Constante
Calor específico	420	J/(kg·K)	Constante
Material Damping Ratio		N/D	Constante

Fuente: Software Solid Works

### **2.4.3. DISEÑO DEL EJE EXCÉNTRICO UTILIZANDO SOLIDWORKS**

El eje excéntrico será encargado de darle el movimiento a la máquina trituradora de escoria, estará alojado en 2 bocines de bronce montados sobre unos bujes cuadrados, en este elemento se encuentra expuesto a varias fuerzas por lo cual se realizara un ensayo estático en el programa de diseño solid Works, en este estudio se aplicaran fuerzas y fijaciones que estarán presentes en el funcionamiento.

La simulación ayudara a saber si los elementos están diseñados de una manera correcta, y con esto tener un respaldo de que el diseño se lo realizó de una manera adecuada y no va a tener ningún tipo de complicaciones en su futuro funcionamiento. Solid Works va a dar como resultados:

- Tensión de von mises
- Desplazamiento resultante
- Factor de seguridad

#### **a. TENSIÓN DE VON MISES**

La tensión de von mises es el esfuerzo máximo que se tiene en un punto del elemento, el análisis se presenta con una escala de colores en el cual la parte roja es la zona más crítica. El esfuerzo máximo en este caso es de 138.491 MPa. El esfuerzo crítico se debe a la fuerza que debe soportar el eje al momento de la trituración, ver Fig 2.41.

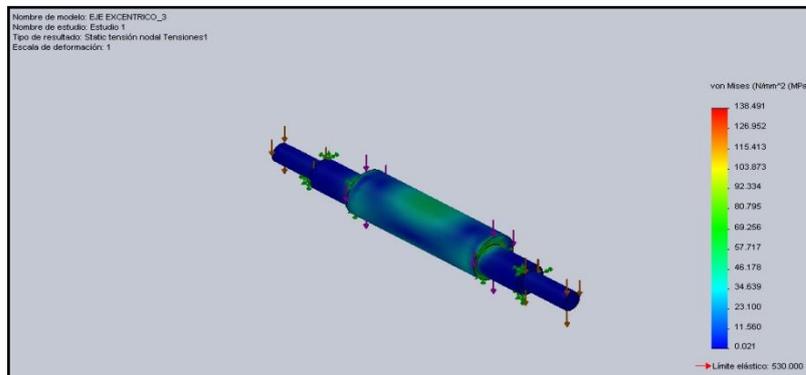


Fig.2.41. Tensión de von mises en eje excéntrico  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### b. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

El desplazamiento resultante no es nada más que la deflexión que sufre el elemento al aplicar una carga, al igual que en todos los análisis de Solid Works se representa con una escala de colores donde el color rojo es la zona más crítica. Para este caso la deformación es 0.102 la cual es un valor muy bajo por lo cual se puede considerar que el diseño de este elemento cumple las expectativas Fig. 2.42.

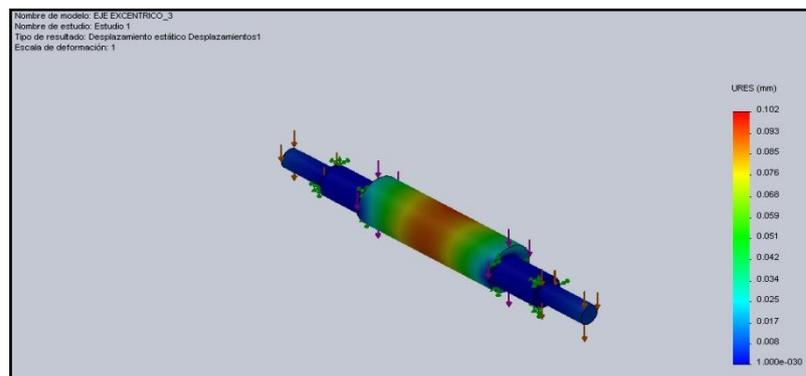


Fig. 2.42. Desplazamiento resultante eje excéntrico  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### c. FACTOR DE SEGURIDAD

Este análisis asegura que el elemento no va a tener complicaciones al momento de su instalación, las zonas rojas muestran las zonas que tienen el factor de seguridad más bajo y por ende estas zonas son las más críticas, el factor de seguridad es de 3.83 que es un nivel aceptable para

la aplicación, con este análisis se concluye que el elemento es apto para funcionar sin riesgos, gracias a la ayuda del software MD Solids se puede observar los esfuerzos en la gráfica del círculo de mohr, ver Fig. 2.43.

Esfuerzo normal, este esfuerzo es tomado de un acero semiduro AISI 1045 con  $S_y = 310 \text{ MPa}$  como se observó en el cálculo del eje excéntrico.

$$\sigma_{\max} = 310 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante o de cizallamiento, es producido por una fuerza que actúa paralelamente al plano que los resiste dada por la Ec.2.41<sup>49</sup>, siendo (V) el esfuerzo máximo cortante obtenido en el software con un valor de 2780.000N, obtenemos el esfuerzo cortante.

$$\tau = \frac{4V}{3A} = \frac{4(2780.000\text{N})}{3\left(\frac{\pi * d^2}{4}\right)} = 20.975,4 \quad \text{Ec. 2.41}$$

Esfuerzo Torsor, es la capacidad de torsión de objetos en rotación alrededor de un eje fijo, a continuación se puede observar cómo se obtiene el esfuerzo torsor máximo aplicando la Ec.2.42<sup>50</sup>, de esta manera obtenido el esfuerzo torsor y el esfuerzo cortante aplicamos la Ec.2.43<sup>51</sup>

$$\tau_{\max} = \frac{T * c}{J} = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16(440.8036,23\text{kg cm})}{\pi(15\text{cm})^3} = 6.651,81 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ec. 2.42}$$

$$\tau_{\max} = 94.620 \text{ psi}$$

$$\tau_{xy} = \tau_{\text{tor}} + \tau_{\text{cor}} \quad \text{Ec. 2.43}$$

<sup>49</sup>Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985,pág. 69

<sup>50</sup> Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág 140

<sup>51</sup>Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985,pág. 353

$$\tau_{xy} = 27.627,21 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{xy} = 392.990,18 \text{ psi}$$

Con los datos obtenidos del esfuerzo torsor Ec. 2.42, he ingresado estos datos al programa de análisis MD solids, se obtiene de esta manera datos analizados de los esfuerzos en el eje excéntrico, ver figura 2.43.

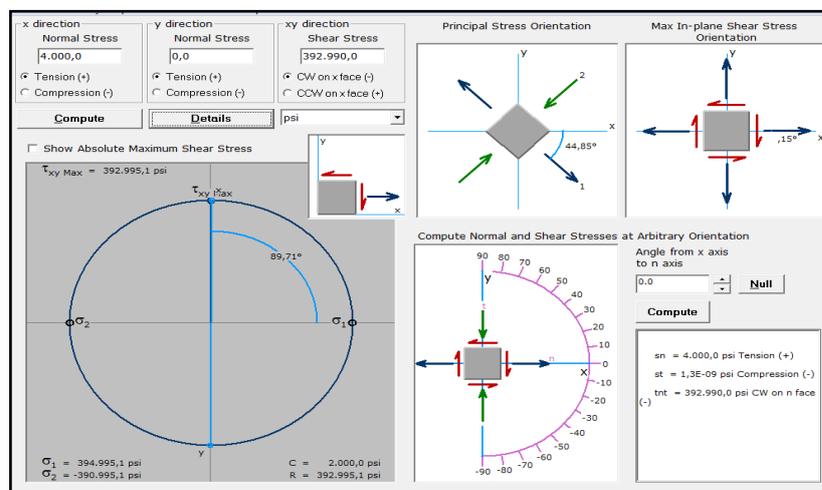


Fig.2.43. Círculo de Mohr para eje excéntrico  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Con estos datos obtenidos en  $(\sigma_1)$  y  $(\sigma_2)$  y aplicando la Ec.2.44<sup>52</sup> se obtienen los esfuerzos principales.

$$\sigma_1 = 394.995,1$$

$$\sigma_2 = -390.995,1$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2} \tag{Ec. 2.44}$$

$$\sigma' = \sqrt{394.995,1^2 - (394.995,1 * -390.995,1) + -390.995,1^2}$$

$$\sigma' = 6.708 \text{ psi}$$

Y luego de obtener todos los datos necesarios para calcular el Factor de seguridad (teoría del esfuerzo cortante) y verificando cuál de estas dos Ec.2.45<sup>53</sup> y 2.46<sup>54</sup> es la más factible.

<sup>52</sup>Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985,pág. 352

$S_y = 45.000$  psi que es la resistencia a la fluencia del acero AISI 1045

$$S_{sy} = 0,5 * S_y \quad \text{Ec. 2.45}$$

$$F. S. = \frac{S_{sy}}{\tau_{\max}} \quad \text{Ec. 2.46}$$

$$F. S. = \frac{0,5 * 45.000\text{psi}}{6.708\text{psi}}$$

$$F. S. = 3,35$$

Con el factor de seguridad obtenido según cálculos y el análisis en Solid Works se verifica que el elemento está bien dimensionado al obtener los valores de factor de seguridad muy parecidos, ver figura 2.44.

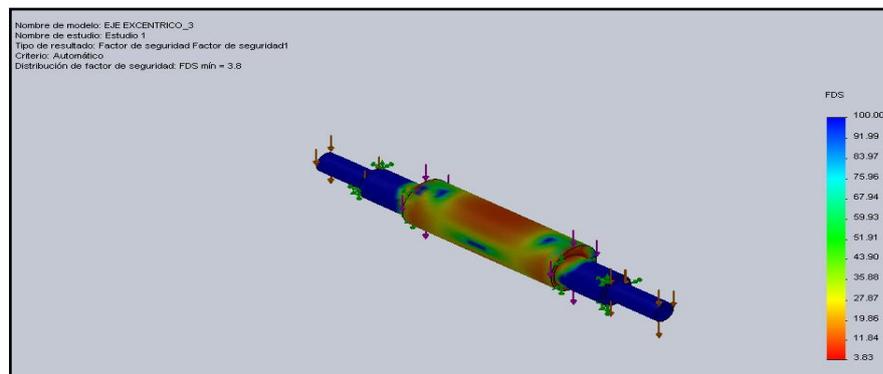


Fig.2.44. Factor de seguridad en eje excéntrico  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

#### 2.4.4. BASE DE LA MUELA FIJA.

##### a. TENSIÓN DE VON MISES

Este elemento tiene un esfuerzo máximo de 141,009 MPa esta fuerza se va a producir al momento de triturar esta fuerza se va a localizar

<sup>53</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 94

<sup>54</sup>Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 94

principalmente en la celosía y el las perforaciones para la sujeción, estos picos máximos se deben a que al momento de triturar esta pared debe estar firme y soportar el mayor esfuerzo, ver figura 2.45.

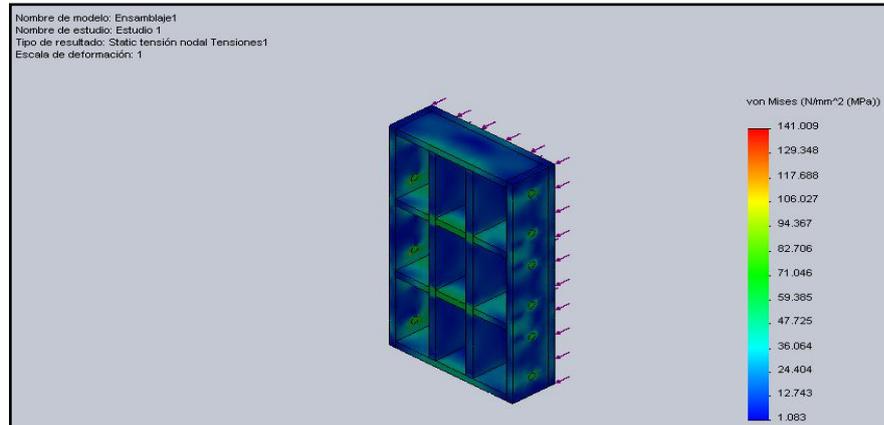


Fig.2.45. Tensión de von mises en muela fija  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## b. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

El desplazamiento para este elemento será de 0,120 un valor pequeño que no llega ni a la unidad, por lo que esta no es de mayor índole en el diseño, este desplazamiento no afectara el diseño, se puede ver donde sufre las mayores deformaciones según la escala de colores, ver figura 2.46.

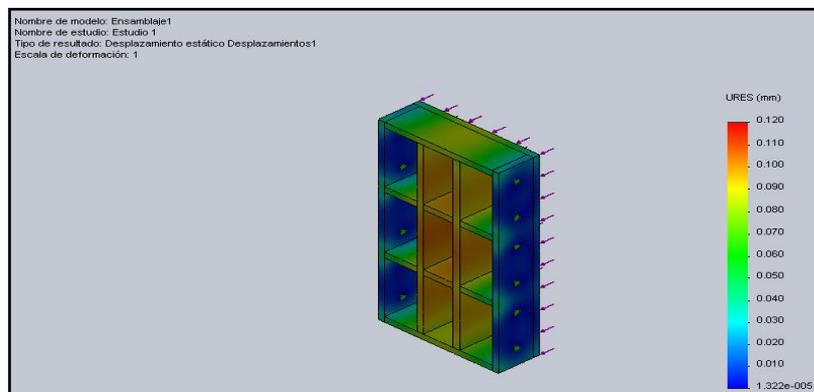


Fig.2.46. desplazamiento resultante en muela fija  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### c. FACTOR DE SEGURIDAD

El Factor de seguridad en este elemento es de 4,4 por lo cual está dentro del margen aceptable, va a funcionar sin ningún problema y se puede utilizar con toda seguridad. Las zonas donde el factor de seguridad es más bajos son la fijación y la celosía, esto se debe a que en estas zonas va a soportar la fuerza máxima cuando la máquina esté en funcionamiento, estos esfuerzos son calculados aplicando la Ec. 2.42 ver Fig 2.47.

$$\tau_{\max} = \frac{Tc}{J} = 1.884,24 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \rightarrow 26.802,8\text{psi}$$

$$W = 945 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}} = 926.100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Esfuerzo cortante o de cizallamiento, es producido por una fuerza que actúa paralelamente al plano que los resiste dada por la Ec.2.45<sup>55</sup>, siendo (V) el esfuerzo máximo cortante con un valor de 416.744,76 kgf, obtenemos el esfuerzo cortante

$$\tau = \frac{3V}{2A} = \frac{3(416.744,76)\text{kg}}{3(750)\text{cm}^2} = 833,48 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Ec. 2.45}$$

$$\tau = 11.850,18 \text{ psi}$$

Esfuerzo Torsor es la capacidad de torsión de objetos en rotación alrededor de un eje fijo, a continuación se puede observar cómo se obtiene el esfuerzo torsor máximo aplicando la Ec.2.7, con este dato obtenido y aplicado la Ec.2.42 se obtiene los esfuerzos principales ( $\tau_{xy}$ )

$$T = F * d = 85.000\text{kg} * 90\text{cm} = 7.650.000\text{kg} * \text{cm}$$

---

<sup>55</sup> Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, 1996, pág. 347

$$J = I = \frac{bh^3}{12} = \frac{500\text{cm}(100\text{cm})^3}{12} = 14.062,5\text{cm}^4$$

$$\tau = \frac{T * c}{J} = \frac{7.650.000\text{kg cm} * 5,95 \text{ cm}}{14.062,5\text{cm}^4} = 3.236,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = 46.042,6\text{psi}$$

$$\tau_{xy} = \tau_{\text{tor}} + \tau_{\text{cor}}$$

$$\tau_{xy} = 57.898,78 \text{ kg/cm}^2$$

Con los datos obtenidos del esfuerzo Torsor Ec. 2.42, se ha ingresado estos datos al programa de análisis MD solids, se obtiene de esta manera datos analizados de los esfuerzos en el eje excéntrico, ver Fig. 2.47.

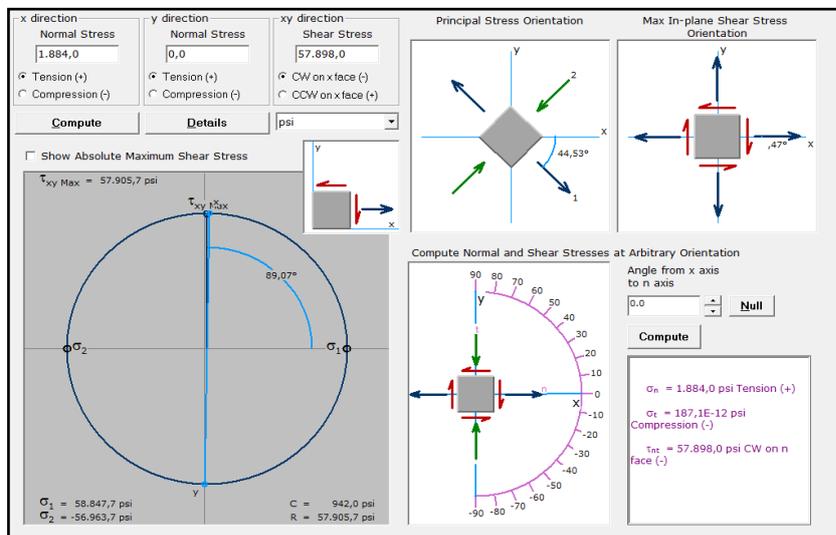


Fig. 2.47. Circulo de mohr para muela fija  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Con estos datos obtenidos en ( $\sigma_1$ ) y ( $\sigma_2$ ) y aplicando la Ec.2.44 se obtienen los esfuerzos principales

$$\sigma_1 = 58.847,7\text{psi}$$

$$\sigma_2 = -56.963,7\text{psi}$$

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

$$\sigma' = \sqrt{58.847,7^2 - (58.847,7 * -56.963,7) + -56.963,7^2}$$

$$\sigma' = 4.630,2\text{psi}$$

Luego de obtener todos los datos necesarios para calcular el Factor de seguridad (teoría del esfuerzo cortante) y con la Ec.2.46, se procede de la siguiente manera.

Sy= 45.000 psi que es la resistencia a la fluencia del acero AISI 1045

$$Ssy = 0.5 * Sy$$

$$F. S. = \frac{Ssy}{\tau_{\max}}$$

$$F. S. = \frac{0,6 * 44.000\text{psi}}{4.630,2\text{psi}} = 4,75$$

Con el factor de seguridad obtenido según cálculos y el análisis en Solid Works se verifica que el elemento está bien dimensionado al obtener los valores de factor de seguridad muy parecidos, ver Fig.2.48.

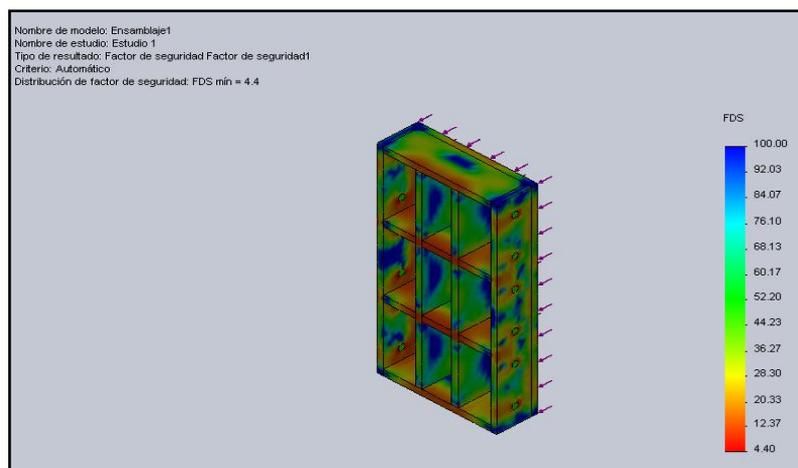


Fig. 2.48. Factor de seguridad en muela fija  
 Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## 2.4.5. BASE DE LA MUELA MÓVIL

### a. TENSIÓN DE VON MISES

La tensión de von mises es de 99.828 MPa en su punto crítico, en este elemento casi no se llega al valor crítico por lo cual el elemento está bien construido. El esfuerzo está ubicado en su mayoría sobre las celosías y se distribuye uniformemente, ver Fig. 2.49.

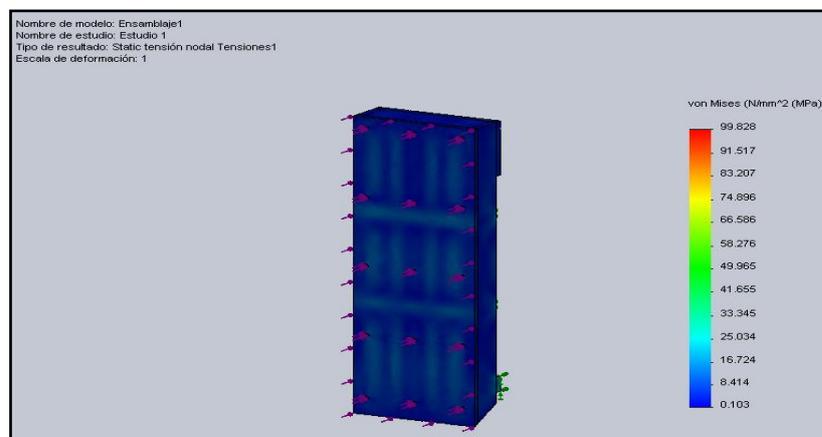


Fig. 2.49. Tensión de von mises en muela móvil  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### b. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

El desplazamiento resultante es de 0.035 un desplazamiento muy bajo considerando que este elemento va a brindar la fuerza para la trituración, el desplazamiento máximo en la figura son las zonas donde la pared no está protegida con celosías pero al ser tan bajo no va a afectar el funcionamiento del elemento, ver Fig.2.50.

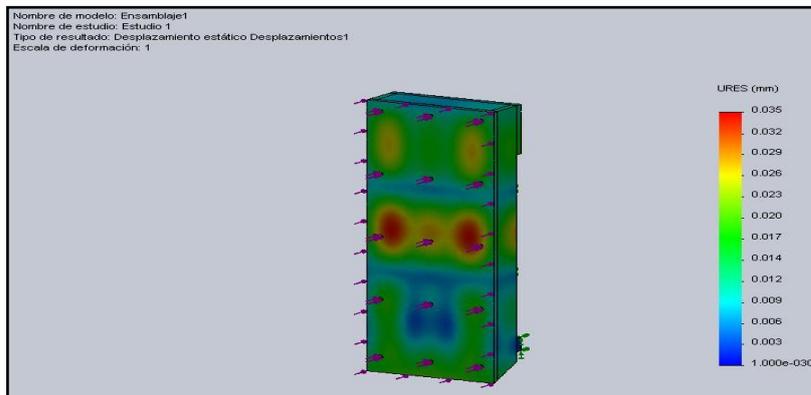


Fig. 2.50. Desplazamiento resultante en muela móvil  
 Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### c. FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad para este elemento es de 2.5 lo cual indica que este elemento va a soportar la fuerza del triturado. Con esto concluimos que el elemento está bien diseñado, este elemento se lo diseño con los datos de la carga que va a soportar, ver Fig.2.51.

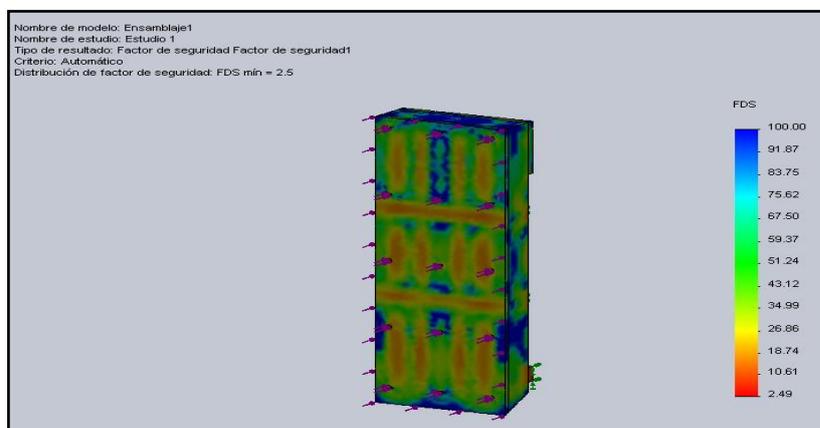


Fig. 2.51. Factor de seguridad en muela móvil  
 Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## 2.4.6. CORONA Y SIN FIN

### a. TENSIÓN DE VON MISES

El análisis muestra un esfuerzo máximo de 259,121 MPa esta fuerza se va a producir en el acople de estos elementos, al momento de realizar la

regulación que permite el desplazamiento de la muela ya sea para abrirla o cerrarla, ver Fig.2.52.

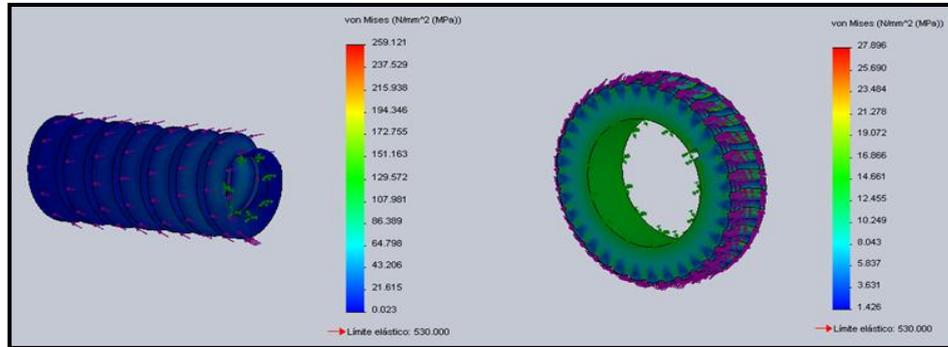


Fig. 2.52. Tensión de von mises en corona y sin fin  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### b. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

El desplazamiento en estos elemento va a ser casi nulo, en valores 0.003 mm lo cual es demasiado bajo y no va a afectar en nada al funcionamiento del sistema, con este análisis se está completamente seguro que el sin fin y la corona está en óptimas condiciones para utilizarlo, ver Fig.2.53.

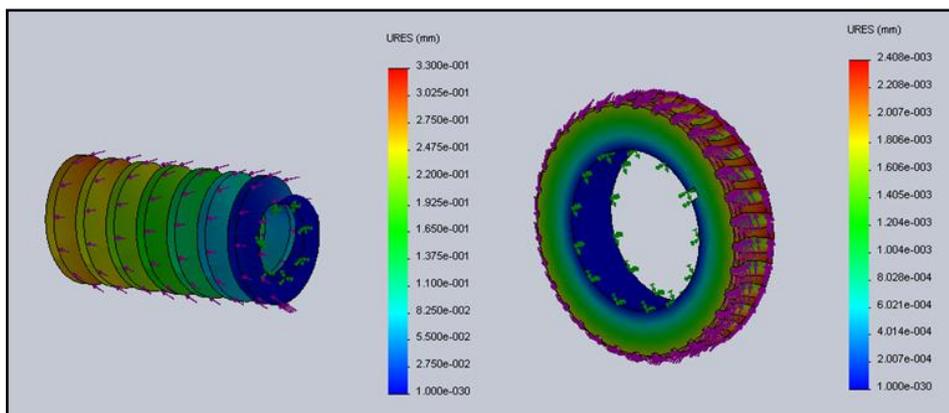


Fig. 2.53. Desplazamiento resultante mises en corona y sin fin  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### c. FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad en estos elementos es de 8.42 es un factor de seguridad que nos va a dar la confianza de utilizarlo plenamente sin

ningún tipo de complicaciones, el análisis de este elemento nos dice que puede soportar muchas veces más la carga que está soportando por lo cual es completamente seguro, ver Fig.2.54.

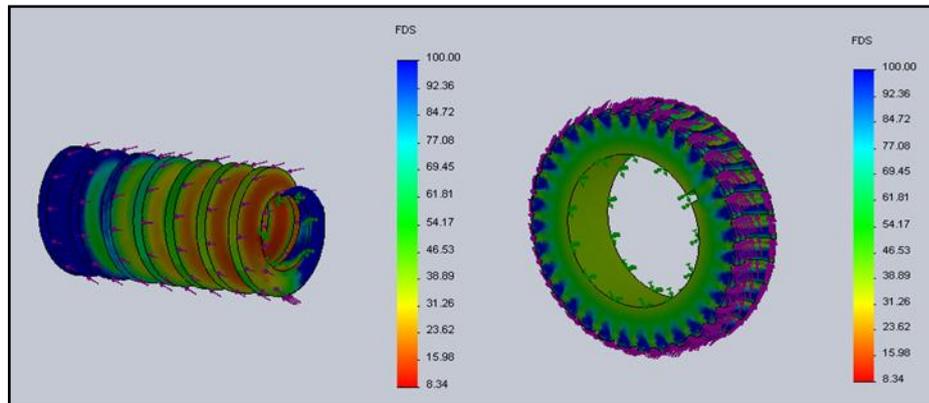


Fig. 2.54. Factor de seguridad en corona y sin fin  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## 2.4.7. PLACAS LATERAL

### a. TENSIÓN DE VON MISES

Las placas laterales son la estructura base de la máquina trituradora la mayor fuerza soportada se va a generar en las sujeciones, debido a que van acoplados directamente con las muelas que son las que aguantan la fuerza de trituración, el esfuerzo máximo de estas paredes son de 131.183 MPa pero debido al material usado puede soportar este esfuerzo sin ningún tipo de complicación, ver Fig.2.55.

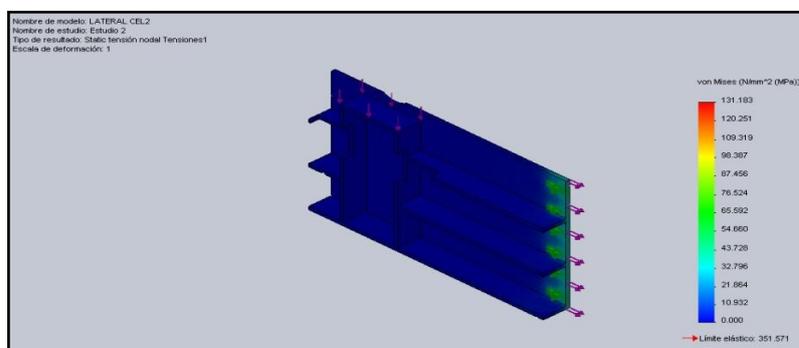


Fig. 2.55. Tensión de von mises en placas laterales  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## b. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

El desplazamiento resultante resulta casi despreciable, el valor máximo del desplazamiento es de 0.053mm este desplazamiento no va a influir para nada en las funciones del elemento y no afectara en el desempeño de la máquina, ver Fig.2.56.

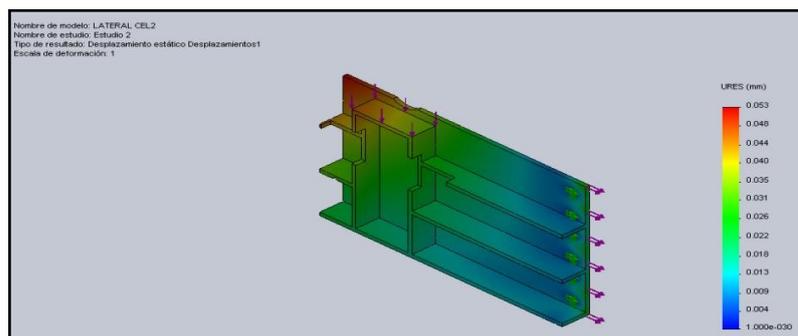


Fig. 2.56. Desplazamiento resultante en placas laterales  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## c. FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad es de 2.68 lo cual indica que las placas laterales serán confiables y aptas para el uso para el que está confinada, por lo que se puede utilizar con completa seguridad y sin riesgos a una temprana ruptura, ver Fig. 2.57.

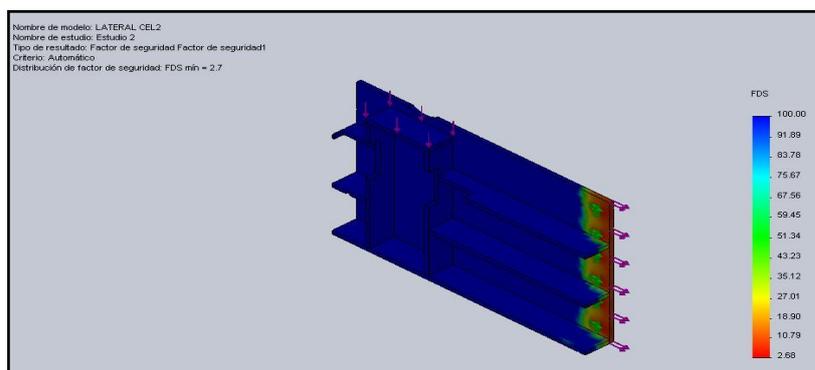


Fig. 2.57. Factor de seguridad en placas laterales  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Una vez concluido el diseño mecánico de la máquina, y uniendo todos los sistemas con sus respectivas piezas mecánicas, la trituradora de escoria se muestra de la siguiente manera, ver figura 2.58 y tabla 2.7

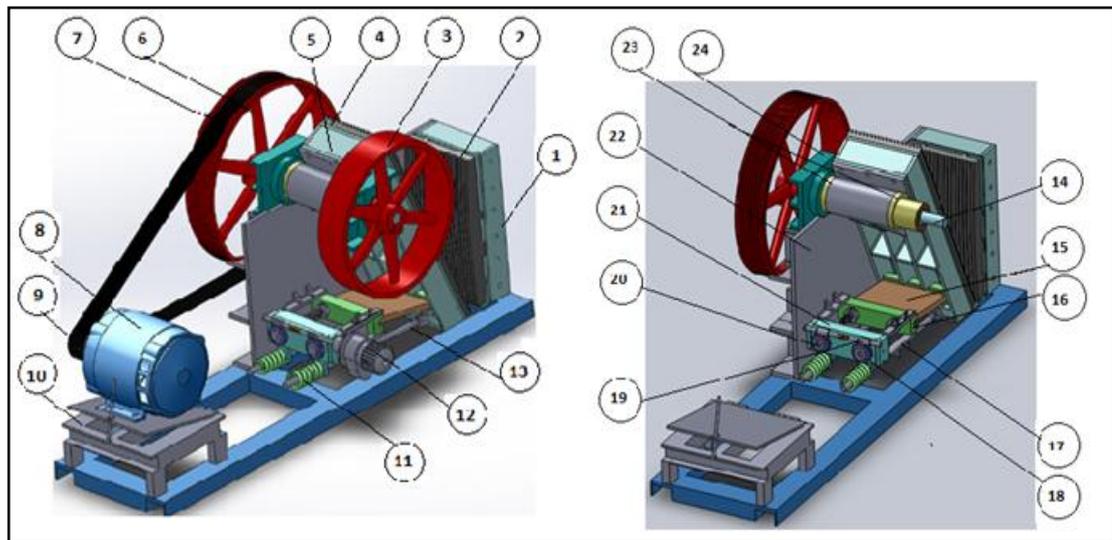


Fig. 2.58. Ensamble completo de la máquina  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Tabla 2.7. Distribución de los elementos en el ensamble

<b>ELEMENTOS DE LA MÁQUINA</b>	
1.- Base para muela fija	13.-Tensores
2.-Muela fija	14.-Eje excéntrico
3.- Volante de inercia sin ranuras	15.-Balancín
4.-Muela móvil	16.-Soportes de balancín
5.- Base para muela móvil	17.-Guías
6.- Volante de inercia con ranuras	18.- Coronas
7.-Bandas	19.-Eje sin fin
8.-Motor de 25 HP	20.-Pernos y tuercas de potencia

<b>ELEMENTOS DE LA MÁQUINA</b>	
9.-Polea de 200mm	21.-Soportes de los pernos y tuercas
10.-Base para motor	22.-Placas laterales
11.- Resortes de compresión	23.-Bocin para caja excéntrica
12.-Motorreductor de 1HP	24.-Bujes

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## **2.5. DISEÑO ELÉCTRICO**

### **2.5.1. CARACTERÍSTICAS Y REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS QUE CONFORMAN LA MÁQUINA**

Para el control eléctrico de nuestra máquina así como su automatización se deben tomar en cuenta una serie de parámetros, los cuales deben funcionar en conjunto para obtener un excelente funcionamiento y así obtener el mejor rendimiento evitando paradas innecesarias de la máquina trituradora.

La seguridad y las protecciones del sistema eléctrico son indispensables, por eso los elementos necesarios para el diseño eléctrico deben ir de acuerdo a los voltajes requeridos.

La regulación dispondrá de un sensor inductivo, el cual por medio de un PLC nos servirá para poder contar las vueltas del tornillo sin fin y mediante un contador medir la longitud de apertura o cierre en la zona de descarga de la trituradora de mandíbula. De acuerdo con el funcionamiento requerido vamos a necesitar 2 motores, uno de potencia que se encargara de dar el movimiento a la muela móvil y un motor de

menor potencia que va a encargarse de la regulación de la máquina, estos motores constaran serán accionados por contactores, cada motor va a constar de sus debidas protecciones en caso de fallas, además tendrán una luz indicadora en caso de una parada brusca de la máquina lo cual alertara al operador de la falla.

### **2.5.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE EL SISTEMA ELÉCTRICO.**

De acuerdo a los cálculos realizados para la selección de motores hemos encontrado que las cargas de los mismos van a ser de 1HP y 25HP, en la tabla 2.8 se muestra las potencias de los motores:

Tabla 2.8. Cargas en el sistema

	Potencia (HP)
Motor potencia	25 HP
Motor control	1 HP

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Los motores van a ser trifásicos debido a la disponibilidad en la fábrica NOVACERO S.A.

### **2.5.3. DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA LA MÁQUINA TRITURADORA DE ESCORIA**

En el diseño de la máquina es indispensable las protecciones, ya que como la máquina va a estar sometida a esfuerzos de compresión tiene una tendencia alta al sobre voltaje.

Para el diseño del sistema de control y potencia se hemos tenido en cuenta las siguientes características.

## a. ELEMENTOS REQUERIDOS PARA EL MOTOR DE POTENCIA

Tabla 2.9. Datos del motor de potencia (ANEXO H)

VARIABLES	DATOS
Frecuencia	60 Hz
Potencia	25 Hp
Voltaje	220/440 V
RPM	3600
Arranque	Y/D
V operación	220 V

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### a.1. SELECCIÓN DE CONDUCTORES

- Conductores para el motor de potencia

$$I_n = \frac{P}{f_p \cdot \sqrt{3} \cdot V \cdot \eta} \quad \text{Ec. 2.48}$$

$$I_n = \frac{25 \cdot 746}{0.87 \cdot \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0.85} = 66 \text{ A}$$

- Calculo de la intensidad de sobrecarga

$$I_{sc} = 66 \cdot 1,25 = 82,5$$

Con la intensidad de sobrecarga seleccionamos el Calibre del conductor según Tabla CABLEC # 4 THHN (ANEXO H)

### a.2. SELECCIÓN DEL CONTACTOR DE POTENCIA

El contactor de potencia se lo va a elegir mediante el valor de la intensidad nominal del motor que es de 66 Amp debido a que el contactor tiene una condición de servicio ligera se va a tomar un factor de 25 % por seguridad.

$$I_{cont} = 66 \cdot 1,25 = 82,5 \text{ A}$$

Con el dato de la intensidad y el voltaje de la bobina que es de 220V se puede hacer la elección correcta, en la tabla 2.10 se muestra la comparación de los valores:

Tabla 2.10. Datos del contactor de potencia

Contactor	Características
Marca	Schneider
Modelo	LC1-D95
Intensidad	95 Amp

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Con estos datos el contactor que más se ajusta a las necesidades del proyecto es el telemecanic LC1-D95 (ANEXO H)

### a.3. SELECCIÓN DEL RELÉ TÉRMICO

El relé térmico estará conectado a las salidas de unos Tc (ANEXO H), para saber el valor que necesitamos se debe sacar los valores máximo y mínimo que va a soportar el elemento: si el factor de servicio es mayor a 1,15 soportara +/- 25%, si el factor de servicio es igual o menor a 1,15 soportara +/- 15%<sup>56</sup> y a este valor se lo debe multiplicar por una relación de transformación que sea adecuada a la necesidad:

$$\text{Valor maximo} = I_{\text{rele}} = 66 \text{ A} * 1,15 * \frac{5}{150} = 2,5 \text{ A}$$

$$\text{Valor minimo} = I_{\text{rele}} = 66 \text{ A} * 0,85 * \frac{5}{150} = 1,87 \text{ A}$$

Se ha escogido un relé térmico con las características de la tabla 2.12

Tabla 2.11. Características del relé térmico

Relé térmico	Características
Marca	Schneider
Modelo	LRD07
Tipo	Térmico

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

<sup>56</sup> <http://es.scribd.com/doc/59702401/Calculo-rele-termico>

#### **a.4. SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC)**

La función del transformador de corriente es de medida, los Tc se van a elegir de acuerdo a la relación de transformación requerida para los relés térmicos que es de 150 /5. En la tabla 2.11 se muestra los datos del Tc:

Tabla 2.12 Características del transformador de corriente

Transformador de corriente	Características
Marca	Camsco
Modelo	MFO30
Tipo	Currentcoil
Intensidad	150Amp/5Amp

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

#### **a.5. SELECCIÓN DEL BREAKER**

Con la intensidad de sobrecarga se escoge un breaker según los parámetros requeridos (Ver ANEXO H), en la tabla 2.13 se muestran las características del breaker:

Tabla 2.13. Características del breaker

Breaker	Características
Marca	Siemens
Modelo	3VT2725-2AA36-0AA0
Tipo	Breaker

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

#### **b. ELEMENTOS REQUERIDOS PARA MOTOR DE APERTURA DE LA MUELA**

El motor de control es el que da la fuerza motriz para el movimiento de apertura de las muelas, en la tabla 2.14 se muestran los valores del mismo

Tabla 2.14. Datos del motor de control

Variables	Datos
Frecuencia	60 Hz
Potencia	3 Hp
Voltaje	220 V
RPM	1800
Arranque	Directo

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### b.1. SELECCIÓN DE CONDUCTORES

$$I = \frac{P}{f_p \cdot \sqrt{3} \cdot V \cdot \eta}$$

$$I = \frac{1 \cdot 746 \text{ VA}}{0,9 \cdot \sqrt{3} \cdot 220 \text{ V} \cdot 0,9} = 2,5 \text{ A}$$

- Calculo de la intensidad de sobrecarga

$$I_{sc} = 2,5 \text{ A} \cdot 1,25 = 3,1 \text{ A}$$

Calibre del conductor según Tabla CABLEC # 16THHN

### b.2. SELECCIÓN DEL CONTACTOR

Para seleccionar el contactor se utiliza el mismo criterio que se utilizó para escoger el motor de 25 hp, debido a que estos contactores son de servicio ligero se va a tomar como porcentaje de seguridad un 1,25 % por tanto la intensidad de selección será:

$$I_{cont} = 2,5 \cdot 1,25 = 3,125 \text{ A}$$

Con los datos de la intensidad y el voltaje de la bobina que es de 220 se puede hacer la elección de un contactor LC1-D08 pero por disponibilidad de la fábrica se pondrá contactores LC1-D25, en la tabla 2.15 se muestra los valores del contactor.

Tabla 2.15. Datos del contactor para motor de apertura de muela

Contactor	Características
Marca	Schneider
Modelo	LC1-D25
Intensidad	25 Amp

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Con estos datos calculados y la disponibilidad de la fábrica el contactor a usarse es el telemecanic LC1-D25

### **b.3. SELECCIÓN DEL RELÉ TÉRMICO**

El relé térmico lo seleccionamos con la corriente nominal del motor trifásico la cual es de 2.5 A, en la tabla 2.16 se muestran las características del relé (Ver ANEXO H):

Tabla 2.16. Características del relé térmico

Relé térmico	Características
Marca	Schneider
Modelo	LRD08
Tipo	Térmico
Intensidad	2.5 – 4 Amp

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### **b.4. SELECCIÓN DEL BREAKER**

Con los valores ya calculados se escoge un breaker según los parámetros requeridos (Ver ANEXO H), en la tabla 2.17 se muestra las características básicas:

Tabla 2.17. Características del relé térmico breaker

Breaker	Características
Marca	Siemens
Modelo	3VT1701-2DC36-0AA0
Tipo	Breaker
Intensidad	10 Amp

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### **b.5. PARADA DE EMERGENCIA**

Para una situación de emergencia se utilizará un Interruptor pulsar-tirar con contacto con retención SIEMENS, el cual desconectará todo el circuito de mando y control permitiendo reaccionar ante la emergencia, sus características se muestran en la tabla 2.18.

Tabla 2.18. Características del interruptor

INTERRUPTOR	Características
Marca	SIEMENS
Modelo	3SB3 01-1CA21
Colores	Rojo
Tipo	Pulsar-tirar con contacto con retención
Equipamiento	1 NA + 1 NC

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Para indicar al operador cuando haya una sobrecarga, se utilizarán Luces rotativas SIEMENS

### **2.6. ACCESORIOS**

Con los resultados obtenidos se obtendrá una lista de materiales y accesorios los cuales se va a necesitar para la construcción de la máquina trituradora de escoria, en la tabla 2.19 se detallan todos los elementos a utilizarse:

Tabla 2.19. Lista de materiales

Numero	Elemento	Marca	Modelo
1	Plc Logo	Siemens	12/24RC
1	Pantalla	Siemens	Logo td 0BA6
1	Módulo de salidas a relé	Siemens	dm8 12/24r
1	Fuente de poder	Siemens	Logo power
3	Transformadores de corriente	Camsco	Mfo 30
3	Contactores	Schneider	LC1 D95
2	Contactores	Schneider	LC1 D25
1	Breaker	Siemens	3VT2725-2AA36-0AA0
1	Relé térmico	Schneider	LRD07
1	Relé térmico	Schneider	LRD08
1	Breaker	Schneider	3VT1701-2DC36-0AA0
1	Sensor inductivo	Schneider	XS630B1PAL2
10	Pulsador	Siemens	3SB3000-0AA81
1	Pulsador tipo hongo	Siemens	3SB3 01-1CA21
1	Licuada	Camsco	120 V
1	Tablero		Ancho: 600mm Alto: 900mm Fondo: 225mm
1	Tablero		Ancho: 300mm Alto: 300mm Fondo: 225mm

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## 2.7. MODELACIÓN Y SIMULACIÓN DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS

El circuito de potencia principalmente se refiere al tipo de arranque que tendrá el motor eléctrico, para esta aplicación se requiere de un motor trifásico jaula de ardilla que estará sometido a media o plena carga dependiendo del caso, entonces la intensidad necesaria para la puesta en marcha del motor oscilara entre 5 y 7 veces la intensidad nominal, debido

que el motor que se requiere es de una potencia alta, esta corriente se convierte en una sobre intensidad que provocaría caídas de tensión en la red general y calentamiento de la misma.

Por lo tanto para evitar este problema se empleara un arranque estrella triangulo (Y-Δ), (Ver Fig.2.59-2.60 y ANEXO K) que tiene una reducción de corriente del orden de 3, por lo cual la intensidad absorbida en el arranque oscilara entre 1,6 y 2,3 veces la corriente nominal obteniendo como resultados que la red eléctrica trabaje normalmente sin producir fallas en el resto de la máquina, y la conexión del motor reductor es especialmente para la regulación de la muela móvil.

Para realizar un diagrama básico de las conexiones utilizaremos el software AUTOCAD se trazará un esquema eléctrico de una manera rápida y sencilla.

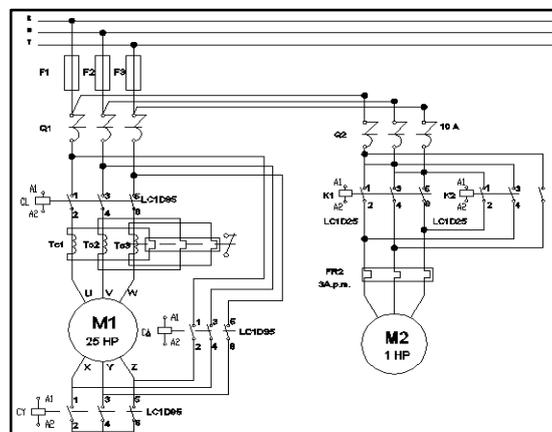


Fig. 2.59. Diagrama de potencia para los motores  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

El programa se puede simular en CADE-SIMU, en modo simulación visualiza el estado de cada componente eléctrico cuando está activado al igual que resalta los conductores eléctricos sometidos al paso de una corriente eléctrica.

El control automático de la máquina se encuentra en la programación del PLC

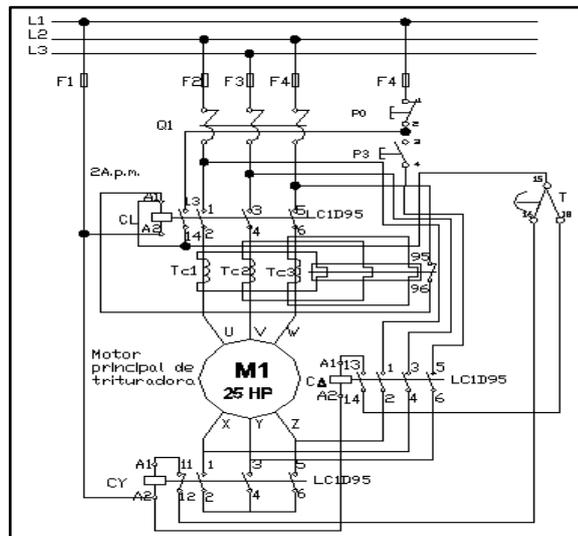


Fig. 2.60. Diagrama de potencia y control para arranque estrella triángulo  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## 2.8. SELECCIÓN Y PROGRAMACION DEL PLC

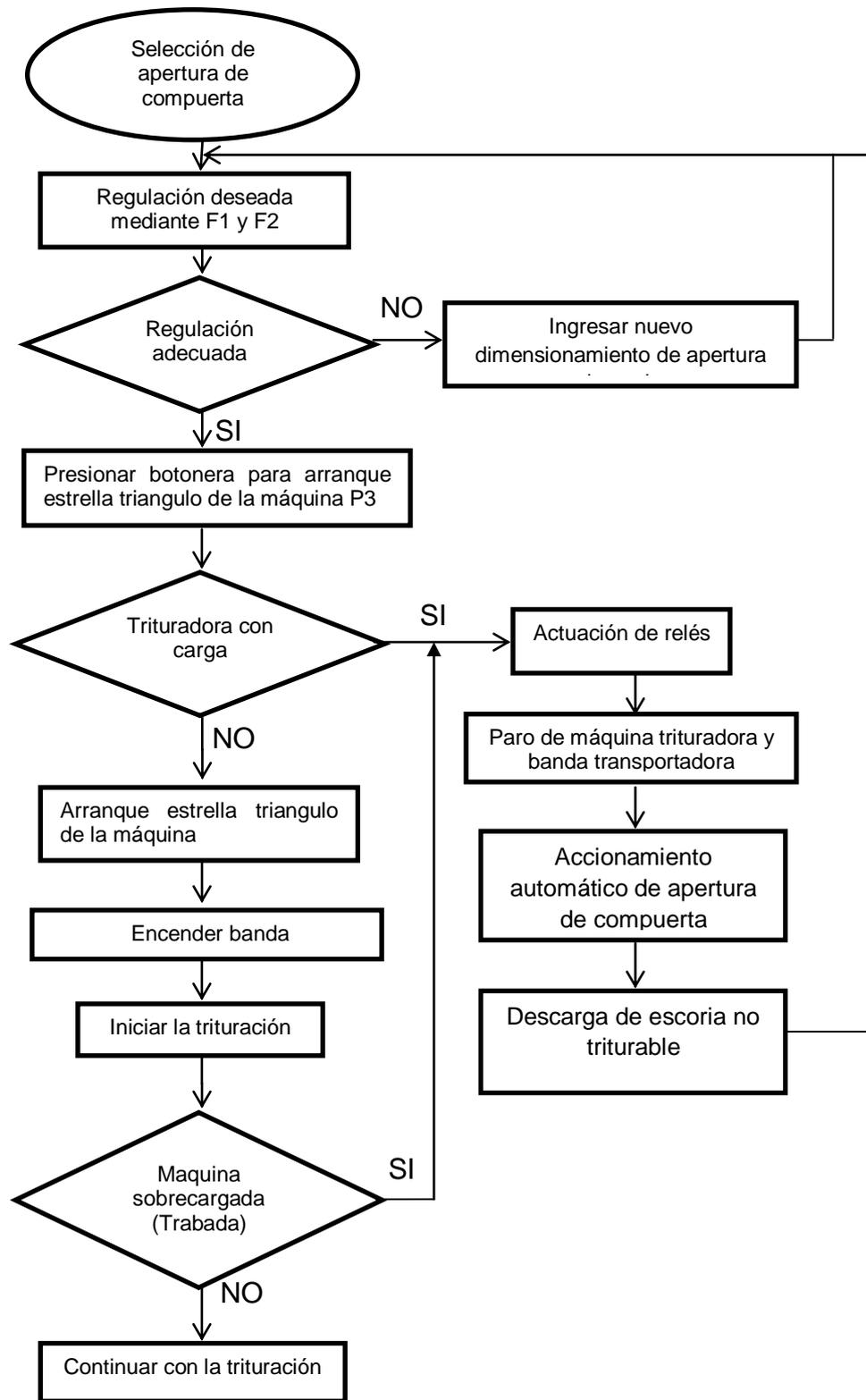
Debemos tomar en cuenta la dificultad del proceso, su costo, la facilidad de adquisición, en vista a todos estos factores se ha llegado a la conclusión de que lo más factible es utilizar un:

- Logic module logo control – plc – marca siemens (Logo)
- Pantalla tipo logo td
- Módulo de salidas a relé

Este va a ser el conjunto de elementos que se utilizara para la automatización de la máquina trituradora de escoria.

Se va a realizar un flujograma el cual ayudara para realizar la programación del PLC, en el ANEXO I se mostrara las características del mismo.

**2.8.1. FLUJOGRAMA BÁSICO PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.-**Este flujograma está diseñado con todos los parámetros que tiene la trituradora y evitar daños en su funcionamiento



## 2.8.2. PROGRAMACIÓN DEL MICRO PLC LOGO 12/24 RC

Para la programación del LOGO! 230RC, se utilizó el software LOGO!SoftComfort V7.0, este software tiene dos tipos de lenguajes de programación como son: KOP (diagrama de contactos) y FUP (diagrama de bloques), para mayor comprensión se seleccionó el lenguaje Ladder que es el lenguaje KOP.

Para empezar a programar en el software LOGO!SoftComfort V7.0, luego de haber iniciado el programa en la pantalla principal se seleccionó el lenguaje en el cual se quiere programar en la barra de herramientas, como se muestra en la Fig. 2.61, ANEXO J.

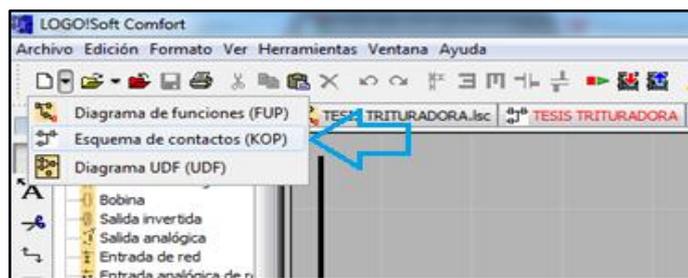


Fig.2.61. Ventana de selección de lenguaje  
Fuente: LOGO!Soft Comfort

Cuando ya se está en la ventana de programación se determinó el modelo de LOGO! y los módulos que se tienen, para ello se conectó el cable al PLC y a la PC y en la barra de menús entrar a Herramientas y se seleccionó Determinar LOGO!, ver Fig.2.62.

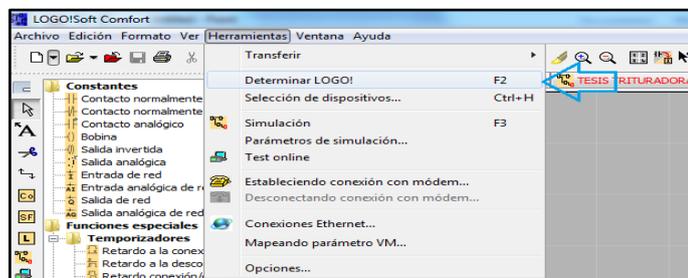


Fig. 2.62. Determinación del logo y módulo  
Fuente: LOGO!Soft Comfort

Una vez determinado el tipo de LOGO! y los módulos que estaban conectados, el software se muestra en la parte izquierda de la ventana de programación las conexiones disponibles para realizar el programa de control que se cargó después en el LOGO!, en la figura se muestran las conexiones que se utilizaron, cabe indicar que todas las conexiones utilizadas son de tipo señal digital, ver Fig 2.63.

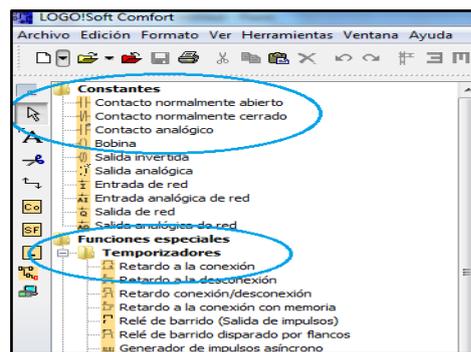


Fig.2.63. Conexiones utilizadas para el programa de control  
Fuente: LOGO!Soft Comfort

Una vez terminado las líneas de programación se colocaron el tiempo de los temporizadores en el arranque del motor principal, estos tiempos variarán, por lo tanto los tiempos quedarán definidos al momento de realizar las pruebas de funcionamiento de la máquina, después de esto se realizó la simulación del programa en el software LOGO!SoftComfort V7.0 teniendo un funcionamiento satisfactorio como se muestra en la Fig.2.64.

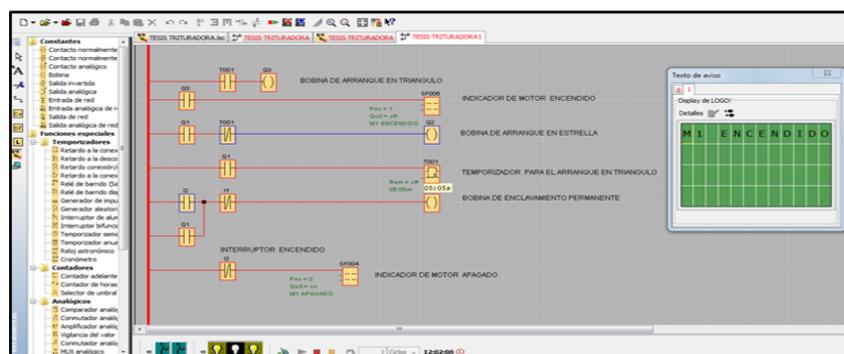


Fig. 2.64. Programación del arranque estrella triángulo  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Utilizando las conexiones que el software LOGO!SoftComfort V7.0, se realizó el circuito de control para la apertura y cierre de la mandíbula móvil de la trituradora que se diseñó.

Siendo este circuito el que controlará todo el funcionamiento de la apertura o cierre de la boca de la máquina por sobrecarga, en forma automáticamente y manual utilizando es diagrama de funciones FUP, ver Fig.2.65.

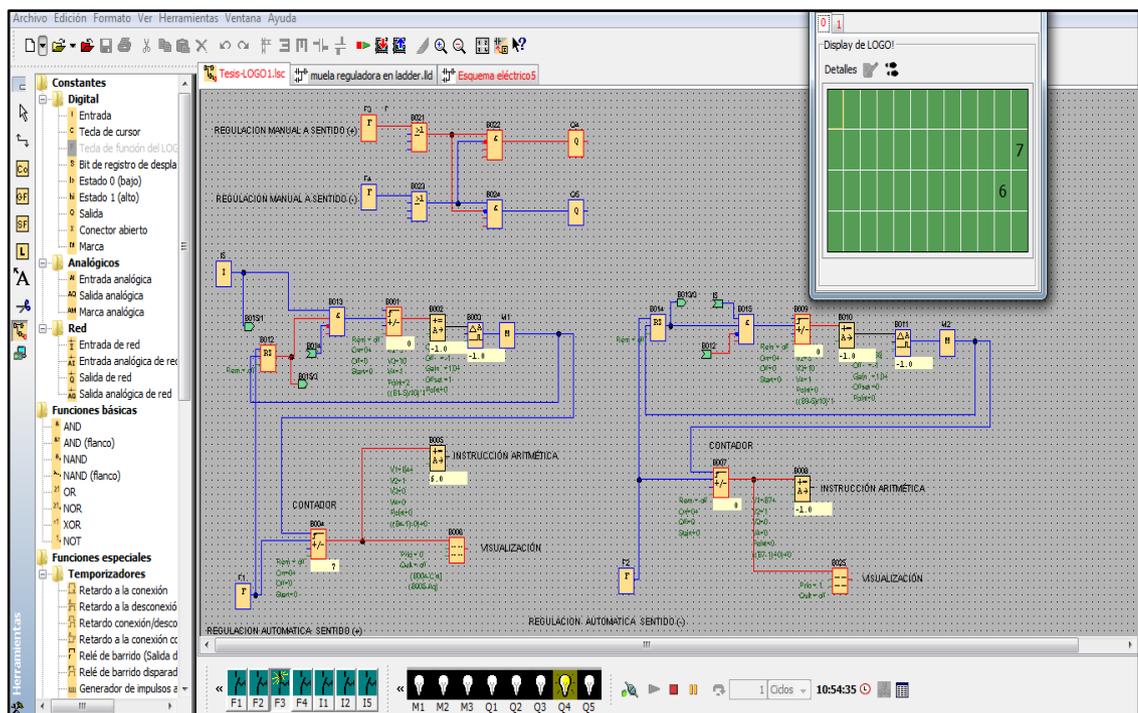


Fig. 2.65. Simulación del sistema de regulación  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## **CAPÍTULO III**

### **3.1. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS**

#### **3.1.1 CONSTRUCCIÓN**

La construcción en sí es el montaje de todos los elementos que componen el diseño y selección de los componentes de la máquina en la parte mecánica y eléctrica.

Dichos materiales y elementos, fueron diseñados y seleccionados previamente. La parte mecánica de la máquina está compuesta por sistemas que se describen en el capítulo II.

#### **3.1.2. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS**

##### **a. SISTEMA DE TRITURACIÓN**

Para la construcción del sistema de trituración previamente se ha diseñado y obtenido planos en el programa Solid Works, el sistema de trituración consta de piezas móviles y fijas que serán montadas de acuerdo al ensamble ya realizado el cual nos garantiza su correcto funcionamiento.

##### **a.1. BANCADA**

La bancada es la estructura donde van a estar alojados los elementos motrices de la máquina trituradora. Esta estructura consta de la muela fija y las placas laterales. En la Fig.3.1 se muestra la construcción de la misma.

Aquí también se encuentran ensamblado todo el sistema de regulación como se muestra en la Fig. 3.4, de esta manera observamos que todos los elementos de la trituradora tienen secuencia en su construcción.



Fig. 3.1. Montaje de la bancada (Muela fija y placas laterales)  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### a.2. MUELA MÓVIL Y CAJA PARA EXCÉNTRICO

La muela móvil es el elemento que está encargado de triturar la escoria, el movimiento de este elemento será dado por un eje excéntrico.

Este elemento será acoplado directamente en la caja que contiene el eje mediante una placa soldada y unos soportes que igualmente van soldados a la muela móvil. En la Fig.3.2 se muestra la construcción y montaje de la muela.



Fig. 3.2. Montaje de la muela móvil  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### a.3. BUJES Y EJE EXCÉNTRICO

Los bujes y el eje excéntrico son los elementos que van a proveer de movimiento a la máquina, el eje excéntrico estará alojado en los bujes. Para la colocación de estos se debe tomar en cuenta que el eje debe estar perfectamente centrado en los bujes.

Los bujes antes de ser colocados deben ser acoplados con bocines de cobre debido a que si existe desgaste se deban reemplazar solo los bocines ver Fig. 3.2, estos elementos se los colocara mediante pernos, el eje excéntrico va a estar alojado en la caja previamente soldada a la muela móvil.

## **b. SISTEMA DE REGULACIÓN**

El sistema de regulación realiza 2 funciones, la primera es la que permite ampliar o disminuir el ancho de la boca de salida, esta se puede regular desde 1 hasta 7 centímetros que es su apertura máxima. La segunda operación que va a cumplir es para una descarga rápida en caso de que haya alguna partícula de escoria la cual este demasiado dura para moler, en este caso el sistema de regulación se abrirá de manera completa para la descarga rápida del material que no se puede triturar.

### **b.1. BALANCÍN Y SOPORTE DEL BALANCÍN**

El balancín es la primer ensamble el cual hay que colocar, para este ensamble consta de 2 soportes para el balancín, el primero va empotrado en la muela móvil y el otro está empotrado en una guía la cual permita el desplazamiento del mismo, en los soportes tiene unas hendiduras en forma redonda en la cual va colocado el balancín, ver Fig. 3.3.



Fig. 3.3. Montaje de balancín y soporte de balancín  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## b.2. PERNOS DE REGULACIÓN Y TUERCA DE REGULACIÓN

La tuerca va montada en un perno el cual estará fijo y no tendrá ninguna clase de movimiento. Los pernos de regulación van acoplados mediante unas pequeñas bridas las cuales sirven como anclaje en el soporte de balancín (ver Fig. 3.3), este dispositivo permitirá que al moverse la tuerca jale o empuje al soporte del balancín haciendo que a su vez se mueva toda la muela móvil.

## b.3. SOPORTE PARA TUERCAS Y TENSORES

Este soporte va acoplado mediante pernos a las placas laterales, este elemento es de doble funcionalidad, sirve como soporte para las tuercas de regulación y tiene un empotramiento para los tensores. Los tensores son un sistema de amortiguamiento para el golpeteo de la máquina ya que están provistos de un resorte el cual hace que el retroceso de la misma no sea tan fuerte, ver Fig. 3.4.



Fig. 3.4. Montaje de las tuercas y tensores  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## b.4. TORNILLO SIN FIN Y CORONA

El tornillo sin fin es el que se encarga de dar el movimiento mediante un motor de 1 HP, para obtener la regulación el tornillo sin fin gira para trasladar el movimiento a las coronas las cuales hacen que el tornillo de regulación (el cual está fijo, ver Fig.3.4) salga o entre jalando así todo el sistema que consta de los soportes del balancín, el balancín y la muela móvil; con este sistema la abertura de la boca de salida va a abrirse o cerrarse.

### 3.2. MONTAJE DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

En el montaje e implementación del sistema eléctrico estarán presentes principios y conocimientos técnicos tales como interpretación de planos, la utilización y manejo adecuado de herramientas, marquillas, terminales y medidores de voltaje, corriente y continuidad.

Para el montaje de los elementos que constituyen el circuito de control eléctrico, se analizó previamente en el capítulo anterior todos aquellos dispositivos eléctricos que intervienen para el funcionamiento de la máquina. En la Fig.3.5, se muestra el tablero de control (a) y el tablero de fuerza (b) respectivamente.

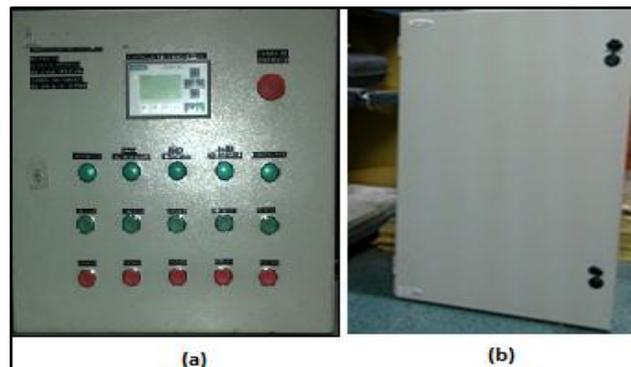


Fig. 3.5. Tablero de control (a) y fuerza (b)  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Antes de efectuar el montaje del tablero de control se realiza el cableado y las conexiones de los elementos que intervienen en el sistema eléctrico (tabla 3.1), para ello se montan todos estos elementos en la placa interna del tablero, sujetando las canaletas y la riel DIN con tornillos triple pato de  $\frac{1}{4}$  de pulgada en las posiciones ya establecidas y en esta riel se monta los: contactores, breakers, relés térmicos, transformadores de corriente, transformador de 220V a 110V. Ver Fig.3.6.

Tabla 3.1 Elementos eléctricos utilizados

<b>CANT.</b>	<b>DESCRIPCIÓN.</b>
1	Tablero de control 600 x 900 x 225 (mm).
1	Tablero de control 600 x 600 x 225 (mm).
1	Micro PLC Siemens LOGO! 230RC.
1	Logo! TD 0BA6 • 12 Vdc, 24 Vac/dc
3	Contactador Schneider LC1-D95
2	Contactador Schneider LC1-D25
3	Transformador de Corriente Camsco ( 5-150) A
1	Relé térmico Schneider LRD08 (2,5- 4)A
1	Relé térmico Schneider LRD07 (1,6-2,5)A
1	Breaker Siemens 3VT2725-2AA36-0AA0
1	Breaker Siemens 3VT1701-2DC36-0AA0
1	Licuada 220V
1	Fuente de poder Siemens
10	Pulsador Siemens (1NA + 1NC).
1	Pulsador de emergencia Siemens 3SB3 01-1CA21
5	Luces Indicadoras Siemens (Verde) 120 VAC.
4	Riel DIN de 35 mm x 1.00 m.
2	Paquete de marquillas plásticas DEXON
50	Mtrs. Cable # 4 AWG. (Negro).
50	Mtrs. Cable # 16 AWG. (Negro).
5	Relé auxiliar Releco 1P 10A / 250V.

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

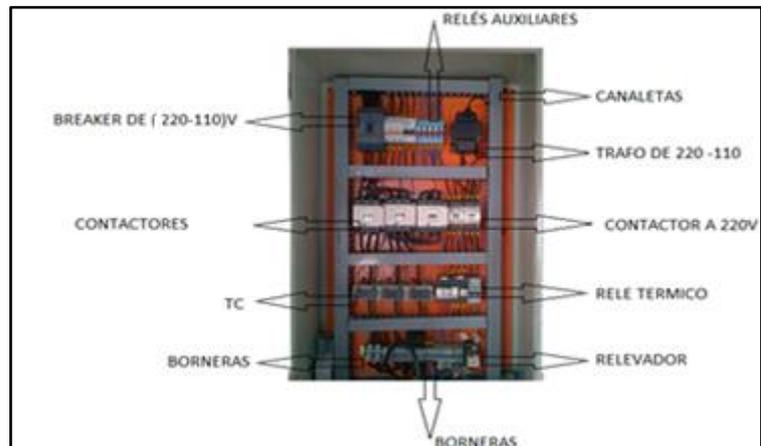


Fig.3.6. Distribución del tablero de fuerza  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### 3.2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE MANDO Y CONTROL.

Se realizó el cableado del tablero de control utilizando el conductor #16 AWG y remachando en sus finales los terminales PIN para realizar la conexión en el elemento correspondiente, para esto se siguió el diagrama de control proyectado, ver Fig. 3.7.



Fig. 3.7. Tablero de control  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### 3.2.2 IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE FUERZA

Para el arranque del motor se realizó la conexión estrella-triángulo entre los contactores que se encuentran dentro del tablero de control con conductor # 4 AWG y se utilizó también los terminales de ojo, luego se

cableo desde el tablero hasta los terminales del motor utilizando el diagrama de la Fig. 2.58 con conductor # 4AWG y se los colocó dentro de manguera anillada metálica para evitar deterioros y daños en los mismos, ver Fig. 3.6 y Fig. 3.7.

### 3.2.3 MONTAJE DE LOS FINALES DE CARRERA Y SENSOR INDUCTIVO.

Estos elementos se montaron sobre una base metálica, 1/8 de espesor con los cuales se formó un cuadro y en su parte Inferior se encuentra soldada a su estructura, Se realizó el cableado de estos elementos con conductor #16 AWG, este fue colocado dentro manguera anillada metálica para evitar daños, para las conexiones se realizó de acuerdo al diagrama, los finales de carrera y sensor inductivo fueron ubicados en la parte posterior de la trituradora ya que ahí existe un tope que accionan los finales de carrera regulando de esta manera la abertura mínima y máxima de la mandíbula.

Para que el sensor inductivo XS630B1PAL2 se accione y otorgue la señal requerida, se lo ubico en un lugar donde facilite el conteo de pulsos, a una distancia de 5 mm del elemento a controlar, ver Fig.3.8.

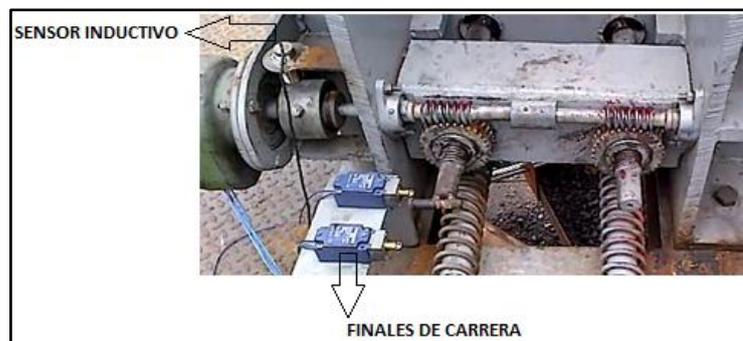


Fig. 3.8. Finales de carrera y sensor inductivo  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### **3.3. CALIBRACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA**

La calibración y la puesta a punto consisten en procurar que cada uno de los sistemas que conforman la trituradora de escoria, funcionen en sincronización para evitar una falla en el ciclo que debe cumplir o para evitar la ruptura de elementos que conforman la trituradora.

#### **3.3.1 CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE TRITURACIÓN**

- Para la bancada, la calibración consiste en que las piezas estén colocadas de manera que los orificios de los pernos encajen perfectamente, para así evitar que la máquina tenga una vibración excesiva.
- Muela móvil y caja para eje excéntrico, la calibración de la muela móvil consiste en colocar este elemento de modo que tenga un movimiento vertical el cual esté libre de rozamientos en las placas laterales asegurándose que pueda trabajar sin trabas, para la calibración de la caja se requiere que este en forma horizontal y paralelo a la muela móvil.
- Bujes y eje excéntrico, la calibración de los bujes se debe realizar cuidadosamente ya que los 2 bujes deben estar perfectamente alineados, centrados los bujes la calibración del eje excéntrico no es necesaria debido a que este elemento se alojara en los bujes embocinados con bronce.

#### **3.3.2 CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE REGULACIÓN**

- Balancín y soporte de balancín, para calibrar este sistema se debe tener en cuenta la muela móvil, el soporte del balancín debe estar alineado con la muela móvil de manera paralela, el balancín simplemente ira alojado en el soporte, deberá tener cierto grado de libertad para que haga su movimiento vaivén.

- Pernos de regulación y tuercas de sujeción, la calibración de estos elementos se los realiza poniéndolos paralelos a las placas laterales de acuerdo a los planos, es de vital importancia que estén alineados y nivelados.
- Soporte para tuercas y tensores, Este soporte se calibrara alojando las tuercas de regulación en el soporte y asegurándolo mediante pernos a las placas laterales, en la parte inferior del soporte están ubicados los tensores que van acoplados con la muela móvil, deben tener libertad de movimiento vertical.
- Tornillo sin fin y corona, para la calibración de la corona se la coloca el elemento en la tuerca de regulación asegurando el elemento con chavetas permitiendo que la tuerca y el perno se muevan al mismo tiempo, después de haber realizado este procedimiento se debe regular los tornillos sin fin de modo que los dientes estén perfectamente acoplados a los dientes de la corona, evitando así rupturas en cualquiera de los 2 elementos.

### **3.4 PRUEBAS**

Después del montaje y construcción de los sistemas que intervienen en el funcionamiento de la trituradora es necesaria la evaluación individual de cada uno de los siguientes sistemas así como el análisis de resultados que se obtendrán como producto del funcionamiento de esta máquina, se desarrollaran todas estas pruebas y resultados

#### **3.4.1. PRUEBAS MECÁNICAS**

##### **a. SISTEMA DE TRITURACIÓN**

En este sistema se realizaron pruebas experimentales que son:

- Prueba de movilidad del eje excéntrico y mandíbula
- Velocidad del volante de inercia

- Capacidad de trituración

### **a.1. PRUEBA DE MOVILIDAD DEL EJE EXCÉNTRICO Y MANDÍBULA**

Esta prueba se la realiza con el fin de comprobar que la máquina no tenga ningún tipo de colisión entre elementos, si se pusiera en marcha la trituradora sin realizar una previamente esta inspección se podría correr el riesgo que exista rupturas o que la movilidad sea nula, dado este caso la máquina estaría inservible y habría que realizar correcciones antes de que se la pueda probar acoplada a sus respectivos motores.

La prueba es una forma de asegurarse que el movimiento de la máquina es seguro, esta prueba se la va a realizar manualmente verificando solo su movilidad, para esto vamos a dar varios giros de 360 grados al volante de inercia, al dar estos giros nos debemos cerciorar que la muela móvil tenga el movimiento vertical el cual nos servirá para la trituración, ver figura 3.9.

Verificado esto la máquina esta lista para realizar las pruebas acopladas las bandas y los motores.



Fig. 3.9. Prueba de movilidad manual  
Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## **a.2 VELOCIDAD DEL VOLANTE DE INERCIA**

Esta prueba se la realizó con el objeto de determinar si la velocidad del volante de inercia cumple con el requerimiento para las máquinas de trituración de escoria, como se aclaró en el capítulo 2 estas velocidades están comprendidas entre 200 rpm a 350 rpm, se debe comprobar esta velocidad ya que si el volante está bajo este rango no produce la trituración deseada y si está por encima de estos valores su vibración será excesiva para esta prueba se requiere que la máquina este en pleno funcionamiento esto se lo realizo con un tacómetro, en la tabla 3.2 se ubican las velocidad obtenidas. Se demostró que este motor se puede utilizar para el funcionamiento de la máquina sin ningún problema y está apto para su puesta en marcha

Tabla 3.2 Velocidad del volante de inercia

<b>Velocidad</b>	<b>Rpm</b>
Velocidad teórica	200 rpm – 350 rpm
Velocidad medida	213 rpm

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## **a.3. CAPACIDAD DE TRITURACIÓN**

Para esta prueba se va a requerir muestras de escoria de un peso que va a estar entre 2 kg a 4 kg, en funcionamiento se procede a poner las muestras dentro de la máquina trituradora de escoria, midiendo el tiempo de trituración (ver tabla 3.3) con estos tiempos y realizando transformaciones se puede obtener el número de toneladas que va a procesar la máquina en horas.

Tabla 3.3 Tiempos de molienda

Muestra	Peso (kg)	Tiempo de trituración (s)
1	2,6	5
2	3,1	7
3	2,4	4
4	3,9	9
5	2,3	3
6	3,4	6
<b>Promedio</b>	2,95	5,6

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Con esta tabla se concluye que vamos a tener una trituración promedio de 2,95 kilogramos en 5.6 segundos por lo tanto:

$$\text{Capacidad} = \frac{2,95 \text{ kg}}{5,6 \text{ seg}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 1.896 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Por lo tanto la máquina tritura 1.9 toneladas por hora, la 0.1 tonelada que falta es debido a que hay material que no va a necesitar ser triturado y pasara directamente sin tener que tratarlo, entonces la producción al mes será:

$$\text{Producción} = 2 \frac{\text{ton}}{\text{h}} * \frac{8 \text{ h}}{1 \text{ dia}} * \frac{20 \text{ dias}}{1 \text{ mes}}$$

$$\text{Produccion} = 320 \frac{\text{ton}}{\text{mes}}$$

## b. SISTEMA DE REGULACIÓN

- Prueba de sensor inductivo
- Tiempo de apertura
- Prueba de apertura máxima y mínima

### b.1. PRUEBA DEL SENSOR INDUCTIVO

Las pruebas que se realizó en el sensor inductivo, es la verificación de conexión de manera correcta y con el voltaje adecuado y verificar la

continuidad en los conductores, evitando de esta manera que la lectura de datos enviados desde el sensor hacia el PLC se pierdan.

## b.2. TIEMPO DE APERTURA

La apertura es el desplazamiento de los pernos de potencia de su longitud mínima hasta una longitud máxima, que va de 0 cm a 7 cm, facilitando la movilidad de la muela cuando exista sobrecargas ya sea de material o de corriente lo que ocasionaría que la máquina se trabe e impida que siga en su normal funcionamiento.

En el tiempo de apertura la máquina no va a poder trabajar ya que debe primero descargar el material el cual no puede mover, para eso se tiene 2 finales de carrera el cual va a delimitar el espacio.

Tabla3.4 Apertura de mandíbula

	Finales de carrera	Apertura de mandíbula
Apertura Mínima t=0 min		
Apertura Máxima t=15 min		

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

## 3.4.2 PRUEBAS ELÉCTRICAS

La máquina requiere de una alimentación de 220 VAC para el funcionamiento del equipo. Según mediciones realizadas que permite un

óptimo desempeño, ya que se encuentra dentro de los parámetros de funcionamiento nominales, como se muestra en la tabla 3.5

Tabla 3.5 Parámetros generales de funcionamiento

<b>Parámetros</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Potencia (P)</b>
Motor Y-D	220 V	25HP
Motor reductor	220V	1HP
Circuito de Mando	127V	30W
Circuito de Potencia	220V	18HP

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

#### **a. PRUEBAS DEL SISTEMA DE TRITURACIÓN**

Las pruebas realizadas en este sistema consisten en activar y desactivar el motor que se encuentra conectado en estrella triángulo, esto se realizó un número no determinado de veces y sirvió para emitir una observación favorable del sistema.

#### **b. PRUEBAS DEL SISTEMA DE REGULACIÓN**

Éste sistema posee una serie de elementos eléctricos como: 1 botonera para el arranque del motor-reductor, 1 motor-reductor, 1 botonera de paro general, 2 finales de carrera para asegurar la apertura o cierre total de la mandíbula, 1 sensor inductivo estos elementos interactúan para que exista una adecuada coordinación en la secuencia del proceso.

La prueba realizada fue la activación del sistema mediante la botonera de inicio, pulsándolo varias veces para poder determinar el correcto funcionamiento del mismo, al mismo tiempo se comprobó que los finales de carrera colocados funcionan perfectamente, haciendo de ésta manera

que la mandíbula se pare en el punto indicado (apertura mínimo o máxima)

### **c. PRUEBAS DE LUCES INDICADORAS DEL TABLERO DE CONTROL.**

Las luces indicadoras son de mucha importancia debido que el trabajador va a estar pendiente de estos elementos para darse cuenta de lo que sucede en el funcionamiento de la máquina, al pulsar el arranque del motor de 25 HP, y con la alimentación se observa si está energizado ver Fig.3.5 (a), cada uno de estos pulsadores dan una señal al micro controlador el cual ejecuta el programa que está en su memoria, dando una salida que activa un relé auxiliar y alimenta a la luz

## **3.5. RESULTADOS**

### **3.5.1 VERIFICACIÓN DEL PRODUCTO FINAL**

La verificación del producto se va a realizar con un tamiz, la instalación de este tamiz va a ser por cuenta de la empresa NOVACERO, esto hará un filtrado de la escoria con una granulación a 5 mm o menor, lo demás volverá a un proceso repetitivo de molienda. Asegurando así que la granulometría de la escoria sea la que requiere.

### **3.6 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Para saber el tiempo de recuperación del dinero invertido en la máquina trituradora de escoria debemos enlistar los precios de cada uno de los materiales utilizados en la construcción en las tablas 3.5. y 3.6. Se mostrara los precios de construcción, el análisis se mostrara en 2 partes: la parte mecánica y la parte eléctrica.

Tabla 3.6 Precio de elementos mecánicos

Elemento	Unidades	Precio	Total
Volante de inercia con ranuras	1	1.500	1.500
Muela móvil	1	1.000	1.000
Muela fija	1	1.000	1.000
Base para muela fija	¼ plancha <sup>57</sup>	750	750
Placas laterales	½ plancha <sup>57</sup>	1.500	1.500
Base del motor	1	250	500
Volante de inercia sin ranuras	1	1.500	1.500
Base para muela móvil	¼ plancha <sup>57</sup>	750	750
Buje para eje excéntrico	2	750	1500
Caja para eje excéntrico	1	80	80
Soporte de caja excéntrica	1	50	50
Tensores	2	120	240
Balancín	1	100	100
Soporte del balancín	2	100	200
Pernos de potencia	2	150	300
Tuercas de potencia	2	70	140
Caja guía de pernos de potencia	1	100	100
Resortes de compresión	2	200	400
Eje excéntrico	1	1.500	1.500
Bocín para buje	2	1.000	2.000
Bocín para eje excéntrico	2	1.200	2.400
Placa de acople entre el eje y la	1	100	100
Chumacera	2	20	40
Tornillo sin fin	2	175	330
Corona de sin fin	2	210	420
Bandas	6	60	360
Polea	1	150	150
Gastos varios		300	300
		<b>Total</b>	<b>19.310</b>

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

<sup>57</sup> La plancha utilizada tiene como largo 6 m, ancho 6 m y espesor 25,4 mm

Tabla 3.7 Precios de elementos eléctricos

Elemento	Unidades	Precio (dólares)	Total
Motor 25 HP	1	2.000	2.000
Motos 1 HP	1	300	300
Cable Número 4	100m	3	300
Cable Número 16	100m	0,80	80
Marquillas plásticas	2 cajas	30	60
Canaletas ranuradas 40x60mm	4 m	3	12
Tablero de (600*900*225) mm	1	80	80
Tablero de (600*600*225) mm	1	60	60
Plc LOGO 230 RC	1	280	280
Módulo de expansión	1	80	80
Fuente de poder	1	25	40
Pantalla LOGO!Td	1	80	80
Transformador de corriente	3	30	90
Relé LRD08	3	30	90
Breaker 3VT2725-2AA36-0AA0	3	150	450
Breaker 3VT1701-2DC36-0AA0	2	25	50
Licuada 220V	1	20	20
Borneras	8	2,50	20
Contacto LC1 D95	3	80	240
Contacto LC1 D25	2	55	110
Relé LRD07	2	20	40
Sensor inductivo	1	20	20
Pulsador SIEMENS (1NA+NC)	10	3	30
Pulsador Tipo Hongo	1	2,50	2,50
Luces indicadoras	5	2	10
Relés auxiliares	5	13	65
		<b>Total</b>	<b>4.609,5</b>

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

**3.6.1. GASTOS DE FUNCIONAMIENTO.**-El funcionamiento de la máquina va a tener un costo adicional, debido a la energía eléctrica utilizada y a la mano de obra de los operarios, estos gastos se calculará de la siguiente manera.

$$P = \frac{25 \text{ HP} * 746 \text{ W}}{0,8} = 23.312,5 \text{ W} \cong 23,31 \text{ kw}$$

$$\text{En cada hora de trabajo} = \frac{23,31 \text{ kw}}{\text{h}}$$

Como cada  $\text{kw}/\text{h}$  esta en un promedio de 0,092ctv se podría decir que cada hora de trabajo va a costar 2,14  $\$/\text{h}$ , la máquina va a trabajar 8 horas diarias entonces el costo de trabajo diario será:

$$\text{Costo diaria} = 2,14 \frac{\$}{\text{h}} * 8 \text{ h} = 17,15 \$$$

$$\text{Costo mensual} = 17,15 \frac{\$}{\text{dia}} * 20 \text{ dias} = 343,12 \$$$

$$\text{Costo anual} = 343,12 \frac{\$}{\text{mes}} * 12 \text{ meses} = 4.117,47 \$$$

Este costo lo debemos adicionar a la máquina por motivo de funcionamiento, también se deberá sumar el salario de los operarios, se va a requerir 3 operarios, cada uno de ellos tendrá un sueldo de 300 dólares mensuales.

Se deberá calcular los gastos del aporte al IESS, décimo tercero y décimo cuarto sueldo, según el código laboral ecuatoriano<sup>58</sup> se los tiene de la siguiente forma

- **Aporte al IESS:** el aporte al IESS será de un 12,15% mensual por tanto:

$$\text{IESS} = 300 \$ * 12,15\% = 36,45$$

- **Décimo Tercero:** Este pago se realiza hasta el 24 de diciembre de cada año y es equivalente a la doceava parte de lo percibido por el

<sup>58</sup><http://codigo-laboral-ecuatoriano.html>

empleado durante el período comprendido entre el 1 de diciembre del año anterior y el 30 de noviembre del año en curso

$$\text{Décimo tercer} = \frac{336,45 * 12}{12} = 336,45$$

- **Décimo cuarto:** Debe cancelarse hasta el 15 de agosto de cada año, en la regiones Sierra y Oriente, y hasta el 15 de marzo en las regiones Costa e Insular, y corresponde a un valor equivalente a un salario mínimo. De acuerdo al salario mínimo vigente actualmente equivale a US\$240,00.

$$\text{Décimo cuarto} = 240\$$$

Por tanto el sueldo anual del trabajador será la suma de todos los valores ya mencionados:

$$\text{Sueldo operario anual} = 336,45 \$ * 12 + 336,45 \$ + 240 \$$$

$$\text{Sueldo operario anual} = 4.613,85 \$$$

Debido a que vamos a requerir de 3 operarios el costo total será de

$$\text{Sueldos totales} = 4.613,85 \$ * 3 = 13.841,55$$

Entonces el gasto de funcionamiento será:

$$\text{Gastos de funcionamiento anual} = 4.117,47 \$ + 13.841,55\$$$

$$\text{Gastos de funcionamiento} = 17.959\$$$

- **Ingreso anual.**-Según el mercado de ventas la tonelada de escoria varia su valor entre 22 a 27 dólares por lo cual se ha decidido tomar un valor medio de venta que será de 25 dólares por tonelada, a continuación se obtendrá el valor de ingreso anual, primero se calculara el tonelaje de molienda anual esto se lo realiza sabiendo que

en cada hora se molera 2 toneladas y la maquina funcionara 8 horas por día:

$$\text{Toneladas diarias: } 2 \frac{\text{Ton}}{\text{hora}} * 8 \text{ horas} = 16 \text{ toneladas}$$

$$\text{Toneladas mensuales: } 16 \frac{\text{Ton}}{\text{días}} * 20 \text{ días} = 320 \text{ toneladas}$$

$$\text{Toneladas anuales: } 320 \frac{\text{toneladas}}{\text{mes}} * 12 \text{ meses} = 3.840 \text{ toneladas}$$

Para calcular los ingresos se multiplica el número de toneladas por el precio de venta que es 25 dólares la tonelada:

$$\text{Ingreso mensual} = 320 \text{ ton} * 25 \frac{\$}{\text{ton}} = 8.000 \$$$

$$\text{Ingreso anual} = 3.840 \text{ ton} * 25 \frac{\$}{\text{ton}} = 96.000 \$$$

El gasto total es la suma de todos los elementos tanto mecánicos, eléctricos y otros materiales, como se ve en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Costo total de los materiales para la trituradora de escoria

Materiales mecánicos	19.310
Materiales eléctricos	4.609,5
Total	23.919,5 \$

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Para elaborar el flujo de caja, se la realiza con una proyección estimada para 5 años, considerando los siguientes datos como se ve en la tabla 3.9.

Tabla 3.9. Inversión inicial del proyecto

Gasto total	23.919,5 \$
Gasto de funcionamiento	17.959 \$
Inversión inicial	41.878,52 \$

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

En la tabla 3.10 se muestra la proyección de la inversión de un año para la trituradora de escoria tomando en cuenta el pago a los trabajadores y otros costos indirectos, se debe tener en cuenta que el material para la fabricación del producto es desecho y no va a costar ninguna cantidad de dinero.

Tabla 3.10 Proyección de inversión para un año

Material para fabricación (escoria)	0 \$
Mano de obra directa	13.841,55\$
Consumo eléctrico	4.117,47
Otros costos (reparaciones, mantenimiento, etc.)	3.000 \$
Inversión del año 1	20.959.02 \$

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### 3.6.2. FLUJOS DE CAJA.

Para realizar los flujos de caja en el proyecto se estiman los siguientes puntos:

- Conociendo que el precio de la tonelada de escoria esta un costo de 25 USD la ganancia estimada para el primer año es 96.000 USD.
- La tasa de interés para producto empresarial (Ver tabla 3.11.) viene dado por el banco central del ecuador

Tabla 3.11 Tasas de interés activas efectivas vigentes

1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES			
Tasas Referenciales		Tasas Máximas	
Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento:	% anual	Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:	% anual
Productivo Corporativo	8.34	Productivo Corporativo	9.33
Productivo Empresarial	9.63	Productivo Empresarial	10.21
Productivo PYMES	11.28	Productivo PYMES	11.83
Consumo	15.88	Consumo	16.30
Vivienda	10.56	Vivienda	11.33
Microcrédito	23.08	Microcrédito	25.50
Acumulación Ampliada		Acumulación Ampliada	
Microcrédito	25.50	Microcrédito	27.50
Acumulación Simple		Acumulación Simple	
Microcrédito	28.97	Microcrédito	30.50
Minorista		Minorista	

Fuente: Banco Central Del Ecuador

Considerando la inversión inicial y el interés del préstamo las cuotas a pagar anuales se mostraran la tabla 3.12.

Tabla 3.12. Amortización de préstamos

CUADRO DE AMORTIZACIÓN DE PRÉSTAMOS					
importe	41878,52	PAGOS TOTALES			
años	5	PRINCIPAL	41.878,52		
comisión de apertura	0,00%	INTERESES	12.837,58		
interés nominal	9,63%	COMISIÓN	0,00		
periodo de pago	1	<b>TOTAL</b>	<b>54.716,10</b>		
tipo amortización	1				
francés					
coste efectivo	9,63%	<a href="http://www.economia-excel.com">www.economia-excel.com</a>			
años	cuota	intereses	amortización	amortizado	pendiente
0					41.878,52
1	10.943,22	4.032,90	6910,32	6.910,32	34.968,20
2	10.943,22	3.367,44	7575,78	14.486,10	27.392,42
3	10.943,22	2.637,89	8305,33	22.791,43	19.087,09
4	10.943,22	1.838,09	9105,13	31.896,56	9.981,96
5	10.943,22	961,26	9981,96	41.878,52	0,00

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

Considerando todos estos parámetros se realizó el flujo de caja en una hoja de cálculo como se muestra en la tabla 3.13 además se puede obtener el TIR y el VAN.

Tabla 3.13. Proyección del flujo de caja para 5 años, TIR y VAN

RUBROS	ANOS					
	0	1	2	3	4	5
<b>INGRESOS:</b>	(41.878,52)					
INGRESOR POR VENTA DE ESCORIA		96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00	96.000,00
<b>EGRESOS:</b>						
INTERES PRÉSTAMO (9,63%)		(4.032,90)	(3.367,44)	(2.637,89)	(1.838,09)	(961,26)
AMORTIZACIÓN DEUDA		-6.910,32	-7.575,78	-8.305,33	-9.105,13	-9.981,96
Costos de operación		(20.950,02)	(20.950,02)	(20.950,02)	(20.950,02)	(20.950,02)
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>(41.878,52)</b>	<b>64.106,76</b>	<b>64.106,76</b>	<b>64.106,76</b>	<b>64.106,76</b>	<b>64.106,76</b>
<b>CALCULO DEL VALOR PRESENTE NETO</b>						
Concepto	Inversion Inicial	Flujo de fondos				
Inversion Inicial		-41878,52				
FLUJO AÑO 1		64106,76				
FLUJO AÑO 2		64106,76				
FLUJO AÑO 3		64106,76				
FLUJO AÑO 4		64106,76				
FLUJO AÑO 5		64106,76				
TOTALES		321.416,64				
VAN	\$ 208.161,21					
TIR	151,56%					

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

### 3.6.3. VALOR PRESENTE NETO (VPN o VAN).

Es el valor presente neto de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el período de evaluación del proyecto, son las ganancias que puede reportar el proyecto, con un valor positivo si el saldo entre beneficios y gastos va a ser favorable para el proyecto y con un valor negativo en el caso contrario.

$$VPN = -k_0 + \sum_{i=1}^n \frac{fc_i}{(1 + D)^i}$$

Dónde:

$k_0$  = Inversión o capital

$fc_i$  = flujo de caja del año i

D = Tasa de descuento real utilizada

i = número de periodos de vida de proyecto

Para hallar el VPN de una manera fácil se recurre a una hoja de Excel como se lo muestra en la tabla 3.13 el VPN de este flujo de caja es \$ 208.161,21.

El VAN del proyecto representa el valor adicional restada la tasa de rendimiento requerida, es decir que el proyecto es factible ejecutarlo en este momento, ya que, generara una ganancia de \$ 208.161,21 libre de la tasa de rendimiento La tasa de rendimiento requerida fue tomada en base al riesgo país, inflación y tasa de interés pasiva, en todas las anteriores se debe utilizar el valor anual, el valor de la tasa de rendimiento requerida se muestra a continuación:

$$TMAR = \text{tasa de interes del pais} + \% \text{riesgo pais} + \% \text{inflacion}$$

$$TMAR = (4,56 + 7,93 + 3,32)\%$$

$$D = \text{TMAR} = 15,81\%$$

### 3.6.4. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

Se define como aquella tasa de descuento que reduce a cero el Valor Presente Neto. La TIR representa el porcentaje máximo de ganancia que se aspira obtener, si se ejecuta el proyecto en las mejores condiciones. Analíticamente la TIR se determina como:

$$0 = -k_0 + \sum_{i=1}^n \frac{fc_i}{(1 + \text{TIR})^i}$$

Para el cálculo de la TIR se va utilizar el valor total de la inversión y los flujos netos de efectivo y lo obtenemos por medio de EXCEL (Ver tabla 3.12.) con la función TIR de lo que resulta:

$$VPN = -47.760,5 + \frac{20.081}{(1 + \text{TIR})^1} + \frac{24.002,62}{(1 + \text{TIR})^2} + \frac{24.885,85}{(1 + \text{TIR})^3} + \frac{25.383,56}{(1 + \text{TIR})^4}$$

$$\text{TIR} = 151,56\%$$

La tasa interna de retorno es del 151,56%, que es el porcentaje máximo de ganancia que se aspira obtener en las mejores condiciones.

El TIR es mayor que la tasa de rendimiento requerida (TMAR) de la inversión, y por esta razón se considera que el proyecto es viable.

### 3.6.5. PERÍODO REAL DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI).

Es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento D considerada. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero.

$$0 = -k_0 + \sum_{i=1}^{\text{PRI}} \frac{fc_i}{(1 + \text{TIR})^i}$$

Para obtener el valor del PRI se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.

#### **a. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.**

Debido a que la ganancia del primer año es mayor que la inversión se puede realizar el cálculo que nos indica cuanto tiempo se recupera la inversión:

$$\text{Recuperación} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ganancia}}$$

$$\text{Recuperación} = \frac{41.878,52}{64.106,76}$$

$$\text{Recuperación} = 0,5985$$

El valor obtenido se debe multiplicar por 12 para que su valor sea expresado en meses:

$$\text{Recuperación} = 0,5985 * 12 = 7,18 \text{ meses}$$

De acuerdo al flujo de caja proyectado anteriormente se puede concluir que la empresa NOVACERO S.A. recuperará su inversión inicial en un periodo de **“8 meses”**.

#### **3.6.6. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO**

Se determina como la relación entre el valor presente neto de los beneficios VPNB y el valor presente neto de los costos VPNC.

En la determinación del VPNC hay que sumar al valor de los costos anuales descontados, el valor de la inversión inicial sin descontar, como se muestra a continuación:

$$RBC = \frac{VPNB}{VPNC} = \frac{64.106,76 \$}{41.878,52 \$} = 1,53$$

La relación beneficio costo es mayor equivalente a 1,53 por lo que fue muy conveniente para el proyecto. Esta razón indica que por cada dólar invertido en la construcción se recupera 1,53 dólares de ingreso.

En la tabla 3.14. se muestra los valores límites para que un proyecto sea económicamente viable.

Tabla 3.14. Rango de valores límites para que el proyecto sea económicamente viable<sup>59</sup>

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN,\$	VPN > 0
TIR,%	TIR > D
PRI, AÑOS	PRI < n
RBC	RBC > 1

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

En la tabla 3.15. se muestra los valores obtenidos en el análisis financiero realizado al proyecto, determinando que es económicamente viable

Tabla3.15 Rango de valores obtenidos en el análisis financiero

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN,\$	\$ 208.161,21 > 0
TIR,%	151,56% > 15,81%
PRI, AÑOS	8 meses < 5 años
RBC	1,53 > 1

Elaborado por: Luis Chango y Andrés Molina

<sup>59</sup>James C. Van Horne, Administración Financiera, 9na Edición, Págs. 148-152

### **3.6.7. INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FINANCIERO**

- El VAN obtenido es de \$ 208.161,21 permitiéndonos tener un criterio de decisión positivo, lo que ratifica la viabilidad del proyecto; teniendo una TIR del 151,56% y esta a su vez es mayor que el TMAR = 15,81% de la inversión, por lo que se considera que el proyecto es viable.
- El periodo de recuperación es de 8 meses, esto permite asegurar que se recuperará la inversión a corto plazo, siendo esto de gran satisfacción para los dueños de la empresa, lo que promueve el desarrollo de nuevos proyectos en construcción de máquinas.
- Con los datos obtenidos y comparándolos con los límites aceptables se llega a la conclusión de que el proyecto es totalmente viable siendo de gran beneficio para la empresa NOVACERO.

### **3.7. MANUAL DE OPERACIÓN (ANEXO M)**

### **3.8. MANUAL DE MANTENIMIENTO (ANEXO N)**

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 CONCLUSIONES**

- Se diseñó, modeló y se construyó una máquina trituradora de escoria de acuerdo a los parámetros requeridos incluyendo la regulación automática.
  
- Se redujo el tamaño de la escoria de una granulación grande la cual no puede ser de uso alguno, a una granulación requerida para usos beneficiosos en la empresa NOVACERO S.A., sin perder las características de calidad.
  
- Se diseñó, modeló y se construyó un mecanismo de regulación el cual permite variar la granulación de la escoria en un rango comprendido entre 1 cm y 7 cm.
  
- Se diseñó, seleccionó, programó e implementó el sistema eléctrico de control y potencia cumpliendo con todos los parámetros necesarios para el funcionamiento de la trituradora.
  
- Las pruebas de funcionamiento fueron determinantes para establecer tiempos de regulación de los elementos que intervienen en el avance y retroceso de la mandíbula, consiguiendo un tiempo de 15 minutos como máximo, dependiendo de la longitud de desplazamiento.
  
- Se elaboró los planos mecánicos y eléctricos de la trituradora, los cuales fueron entregados a la empresa Novacero S.A, para realizar el mantenimiento de la trituradora o montaje de la misma en el caso de quedar fuera de servicio temporalmente.

- Según el análisis financiero de acuerdo al flujo de caja proyectado se puede concluir que la empresa NOVACERO S.A, recuperará su inversión inicial en un periodo de “8 meses”.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Antes de poner en marcha la máquina verificar la correcta posición y ajuste de las piezas, se recomienda hacer una prueba manual de cada uno de los elementos mecánicos para asegurar su correcto funcionamiento.
- Debido a las características que tiene esta máquina se la puede considerar de impacto por lo cual la manipulación de la misma se debe realizar desde un lugar seguro y alejado.
- En caso de que haya una partícula de escoria con alto contenido de acero la cual sea imposible triturar y sea demasiado grande para realizar la descarga automática, se deberá quitar esta partícula de forma manual asegurándose que los mandos estén completamente desenergizados.
- Debido a que el sentido de giro de los motores es de suma importancia se recomienda hacer primero las pruebas en vacío para determinar el sentido de giro, hecho esto se puede proceder a la colocación de las bandas motrices.
- Para realizar la regulación de la abertura en la descarga primero hay que asegurar que el motor de potencia (motriz) este en completa para, ya que el motor de control y el motriz no pueden trabajar al mismo tiempo.

- Con la finalidad de realizar la correcta operación y un adecuado mantenimiento, el operador debe familiarizarse con el manual de mantenimiento y operación de la máquina trituradora de escoria.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- F. J. ORMAZABAL, "Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones", editorial EuskoJaurlaritza, España, 1994.
- Verónica Arrieta Pico, "Utilización de la escoria cristalizada de horno alto como sustrato de cultivo", editorial EuskoJaurlaritza, España, 1994.
- Robert L. Mott, Resistencia de materiales aplicada, editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMÉRICA S.A, México, 1996.
- Joseph Edward Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, editorial McGraw-Hill, 1985.
- Hermann Jutz, Eduard Scharkus, Tablas para uso en la industria metalúrgica, editorial Reverté S.A, 1971 -1974
- James C. Van Horne, Administración Financiera, 9na Edición, Mexico, 2002.
- LARBURU N., Maquinas Prontuario, (13ª Edición), Técnicas máquinas herramientas, 2001.

## **PAGINAS CONSULTADAS**

### DESCRIPCION DE UN PLC

- [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/plcautomatizacion/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/plcautomatizacion/)

ING. FERMÍN JIMÉNEZ, FORMULAS PARA RESOLUCIÓN DE VIGAS DE 1 TRAMO.

- <http://es.scribd.com/doc/30647197/Formulas-Vigas>

#### TENSIÓN, TRACCIÓN Y COMPRESIÓN

- <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema01.pdf>

#### JOAQUÍN MEDÍN MOLINA, EQUILIBRIO POR BALANCE DE TORQUE

- <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema01.pdf>

#### MOMENTO DE INERCIA

- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/mi.html>

#### FUERZAS DE ROZAMIENTO

- <http://web.educastur.princast.es/proyectos/fisquiweb/Apuntes/Apuntes1Bach/FuerzasRoz.pdf>

#### SELECCIÓN DE BANDAS

- [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-mecanico-1/material\\_clase/ocw\\_correas2](http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-mecanico-1/material_clase/ocw_correas2)
- <http://es.scribd.com/doc/11863511/Diseno-y-Seleccion-Del-Mando-a-Correas-en-V>

#### CODIGO LABORAL ECUATORIANO

- <http://diosnomuere.blogspot.com/2012/03/codigo-laboral-ecuatoriano.html>

#### MANUAL, INTRODUCCIÓN A SOLID WORKS

- [http://www.marcombo.com/Descargas/9788426714589-SolidWorks/descarga\\_primer\\_capitulo\\_libro\\_solidworks.pdf](http://www.marcombo.com/Descargas/9788426714589-SolidWorks/descarga_primer_capitulo_libro_solidworks.pdf)

# ANEXO A

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE  
MÁQUINA PARA PRUEBAS DE  
COMPRESIÓN TINIUS OLSEN

MODELO		30	60	120	200:	300:	400:
CAPACIDAD	lbf	30,000	60,000	120,000	200,000	300,000	400,000
	kN	150	300	600	1,000	1,500	2,000
	kgf	15,000	30,000	60,000	100,000	150,000	200,000
ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA	Stroke	6	6	6	9	9	9
	in	152	152	152	229	229	229
	mm						
Testing Speeds	in/min	0-3	0-3	0-3	0-3	0-3	0-3
	mm/min	0-76	0-76	0-76	0-76	0-76	0-76
Adjustable Crosshead Speed	in/min	20	20	12	12	12	12
	mm/min	508	508	305	305	305	305
DIMENSIONES DE LA PRENSA:	(A) Clearance Between Screws	14	14	20	22	24	24
	in	356	356	508	556	610	610
	mm						
	(B) Standard Opening	29	29	36	42	46.25	46.25
	in	737	737	914	1067	1175	1175
	mm						
	(C) Crosshead Thickness	3.5	3.5	5.5	8	8.5	8.5
	in	89	89	140	203	216	216
	mm						
	(D) Grip Guard Thickness	1	1	2.75	2.75	4.5	4.5
in	25	25	70	70	114	114	
mm							
(E) Lever Height	—	—	—	8.75	8.75	8.75	
in	—	—	—	222	222	222	
mm							
(F) Width	29	29	30	34	37	37	
in	737	737	762	864	940	940	
mm							
(G) Depth	19	19	25	26	33.5	33.5	
in	483	483	635	660	851	851	
mm							
(H) Height, 4	72.5	72.5	77	90.125	96.25	96.25	
in	1842	1842	1956	2289	2445	2445	
mm							
PESO DE LA MÁQUINA:	Net	2600	2600	4700	9000	12,000	12,000
	lbs	1180	1180	2132	4082	5444	5444
	kg						
Gross	lbs	3100	3100	5700	9900	13,300	13,300
	kg	1406	1406	2586	4490	6034	6034
DIMENSIONES NOMINALES DE LAS MUESTRAS MAXIMUM	Max.-TL Rack & Pinion	in	24	24	32	34	38
		mm	610	610	813	837	965
	Max.-TL Lever Grips	in	—	—	—	30	32
		mm	—	—	—	762	813
	Tension Lengths	Width	2	2	2.5	3	3.5
		in	51	51	64	76	89
		mm					
		Thickness	1	1	1.75	2.125	2.125
		in	25	25	44	54	54
	mm						
Diameter	1.125	1.125	2.25	2.375	2.625		
in	29	29	57	60	67		
mm							
Max.-CH Rack & Pinion	in	22	22	24	28	32	
	mm	559	559	610	711	813	
Max.-CH Lever Grips	in	—	—	—	30	36	
	mm	—	—	—	762	914	

Standard Super "L" UTMs  
Console Dimensions

MODEL	30	60	120	200	300	400
Width	in	36	48			
	mm	915	1219			
Depth	in	31	31			
	mm	788	788			
Height	in	40	40			
	mm	1016	1016			

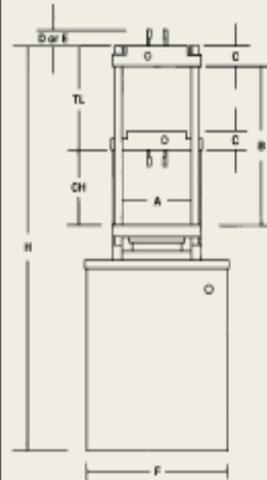


Fig. 0. Schematic of load frame. Refer to table at left for actual dimensions.

Notes:  
1. Approximate 2. Additional height clearances can be provided 3. Dimension of footprint base; overall dimensions will depend on options selected 4. Add D or E as applicable and add stroke 5. With full stroke remaining 6. These machines can be floor- or pit-mounted to meet customer testing requirements; pit mounting may require additional components 7. If wider clearance is required, please consult factory 8. Load measurement meets or surpasses the following standards: ASTM E4, BS 1610, DIN 51221, EN 10002-2 and ISO 7500-1 9. Strain measurement meets or surpasses the following standards: ASTM E83, BS 3846, ISO 10002-4 and ISO 9513 10. These systems conform to all relevant European directives and carry a CE mark 11. Specifications subject to change without notice

## SOFTWARE

Tinius Olsen, con la gran experiencia adquirida a lo largo de la historia suministrando soluciones a gran cantidad de problemas de ensayos, ha desarrollado Horizon, un programa de software de fácil manejo que hace sencillos, precisos y eficientes los ensayos. Sea la muestra a ensayar: metal, papel, compositas, polímeros, caucho, textil o un micro componente, el software de Tinius Olsen Horizon va más allá de la recolección de datos y su presentación. Este software lo ayudará a automatizar sus ensayos tanto para la Investigación & Desarrollo como para los ensayos de Control de Calidad. Horizon ofrece una biblioteca de normas, especificaciones, y aplicaciones basadas en rutinas de ensayo que han sido desarrolladas en cooperación con nuestros clientes por todo el mundo y con las normas que utilizan.

Entre las muchas características ofrecidas por Horizon están: una biblioteca de rutinas de ensayo; control simultáneo de múltiples máquinas, ensayos, salidas, métodos y editor de resultados; y distintos niveles de seguridad. Este software está diseñado para la adquisición de datos, análisis de datos, y control de lazo cerrado para casi todas las máquinas de ensayo de Tinius Olsen.

Horizon también incluye lo siguiente:

- Creación de Informes a medida
- Programas Estándar SPC para X-bar, R y distribución de frecuencias / histogramas
- Facilidad de llamada, trazado y curvas de ensayo de re escala
- Llamada de datos que abarcan diferentes módulos de ensayo
- Parámetros de máquina configurables por el usuario y control de configuraciones
- Capacidad de multi idiomas



Todas estas características del Horizon permiten mejorar la productividad y crear y utilizar una moderna y potente base de datos de materiales de ensayo. Utiliza los últimos entornos de Windows para crear una experiencia intuitiva en el usuario. Las Tutorías, ayuda en línea y menú de ayuda dan apoyo al usuario.

# ANEXO B

## PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

ANEXO:  
B -B1

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS  
MATERIALES

Pág.  
1-1

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NÚM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESA-MIENTO	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA, MPa (kpsi)	ELONGACIÓN EN 2 in, %	REDUCCIÓN EN ÁREA %	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

# ANEXO C

CAPACIDADES ESPECÍFICAS Y  
TÉCNICAS DE LAS MÁQUINAS  
TRITURADORAS INDUSTRIALES

ANEXO:  
C –C1

CAPACIDADES ESPECÍFICAS Y  
TÉCNICAS DE LAS MÁQUINAS  
TRITURADORAS INDUSTRIALES

Pág.  
1-1

**Capacidades y especificaciones técnicas**

	C80	C100	C96	C106	C116	C3054	C110	C125	C140	C145	C160	C200
Anchura de la abertura de alimentación mm	800	1000	930	1060	1150	1375	1100	1250	1400	1400	1600	2000
Profundidad de la abertura de alimentación mm	510	760	580	700	800	760	850	950	1070	1100	1200	1500
Potencia kW	75	110	90	110	132	160	160	160	200	200	250	400
Velocidad (rpm)	350	260	330	280	260	260	230	220	220	220	220	200
Tamaño del producto mm	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h	t/h
Lado cerrado Reglaje mm												
0-30	20											
0-35	25											
0-45	30											
0-60	40	55 - 75										
0-75	50	65 - 95										
0-90	60	80 - 110	105 - 135									
0-105	70	95 - 135	125 - 155	150 - 185	165 - 205	210 - 270	160 - 220					
0-120	80	110 - 150	140 - 180	165 - 215	180 - 235	240 - 300	175 - 245					
0-135	90	125 - 175	160 - 200	190 - 235	205 - 255	260 - 330	190 - 275					
0-150	100	140 - 190	175 - 225	205 - 265	225 - 285	285 - 365	215 - 295	245 - 335				
0-185	125	175 - 245	220 - 280	255 - 325	270 - 345	345 - 435	260 - 360	295 - 405	325 - 445	335 - 465		
0-225	150	210 - 290	265 - 365	305 - 385	320 - 405	405 - 515	310 - 430	345 - 475	380 - 530	395 - 545	430 - 610	
0-260	175	245 - 335	310 - 430	355 - 450	370 - 465	465 - 595	350 - 490	395 - 545	435 - 605	455 - 625	495 - 695	630 - 890
0-300	200		355 - 490	395 - 500	410 - 520	530 - 670	405 - 555	445 - 615	495 - 685	510 - 710	560 - 790	710 - 1000
0-340	225							495 - 685	550 - 760	570 - 790	625 - 880	785 - 1105
0-375	250							545 - 755	610 - 840	630 - 870	685 - 965	865 - 1215
0-410	275									690 - 950	745 - 1055	940 - 1320
0-450	300										815 - 1145	1015 - 1435

# ANEXO D

TABLAS PARA SELECCIÓN DE  
PERNOS

ANEXO:  
D –D1

DIMENSIONES DE ROSCAS  
UNIFICADAS (UNS) SERIE DE ROSCA  
BASTA (UNS) Y FINA (UNC)

Pág.  
1-2

Tamaño	Diámetro mayor (nominal) $d$ (in)	ROSCA BASTA (UNC)			ROSCA FINA (UNF)			Ancho aproximado entre caras $A_T$ (in)	
		Número de hilos por pulgada	Diámetro menor $d_r$ (in)	Área de esfuerzo a tracción $A_t$ (in <sup>2</sup> )	Número de hilos por pulgada	Diámetro menor $d_r$ (in)	Área de esfuerzo a tracción $A_t$ (in <sup>2</sup> )		
								Cabeza	Tuerca
0	0.0600	-	-	-	80	0.0438	0.0018		
1	0.0730	64	0.0527	0.0026	72	0.0550	0.0028		
2	0.0860	56	0.0628	0.0037	64	0.0657	0.0039		
3	0.0990	48	0.0719	0.0049	56	0.0758	0.0052		
4	0.1120	40	0.0795	0.0060	48	0.0849	0.0066		
5	0.1250	40	0.0925	0.0080	44	0.0955	0.0083		
6	0.1380	32	0.0974	0.0091	40	0.1055	0.0101		
8	0.1640	32	0.1234	0.0140	36	0.1279	0.0147		
10	0.1900	24	0.1359	0.0175	32	0.1494	0.0200		
12	0.2160	24	0.1619	0.0242	28	0.1696	0.0258		
¼	0.2500	20	0.1850	0.0318	28	0.2036	0.0364	7/16	7/16
5/16	0.3125	18	0.2403	0.0524	24	0.2584	0.0581	½	½
3/8	0.3750	16	0.2938	0.0775	24	0.3209	0.0878	9/16	9/16
7/16	0.4375	14	0.3447	0.1063	20	0.3725	0.1187	5/8	11/16
½	0.5000	13	0.4001	0.1419	20	0.4350	0.1600	¾	¾
9/16	0.5625	12	0.4542	0.1819	18	0.4903	0.2030	13/16	7/8
5/8	0.6250	11	0.5069	0.2260	18	0.5528	0.2560	15/16	15/16
¾	0.7500	10	0.6201	0.3345	16	0.6688	0.3730	1 1/8	1 1/8
7/8	0.8750	9	0.7307	0.4617	14	0.7822	0.5095	1 5/16	1 5/16
1	1.0000	8	0.8376	0.6057	12	0.8917	0.6630	1 ½	1 ½
1 1/8	1.1250	7	0.9394	0.7633	12	1.0167	0.8557	1 11/16	1 11/16
1 ¼	1.2500	7	1.0644	0.9691	12	1.1417	1.0729	1 7/8	1 7/8
1 3/8	1.3750	6	1.1585	1.1549	12	1.2667	1.3147	2 1/16	2 1/16
1 ½	1.5000	6	1.2835	1.4053	12	1.3917	1.5810	2 ¼	2 ¼
1 ¾	1.7500	5	1.4902	1.8995				2 5/8	2 5/8
2	2.0000	4.5	1.7113	2.4982				3	3
2 ¼	2.2500	4.5	1.9613	3.2477				3 3/8	3 3/8
2 ½	2.5000	4	2.1752	3.9988				3 ¾	3 ¾
2 ¾	2.7500	4	2.4252	4.9340				4 1/8	4 1/8
3	3.0000	4	2.6752	5.9674				4 ½	4 ½
3 ¼	3.2500	4	2.9252	7.0989				4 7/8	
3 ½	3.5000	4	3.1752	8.3286				5 ¼	
3 ¾	3.7500	4	3.4252	9.6565				5 5/8	
4	4.0000	4	3.6752	11.083				6	

La longitud roscada de los tornillos UNS está dada por  $L_r = 2d + 0.25$  in, si la longitud total,  $L_{th}$ , es menor o igual a 6 in, y por  $L_r = 2d + 0.50$  in, si  $L_{th}$  es mayor de 6 in.

Grado SAE	Intervalo de tamaños (inclusive) (in)	Resistencia límite mínima a la tracción $S_p$ (ksi)	Resistencia de fluencia mínima a la tracción $S_y$ (ksi)	Resistencia última mínima a la tracción $S_u$ (ksi)	Características del acero
1	¼ a 1½	33	36	60	Medio o bajo carbono
2	¼ a ¾	55	57	74	Medio o bajo carbono
	7/8 a 1½	33	36	60	
4	¼ a 1½	65	100	115	Medio carbono estirado en frío
5	¼ a 1	85	92	120	Medio carbono templado y revenido
	1 1/8 a 1½	74	81	105	
5.2	¼ a 1	85	92	120	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido
7	¼ a 1½	105	115	133	Aleado de medio carbono, templado y revenido
8	¼ a 1½	120	130	150	Aleado de medio carbono, templado y revenido
8.2	¼ a 1	120	130	150	Martensítico de bajo carbono, templado y revenido

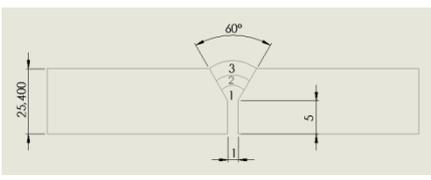
# ANEXO E

ESPECIFICACIÓN DE  
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA  
(WPS)

ANEXO:  
E -E1

**ESPECIFICACIÓN DE  
PROCEDIMIENTO DE  
SOLDADURA (WPS)**

Pág.  
1-4

<b>Nombre de la compañía</b> NOVACERO.S.A <b>WPS N°</b> 001 <b>Proceso de soldadura</b> SMAW-MANUAL		Diseño de la junta 					
<b>Según norma</b> AWS D1.1							
<b>Junta Utilizada</b>	<b>Tipo de junta</b> UNIÓN A TOPE	<b>Posición</b> Tope 1G  Califica vertical	<b>Característica eléctrica</b>  <b>Corriente:</b> CA <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/> DC+ <input type="checkbox"/>				
	<b>Tipo de soldadura</b> BISEL						
	<b>Cordón de respaldo</b> si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>						
	<b>Preparar junta</b> si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>						
	<b>Método Am lado</b>						
	<b>Angulo de la ranura</b> 60°						
	<b>Cara de la raíz</b> 5mm						
<b>Metal base</b>	<b>Abertura de la raíz</b> 1mm	<b>Técnica de soldadura</b>  <b>Técnica</b> un pase <input type="checkbox"/> varios pases <input checked="" type="checkbox"/> <b>Oscilación</b> si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> <b>Limpieza entre Pases</b> No _____ Otros pases No <b>Método de ensamble</b> Apuntado <b>Soldadura</b> Un lado <input type="checkbox"/> Dos lados <input checked="" type="checkbox"/> <b>Temperatura</b> N/A <b>Tiempo entre pases</b> N/A	<b>Electrodo</b>				
	<b>Limpieza</b> Limpiar las superficies						
	<b>Antes de soldar</b>						
	<b>Especificación</b> AISI 1020						
<b>Electrodo</b>	<b>Califica Acero</b>						
	<b>Espesor</b> 25.4mm						
	<b>Califica</b> Desde 3.2 a 12 m						
<b>Aplicación de Soldadura de Estructuras.</b>	<b>Diámetro</b> 3.2 mm						
	<b>Clasificación AWS</b> E6011- E 7018						
	<b>Especificación AWS A</b> .1						
	<b>Casa comercial</b> AG						
<b>Pre calentamiento</b>							
<b>N° de pase</b>	<b>Metal de aporte</b>			<b>Tensión de trabajo</b>			<b>(Vel. D avance m/min)</b>
	<b>Denominación AWS</b>	<b>Denominación Comercial</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Pol</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Amperaje (A)</b>	
1	E 6011	INFRA 16	3.2 mm	DC+	110-220	105	0.05-0.1
2	E 7018	INFRA 18	3.2 mm	DC+	110-220	105	0.05-0.1
3	E 7018	INFRA 18	3.2 mm	DC+	110-220	105	0.05-0.1
<b>Notas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar alineación de la junta</li> <li>• Asegurar la limpieza de las partes</li> </ul>							

ANEXO:  
E -E1

**ESPECIFICACIÓN DE  
PROCEDIMIENTO DE  
SOLDADURA (WPS)**

Pág.  
2-4

<b>Nombre de la compañía</b> NOVACERO.S.A <b>WPS N°</b> 002 <b>Proceso de soldadura</b> SMAW-MANUAL <b>Según norma</b> AWS D1.1		Diseño de la junta 					
Junta Utilizada	<b>Tipo de junta</b> UNION A ESCUADRA	Posición	Topo 2F				
	<b>Tipo de soldadura</b> DOBLE FILETE		Califica vertical y horizontal				
	<b>Cordón de respaldo</b> si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>		Característica eléctrica	<b>Corriente:</b>			
	<b>Preparar junta</b> si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>			CA <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/>			
<b>Método</b> Amolado	Técnica de soldadura	<b>Técnica</b> un pase <input type="checkbox"/> varios pases <input checked="" type="checkbox"/>					
<b>Angulo de la ranura</b> 0°		<b>Oscilación</b> si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>					
<b>Cara de la raíz</b> 0mm		<b>Limpieza entre Pases</b> No					
<b>Abertura de la raíz</b> 3mm		Otros pases: _____					
Metal base	<b>Especificación</b> AISI 1020	Pre cale n	<b>Método de ensamble</b> Apuntado				
	<b>Califica Acero</b>		<b>Soldadura</b> Un lado <input type="checkbox"/> Dos lados <input checked="" type="checkbox"/>				
	<b>Espesor</b> 25.4mm		<b>Temperatura</b> N/A				
Electrodo	<b>Califica</b> Desde 3.2 a 12 mm	Aplicación de Soldadura de Estructuras.	<b>Tiempo entre pases</b> N/A				
	<b>Diámetro</b> 3.2 mm						
	<b>Clasificación AWS</b> E 7018						
	<b>Especificación AWS A5.1</b>						
	<b>Casa comercial</b> AGA						
N° de pase	Metal de aporte			Tensión de trabajo			(Vel. De avance m/min)
	Denominación AWS	Denominación Comercial	Diámetro (mm)	Pol	Voltaje (V)	Amperaje (A)	
1	E 7 18	INFRA 18	3.2 mm	DC <sup>+</sup>	110-220	105	0.05-0.1
2	E 7018	INFRA 18	3.2 mm	DC <sup>+</sup>	110-220	105	0.05-0.1
<b>Notas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar alineación de la junta</li> <li>• Asegurar la limpieza de las partes</li> </ul>							

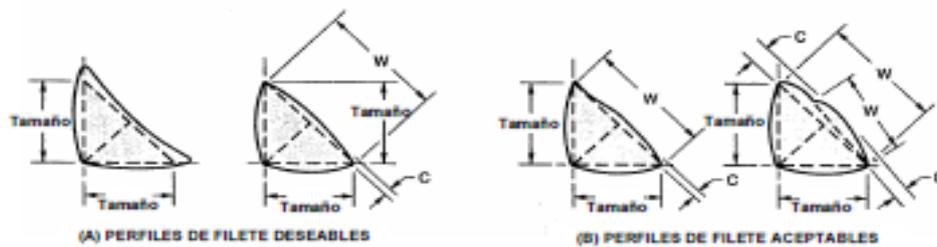
ANEXO:  
E -E1

**ESPECIFICACIÓN DE  
PROCEDIMIENTO DE  
SOLDADURA (WPS)**

Pág.  
3-4

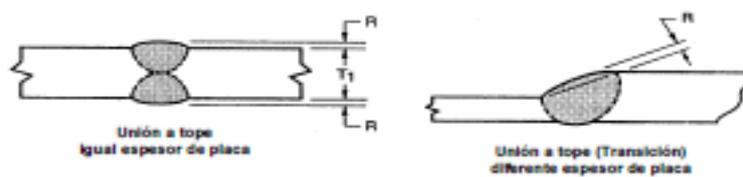
<b>Nombre de la compañía</b> NOVACERO.S.A <b>WPS N°</b> 003 <b>Proceso de soldadura</b> SMAW-MANUAL			Diseño de la junta 				
<b>Según norma</b> AWS D1.1							
<b>Junta Utilizada</b>	<b>Tipo de junta</b>	UNIÓN TIPO T	<b>Posición</b> Tope 2F Califica vertical y horizontal				
	<b>Tipo de soldadura</b>	DOBLE FILETE					
	<b>Cordón de respaldo</b>	si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>	<b>Característica eléctrica</b> <b>Corriente:</b> CA <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/> DC+ <input type="checkbox"/>				
	<b>Preparar junta</b>	si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>					
	<b>Método Amolado</b>						
	<b>Angulo de la ranura</b>	60°					
	<b>Cara de la raíz</b>	3mm					
<b>Abertura de la raíz</b>	2.4mm						
<b>Limpieza</b>	Limpier las superficies antes de soldar						
<b>Metal base</b>	<b>Especificación AISI 1020</b>		<b>Técnica de soldadura</b> <b>Técnica</b> un pase <input type="checkbox"/> varios pases <input checked="" type="checkbox"/> <b>Oscilación</b> si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> <b>Limpieza entre Pases</b> No Otros pases: 0 <b>Método de ensamble</b> <b>Soldadura</b> Un lado <input type="checkbox"/> Dos lados <input checked="" type="checkbox"/> <b>Pre cale</b> = <b>Temperatura</b> N/A <b>Tiempo entre pases</b> N/A				
	<b>Califica Acero</b>						
	<b>Espesor</b>	25.4mm					
<b>Electrodo</b>	<b>Califica</b>	Desde 3.2 a 12 mm					
	<b>Diámetro</b>	3.2 mm					
	<b>Clasificación AWS</b>	E 7018					
	<b>Especificación AWS A5.1</b>						
<b>Aplicación de Soldadura de Estructuras.</b>							
<b>N° d pase</b>	<b>Metal de aporte</b>			<b>Tensión de trabajo</b>			<b>(Vel. De avance m/min)</b>
	<b>Denominación AWS</b>	<b>Denominación Comercial</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Pol</b>	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Amperaje (A)</b>	
1	E 7018	INFRA 18	3.2 mm	DC+	110-220	105	0.05-0.1
2	E 7018	INFRA 18	3.2 mm	DC+	110-220	105	0.05-0.1
<b>Notas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar alineación de la junta</li> <li>• Asegurar la limpieza de las partes</li> </ul>							

Figura E.4 – Perfiles de Soldadura Aceptables e Inaceptables



Nota: la convexidad de una soldadura C, o la superficie individual del cordón con dimensión W, no deberán exceder el valor de la siguiente tabla:

Ancho de la cara de la soldadura o superficie individual del cordón, W	Convexidad máxima, C
W menor o igual a 8 mm	2 mm
W mayor de 8 mm a W menor de 25 mm	3 mm
W igual o mayor de 25 mm	5 mm



Nota: el refuerzo R, no deberá exceder de 3 mm (ver 5.24.4).



# ANEXO F

TABLAS PARA SELECCIÓN DE  
PERNOS DE POTENCIA

ANEXO: F –F1	DIMENSIONES DE ROSCAS UNIFICADAS (UNS) SERIE DE ROSCA BASTA (UNS) Y FINA (UNC)	Pág. 1-1
-----------------	--	-------------

**Tabla 8.7** Principales dimensiones de las roscas Acme americana estándar.

Diámetro mayor $d$ (in)	Diámetro medio $d_m$ (in)	Diámetro menor $d_r$ (in)	Paso $p$ (in)	Hilos por pulgada	Área de esfuerzo a tracción $A_t$ (in <sup>2</sup> )
0.250	0.219	0.188	0.063	16	0.032
0.313	0.277	0.241	0.071	14	0.053
0.375	0.333	0.292	0.083	12	0.077
0.438	0.396	0.354	0.083	12	0.110
0.500	0.450	0.400	0.100	10	0.142
0.625	0.563	0.500	0.125	8	0.222
0.750	0.667	0.583	0.167	6	0.307
0.875	0.792	0.708	0.167	6	0.442
1.000	0.900	0.800	0.200	5	0.568
1.125	1.025	0.925	0.200	5	0.747
1.250	1.150	1.050	0.200	5	0.950
1.375	1.250	1.125	0.250	4	1.108
1.500	1.375	1.250	0.250	4	1.353
1.750	1.625	1.500	0.250	4	1.918
2.000	1.875	1.750	0.250	4	2.580
2.250	2.083	1.917	0.333	3	3.142
2.500	2.333	2.167	0.333	3	3.976
2.750	2.583	2.417	0.333	3	4.909
3.000	2.750	2.500	0.500	2	5.412
3.500	3.250	3.000	0.500	2	7.670
4.000	3.750	3.500	0.500	2	10.32
4.500	4.250	4.000	0.500	2	13.36
5.000	4.750	4.500	0.500	2	16.80

# ANEXO G

## TABLA DE SELECCIÓN DE CORREAS DE TRANSMISIÓN

ANEXO:  
G -G1

TABLA DE SELECCIÓN DE CORREAS  
DE TRANSMISIÓN

Pág.  
1-1

B				B				C			
Referencia	Descripción RMA	Long. interior mm	Long. de ref. mm	Referencia	Descripción RMA	Long. interior mm	Long. de ref. mm	Referencia	Descripción RMA	Long. interior mm	Long. de ref. mm
1700695	B26	650	690	1702575	B100	2540	2585	2201130	C41 1/2	1070	1120
1700745	B28	710	745	1702610	B101	2565	2610	2201150	C43	1090	1150
1700772	B29	745	785	1702626	B102	2600	2635	2201215	C45 1/2	1180	1235
1700790	B30	750	790	1702640	B103	2615	2655	2201225	C46	1200	1250
1700825	B31	790	835	1702688	B104	2650	2685	2201285	C48	1235	1285
1700860	B32	825	860	1702706	B105	2667	2715	2201310	C50	1260	1310
1700870	B32 1/4	830	870	1702726	B106	2700	2750	2201341	C51	1295	1350
1700875	B32 1/2	835	875	1702778	B108	2750	2790	2201370	C51 1/2	1320	1370
1700900	B34	850	900	1702828	B110	2800	2840	2201395	C52	1350	1395
1700919	B35	889	930	1702884	B112	2845	2890	2201430	C53	1375	1430
1700925	B35 3/4	895	940	1702941	B114	2900	2955	2201441	C55	1410	1460
1700934	B36	900	950	1702970	B115	2930	2970	2201485	C56	1435	1485
1700960	B36 3/4	920	965	1702981	B116	2950	2990	2201510	C57	1460	1510
1700970	B37	925	970	1703034	B118	3000	3040	2201550	C58	1500	1550
1700995	B37 1/2	950	985	1703087	B120	3048	3095	2201565	C60	1535	1585
1701000	B38	965	1010	1703150	B122	3107	3150	2201625	C61	1574	1625
1701019	B38 1/2	975	1020	1703182	B124	3150	3190	2201650	C62	1600	1650
1701026	B39	1000	1040	1703225	B125	3175	3225	2201665	C63	1625	1675
1701065	B40	1030	1065	1703250	B126	3210	3250	2201700	C64	1650	1700
1701085	B41	1040	1085	1703270	B127	3227	3270	2201705	C65	1676	1725
1701100	B42	1060	1105	1703290	B128	3250	3300	2201750	C66	1700	1750
1701130	B42 1/2	1075	1110	1703337	B130	3297	3350	2201776	C68	1750	1800
1701145	B43	1100	1145	1703370	B131	3327	3370	2201820	C69	1778	1836
1701150	B44	1110	1150	1703387	B132	3350	3395	2201830	C70	1800	1850
1701159	B44 1/2	1120	1160	1703420	B133	3390	3430	2201847	C70 1/2	1815	1865
1701165	B45	1150	1185	1703455	B134	3415	3465	2201881	C72	1842	1900
1701200	B46	1175	1210	1703504	B136	3450	3500	2201910	C73 1/2	1880	1935
1701230	B46 1/2	1190	1230	1703535	B137	3505	3535	2201951	C75	1930	1970
1701235	B47	1200	1235	1703550	B138	3507	3550	2202000	C76	1956	2000
1701250	B47 1/4	1207	1250	1703582	B139	3550	3590	2202030	C77	1981	2030
1701261	B48	1215	1265	1703644	B142	3600	3644	2202050	C78	2000	2050
1701270	B48 1/2	1225	1275	1703698	B144	3658	3705	2202076	C79 1/2	2032	2090
1701280	B49	1250	1290	1703744	B146	3700	3744	2202090	C80	2040	2090
1701295	B49 1/2	1275	1318	1703774	B147	3750	3780	2202105	C81	2083	2125
1701305	B50	1290	1330	1703896	B151	3850	3890	2202145	C82	2100	2165
1701328	B51	1300	1340	1703905	B152	3861	3905	2202180	C83	2120	2180
1701365	B52	1320	1365	1703955	B154	3912	3955	2202200	C84	2159	2200
1701375	B52 1/2	1350	1390	1703990	B156	3962	4010	2202210	C85	2184	2230
1701385	B53	1360	1405	1704052	B158	4000	4060	2202279	C87 1/2	2240	2300
1701400	B53 1/2	1372	1420	1704150	B162	4115	4160	2202305	C89	2286	2330
1701407	B54	1400	1440	1704225	B165	4200	4240	2202335	C90	2311	2355
1701428	B55	1410	1450	1704277	B167	4250	4295	2202385	C91	2337	2385
1701465	B55 1/2	1422	1465	1704432	B173	4394	4440	2202406	C92 1/2	2375	2425
1701480	B56	1435	1480	1704500	B175	4450	4500	2202435	C93	2388	2435
1701500	B57	1450	1500	1704530	B177	4500	4545	2202475	C94	2413	2475
1701520	B58	1473	1520	1704612	B180	4572	4620	2202480	C95	2438	2490
1701533	B58 1/2	1485	1533	1704670	B182	4625	4670	2202490	C96	2450	2510
1701552	B59	1500	1550	1704733	B185	4699	4740	2202508	C97	2464	2525
1701580	B59 1/2	1520	1560	1704770	B186	4725	4770	2202550	C97 1/2	2500	2550
1701585	B60	1525	1565	1704784	B187	4750	4795	2202560	C98	2510	2560
1701595	B61	1550	1595	1704930	B192	4880	4930	2202575	C99	2540	2595
1701615	B61 1/2	1575	1615	1704945	B193	4902	4945	2202615	C100	2560	2615
1701620	B62	1590	1630	1704992	B195	4953	5000	2202635	C101	2591	2645
1701634	B63	1600	1635	1705038	B197	5000	5045	2202660	C102	2605	2660
1701670	B64	1625	1670	1705350	B208	5300	5350	2202675	C103	2616	2675
1701686	B65	1650	1690	1705370	B210	5334	5380	2202698	C104	2667	2715
1701710	B65 1/2	1676	1720	1705640	B220	5600	5640	2202719	C105	2685	2735
1701720	B66	1697	1735	1705698	B223	5665	5705	2202735	C106	2692	2750
1701740	B66 1/2	1700	1740	1706044	B236	6000	6044	2202805	C107	2750	2805
1701745	B67	1707	1745	1706098	B240	6065	6105	2202820	C108	2762	2820
1701755	B67 1/4	1715	1755	1706332	B248	6300	6340	2202838	C110	2800	2860
1701763	B68	1725	1770	1706440	B253	6400	6440	2202890	C111	2840	2890
1701774	B69	1750	1795	1706475	B255	6450	6485	2202897	C112	2870	2915
1701800	B69 1/2	1761	1805	1706544	B256	6500	6544	2202955	C113	2896	2955
1701813	B70	1775	1820	1706600	B259	6550	6600	2202975	C114	2921	2975
1701838	B71	1800	1850	1706740	B264	6700	6745	2202985	C115	2950	2990

# ANEXO H

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE  
LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS

ANEXO: H-H1	PLACA DE DATOS DEL MOTOR	Pág. 1-1
 <b>GENERAL ELECTRIC</b>		
<b>MODEL: 5k1204AE1</b>		
<b>HP: 25</b>	<b>SERVICE FACTOR</b>	<b>1,15</b>
<b>FL RPM 1170/975</b>		
<b>Volts 220/440</b>	<b>PHASE 3</b>	
<b>220V MOTORS ARE USUABLE ON 208V NETWORKMSYSTEMS</b>		<b>CYCLES 60</b>
<b>FL AMP 60 CY AMP 66/33</b>		
<b>TYPE KG FRAME 404U</b>	<b>NEMA CLASS DESIGN</b>	
<b>CODE F</b>		
<b>C RISE 55° TIME RATING</b>		
<b>DRIVE END 80BCO3</b>	<b>OPP DRIVE END</b>	

Conductor Flexible

Calibre A.W.G	Diámetro mm	Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad en amperios			
			Aire libre		3 conductores en tubo	
			TW	desnudo	TW	asbesto
0000	11.58	107.20	300	370	195	340
000	10.38	85.00	260	320	165	285
00	9.36	67.42	225	275	145	250
0	8.25	53.48	195	235	125	225
2	6.54	33.62	140	175	95	165
4	5.18	21.15	105	130	70	120
6	4.11	13.29	80	100	55	95
8	3.26	8.32	55	70	40	70
10	2.59	5.29	40	55	30	55
12	2.05	3.29	25	40	20	40
14	1.62	2.08	20	30	15	30
16	1.29	1.29	12	16	8	16
18	1.02	0.85	8	12	6	12

ANEXO: H –H3		DATOS TÉCNICOS DE CONTACTORES					Pág. 1-3	
Type of contactor			LC1- D09...D18 DT20 & DT25	LC1- D25...D38 DT32...DT60	LC1- D40	LC1- D50...D55	LC1-D115 & LC1-D150	
<b>Environment</b>								
Rated insulation voltage (Ui)	Conforming to EN 60947-4-1, overvoltage category III, degree of pollution: 3	V	690		1000			
	Conforming to UL, CSA	V	600					
Rated impulse withstand voltage (Uimp)	Conforming to EN 60947	kV	6		8			
Conforming to standards			IEC 947-1, 947-4-1, NFC 63-110, VDE 0660, BS 5424, JEM 1038, EN 60947-1, EN 60947-4-1, GL, DNV, PTB, RINA pending					
Product certifications			UL, CSA Complies with SNCF, Sichere Trennung recommendations					
Separation insulation	Conforming to VDE 0106 parts 101 and A1 (project 2/89)	V	400					
Degree of protection (1) (front face only)	Conforming to VDE 0106							
	Power connection		Protection against direct finger contact IP 2X					
	Coil connection		Protection against direct finger contact IP 2X (except LC1-D40...D80)					
Protective treatment	Conforming to IEC 68		*TH*					
Ambient air temperature around the device	Storage	°C	- 60...+ 80					
	Operation	°C	- 5...+ 60					
	Permissible	°C	- 40...+ 70, for operation at Uc					
Maximum operating altitude	Without derating	m	3000					
Operating position	Without derating		± 30° possible, in relation to normal vertical mounting plane					
Flame resistance	Conforming to UL 94		V 1					
	Conforming to IEC 695-2-1	°C	960					
Shock resistance (2) 1/2 sine wave = 11ms	Contacteur open	gn	10	8	8	8	6	
	Contacteur closed	gn	15	15	10	10	15	
Vibration resistance (2) 5...300 Hz	Contacteur open	gn	2					
	Contacteur closed	gn	4	4	4	3	4	

ANEXO:  
H-H3

DATOS TÉCNICOS DE CONTACTORES

Pág.  
2-3

Type of contactor		LC1-	D09	DT20	D12	DT25	D18	DT32	D25	DT40
<b>Pole characteristics</b>										
Rated operational current (Ie) (Ue ≤ 440 V)	In AC-3, θ ≤ 60 °C	A	9	12	18	25				
	In AC-1, θ ≤ 60 °C	A	25	20	25	32	40			
Rated operational voltage (Ue)	Up to	V	690	690	690	690				
Frequency limits	Of the operating current	Hz	25...400	25...400	25...400	25...400				
Conventional thermal current (Ith)	θ ≤ 60 °C	A	25	20	25	25	32	32	40	40
Rated making capacity (440 V)	Conforming to IEC 947		250	250	300	450				
Rated breaking capacity (440 V)	Conforming to IEC 947		250	250	300	450				
Permissible short-time rating No current flowing for preceding 15 minutes at θ ≤ 40 °C	For 1 s	A	210	210	240	380				
	For 10 s	A	105	105	145	240				
	For 1 min	A	51	51	84	120				
	For 10 min	A	30	30	40	50				
Protection by fuse against short-circuits (U ≤ 690 V)	Without thermal overload relay, fuse qG	type 1	A	25	40	50	63			
		type 2	A	20	25	35	40			
	With thermal overload relay	A	See pages 2/52 and 2/53, for aM or qG fuse ratings corresponding to the associated thermal overload relay							
Average impedance per pole	At Ith and 50 Hz	mΩ	2.5	2.5	2.5	2				
Power dissipation per pole for the above operating currents	AC-3	W	0.20	0.36	0.8	1.25				
	AC-1	W	1.56	1.56	2.5	3.2				
<b>a.c. control circuit characteristics</b>										
Rated control circuit voltage (Uc)	50/60 Hz	V	12...690							
Control voltage limits 50 or 60 Hz coils	Operational		-							
		Drop-out	-							
	50/60 Hz coils	Operational	0.8...1.1 Uc on 50 Hz and 0.85...1.1 Uc on 60 Hz at 60 °C							
		Drop-out	0.3...0.6 Uc at 60 °C							
Average consumption at 20 °C and at Uc	~ 50 Hz	Inrush	50 Hz coil	VA	-					
			Cos φ 50/60 Hz coil	VA	0.75 70					
		Sealed	50 Hz coil	VA	-					
			Cos φ 50/60 Hz coil	VA	0.3 7					
	~ 60 Hz	Inrush	60 Hz coil	VA	-					
			Cos φ 50/60 Hz coil	VA	0.75 70					
		Sealed	60 Hz coil	VA	-					
			Cos φ 50/60 Hz coil	VA	0.3 7.5					
Heat dissipation	50/60 Hz	W	2...3							
Operating time (3)	Closing "C"	ms	12...22							
	Opening "O"	ms	4...19							
Mechanical life In millions of operating cycles	50 or 60 Hz coil		-							
	50/60 Hz coil on 50 Hz		15							
Maximum operating rate at ambient temperature ≤ 60 °C	In operating cycles per hour		3600							

ANEXO:  
H-H3

DATOS TÉCNICOS DE CONTACTORES

Pág.  
3-3

D32	DT60	D38	D40	D50	D65	D80	D95	D115	D150
32	32	38	40	50	65	80	95	115	150
50	60	50	60	80	80	125	125	200	200
690	690	690	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
25...400	25...400	25...400	25...400	25...400	25...400	25...400	25...400	25...400	25...400
50	60	50	60	80	80	125	125	200	200
550	500	550	800	900	1000	1100	1100	1260	1660
550	500	550	800	900	1000	1100	1100	1100	1400
430	430	430	720	810	900	990	1100	1100	1400
260	260	310	320	400	520	640	800	950	1200
138	138	150	165	208	260	320	400	550	580
60	60	60	72	84	110	135	135	250	250
63	63	63	80	100	160	200	200	250	315
63	63	63	80	100	125	160	160	200	250
See pages 2/52 and 2/53, for aM or qG fuse ratings corresponding to the associated thermal overload relay									
2	2	2	1.5	1.5	1	0.8	0.8	0.6	0.6
2	2	3	2.4	3.7	4.2	5.1	7.2	7.9	13.5
5	5	5	5.4	9.6	6.4	12.5	12.5	24	24
12...690			24...660				24...500		
-			0.85...1.1 Uc at 55 °C				0.85...1.1 Uc at 55 °C		
-			0.3...0.6 Uc at 55 °C				0.3...0.6 Uc at 55 °C		
0.8...1.1 Uc on 50 Hz and 0.85...1.1 Uc on 60 Hz at 60 °C			0.8...1.1 Uc on 50 Hz and 0.85...1.1 Uc on 60 Hz at 55 °C				0.8...1.15 Uc on 50/60 Hz at 55 °C		
0.3...0.6 Uc at 60 °C			0.3...0.6 Uc at 55 °C				0.3...0.6 Uc at 55 °C		
-			200				300		
0.75			0.75				0.8		
70			245				280...350		
-			20				22		
0.3			0.3				0.3		
7			26				2...18		
-			220				300		
0.75			0.75				0.8		
70			245				280...350		
-			22				22		
0.3			0.3				0.3		
7.5			26				2...18		
2...3			6...10				3...8		
12...22			20...26		20...26		20...35		20...35
4...19			8...12		8...12		6...20		6...20
-			16		16		10		10
15			6		6		4		4
3600			3600		3600		3600		2400
									1200

ANEXO: H-H4	DATOS TÉCNICOS DE RELÉ TÉRMICO	Pág. 1-1
----------------	--------------------------------	-------------

## SCHNEIDER ELECTRIC / TELEMECANIQUE - LRD08 - RELAY, OVER



**Manufacturer:** SCHNEIDER ELECTRIC /  
TELEMECANIQUE

**Order Code:** 3622630

**Manufacturer Part No:** LRD08

*Image is for illustrative purposes only.  
Please refer to product description*

### Product Information

- **RELAY, OVERLOAD, 2.5-4A**
- **Overload Adjustment Current Min:** 2.5A
- **Overload Adjustment Current Max:** 4A
- **SVHC:** No SVHC (19-Dec-2011)
- **Contact Current Max:** 5A
- **External Depth:** 70mm
- **External Length / Height:** 51mm
- **External Width:** 45mm
- **For Use With:** LC1D09 to LC1D32 Contactor
- **Height:** 51mm
- **IP / NEMA Rating:** IP2X
- **Mounting Type:** Direct Mount
- **Operating Temperature Max:** 70°C
- **Standard:** EN60947 - 1
- **Supply Voltage Max:** 600V
- **Weight:** 0.124kg

Tabela de escolha

Disjuntores		3VT1	3VT2	3VT3	3VT4	3VT5	
Icu / Ue		380-415Vca					
		25kA	36kA	36kA	65kA	55kA	
Disparador de sobrecorrente		sobre carga					
		0,75 - 1 X In	0,40 - 1 X In	0,40 - 1 X In	0,40 - 1 X In	0,40 - 1 X In	
		curto-circuito					
		ajustável	ajustável	ajustável	ajustável	ajustável	
Corrente nominal I <sub>n</sub> (A)	Comente de ajuste I <sub>1</sub> (A)	Composição do item	Código do produto				
16	12,5 - 16	disj. termomagnético	3VT1701-2DC36-0AA0	-	-	-	-
20	16 - 20	disj. termomagnético	3VT1702-2DC36-0AA0	-	-	-	-
25	20 - 25	disj. termomagnético	3VT1792-2DC36-0AA0	-	-	-	-
32	25 - 32	disj. termomagnético	3VT1703-2DC36-0AA0	-	-	-	-
40	32 - 40	disj. termomagnético	3VT1704-2DC36-0AA0	-	-	-	-
50	40 - 50	disj. termomagnético	3VT1705-2DC36-0AA0	-	-	-	-
63	50 - 63	disj. termomagnético	3VT1706-2DC36-0AA0	-	-	-	-
80	63 - 80	disj. termomagnético	3VT1708-2DC36-0AA0	-	-	-	-
100	80 - 100	disj. termomagnético	3VT1710-2DC36-0AA0	-	-	-	-
100	40 - 100	disjuntor s/ disparador <sup>1</sup> + disparador sobrecorrente	-	3VT2725-2AA36-0AA0 +	-	-	-
				3VT9210-6AC00			
125	100 - 125	disj. termomagnético	3VT1712-2DC36-0AA0	-	-	-	-
160	125 - 160	disj. termomagnético	3VT1716-2DC36-0AA0	-	-	-	-
160	63 - 160	disjuntor s/ disparador <sup>1</sup> + disparador sobrecorrente	-	3VT2725-2AA36-0AA0 +	-	-	-
				3VT9216-6AC00			
250	100 - 250	disjuntor s/ disparador <sup>1</sup> + disparador sobrecorrente	-	3VT2725-2AA36-0AA0 +	-	-	-
				3VT9225-6AC00			
400	160 - 400	disjuntor s/ disparador <sup>1</sup> + disparador sobrecorrente	-	-	3VT3763-2AA36-0AA0 +	-	-
					3VT9340-6AC00		
630	250 - 630	disjuntor s/ disparador <sup>1</sup> + disparador sobrecorrente	-	-	3VT3763-2AA36-0AA0 +	-	-
					3VT9363-6AC00		
800	315 - 800	disjuntor s/ disparador <sup>1</sup> + disparador sobrecorrente	-	-	-	3VT4710-3AA30-0AA0 +	-
						3VT9480-6AC00	
1000	400 - 1000	disjuntor s/ disparador <sup>1</sup> + disparador sobrecorrente	-	-	-	3VT4710-3AA30-0AA0 +	-
						3VT9410-6AC00	
1250	500 - 1250	disjuntor s/ disparador <sup>1</sup> + disparador sobrecorrente	-	-	-	-	3VT5716-3AA30-0AA0 +
							3VT9512-6AC00
1600	630 - 1600	disjuntor s/ disparador <sup>1</sup> + disparador sobrecorrente	-	-	-	-	3VT5716-3AA30-0AA0 +
							3VT9516-6AC00

ANEXO: H-H6	DATOS TÉCNICOS DE RELÉ TÉRMICO	Pág. 1-1
----------------	--------------------------------	-------------



**Manufacturer:** SCHNEIDER ELECTRIC /  
TELEMECANIQUE

**Order Code:** 3622629

**Manufacturer Part No:** LRD07

*Image is for illustrative purposes only.  
Please refer to product description*

### Product Information

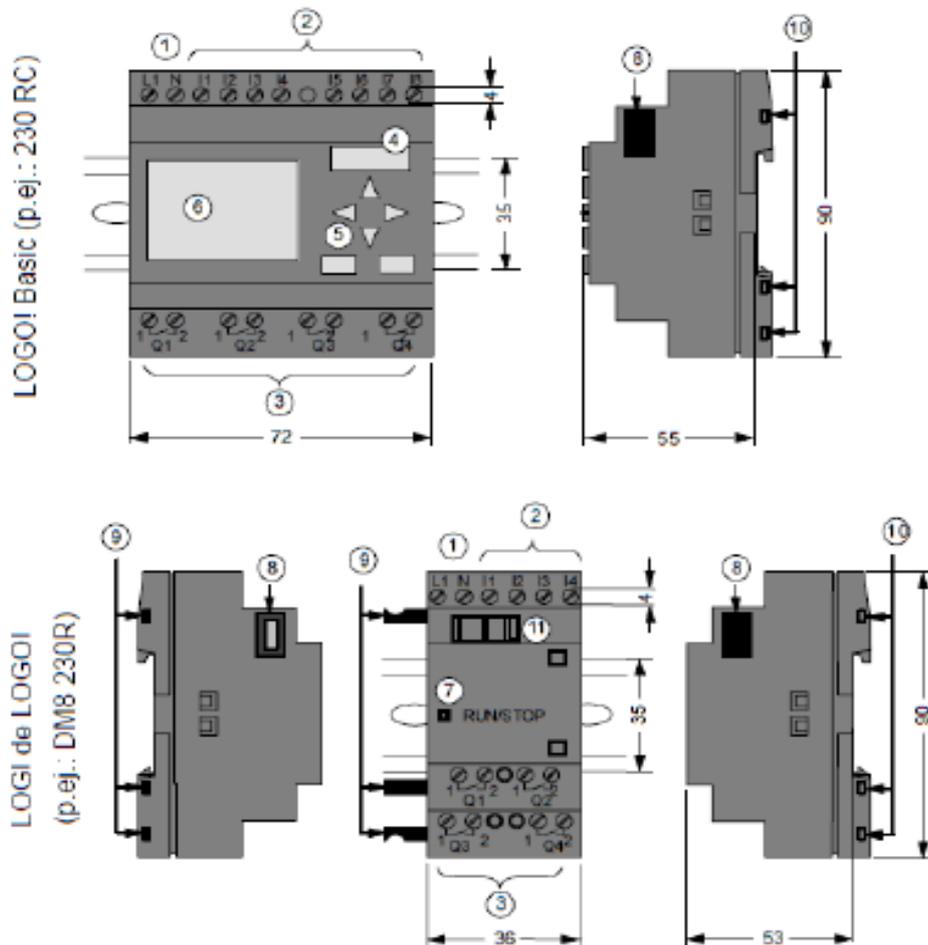
- **RELAY, OVERLOAD, 1.6-2.5A**
- **Overload Adjustment Current Min:** 1.6A
- **Overload Adjustment Current Max:** 2.5A
- **SVHC:** No SVHC (19-Dec-2011)
- **Contact Current Max:** 5A
- **External Depth:** 70mm
- **External Length / Height:** 51mm
- **External Width:** 45mm
- **For Use With:** LC1D09 to LC1D32 Contactor
- **Height:** 51mm
- **IP / NEMA Rating:** IP2X
- **Mounting Type:** Direct Mount
- **Operating Temperature Max:** 70°C
- **Standard:** EN60947 - 1
- **Supply Voltage Max:** 600V
- **Weight:** 0.124kg

# ANEXO I

DATOS TÉCNICOS DEL PLC

*¿Qué es LOGO!?*

**Estructura de LOGO!**



- |                                    |                                |                                   |
|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| ① Alimentación de tensión          | ⑤ Panel de mando (no en RCo)   | ⑧ Interfaz de ampliación          |
| ② Entradas                         | ⑥ Pantalla LCD (no en RCo)     | ⑨ Codificación mecánica - clavija |
| ③ Salidas                          | ⑦ Indicador de estado RUN/STOP | ⑩ Codificación mecánica - hembra  |
| ④ Receptáculo para módulo con tapa |                                | ⑪ Guía deslizante                 |

ANEXO: I-I1	DATOS TÉCNICOS DE PLC	Pág. 2-4
----------------	-----------------------	-------------

*Datos técnicos*

## A.2 Datos técnicos: LOGO! 230... y LOGO! DM8 230R

	LOGO! 230RC LOGO! 230RCo	LOGO! DM8 230R
<b>Fuente de alimentación</b>		
Tensión de entrada	115...240 V CA/CC	115...240 V CA/CC
Margen admisible	85 ... 265 V CA 100 ... 253 V CC	85 ... 253 V CA 85 ... 253 V CC
Frecuencia de red admisible	47 ... 63 Hz	47 ... 63 Hz
Consumo de corriente		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V c.a.</li> <li>• 240 V CA</li> <li>• 115 V CC</li> <li>• 240 V CC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 ... 40 mA</li> <li>10 ... 25 mA</li> <li>5 ... 25 mA</li> <li>5 ... 15 mA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 ... 30 mA</li> <li>10 ... 20 mA</li> <li>5 ... 15 mA</li> <li>5 ... 10 mA</li> </ul>
Compensación de fallos de tensión		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V CA/CC</li> <li>• 240 V CA/CC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>tip. 10 ms</li> <li>tip. 20 ms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>tip. 10 ms</li> <li>tip. 20 ms</li> </ul>
Potencia disipada en caso de		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 115 V c.a.</li> <li>• 240 V CA</li> <li>• 115 V CC</li> <li>• 240 V CC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1,1 ... 4,6 W</li> <li>2,4 ... 6,0 W</li> <li>0,5 ... 2,9 W</li> <li>1,2 ... 3,6 W</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1,1 ... 3,5 W</li> <li>2,4 ... 4,8 W</li> <li>0,5 ... 1,8 W</li> <li>1,2 ... 2,4 W</li> </ul>
Respaldo del reloj a 25 °C	tip. 80 h	
Precisión del reloj de tiempo real	máx. 2s / día	
<b>Entradas digitales</b>		
Cantidad	8	4
Separación galvánica	no	no

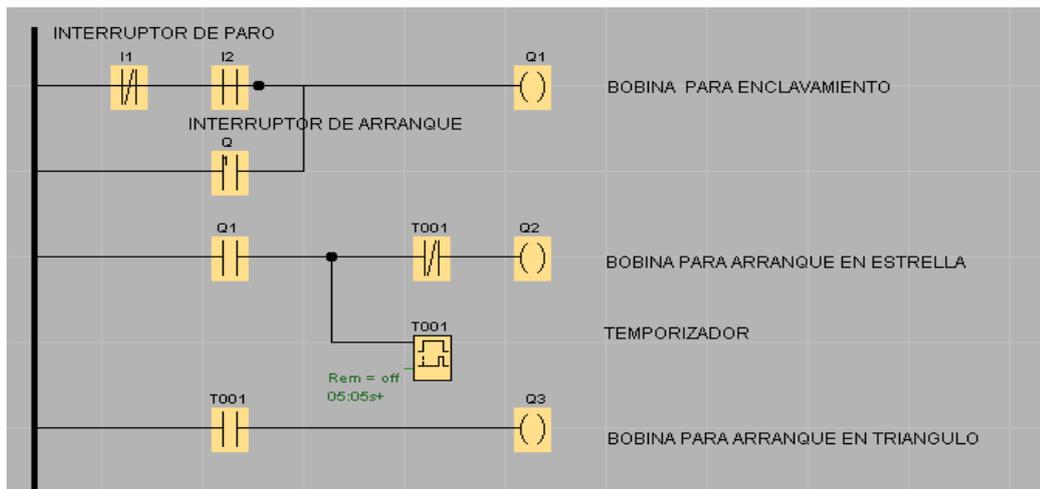
ANEXO: I-I1	DATOS TÉCNICOS DE PLC	Pág. 3-4
<i>Datos técnicos</i>		
	<b>LOGO! 230RC LOGO! 230RCo</b>	<b>LOGO! DM8 230R</b>
<b>Tensión de entrada L1</b> • señal 0 • señal 1 • señal 0 • señal 1	<40 V c.a. >79 V c.a. < 30 V CC > 79 V CC	<40 V c.a. >79 V c.a. < 30 V CC > 79 V CC
<b>Intensidad de entrada para</b> • señal 0 • señal 1	<0,03 mA >0,08 mA	<0,03 mA >0,08 mA
<b>Tiempo de retardo para</b> • cambio de 0 a 1 • cambio de 1 a 0	tip. 50 ms tip. 50 ms	tip. 50 ms tip. 50 ms
<b>Longitud del conductor (sin blindaje)</b>	100 m	100 m
<b>Salidas digitales</b>		
<b>Cantidad</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>Tipo de las salidas</b>	<b>Salidas a relé</b>	<b>Salidas a relé</b>
<b>Separación galvánica</b>	sí	sí
<b>En grupos de</b>	1	1
<b>Activación de una entrada digital</b>	sí	sí
<b>Corriente constante <math>I_{th}</math></b>	máx. 10 A por relé	máx. 5 A por relé
<b>Carga de lámparas incandescentes (25.000 maniobras) en caso de</b>  230/240 V CA 115/120 V CA	1.000 W 500 W	1.000 W 500 W
<b>Tubos fluorescentes con dispositivo previo electr. (25.000 histérisis)</b>	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)

ANEXO: I-I1	DATOS TÉCNICOS DE PLC	Pág. 4-4
<i>Datos técnicos</i>		
	<b>LOGO! 230RC LOGO! 230RC<sub>o</sub></b>	<b>LOGO! DM8 230R</b>
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 maniobras)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	1 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 maniobras)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)	10 x 58 W (para 230/240 V c.a.)
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Contactador potencia B16 600 A	Contactador potencia B16 600 A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Contactador potencia B16 900 A	Contactador potencia B16 900 A
Derating	Ninguno; en todo el margen de temperatura	Ninguno; en todo el margen de temperatura
Conexión de las salidas en paralelo para aumentar la potencia	no admisible	no admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	máx. 16 A, característica B16	máx. 16 A, característica B16
<b>Frecuencia de conmutación</b>		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

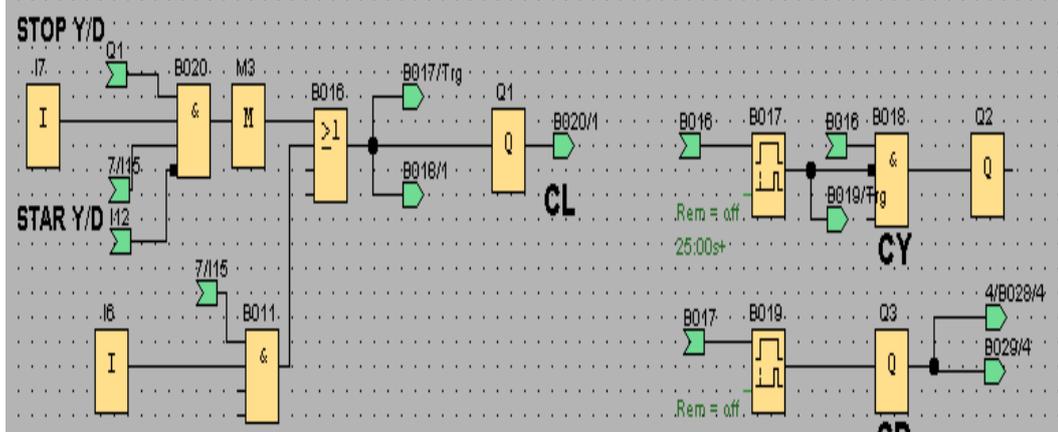
# **ANEXO J**

**LÍNEAS DE PROGRAMACIÓN EN EL  
LOGO!230RC**

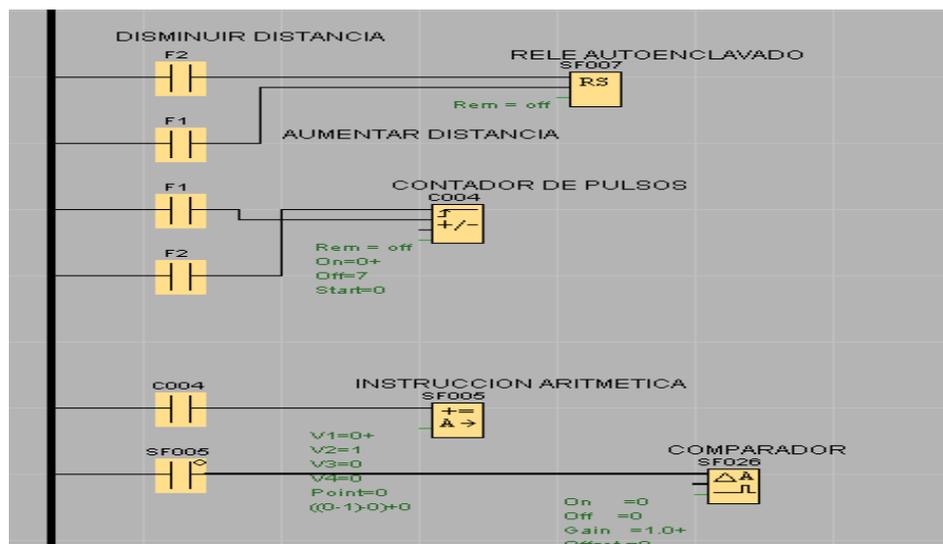
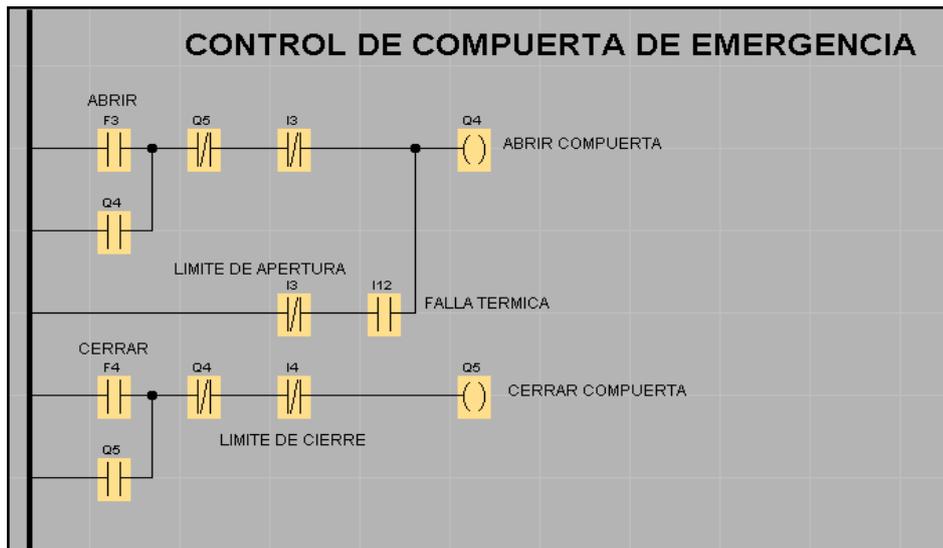
**ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO DEL MOTOR ELÉCTRICO**



**CONTROL DE MOTOR TRITURADOR**



REGULACIÓN DE COMPUERTA

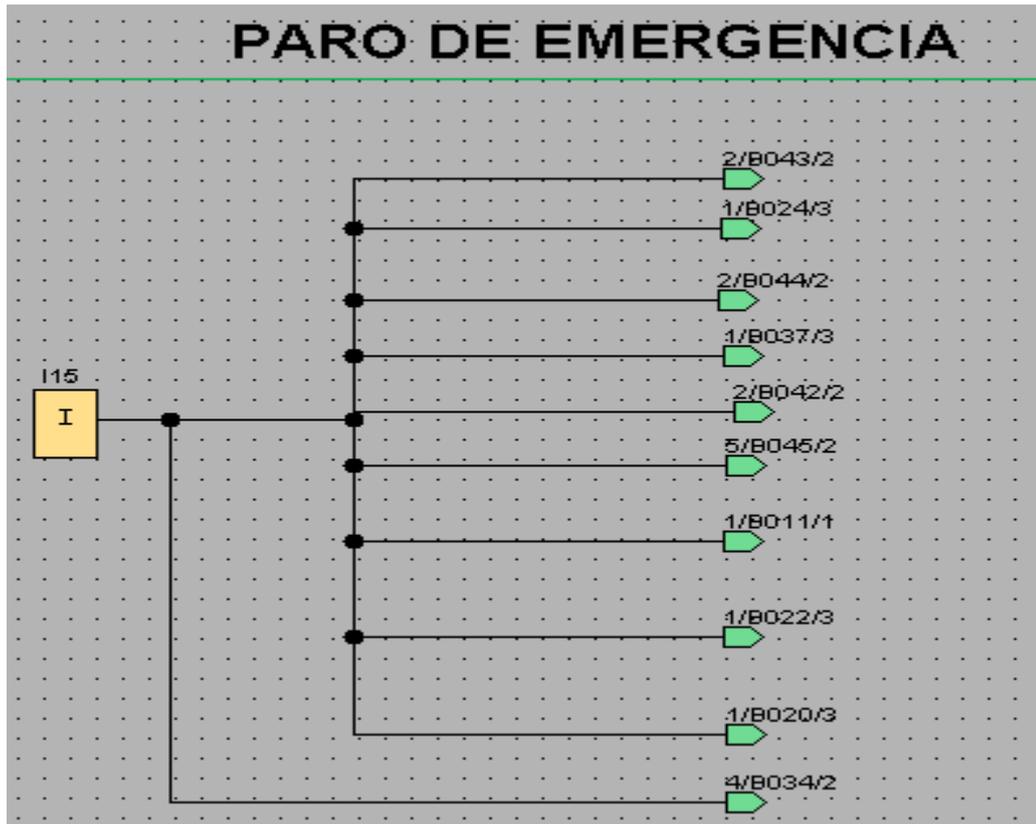


J-J1

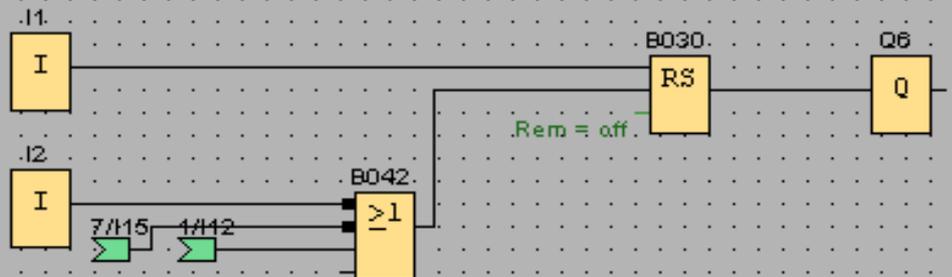
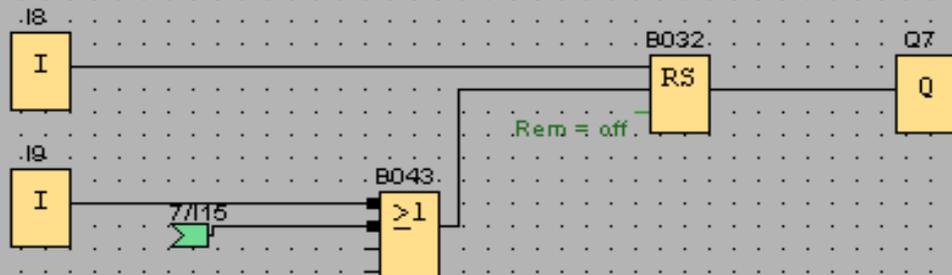
LÍNEAS DE PROGRAMACIÓN EN EL  
LOGO!230RC

3-5

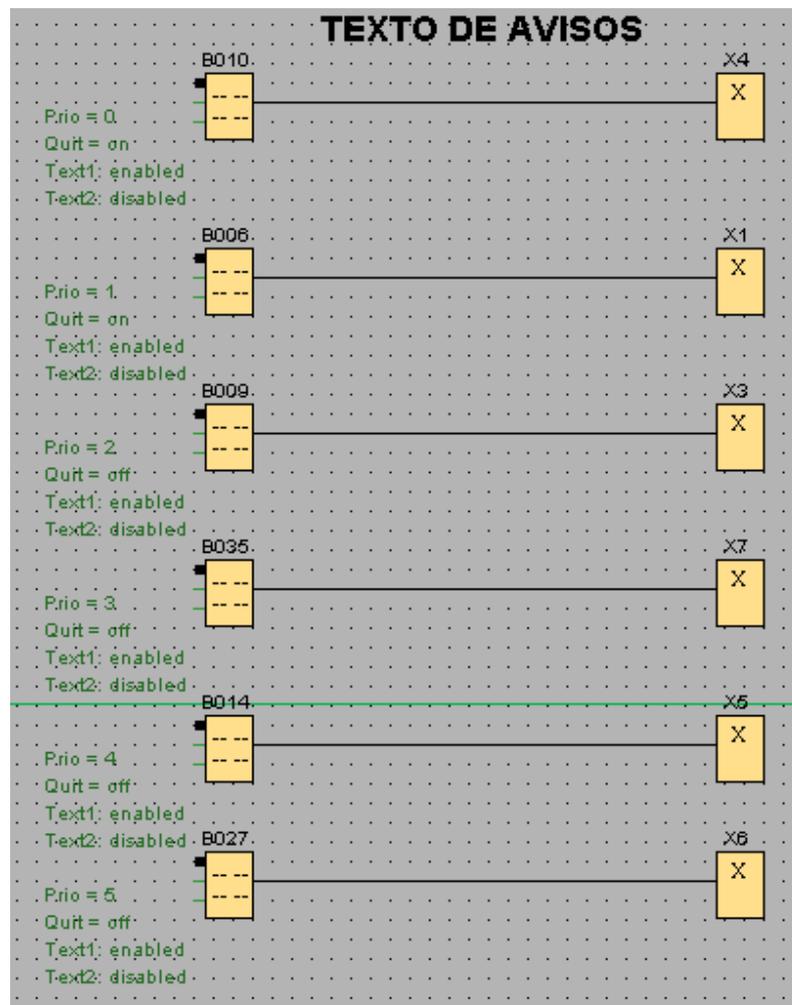
PARO DE EMERGENCIA



## CONTROL DE BANDA ALIMENTADORA

**CONTROL BANDA ALIMENTADORA****CONTROL MESA VIBRADORA**

## TEXTO DE AVISO



# ANEXO K

## PLANOS ELÉCTRICOS

# ANEXO L

## PLANOS CONSTRUCTIVOS

# ANEXO M

MANUAL DE  
OPERACIÓN:

ANEXO: M-M1	MANUAL DE OPERACIÓN:	Pág. 1-10
----------------	----------------------	--------------



# NOVACERO

## MANUAL DE OPERACIÓN:

### TRITURADORA DE ESCORIA

#### RESPONSABLES:

Luis Alberto Chango Supe.

Andrés Augusto Molina Tapia.

LASSO-ECUADOR

<p>ANEXO: M-M1</p>	<p><b>MANUAL DE OPERACIÓN:</b></p>	<p>Pág. 2-10</p>
<p><b>CONTENIDO:</b></p> <p><b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Límites de funcionamiento.</li> <li>• Medidas de la máquina.</li> <li>• Características generales.</li> </ul> <p><b>INFORMACIÓN GENERAL Y SEGURIDAD:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción.</li> <li>• Precauciones que se deben tener al operar la trituradora para evitar riesgos físicos y mecánicos.</li> </ul> <p><b>PARÁMETROS DE LA TRITURADORA Y CICLO DE TRABAJO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción.</li> </ul> <p><b>MODO Y REGULACIÓN DE OPERACIÓN DE LA TRITURADORA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mando Manual.</li> <li>• Regulación Automático.</li> </ul> <p><b>OPERACIÓN DEL PLC LOGO!230RC:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción.</li> </ul>		

ANEXO: M-M1	MANUAL DE OPERACIÓN:	Pág. 3-10
----------------	----------------------	--------------

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:**

- Límites de funcionamiento.

Capacidad	2	Ton/h
Apertura mínima	1/2	cm
Apertura máxima	7	cm
Fuerza de trituración	37.400	N

- Partes de la máquina.

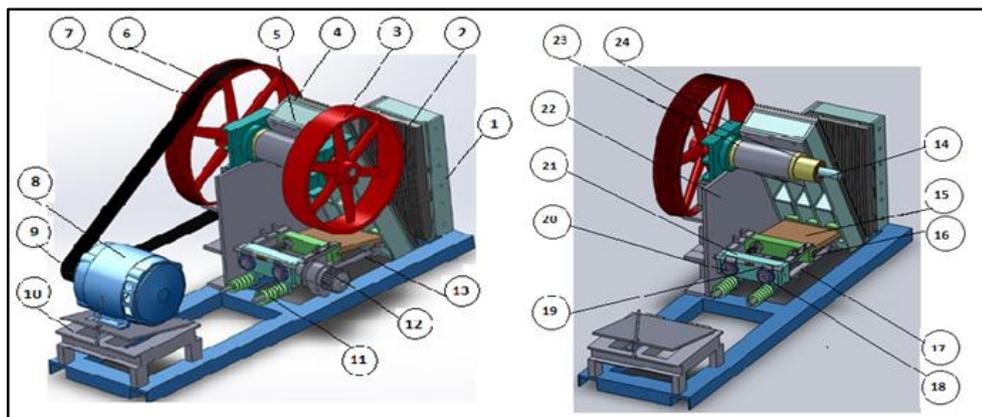


Figura 1: Partes de la máquina Trituradora

ANEXO: M-M1	<b>MANUAL DE OPERACIÓN:</b>	Pág. 4-10
----------------	-----------------------------	--------------

Tabla 1: elementos de la máquina Trituradora

<b>ELEMENTOS DE LA MÁQUINA</b>	
1.- Base para muela fija	13.-Tensores
2.-Muela fija	14.-Eje excéntrico
3.- Volante de inercia sin ranuras	15.-Balansin
4.-Muela móvil	16.-Soportes de balancín
5.- Base para muela móvil	17.-Guias
6.- Volante de inercia con ranuras	18.- Coronas
7.-Bandas	19.-Eje sin fin
8.-Motor de 25 HP	20.-Pernos y tuercas de potencia
9.-Polea de 200mm	21.-Soportes de los pernos y tuercas
10.-Base para motor	22.-Placas laterales
11.- Resortes de compresión	23.-Bocin para caja excéntrica
12.-Motorreductor de 1HP	24.-Bujes

- **Medidas de la máquina.**

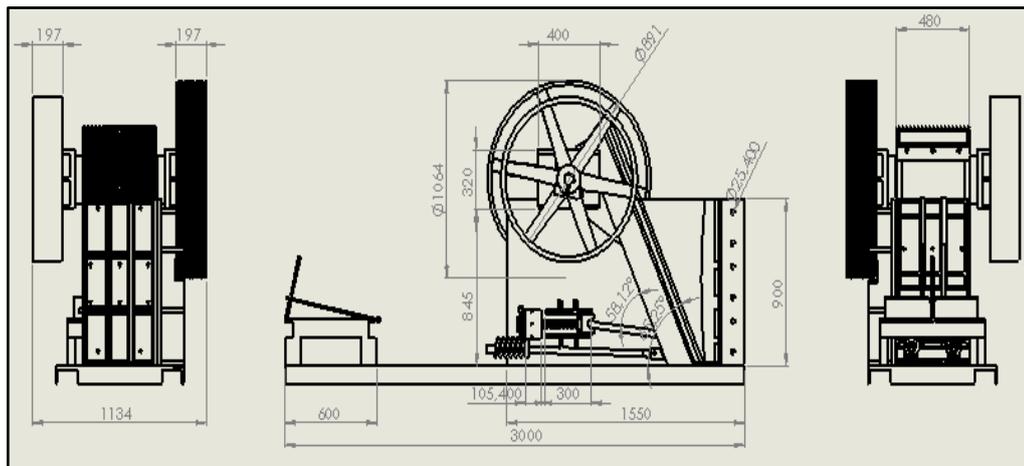


Figura 2: Medidas de la máquina Trituradora

- **Características generales.**

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Tipo de trituradora	De Mandíbula
Elemento a triturar	Escoria
Tensión	220V
Amperios	66 A
Potencia	25HP

ANEXO: M-M1	<b>MANUAL DE OPERACIÓN:</b>	Pág. 6-10
----------------	-----------------------------	--------------

**INFORMACIÓN GENERAL Y RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD:**

• **Introducción.**

En este manual de funcionamiento se han redactado las especificaciones técnicas, así como todas las instrucciones para la puesta en marcha y el funcionamiento eficaz de la Trituradora de escoria.

• **Precauciones que se deben tener al operar la trituradora para evitar riesgos físicos y mecánicos:**

1. Realizar la limpieza de su alrededor tanto de objetos como de lubricantes, que puedan estar regados en el piso; ya que estos pueden ocasionar tropiezos o resbalones.
2. Hay que utilizar equipos de protección personal (guantes, orejeras, zapatos punta de acero y gafas).
3. Poner letreros de precaución.
4. El personal encargado de operar la trituradora, debe tener la debida instrucción para la operación de la máquina.
5. El operario de la máquina debe estar muy atento que no esté ninguna persona al encender la máquina, por lo que un descuido puede causar graves accidentes por ejemplo: cualquier parte del cuerpo puede ser arrollada por los volantes de inercia existentes en la máquina.
6. Al realizar mantenimiento o cambios de elementos, tener en cuenta la seguridad colocando un elemento de seguridad como son las tarjetas de mantenimiento y totalmente desenergizada

ANEXO: M-M1	<b>MANUAL DE OPERACIÓN:</b>	Pág. 7-10
----------------	-----------------------------	--------------

**PARÁMETROS DE LA TRITURADORA Y CICLO DE TRABAJO:**

A continuación se indican todos los parámetros que se tienen que considerar antes de poner en marcha la Trituradora, en el caso de que no arranque normalmente:

- Verificar el voltaje con el que va trabajar el motor, siendo este a 220 V y con una frecuencia de 60 Hz.
- Verificar que los breakers principales estén en posición ON y que todas las fases estén conectadas.
- Verificar que la máquina este sin carga antes de su funcionamiento.
- Verificar que la mandíbula este en la posición seleccionada.
- Verificar que las bandas estén bien acopladas a las poleas.
- Verificar que el paro de emergencia no esté activado.
- Verificar que todos los interruptores del tablero eléctrico de la Trituradora estén en posición ON y tengan continuidad.
- Verificar con un multímetro la continuidad en los Contactores
- Verificar que el eje se encuentra engrasado para que no exista recalentamientos en el funcionamiento.

**CICLO DE TRABAJO DE LA TRITURADORA ES LA SIGUIENTE:**

- Regular la mandíbula a la dimensión deseada antes de iniciar la trituración.
- Ingreso de escoria hacia la mesa vibradora en forma manual.
- Escoria seleccionada ingresa por medio de bandas hacia la trituradora.
- Mandíbula en posición seleccionada (distancia calibrada).
- Inicio de trituración de la escoria seleccionada  
Salida de material triturado y se inicia un nuevo ciclo.

ANEXO: M-M1	<b>MANUAL DE OPERACIÓN:</b>	Pág. 8-10
----------------	-----------------------------	--------------

**MODO DE OPERACIÓN Y PASOS PARA LA PUESTA EN MARCHA DE LA TRITURADORA:**

Los modos de operación de la Trituradora son: Mando Manual y Regulación Automático.

**Mando Manual.**

Para que la Trituradora funcione de manera adecuada, se tienen que seguir las siguientes instrucciones en el orden indicado a continuación:

- Pulsar P3 (MARCHA MOTOR) para iniciar el funcionamiento de la máquina, arranque estrella triangulo.
- Pulsar P1 para iniciar el funcionamiento de la banda de alimentación de escoria.
- Pulsar P5 para iniciar el funcionamiento de la mesa vibradora.
- Pulsar P7 para iniciar el funcionamiento de la banda transportadora de escoria triturada.
- Pulsar P0 para realizar el paro de emergencia y parar el proceso.

**Notas:**

- a) El operador debe revisar con seguridad que no exista personal de trabajo alrededor de la máquina al iniciar el funcionamiento, evitando de esta manera lesiones riesgosas o hasta la muerte.
- b) Todos los elementos de mando, control y maniobra se encuentran etiquetados y enmarquillados para evitar cualquier error humano.

ANEXO: M-M1	<b>MANUAL DE OPERACIÓN:</b>	Pág. 9-10
<p>• <b>Regulación Automática</b></p> <p>Este mando se realiza en cortos pasos, ya que viene siendo la automatización del proceso de Regulación mediante el uso de un PLC LOGO! 230RC y su operación se explicará posteriormente.</p> <p>Los pasos a seguir para el mando automático es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ingreso del valor deseado por teclado (F1 y F2) distancia requerida.</li> <li>➤ Se regula automáticamente la apertura o cierre de la muela de acuerdo al valor ingresado por teclado y con un pulso en F3 se abre la compuerta o con un pulso en F4 se cierra la compuerta.</li> </ul>		

ANEXO: M-M1	<b>MANUAL DE OPERACIÓN:</b>	Pág. 10-10
----------------	-----------------------------	---------------

### OPERACIÓN DEL PLC LOGO! 230RC:

- **Introducción.**

El micro PLC LOGO! 230RC está programado para controlar principalmente las diferentes distancias de apertura de la mandíbula, enviando una señal desde el sensor inductivo, cambiando sus posiciones de desplazamiento, de esta manera se conseguirá el funcionamiento y trituración ideal de la escoria.

La programación se la realizó en el software LOGO!SoftComfort V7.0 el cual tiene que estar actualizado, para realizar la transferencia de datos desde el computador hasta el micro controlador utilizando su cable de datos con conexión USB, si no se encuentra actualizado el software se producirá un error y no se podrá realizar esta operación, ver figura 3.



Figura 3: interfaz entre el PLC Siemens logo 230 RC y la PC

# ANEXO N

MANUAL DE MANTENIMIENTO:

ANEXO: N-N1	MANUAL DE MANTENIMIENTO:	Pág. 1-17
----------------	--------------------------	--------------



# NOVACERO

## MANUAL DE MANTENIMIENTO:

### TRITURADORA DE ESCORIA

#### RESPONSABLES:

Luis Alberto Chango Supe.

Andrés Augusto Molina Tapia.

LASSO-ECUADOR

ANEXO: N-N1	MANUAL DE MANTENIMIENTO:	Pág. 2-17
<b>CONTENIDO:</b>		
<b>MANTENIMIENTO:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Introducción.</b><ul style="list-style-type: none"><li>➤ Tipos de mantenimiento a utilizar.</li><li>➤ Aspectos positivos del mantenimiento predictivo</li><li>➤ Cuadro de mantenimiento.</li></ul></li></ul>		
<b>LEVANTAMIENTO DEL EQUIPO:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Mecánico.</li><li>➤ Eléctrico.</li></ul>		
<b>PLAN DE MANTENIMIENTO A CADA EQUIPO:</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Análisis de averías:</b><ul style="list-style-type: none"><li>➤ Síntoma o falla.</li><li>➤ Posible causa.</li><li>➤ Corrección de la falla.</li></ul></li></ul>		

ANEXO: N-N1	MANUAL DE MANTENIMIENTO:	Pág. 3-17
<p><b>MANTENIMIENTO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Introducción.</b> El mantenimiento de cualquier equipo incluye normalmente limpieza, lubricación, ajuste, reparación, cambio de elementos utilizando el concepto de vida útil indicada por el fabricante de dicho elemento; reparaciones propias pero programadas y seguridad. También hay que recordar que el mantenimiento se encuentra estrechamente relacionado con la constante vigilancia de los equipos, la calidad del producto, la productividad y el control de la contaminación.</li> <li>• <b>Tipos de mantenimiento a utilizar.</b>  <p><b>Mantenimiento Predictivo.-</b> (Predice) Busca indicios que permita determinar la falla antes de que ocurra.</p> <p><b>Mantenimiento Preventivo.-</b> (Sustitución Cíclica o Reacondicionamiento Cíclico) Realizar actividades con la finalidad de mantener un elemento en una condición específica de operación, por medio de una inspección sistemática, detección y prevención de la falla inminente. Se lo utiliza cuando hay desgaste.</p> <p><b>Mantenimiento Correctivo.-</b> (Trabajo a la Rotura) Mantenimiento realizado sin un plan de actividades, ni actividades de reparación. Es resultado de la falla o deficiencias.</p> </li> <li>• <b>Aspectos positivos del Mantenimiento Preventivo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mayor vida útil de las máquinas.</li> <li>➤ Aumenta su eficacia y calidad en el trabajo que realizan.</li> <li>➤ Incrementa la disponibilidad.</li> <li>➤ Aumenta la seguridad operacional.</li> <li>➤ Incrementa el cuidado del medio ambiente.</li> </ul> </li> </ul>		

<p>ANEXO: N-N1</p>	<p>MANUAL DE MANTENIMIENTO:</p>	<p>Pág. 4-17</p>
<p>• <b>Cuadro de mantenimiento.</b></p> <p>Características del cuadro de mantenimiento:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Permite visualizar las actividades de mantenimiento en un periodo determinado.</li> <li>2. Permite realizar un seguimiento secuencial.</li> <li>3. La secuencia puede ser diaria, semanal, mensual, bimestral, trimestral, semestral y anual.</li> <li>4. Es una buena referencia para que el personal a cargo del mantenimiento realice la efectividad de este cuadro de mantenimiento.</li> </ol> <p>Detalles del cuadro de mantenimiento:</p> <p><b>a) Tarea.</b> Descripción del trabajo a realizar.</p> <p><b>b) Frecuencia.</b> Es el periodo con el que se da el mantenimiento:</p> <p><b>D</b> = Diario.  <b>S</b> = Semanal.  <b>M</b> = Mensual.  <b>BM</b> = Bimestral.  <b>TM</b> = Trimestral.  <b>SM</b> = Semestral.  <b>A</b> = Anual.</p>		

ANEXO: N-N1	MANUAL DE MANTENIMIENTO:	Pág. 5-17
----------------	--------------------------	--------------

**PLAN DE MANTENIMIENTO A CADA EQUIPO:**

<b>Sistema:</b> Trituración	<b>Elemento:</b> Eje excéntrico									
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>	
Observar si no existe pandeo en el eje		x						Operador	Ninguna	
Limpieza	x							Operador	Ninguna	
Lubricación			x					Operador	Ninguna	

<b>Sistema:</b> Trituración	<b>Elemento:</b> Bocín de bronce									
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>	
Verificar el estado del bocín		x						Operador	Ninguna	
Limpieza			x					Operador	Ninguna	
Lubricación			x					Operador	Ninguna	

ANEXO: N-N1		MANUAL DE MANTENIMIENTO:						Pág. 6-17	
<b>Sistema:</b> Trituración		<b>Elemento:</b> Bujes							
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>B M</b>	<b>T M</b>	<b>S M</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
Verificar si no existen desplazamientos en los bujes	x							Operador	El desplazamiento se puede ocasionar por la ruptura de los pernos de sujeción
Limpieza	x							Operador	Ninguna
Lubricación		x						Operador	Ninguna

ANEXO: N-N1		MANUAL DE MANTENIMIENTO:						Pág. 7-17	
<b>Sistema:</b> Trituración		<b>Elemento:</b> Acoples del balancín							
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
Verificar el desgaste de los acoples donde se encuentra sujetado el balancín		x						Operador	Ninguna
Limpieza	x							Operador	Ninguna
Lubricación				x				Operador	Ninguna

ANEXO: N-N1	MANUAL DE MANTENIMIENTO:	Pág. 8-17
----------------	--------------------------	--------------

Sistema:	Elemento:								A realizar por:	Observaciones
Trituración	Poleas									
Tarea propuesta	D	S	M	BM	TM	SM	A			
Verificar la alineación correcta de las poleas	x								Operador	Ninguna
Limpieza						X			Operador	Ninguna
Lubricación						X			Operador	Ninguna

Sistema:	Elemento:								A realizar por:	Observaciones
Regulación	Tornillo sin fin y corona									
Tarea propuesta	D	S	M	BM	TM	SM	A			
Verificar el acople correcto del tornillo sin fin con su corona	x								Operador	Alineación correcta con las chumaceras de pared existentes
Limpieza	x								Operador	Ninguna
Lubricación			x						Operador	Ninguna

ANEXO: N-N1	MANUAL DE MANTENIMIENTO:	Pág. 9-17
----------------	--------------------------	--------------

<b>Sistema:</b> Regulación	<b>Elemento:</b> Corona y tuerca de potencia								
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
Verificar que la corona este acoplado de manera correcta a la tuerca de potencia	x							Operador	Chavetas colocadas de manera correcta
Limpieza	x							Operador	Ninguna
Lubricación			x					Operador	Ninguna

ANEXO: N-N1		MANUAL DE MANTENIMIENTO:						Pág. 10-17	
<b>Sistema:</b> Regulación		<b>Elemento:</b> Tornillos y tuercas de potencia							
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
Verificar que los tornillos se desplacen uniformemente y al mismo tiempo	x							Operador	Se observa que la corona y la tuerca tienen movilidad y el perno solo desplazamiento
Limpieza	x							Operador	Ninguna
Lubricación			x					Operador	Ninguna

ANEXO: N-N1		MANUAL DE MANTENIMIENTO:						Pág. 11-17																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"><b>Sistema:</b> Regulación</td> <td colspan="7"><b>Elemento:</b> Motor y acople</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Tarea propuesta</b></td> <td><b>D</b></td> <td><b>S</b></td> <td><b>M</b></td> <td><b>BM</b></td> <td><b>TM</b></td> <td><b>SM</b></td> <td><b>A</b></td> <td><b>A realizar por:</b></td> <td><b>Observaciones</b></td> </tr> <tr> <td>Verificar que el motor este acoplado de manera correcta al tornillo sin fin</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Operador</td> <td>El motor es de 1hp a 220 voltios</td> </tr> <tr> <td>Limpieza</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Operador</td> <td>Ninguna</td> </tr> <tr> <td>Lubricación</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Operador</td> <td>Ninguna</td> </tr> </table>										<b>Sistema:</b> Regulación	<b>Elemento:</b> Motor y acople									<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>	Verificar que el motor este acoplado de manera correcta al tornillo sin fin	x							Operador	El motor es de 1hp a 220 voltios	Limpieza	x							Operador	Ninguna	Lubricación			x					Operador	Ninguna
<b>Sistema:</b> Regulación	<b>Elemento:</b> Motor y acople																																																										
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>																																																		
Verificar que el motor este acoplado de manera correcta al tornillo sin fin	x							Operador	El motor es de 1hp a 220 voltios																																																		
Limpieza	x							Operador	Ninguna																																																		
Lubricación			x					Operador	Ninguna																																																		

ANEXO: N-N1	MANUAL DE MANTENIMIENTO:	Pág. 12-17
----------------	--------------------------	---------------

Sistema:	Elemento:							A realizar por:	Observaciones
Eléctrico	Sensor								
Tarea propuesta	D	S	M	BM	TM	SM	A		
Verificar que el sensor este enviando los pulsos al girar el motor	x							Operador	Observamos que exista una titilación en el sensor ,es la señal que emite al PLC
Limpieza	x							Operador	Ninguna
Lubricación			x					Operador	Ninguna

ANEXO: N-N1	MANUAL DE MANTENIMIENTO:	Pág. 13-17
----------------	--------------------------	---------------

<b>Sistema:</b> Eléctrico	<b>Elemento:</b> Motor eléctrico							<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>		
Inspeccionar ruido y vibración					x			Operador	Reajustar los tornillos
Bobinas del estator y rotor		x						Eléctrico	Ninguna
Cajas de conexión y conexión a tierra							x	Eléctrico	Limpiar y ajustar las borneras de conexión
Limpieza			x					Operador	Ninguna
Ventilador					X			Eléctrico	Verificar y sustituir aletas en mal estado

ANEXO: N-N1		MANUAL DE MANTENIMIENTO:						Pág. 14-17	
<b>Sistema:</b> Eléctrico		<b>Elemento:</b> Finales de carrera							
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
Verificar el estado de los cables		x						Eléctrico	Ninguna
Verificar el estado de los contactos		x						Eléctrico	Ninguna
Cajas de conexión y conexión a tierra		x						Eléctrico	Limpiar y ajustar las borneras de conexión
Limpieza		x						Operador	Ninguna

ANEXO: N-N1	MANUAL DE MANTENIMIENTO:	Pág. 15-17
----------------	--------------------------	---------------

<b>Sistema:</b> Eléctrico	<b>Elemento:</b> Breakers								
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
Verificar el estado de los contactos		x						Operador	Ninguna
Limpieza de los contactos					x			Operador	Ninguna

<b>Sistema:</b> Eléctrico	<b>Elemento:</b> Contactores								
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
Verificar el estado de los contactos		x						Operador	Ninguna
Limpieza de los contactos					X			Operador	Ninguna

ANEXO: N-N1		MANUAL DE MANTENIMIENTO:						Pág. 16-17	
<b>Sistema:</b> Eléctrico		<b>Elemento:</b> Relés auxiliares							
<b>Tarea propuesta</b>	<b>D</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>BM</b>	<b>TM</b>	<b>SM</b>	<b>A</b>	<b>A realizar por:</b>	<b>Observaciones</b>
Verificar el estado de los cables			x					Operador	Ninguna
Verificar el estado de los contactos			x					Operador	Ninguna
Limpieza			x					Operador	Ninguna

ANEXO: N-N1	MANUAL DE MANTENIMIENTO:	Pág. 17-17
----------------	--------------------------	---------------

**ANÁLISIS DE AVERÍAS:**

Síntoma o falla	Posibles causas	Corrección de la falla
<b>LA TRITURADORA NO FUNCIONA</b>	Breaker de alimentación principal desconectado o dañado	Conectar o reemplazarlo
	Breaker de alimentación del motor desconectado o dañado	Conectar o reemplazarlo
	Contactos del arranque del motor no se enclavan	Verificar el voltaje en las bobinas o reemplazarlos
	No existen lubricaciones en la caja excéntrica	Verificar si existe lubricación
	Pulsadores o selectores dañados	Reemplazar por elementos nuevos
	Relés auxiliares en mal funcionamiento no se accionan	Verificar sus contactos Verificara si se accionan manualmente ,si es necesario reemplazarlos
	Terminales del micro controlador flojos	Reajustar las terminales
	Programas de control borrados	Cargar nuevamente el programa

LATACUNGA, Febrero del 2013

**ELABORADO POR:**

---

SR. LUIS ALBERTO CHANGO SUPE.

**C.I. 180338449-2**

---

SR. ANDRÉS AUGUSTO MOLINA TAPIA.

**C.I. 050326597-7**

**APROBADO POR:**

---

ING. WILSON SÁNCHEZ.

**DIRECTOR CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICADO POR:**

---

DR. RODRIGO VACA CORRALES

**SECRETARIO ACADÉMICO**

**UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTROS**