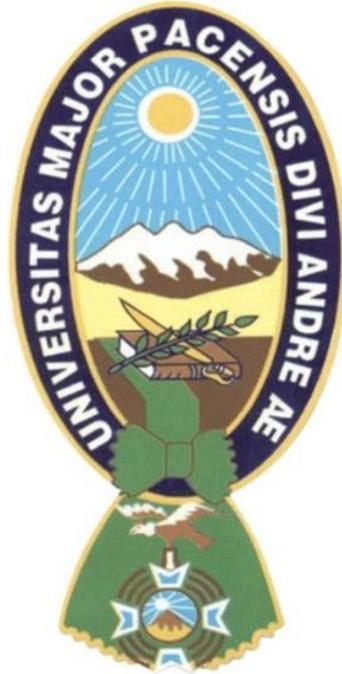


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTROMECAÁNICA**



**PROYECTO DE GRADO**

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA  
DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.**

**POSTULANTE:** Alejandro Angulo Valencia

**ASESOR:** Msc. Ing. Gustavo Barriga Delgadillo

La Paz – Bolivia

2021



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELECTROMECAÁNICA**

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA  
DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.**

Proyecto de Grado Presentada en Cumplimiento de los  
Requisitos para la Obtención del Grado Académico de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Por

Alejandro Angulo Valencia

Revisado y Presentado Ante el Tribunal de Grado Académico:

APROBADO:

-----  
Msc. Ing. Gustavo Barriga Delgadillo

## DEDICATORIA

*A mi esposa y a mis hijos, ellos son mi mayor motivación y regalo que tengo en este trayecto de la vida.*

*A mis padres, quienes me guiaron desde niño, brindándome su cariño, apoyaron siempre mis decisiones.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi especial agradecimiento a Dios en Jesucristo por darme la vida y la oportunidad de ser un instrumento de bien en este caminar de la vida.*

*Agradecer a mi esposa Ruth y mis hijos Adelbert y Alembert por creer en mí, por estar a mi lado y ser un apoyo moral, a mis padres Modesto y Dora, y a mis hermanos Tomasa y Wilmer, por brindarme apoyo.*

*Agradecer a la prestigiosa Carrera de Ingeniería Mecánica y Electromecánica, de la Universidad Mayor de San Andrés, por la formación impartida en sus aulas, laboratorios e institutos, así como también al grupo de docentes profesionales que me inculcaron sus conocimientos con mi persona como estudiante.*

*De forma muy particular mis agradecimientos, al Msc. Ing. Gustavo Oscar Barriga Delgadillo, por asesorarme en el desarrollo del presente proyecto.*

## RESUMEN

El presente proyecto de ingeniería, consiste en el diseño de una máquina compactadora de algodón, su función principal es compactar algodón en una cámara vertical cilíndrica de manera segura, rápida y eficiente.

En el capítulo primero se presenta los conceptos generales, exponiendo la necesidad en la parte introductoria para el desarrollo del presente trabajo, planteando la problemática existente en la industria, de esta manera se tiene el objetivo principal como la respuesta a la solución. También se menciona en el fundamento teórico la principal actividad que desarrolla la industria, fabricación y comercialización de insumos médicos y finalmente se menciona a dos máquinas como propuesta en la alternativa para luego elegir la mejor alternativa de solución al problema.

En el capítulo segundo se desarrolla la ingeniería de proyecto identificando los parámetros de diseño, sistemas (neumático, mecánico y eléctrico) y subsistemas para el análisis de funcionamiento, diseño de elementos fabricados detallado por sistemas y especificación de equipos y/o componentes no fabricados, los mismos son mostrados en un resumen de memoria de cálculo y balance de materiales para tener peso correspondiente de la máquina, finalmente se tiene la lista de planos de piezas fabricados, los mismo fueron elaborados con el programa computacional SolidWorks 2015 según la norma DIN.

En el capítulo tercero se desarrolla el proceso de fabricación de las piezas correspondientes que son plasmados en las hojas de proceso, además mostrando las instrucciones y una secuencia de montaje de la máquina.

En el capítulo cuarto se analiza los costos de materiales, costos de fabricación (generados desde las hojas de proceso de fabricación) y costos de equipos y componentes que son comprados, todos detallados de acuerdo al sistema correspondiente, que nos permite determinar el precio de la máquina diseñada.

En el capítulo último se realiza una evaluación técnica y económica comparando la compactadora diseñada con otras similares existentes en el mercado nacional, finalmente se expone las conclusiones y recomendaciones, basadas en las evaluaciones comparativas y los objetivos planteados.

En los anexos se contemplan los detalles de las tablas y gráfico, cotizaciones de algunos proveedores, planos de las piezas fabricados, hojas de proceso y análisis de resultados obtenidos del software SolidWorks.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1 GENERALIDADES</b> .....	1
1.1 Introducción. ....	1
1.2 Planteamiento del Problema. ....	1
1.3 Objetivos. ....	1
1.3.1 Objetivo General. ....	1
1.3.2 Objetivos Específicos. ....	1
1.4 Justificación. ....	2
1.5 Fundamento Teórico. ....	3
1.5.1 INDUSTRIAS ALBUS S.A. Fábrica de Insumos Médicos. ....	3
1.5.2 Cultivo de Algodón .....	4
1.5.3 Producción del Algodón en Bolivia. ....	5
1.5.4 Proceso Compactado de algodón. ....	9
1.6 Límites y Alcances. ....	10
1.7 Alternativas de Solución. ....	10
1.7.1 Máquinas Compactadoras. ....	11
1.7.2 Descripción de los Sistemas de Accionamiento. ....	14
1.8 Elección de la Mejor Alternativa de Solución. ....	14
<b>2 INGENIERÍA DEL PROYECTO</b> .....	16
2.1 Parámetros de Diseño. ....	16
2.1.1 Capacidad de Compactado por Hora. ....	17
2.1.2 Propiedades Mecánicas del Material. ....	17
2.1.3 Energía Requerida. ....	17
2.2 Sistemas y Subsistemas. ....	18
2.2.1 Sistema Neumático. ....	18
2.2.2 Sistema Mecánico. ....	20
2.2.3 Sistema Eléctrico. ....	21
2.3 Análisis Previos al Diseño. ....	22
2.3.1 Análisis Dinámico. ....	22
2.4 Diseño de Elementos. ....	25
2.4.1 Diseño del Sistema Neumático. ....	25
2.4.2 Diseño del Sistema Mecánico. ....	30
2.4.3 Sistema Eléctrico. ....	66

2.5	Especificación de Equipos y Componentes.....	67
2.5.1	Sistema Neumático.....	67
2.5.2	Sistema Mecánico.....	68
2.5.3	Sistema Eléctrico.....	70
2.6	Resumen de Memoria de Cálculo.....	71
2.7	Balance de Materiales.....	76
2.8	Planos.....	81
<b>3</b>	<b>MANUFACTURA</b> .....	<b>82</b>
3.1	Procesos de Fabricación.....	82
3.1.1	Tiempo de Manufactura.....	82
3.1.2	Taladrado.....	83
3.1.3	Torneado.....	84
3.1.4	Fresado.....	85
3.1.5	Soldadura por Arco Eléctrico.....	86
3.1.6	Hojas de Proceso.....	87
3.2	Procesos de Montaje.....	87
3.2.1	Montaje de Elementos, Subsistemas y Sistemas.....	87
3.3	Manual de Operación y Mantenimiento.....	92
3.3.1	Instrucciones de Operación.....	92
3.3.2	Instrucciones de Mantenimiento.....	92
3.3.3	Precauciones.....	93
<b>4</b>	<b>COSTOS</b> .....	<b>94</b>
4.1	Costo de Materiales.....	94
4.2	Costo de Fabricación.....	95
4.2.1	Costo de Mano de Obra en Manufactura.....	95
4.2.2	Costo de Máquinas y Herramientas.....	95
4.2.3	Costo de Insumos.....	96
4.2.4	Resumen de Costos de Fabricación.....	97
4.3	Costo de Diseño.....	97
4.4	Costo de Equipos y Componentes.....	97
4.4.1	Costo de Equipos Neumáticos.....	98
4.4.2	Costo de Elementos de Transmisión de Potencia.....	98
4.4.3	Costo de Elementos Estructurales.....	99
4.4.4	Costo de Componentes Eléctricos.....	99
4.5	Otros Costos.....	99

4.6	Costo Total.....	100
4.7	Precio.....	100
5	<b>EVALUACIÓN</b> .....	102
5.1	Evaluación Técnica.....	102
5.2	Evaluación Económica.....	103
5.3	Conclusiones.....	103
5.4	Recomendaciones.....	104
6	<b>ANEXOS</b> .....	105
7	<b>REFERENCIAS</b> .....	142
8	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	143

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1.</b> Características de la prensa compactadora de textil .....	12
<b>Tabla 1-2.</b> Características técnicas de plancha compactadora de suelo .....	13
<b>Tabla 1-3.</b> Comparación de sistema neumático y oleohidráulicos.....	14
<b>Tabla 2-1.</b> Dimensiones de la cámara vertical cilíndrica .....	16
<b>Tabla 2-2.</b> Materiales de la máquina .....	17
<b>Tabla 2-3.</b> Sistemas y subsistemas .....	18
<b>Tabla 2-4.</b> Características motor neumático .....	28
<b>Tabla 2-5.</b> Características de funcionamiento del motor .....	30
<b>Tabla 2-6.</b> Propiedades de masa excéntrica .....	33
<b>Tabla 2-7.</b> Masa excéntrica por iteración .....	33
<b>Tabla 2-8.</b> Dimensiones de “ <i>me</i> ” .....	35
<b>Tabla 2-9.</b> Parámetros para dimensionamiento de banda.....	36
<b>Tabla 2-10.</b> Secciones de bandas en “ <i>V</i> ” estándar .....	36
<b>Tabla 2-11.</b> Dimensiones de banda .....	37
<b>Tabla 2-12.</b> Ancho estándar <i>F</i> de poleas en <i>V mm</i> .....	38
<b>Tabla 2-13.</b> Dimensiones de conversión de longitud.....	39
<b>Tabla 2-14.</b> Dimensiones de conversión de longitud.....	39
<b>Tabla 2-15.</b> Fuerzas cortantes y momentos flectores.....	46
<b>Tabla 2-16.</b> Acero SAE 1020 .....	47
<b>Tabla 2-17.</b> Características de los resortes.....	50
<b>Tabla 2-18.</b> Diámetros “ <i>d</i> ” normalizados de alambre DIN 2097 .....	50
<b>Tabla 2-19.</b> Constantes <i>A</i> y <i>m</i> de $S_{ut} = A d^m$ par estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes.....	52
<b>Tabla 2-20.</b> Parámetros para determinar resistencia última .....	52
<b>Tabla 2-21.</b> Iteración de diferentes valores de diámetro del resorte .....	56
<b>Tabla 2-22.</b> Dimensiones del resorte .....	57
<b>Tabla 2-23.</b> Factores de carga rodamientos NSK .....	59
<b>Tabla 2-24.</b> Rodamiento NSK 6805 .....	60
<b>Tabla 2-25.</b> Componentes especificados del sistema Neumático .....	68
<b>Tabla 2-26.</b> Componentes especificados del accionamiento mecánico .....	69
<b>Tabla 2-27.</b> Componentes especificados del subsistema estructural .....	70
<b>Tabla 2-28.</b> Componentes especificados del subsistema de control .....	71

<b>Tabla 2-29.</b> Lista de planos.....	81
<b>Tabla 4-1.</b> Costo de materiales .....	94
<b>Tabla 4-2.</b> Costo de Mano de Obra.....	95
<b>Tabla 4-3.</b> Costo por el uso de máquinas y herramientas .....	96
<b>Tabla 4-4.</b> Costo de insumos .....	96
<b>Tabla 4-5.</b> Costo Total de Elementos Fabricados .....	97
<b>Tabla 4-6.</b> Costo de Diseño .....	97
<b>Tabla 4-7.</b> Costo de elementos especificados del actuador .....	98
<b>Tabla 4-8.</b> Costo de elementos de transmisión de potencia.....	98
<b>Tabla 4-9.</b> Costo de elementos especificados del sistema estructural .....	99
<b>Tabla 4-10.</b> Costo componentes del sistema de control.....	99
<b>Tabla 4-11.</b> Resumen de costos .....	100
<b>Tabla 4-12.</b> Resumen de costos .....	100
<b>Tabla 5-1.</b> Matriz de Evaluación Técnica .....	102
<b>Tabla 5-2.</b> Matriz de Evaluación Económica .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b> Cámara vertical cilíndrica .....	2
<b>Figura 1-2.</b> Obrero compactando pisando con los pies.....	3
<b>Figura 1-3.</b> Insumos médicos .....	4
<b>Figura 1-4.</b> Cultivo de algodón .....	5
<b>Figura 1-5.</b> Producción de fibra de algodón en toneladas.....	6
<b>Figura 1-6.</b> Superficie cultivada de algodón.....	7
<b>Figura 1-7.</b> Compactado de algodón .....	9
<b>Figura 1-8.</b> Cámara de cocción y lavado .....	10
<b>Figura 1-9.</b> Prensa compactadora de textil de algodón.....	11
<b>Figura 1-10.</b> Plancha compactadora de suelo .....	13
<b>Figura 2-1.</b> Cámara vertical cilíndrica .....	16
<b>Figura 2-2.</b> Sistema de neumático.....	19
<b>Figura 2-3.</b> Motor neumático .....	19
<b>Figura 2-4.</b> Estructura de la máquina .....	20
<b>Figura 2-5.</b> Transmisión de potencia .....	21
<b>Figura 2-6.</b> Circuito de control .....	22
<b>Figura 2-7.</b> Curva de rendimiento motor neumático.....	29
<b>Figura 2-8.</b> Relación de frecuencias .....	31
<b>Figura 2-9.</b> Geometría de la masa excéntrica.....	34
<b>Figura 2-10.</b> Diagrama de cuerpo libre polea inducida .....	40
<b>Figura 2-11.</b> Diagrama de cuerpo libre del eje.....	42
<b>Figura 2-12.</b> Diagrama de cuerpo libre del eje.....	43
<b>Figura 2-13.</b> Diagrama de esfuerzo cortante en “y” .....	44
<b>Figura 2-14.</b> Diagrama de momento flector en “xy”.....	45
<b>Figura 2-15.</b> Diagrama de esfuerzo cortante en “z” .....	45
<b>Figura 2-16.</b> Diagrama de momento flector en “xz” .....	46
<b>Figura 2-17.</b> Resorte helicoidal.....	49
<b>Figura 2-18.</b> Extremos de resortes .....	54
<b>Figura 2-19.</b> Dimensiones del resorte.....	57
<b>Figura 2-20.</b> Geometría de la zapata.....	61
<b>Figura 2-21.</b> Caja protectora.....	63
<b>Figura 2-22.</b> Tapa de la caja protectora.....	65

<b>Figura 2-23.</b> Base maciza.....	66
<b>Figura 2-24.</b> Circuito de control y fuerza.....	67
<b>Figura 5-1.</b> Plancha vibratoria WP155OAW .....	102

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

$C_{mq}$	Capacidad de compactado por hora [ $kg/h$ ]
$P_{air}$	Presión de aire comprimido de la red [ $bar$ ]
$N_{ps}$	Número de pisadas
$f_e$	Frecuencia de excitación [ $Hz$ ]
$D_{EC}$	Diámetro externo de la cámara [ $mm$ ]
$D_{IC}$	Diámetro interno de la cámara [ $mm$ ]
$d_{ci}$	Diámetro del cilindro interno [ $mm$ ]
$H_C$	Altura de la cámara [ $mm$ ]
$\omega_e$	Frecuencia angular de excitación [ $rad/s$ ]
$n_D$	Número de revoluciones de eje excéntrico [ $RPM$ ]
$v_t$	Velocidad tangencial de polea inducida [ $m/s$ ]
$R_p$	Radio de la polea inducida [ $mm$ ]
$a_{arr}$	Aceleración de arranque [ $m/s^2$ ]
$t_{cr}$	Tiempo crítico [ $s$ ]
$v_o$	Velocidad inicial [ $m/s$ ]
$\alpha$	Aceleración angular [ $rad/s^2$ ]
$P_{arr}$	Potencia de arranque [ $W$ ]
$P_{m_e}$	Potencia debido a masa excéntrica [ $W$ ]
$P_\alpha$	Potencia debido a aceleración angular [ $W$ ]
$P_a$	Potencia debido a aceleración lineal [ $W$ ]
$W_{m_e}$	Peso de la masa excéntrica [ $N$ ]
$e_{m_e}$	Excentricidad por masa excéntrica [ $mm$ ]
$M_t$	Momento torsor [ $Nm$ ]
$\omega_d$	Velocidad angular de polea motriz [ $rad/s$ ]

$n_d$	Número de revoluciones de polea motriz [RPM]
$I$	Momento de inercia [ $kg\ m^2$ ]
$m_p$	Masa de la polea motriz [ $kg$ ]
$r_p$	Radio de la polea motriz [ $mm$ ]
$F_t$	Fuerza tangencial en polea motriz [ $N$ ]
$P_{diseño}$	Potencia de diseño [ $hp$ ]
$N$	Potencia neumática [ $kW$ ]
$Q$	Consumo de aire [ $L/min$ ]
$m_e$	Masa excéntrica [ $kg$ ]
$M$	Masa de la máquina [ $kg$ ]
$\omega_n$	Frecuencia natural de la máquina [ $rad/s$ ]
$\xi$	Relación de amortiguamiento
$y$	Amplitud de vibración
$r$	Relación de frecuencias de excitación y natural
$\Delta_{est}$	Deflexión estática [ $mm$ ]
$V_{m_e}$	Volumen de masa excéntrica [ $m^3$ ]
$V_{hue}$	Volumen del cilindro hueco [ $m^3$ ]
$D_{m_e}$	Diámetro de masa excéntrica [ $mm$ ]
$L_{m_e}$	Largo de masa excéntrica [ $mm$ ]
$i$	Relación de transmisión
$D_p$	Diámetro de polea inducida [ $mm$ ]
$d_p$	Diámetro de polea motriz [ $mm$ ]
$L_p$	Longitud de paso de correa [ $mm$ ]
$C$	Distancia entre centros de polea [ $mm$ ]
$L_i$	Longitud interior de banda [ $mm$ ]

$F_1$	Fuerza tangencial en salida sobre polea inducida [N]
$F_e$	Fuerza excéntrica o centrífuga [N]
$S_y$	Resistencia al límite de fluencia [MPa]
$S_u$	Resistencia ultima [MPa]
$S_e$	Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica [MPa]
$S'_e$	Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria [MPa]
$q$	Índice de sensibilidad a la entrada
$k_t$	Factor de concentración de esfuerzos
$\tau$	Esfuerzo cortante [MPa]
$P$	Fuerza sobre resorte [N]
$D$	Diámetro medio del resorte [mm]
$d$	Diámetro del alambre [mm]
$C_i$	Índice del resorte ( $D/d$ )
$p$	Paso de las espiras del resorte
$k_s$	Factor de multiplicación
$P_{max}$	Carga axial máxima [N]
$\tau_{max}$	Esfuerzo cortante máximo [MPa]
$S_{ut}$	Resistencia ultima a la tensión [MPa]
$y_r$	Deflexión del resorte [mm]
$k$	Constante del resorte
$G$	Módulo de resistencia del resorte [MPa]
$N_t$	Número total de espiras
$L$	Longitud del resorte [mm]
$F_{rad}$	Carga radial real de rodamiento [kN]
$X$	Factor de carga radial de rodamiento
$C_b$	Índice básico de carga

$p_z$	Ancho de la corona circular zapata [mm]
$c$	Ancho del cilindro hueco [mm]
$l$	Tolerancia para movimiento libre [mm]
$V_z$	Volumen de zapata [mm <sup>3</sup> ]
$D_o$	Diámetro exterior de zapata [mm]
$d_o$	Diámetro interior de zapata [mm]
$e$	Espesor [mm]
$D_z$	Diámetro externo de zapata [mm]
$d_z$	Diámetro interno de zapata [mm]
$m_z$	Masa de zapata [kg]
$m$	Altura de caja protector de humedad [mm]
$n$	Ancho de caja protector de humedad [mm]
$o$	Largo de caja protector de humedad [mm]
$V_{cp}$	Volumen de caja protector de humedad [mm <sup>3</sup> ]
$A_{cp}$	Área de caja protector de humedad [mm <sup>2</sup> ]
$m_{cp}$	Masa de caja protector de humedad [kg]
$m_{cpt}$	Masa total de cajas protector de humedad [kg]
$p_1$	Distancia de paso entre centros de orificio [mm]
$d_{orif}$	Diámetro de orificios [mm]
$m_b$	Masa de base maciza [kg]
$V_b$	Volumen de base maciza [mm <sup>3</sup> ]
$w$	Ancho de base maciza [mm]
$v$	Largo de base maciza [mm]
$v_c$	Velocidad de corte [m/min]
$t_b$	Trayecto de trabajo broca [mm]
$s$	Avance de broca [m/rev]

$h_a$	Profundidad de agujero [ $mm$ ]
$d_b$	Diámetro de broca [ $mm$ ]
$L_a$	Recorrido anterior [ $mm$ ]
$L_u$	Recorrido ulterior [ $mm$ ]
$V_{vir}$	Cantidad máxima de viruta
$a_f$	Profundidad de corte de fresado [ $mm$ ]
$b_f$	Anchura de fresado [ $mm$ ]
$d_{elec}$	Diámetro del electrodo [ $mm$ ]
$N_{elec}$	Número de electrodos por hora [ $s$ ]

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES

### 1.1 Introducción.

Tecnológicamente las industrias manufactureras tienden continuamente a optimizar los sistemas que intervienen en sus procesos productivos para ser competitivos y realizar la entrega de sus productos con calidad.

INDUSTRIAS ALBUS S.A. Es una industria de manufactura boliviana dedicada a la fabricación de insumos médicos, cosméticos, algodón hidrófilo, gasa absorbente, vendas de gasa, productos sanitarios en general, elaborados en base a fibras naturales 100[%] algodón.

La compactación de algodón en la industria, es uno de los procesos donde el algodón crudo es introducido manualmente a una cámara vertical cilíndrica y luego es compactado por dos obreros usando la fuerza física, es decir pisando con los pies progresivamente hasta llenar el cilindro, y resulta que todo el proceso se realiza en un tiempo aproximado de cuatro horas.

Por tanto, surge la necesidad de reducir el tiempo de cuatro horas en el proceso de compactado de algodón, es decir en menor tiempo posible (30 *min*) y que además el proceso sea industrializado.

### 1.2 Planteamiento del Problema.

Normalmente en una industria la tasa de producción es uno de los parámetros importantes, así como en INDUSTRIAS ALBUS S.A. se requiere que el proceso de compactación de algodón se realice en el menor tiempo posible, aproximadamente en 30 min y surge la pregunta:

¿Es posible optimizar el tiempo del proceso de compactado de algodón?

### 1.3 Objetivos.

#### 1.3.1 Objetivo General.

Diseñar una máquina compactadora de algodón para INDUSTRIAS ALBUS S.A.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos.

- Realizar el proceso de compactado de algodón.

- Seleccionar el tipo de accionamiento.
- Especificar los equipos y componentes.
- Diseñar el sistema eléctrico de control para la operación de la máquina.
- Utilizar programa SOLIDWORKS para el diseño.
- Utilizar el software FluidSIM-P neumática para diseño del circuito de fuerza neumática.
- Determinar los costos del proyecto.

#### 1.4 Justificación.

Actualmente en INDUSTRIAS ALBUS S.A. todo el proceso de compactación se realiza manualmente desde la introducción del algodón crudo a la cámara vertical cilíndrica (Figura 1-1) hasta la última etapa de compactación.

**Figura 1-1.** Cámara vertical cilíndrica



**Fuente:** Elaboración propia

Todas las tareas son realizadas por dos obreros, el esfuerzo físico que realizan ellos no son favorables para su salud, porque trabajan pisando en cada etapa sumergidos en agua, puede provocar alguna enfermedad como, “el reumatismo que es causado por la exposición al frío y a la humedad”<sup>1</sup> (Figura 1-2).

---

<sup>1</sup> [www.enbuenasmanos.com/causas-del-reumatismo](http://www.enbuenasmanos.com/causas-del-reumatismo)

**Figura 1-2.** Obrero compactando pisando con los pies



**Fuente:** Elaboración propia

La máquina que se diseña en el presente proyecto propone dar solución a problemas de la salud de los obreros y que el proceso sea rápido.

En la industria, en el turno de trabajo de 12[horas] la tasa de algodón compactado es 180[kg de algodón/día] (en cuatro horas) realizados manualmente con los obreros, en cambio con la máquina compactadora la tarea anterior estaría terminado en menor tiempo es decir en 30[*min*]<sup>2</sup> aproximadamente, además se requiere solo un personal como operador de la máquina y del proceso, lo cual implica un ahorro económico y un notorio incremento en la producción.

## **1.5 Fundamento Teórico.**

### **1.5.1 INDUSTRIAS ALBUS S.A. Fábrica de Insumos Médicos.**

Es una Industria dedicada a la fabricación de Insumos Médicos de Alta Calidad y precios competitivos. Productos elaborados en base a fibras naturales 100% algodón (Figura 1-3).

---

<sup>2</sup> Parámetro requerido por INDUSTRIAS ALBUS S.A.

Figura 1-3. Insumos médicos



Fuente: <https://2322-bo.all.biz/>

INDUSTRIAS ALBUS S.A. Comercializa sus productos en toda Bolivia, siendo los mercados más importantes La Paz, Cochabamba y Santa Cruz los mismos que captan el 70% del total de ventas. Los segmentos de mercado en los que se comercializan estos productos son: Farmacias, Clínicas, Hospitales, Instituciones de Seguro Social Médico, Centros Médicos, Consultorios Médicos y Odontológicos, Supermercados, Laboratorios de Cosmetología y otros<sup>3</sup>.

### 1.5.2 Cultivo de Algodón

El cultivo del algodón es típico de las zonas cálidas. El fruto es una cápsula en forma ovoide con un peso de 4 – 10 [g], es de color verde durante su desarrollo y oscuro en el proceso de maduración. La germinación de la semilla se produce cuando se alcanza una temperatura no inferior a 14[°C], siendo el óptimo de germinación de 20[°C]. Para la floración se necesita una temperatura media de los 20 – 30 [°C], para la maduración de la cápsula se necesita una temperatura de

<sup>3</sup> <https://2322-bo.all.biz/>

entre 20 – 30 [°C]. La maduración inicia a los 100 días de la siembra y se caracteriza por la apertura de cápsulas, es decir, la aparición del algodón fuera de las bellotas, en forma de copos retenidos dentro de los carpelos. Esta etapa termina con la recolección. Después de la maduración del fruto se produce la dehiscencia, abriéndose la cápsula (Figura 1-4). La floración del algodónero es escalonada, por lo que la recolección es también escalonada.

**Figura 1-4.** Cultivo de algodón



**Fuente:** [www.revistacampo.com.bo/v1/produccion-del-algodon](http://www.revistacampo.com.bo/v1/produccion-del-algodon)

El algodón se cultiva en una amplia gama de suelos, pero los mejores resultados se obtienen en suelos aluviales, fértiles, arcillosos, bien drenados, profundos y pesados. Los subsuelos ácidos o densos limitan la penetración de raíces. El rango de pH aceptable es de 5,5 – 8 y el nivel óptimo es de 7 – 8. La planta de algodón tolera los suelos salinos. La propagación de la planta se realiza por semilla y su densidad de plantación varía entre 100.000 y 160.000 plantas por hectárea con técnicas de alta densidad, y entre 14.000 y 37.000 plantas por hectárea con técnicas de baja densidad<sup>4</sup>.

### **1.5.3 Producción del Algodón en Bolivia**

El algodón en Bolivia se produce a nivel comercial desde 1950, principalmente por la fibra, la cual es empleada como materia prima por la industria textil.

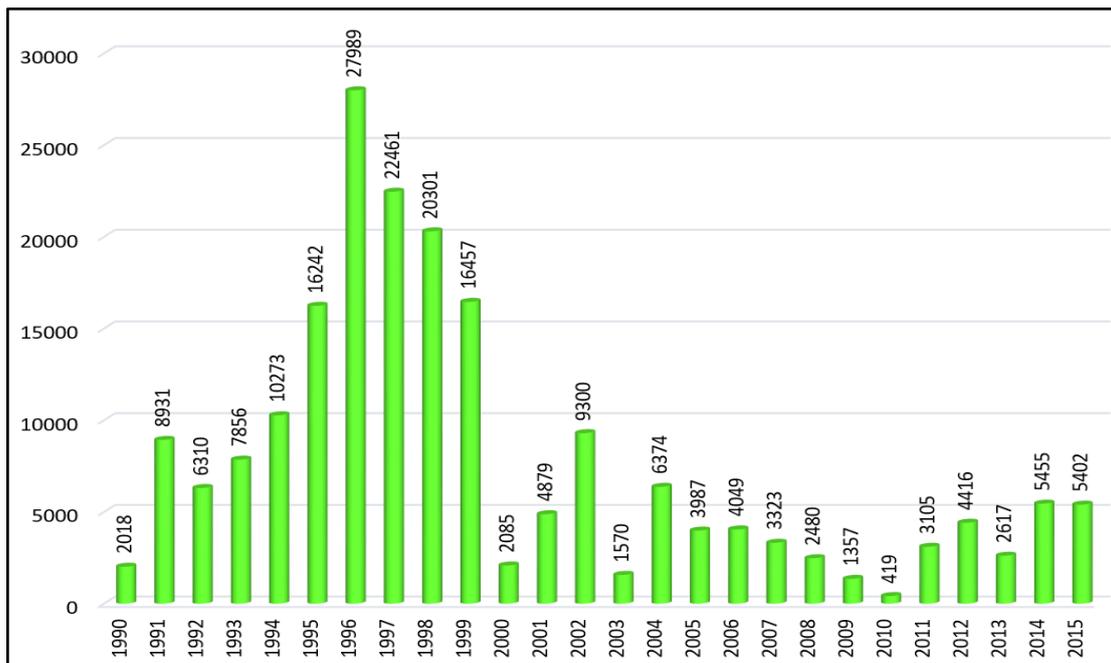
---

<sup>4</sup> [www.revistacampo.com.bo/v1/produccion-del-algodon](http://www.revistacampo.com.bo/v1/produccion-del-algodon)

El cultivo se desarrolla solamente en el departamento de Santa Cruz, específicamente en los municipios de Pailón, San Julián y en Cotoca.

Las producciones de fibra de algodón al momento de cosechar han bajado significativamente en los últimos años (Figura 1-5).

**Figura 1-5.** Producción de fibra de algodón en toneladas



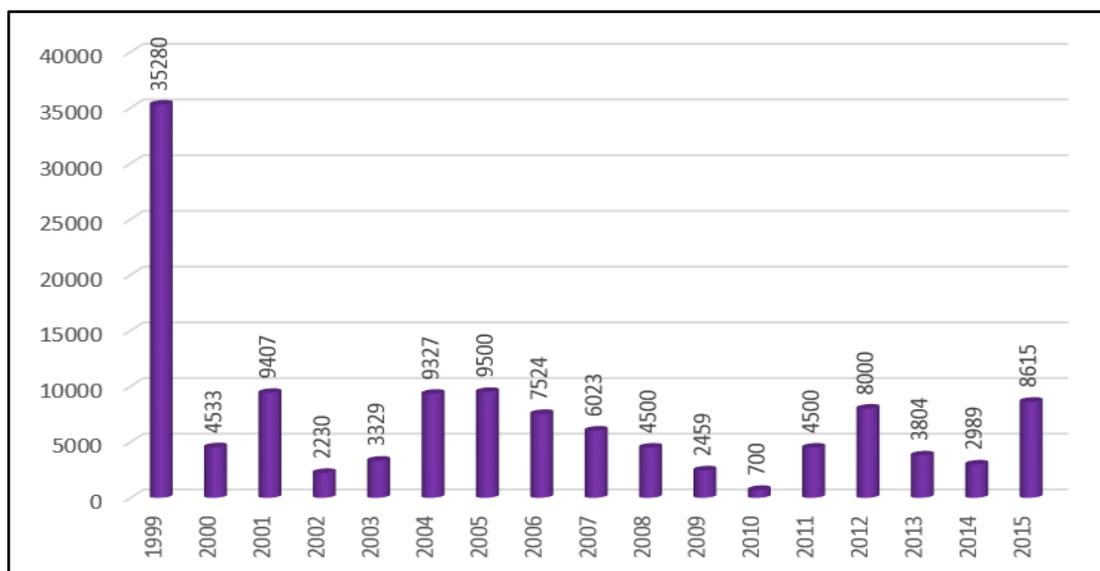
**Fuente:** Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

La disminución en la superficie sembrada si bien es resultado de la depresión de los precios internacionales también fue efecto de la crisis económica en Bolivia. Por otra parte, Bolivia presenta los índices de rendimiento más bajos de Sudamérica, y naturalmente muy por detrás de las grandes potencias productoras de esta fibra.

La producción de algodón depende de pequeños y medianos productores, de 700 productores según ADEPA, que tienen el 85 [%] de la superficie sembrada y de las empresas que producen el 15 [%] el algodón existente.

La superficie total sembrada alcanzó los 3329 [ha] por los años 2002 – 2003, 90.56[%] menos que hace cuatro años atrás (Figura 1-6).

Figura 1-6. Superficie cultivada de algodón



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

### 1.5.3.1 Pequeños Productores

Aquellos que tienen menos de 50 [ha] de algodón son considerados pequeños productores. Su sistema de producción se caracteriza por:

- No tienen maquinaria agrícola o eventualmente solo tienen tractor agrícola sin implementos.
- Siembran semilla recolectada de la campaña anterior. Poco uso de herbicidas pre y post emergente.
- Acuden a su mano de obra para los trabajos de limpieza del campo, carpida y raleo principalmente.
- Uso indiscriminado de agroquímicos para el control de insectos, no practican control biológico y escaso uso de productos fisiológicos. Conocen la incidencia de las plagas y sus manifestaciones.
- Cosechan a mano con mano de obra familiar y contratan apoyo de personas del lugar en una proporción de una persona por hectárea.

### 1.5.3.2 Medianos Productores

Todos aquellos productores que siembran entre 51 – 100 [ha]. A este segmento pertenecen el 20[%] de productores y producen el 25[%] por ciento del algodón. Su sistema de producción es el siguiente:

- Tienen maquinaria agrícola e implementos tradicionales, en algunos casos obsoletos o insuficientes.
- Siembran semilla de varios orígenes incluso recolectada.
- Utilizan herbicidas pre y post emergentes con frecuencia.
- Acuden a mano de obra contratada para la limpieza y raleo de la parcela.
- Usan agroquímicos de orden fisiológico, aunque las aplicaciones descontroladas de agroquímicos contra las plagas son constantes.
- Conocen la incidencia de plagas y sus manifestaciones.
- Son productores de muchos años.
- Cosechan a mano y eventualmente con máquina, la relación de cosecha es una persona por hectárea sembrada.
- Contratan personal para cosecha, por medio de contratistas, generalmente vienen del interior del país.

### 1.5.3.3 Empresas Agrícolas

Son responsables del 15[%] de la producción con las siguientes características:

- Tienen maquinaria adecuada para la siembra de algodón (sembradora de precisión, aplicados de herbicida dirigido, SPRAY COUPER), tractores altos, cañones etc.
- Siembran semilla importada, permanentemente están introduciendo material nuevo y probando su validación.
- Aplican herbicidas pre, post emergente y en algunos casos selectivos de algodón.
- Eventualmente acuden a mano de obra contratada.
- Tienen profesionales en el manejo de la producción, en algunos casos extranjeros.
- Aplican todo tipo de control, predominantemente químico, en algunos casos también de forma sobre proporcionada, utilizan para ello tractor y en las fases finales del cultivo utilizan avioneta.
- Son empresas que trabajan con algodón varios años.
- Algunas son propiedad de desmotadoras y de hilanderías.
- Cosecha con máquina e y eventualmente con mano de obra.
- La mano de obra para cosecha es por medio de contratistas.

- Aplican alguna de ellas riego por aspersion de pivote central.

#### 1.5.4 Proceso Compactado de algodón.

La materia prima algodón crudo que llega a la industria debe pasar por el primer proceso de descrude y blanqueo, en el cual se saca todas las impurezas y grasas que tiene el algodón como materia prima y eso le da la hidrofiliadad, suavidad y blanqueo con peróxido de hidrógeno.

La cámara vertical cilíndrica es preparada envolviendo con una tela en su interior para luego introducir en ella el algodón crudo hasta llenar completamente, posteriormente se realiza regado con agua caliente (Figura 1-7), para su fácil compactación.

**Figura 1-7.** Compactado de algodón



**Fuente:** Elaboración propia

Una vez concluido el proceso de compactado de algodón crudo en la cámara vertical cilíndrica, el conjunto es transportado mediante el puente grúa para luego introducir a otra cámara para cocción y lavado correspondiente (Figura 1-8).

**Figura 1-8.** Cámara de cocción y lavado



**Fuente:** Elaboración propia

### **1.6 Límites y Alcances.**

El presente proyecto limita su diseño para una sola cámara vertical cilíndrica de capacidad máxima  $180[kg]^5$  de algodón crudo compactado. La máquina diseñada será operada con el sistema electroneumático, ya que la industria cuenta con red de instalación de aire comprimido.

El circuito electroneumático consta de un circuito neumático (de fuerza) más un circuito eléctrico (de mando).

Una vez terminado el diseño final del presente proyecto será implementado en la planta de INDUSTRIAS ALBUS S.A.

### **1.7 Alternativas de Solución.**

Uno de los aspectos importantes a tomar en cuenta al momento de diseñar es que la máquina debe trabajar bajo condiciones de humedad es decir en contacto con agua y entre alternativas de solución al problema es identificar el tipo de sistema de accionamiento a seleccionar.

---

<sup>5</sup> Dato proporcionado por la INDUSTRIA ALBUS S.A.

## 1.7.1 Máquinas Compactadoras.

### 1.7.1.1 Prensa Compactadora de Textil de Algodón

La prensa compactadora de textiles de algodón está especialmente diseñada para la compresión eficiente de telas viejas, toallas, tapetes, fibras y otros textiles. Suministra dos opciones en sus unidades, una de tres puertas o una de cuatro puertas. La máquina es accionada por dos cilindros hidráulicos que son capaces de combinar rangos de presión desde 30 hasta 60[*Ton*].

El marco de la prensa compactadora está soldado completamente con acero de alta integridad que ha sido templado para mejorar la estabilidad. Esta unidad es empacada en una caja de acero y madera para óptima protección. Nótese que la presión nominal puede ser de hasta 100[*ton*] y el tamaño del empaque puede ser mayor de 1200 × 800[*mm*].

El tamaño del empaque y especificaciones son completamente personalizables según las necesidades del cliente. La pintura exterior de la máquina y servicio OEM también está disponible (Figura 1-9).

**Figura 1-9.** Prensa compactadora de textil de algodón



**Fuente:** [www.spanish.alibaba.com](http://www.spanish.alibaba.com)

Las características técnicas de la prensa compactadora de textil de algodón se muestran en la Tabla 1-1.

**Tabla 1-1.** Características de la prensa compactadora de textil

Tipo	RX30-6040	RX40-7040	RX50-7040	RX60-1060
Fuerza de prensado	30 [ton]	40 [ton]	50 [ton]	60 [ton]
Tamaño del paquete	600 × 400	700 × 400	700 × 400	1000 × 600
Peso del paquete	30 – 110[kg]	50 – 150[kg]	90 – 200[kg]	150 – 300[kg]
Tiempo de ciclo	30 – 35[s]			
Eficiencia	3 – 5[paquetes/hora]			
Método de expulsión	Manual			
Cantidad de alambre	La cantidad de alambre horizontal o vertical puede ser personalizada según las necesidades del cliente			
voltaje	380[V] , 50[Hz], 3 frase (puede personalizarse)			
Método de trabajo	Semiautomática			
Forma de control	Botón motorizado			
Potencia	5,5[kw]	7,5[kw]	11[kw]	11[kw]
Peso	1200[kg]	1300[kg]	1350[kg]	1500[kg]
Dimensiones	1150 × 950 × 3000	1150 × 950 × 3200	1150 × 1150 × 3200	1350 × 1350 × 3450

**Fuente:** <http://foam-spraying.es/2-3-cotton-textile-baler.html>

### 1.7.1.2 Plancha Compactadora de Suelo

Plancha Vibratoria VP 2050I Wacker Neuson, económica para suelos 20[kN], 50[mm], para la compactación de suelos mixtos en áreas confinadas tales como zanjas angostas de ancho o trabajos, ideal para cordones, alcantarillas, alrededor de tanques, encofrados, columnas, banquetas, zanjas de drenaje, zanjas de servicios públicos y para trabajos de construcción.

La placa base especial de hierro de fundición nodular y de diseño abierto es auto limpiante y viene equipada con cantos redondeados para lograr resultados rápidos y efectivos, el perfil especial de la superficie de apoyo y los cantos redondeados conducen a rendimientos máximos y alta maniobrabilidad, la correa en V, completamente encapsulada, está protegida por una cubierta resistente al impacto, esto ayuda a reducir al mínimo el desgaste de la correa como también los gastos de mantenimiento.

Los robustos topes de caucho montados en el manillar de guía y en la consola del motor reducen las vibraciones, con ello se aporta confort al operario y se reduce el desgaste de los componentes, los rodamientos del excitador requieren un mantenimiento mínimo (Figura 1-10).

**Figura 1-10.** Plancha compactadora de suelo



**Fuente:** <http://www.hansaindustria.com.bo>

Las especificaciones técnicas de la plancha compactadora de suelo se muestran en la Tabla 1-2

**Tabla 1-2.** Características técnicas de plancha compactadora de suelo

ESPECIFICACIONES	
Área compactada	736 [m <sup>2</sup> /h]
Combustible	Gasolina
Fuerza centrífuga	20 [kN]
Largo x ancho x alto	953 × 350 × 905 [mm]
Marca de motor	Wacker WM 170
Peso	104 [kg]
Placa base	500 × 588 [mm]
Tipo de motor	1 cilindro, 4 tiempos refrigerado por aire
Velocidad de avance y retroceso	23 [m/min]

**Fuente:** <http://foam-spraying.es/2-3-cotton-textile-baler.html>

### 1.7.2 Descripción de los Sistemas de Accionamiento.

Según las máquinas descritas anteriormente como un muestreo de otras máquinas compactadora similares existentes, tienen normalmente sistemas de accionamiento:

- Por desplazamiento hidráulico cilindro-pistón accionado por un motor eléctrico.
- Por vibración con transmisión correa-peleas accionado por motor de combustión interna.

### 1.8 Elección de la Mejor Alternativa de Solución.

Una vez conocidas las características principales de cada tipo de accionamiento, se realizará una selección a la mejor solución la cual se adapte a la necesidad y las disposiciones existentes en la industria.

A continuación, en la Tabla 1-3, se presenta una matriz que permite visualizar las ventajas y desventajas entre el sistema de accionamiento neumático y el sistema de accionamiento hidráulico para determinar la mejor alternativa de solución.

Se tomarán en cuenta algunas variables de importancia, con el fin de realizar una correcta elección de la alternativa para el diseño.

**Tabla 1-3.** Comparación de sistema neumático y oleohidráulicos

	NEUMÁTICA	OLEOHIDRÁULICA
<b>Fluido</b>	Aire compresible, Sin costo	Aceite (incompresible), costoso
<b>Contaminación</b>	Es limpio se vuelve a la atmosfera	Es sucio contaminante
<b>Velocidad</b>	Rápidas	Lentas
<b>Fuerza</b>	Limitada	Mucho mayores
<b>Control del desplazamiento</b>	Son limitados y no es posible detener un actuador en un punto intermedio	Mayores desplazamientos y un control exacto de los mismos
<b>Precio de componentes</b>	Son más baratos al tener que soportar menores presiones	Son más caros al tener que soportar mayores presiones

<b>Elemento generador de energía</b>	Compresor	Bomba
<b>Elementos de tratamiento del fluido</b>	Secado de humedad, filtrado de impurezas, regulación de presión y lubricación del aire	Depósito de aceite, filtrado y regulación de presión
<b>Elemento de mando y control</b>	Válvulas	Válvulas
<b>Elementos actuadores</b>	Cilindros y motores	Cilindros y motores
<b>Mantenimiento</b>	Poco mantenimiento	Más cuidados y mantenimiento
<b>INDUSTRIAS ALBUS S.A.</b>	Cuenta con instalación	No cuenta

**Fuente:** Elaboración propia

En función a la Tabla 1-3, se observa que la propuesta más viable es la de accionamiento neumático (por motor neumático), se adapta a las exigencias de trabajo, facilidad de operación, sencillo mantenimiento, alta seguridad para los usuarios (operario calificado).

## CAPÍTULO II

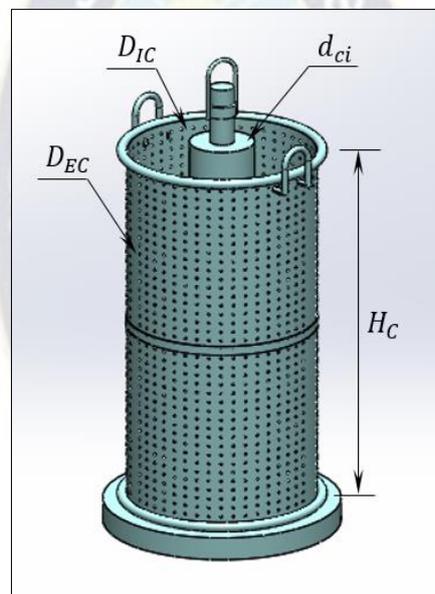
### INGENIERÍA DEL PROYECTO

#### 2.1 Parámetros de Diseño.

De manera genérica, los parámetros de diseño son variables que permiten definir las características técnicas de una máquina.

Para el diseño de la máquina se tiene como base una “cámara vertical cilíndrica” de compactación en la industria, cuyas dimensiones se muestra en la Figura 2-1 y Tabla 2-1.

**Figura 2-1.** Cámara vertical cilíndrica



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 2-1.** Dimensiones de la cámara vertical cilíndrica

DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA
ALTURA DE LA CAMARA ( $H_C$ )	1581[mm]
DIAMETRO EXTERIOR DE LA CAMARA ( $D_{EC}$ )	803,9[mm]
DIAMETRO INTERIOR DE LA CAMARA ( $D_{IC}$ )	798,4[mm]
DIAMETRO DEL CILINDRO INTERIOR ( $d_{ci}$ )	232,0[mm]

**Fuente:** INDUSTRIAS ALBUS S.A.

Por tanto, según las características técnicas de la cámara vertical cilíndrica, la máquina tendrá dimensiones limitadas de acuerdo al tamaño y geometría de la cámara.

### 2.1.1 Capacidad de Compactado por Hora.

La máquina diseñada debe compactar  $180[kg]^6$  de algodón crudo y esto deberá hacerlo en  $30[min]$ , es decir:

$$C_{mq} = \frac{180[kg]}{30[min]} \cdot \frac{60[min]}{1[h]}$$

$$C_{mq} = 360[kg/h]$$

### 2.1.2 Propiedades Mecánicas del Material.

El material que se emplea para la fabricación de piezas y/o elementos mecánicos de la máquina se detalla en la Tabla 2-2

Tabla 2-2. Materiales de la máquina

DESIGNACIÓN	MATERIAL
ZAPATA Y BASE MACIZA	ACERO INOXIDABLE
CAJAS Y TAPA DE PROTECTORA DE HUMEDAD	ACERO INOXIDABLE
EJE, MASA EXCÉNTRICA, GUIA DE RESORTE	SAE 1020

Fuente: Elaboración propia

### 2.1.3 Energía Requerida.

La máquina compactadora será operada neumáticamente a través de dos motores neumáticos, para lo cual la industria ALBUS S.A. cuenta con la instalación de red de aire comprimido con una presión de:

$$P_{air} = 3[bar] - 6[bar]^7$$

<sup>6</sup> Dato proporcionado por INDUSTRIAS ALBUS S.A

<sup>7</sup> Dato proporcionado por INDUSTRIAS ALBUS S.A

## 2.2 Sistemas y Subsistemas.

Según la descripción general de la máquina y los elementos principales que conforman la misma, se establece los siguientes sistemas (Tabla 2-3).

**Tabla 2-3.** Sistemas y subsistemas

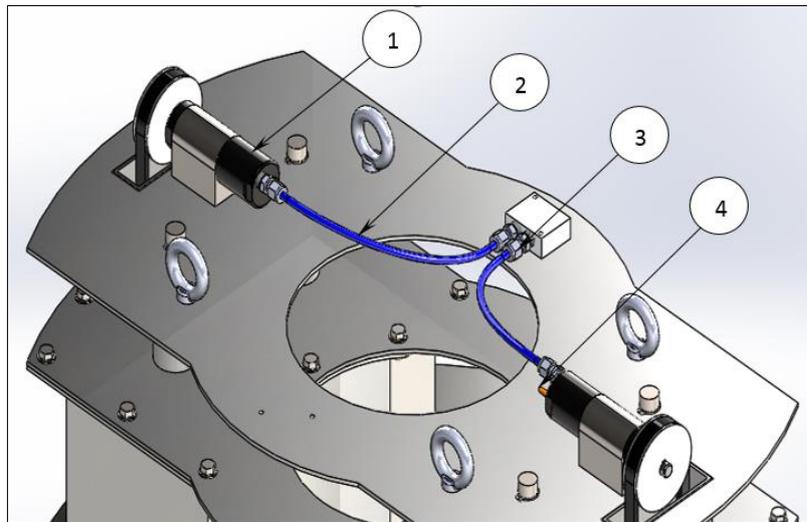
SISTEMA	SUBSISTEMA	ELEMENTOS Y/O COMPONENTES
Neumático	Actuador	Motores neumáticos Manguera de conexión Racores de inserción Silenciadores Unidad de mantenimiento
Mecánico	Estructural	Zapata Cajas protectoras de humedad Tapas de cajas protectoras de humedad Base maciza
	Transmisión	Ejes Masas excéntricas Chumaceras Poleas Bandas Resortes Guías de resortes
Eléctrico	Control	Electroválvula 3/2 Contactador Pulsador verde Pulsador rojo Cables Flex

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.2.1 Sistema Neumático.

En la Figura 2-1 se muestra el sistema neumático, el actuador principal es un motor neumático de aire comprimido, la máquina compactadora tiene dos actuadores.

**Figura 2-2.** Sistema de neumático



**Fuente:** Elaboración propia

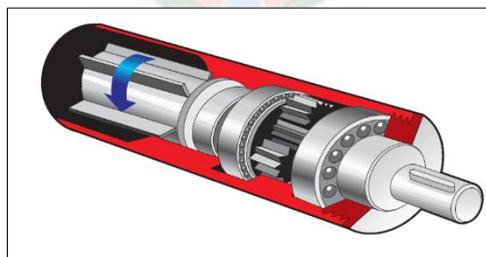
Cada uno de estos actuadores consta de siguientes elementos:

1. Motor neumático de aletas
2. Mangueras de conexión
3. Racores de inserción
4. Silenciadores

### 2.2.1.1 Actuator.

Los motores de aletas LZB están diseñados para proporcionar un alto rendimiento y un elevado nivel de fiabilidad. En general, se caracterizan por su gran potencia y pequeño tamaño (Figura 2-3).

**Figura 2-3.** Motor neumático



**Fuente:** Catalogo Atlas Copco

Se ha seleccionado un diseño de motor largo y delgado. Esto ofrece muchas ventajas, por ejemplo, una alta relación potencia/ volumen, un bajo consumo de aire

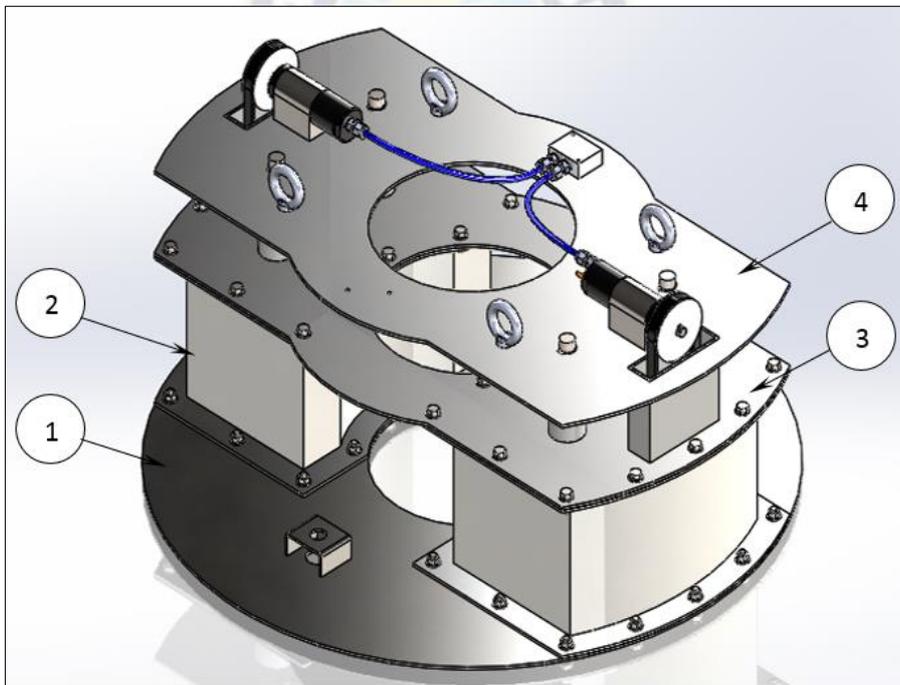
y una larga duración de las aletas. Todos los motores utilizan cinco aletas, que se suministran con empuje neumático radial de las mismas, para asegurar un excelente arranque y rendimiento a baja velocidad. Se utilizan engranajes planetarios multi-etapa para satisfacer los requisitos de par y velocidad de la aplicación, ofreciendo una gran eficiencia con unas dimensiones compactas<sup>8</sup>.

## 2.2.2 Sistema Mecánico.

### 2.2.2.1 Estructural.

En la Figura 2-4 se muestra las partes que conforman el subsistema estructural de la máquina compactadora.

**Figura 2-4.** Estructura de la máquina



**Fuente:** Elaboración propia

Consta de los siguientes elementos:

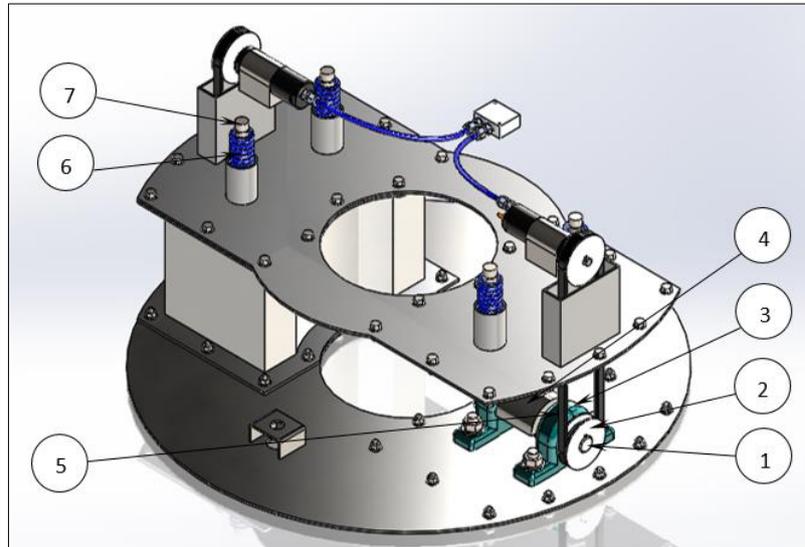
1. Zapata
2. Cajas protectoras de humedad
3. Tapa de caja protectora de humedad
4. Base maciza

<sup>8</sup> Catálogo de Atlas Copco pág. 12

### 2.2.2.2 Transmisión.

En la Figura 2-5 se muestra las partes que constituyen el subsistema de transmisión mecánica.

**Figura 2-5.** Transmisión de potencia



**Fuente:** Elaboración propia

Consta de los siguientes elementos:

1. Eje
2. Polea
3. Chumacera
4. Masa excéntrica
5. Banda
6. Resorte
7. Guía de resorte

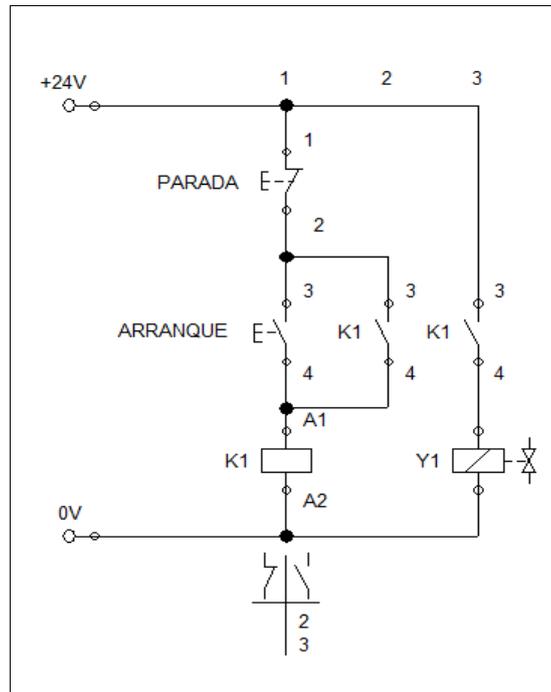
### 2.2.3 Sistema Eléctrico.

#### 2.2.3.1 Control.

El control (arranque y parada) del motor neumático se hace mediante válvulas de solenoide y en su línea integrada con la unidad de mantenimiento conformado de un filtro, regulador de presión y lubricador (Figura 2-6).

El circuito Electroneumático consta de un circuito neumático (fuerza) más un circuito eléctrico (pilotaje de electroválvula). (Creus Solé, 2007, pág. 346)

**Figura 2-6.** Circuito de control



**Fuente:** Elaboración propia (fluidSIM-P)

El sistema de control (físico) consta de los siguientes elementos:

1. Electroválvula 3/2
2. Contactor
3. Pulsador verde
4. Pulsador rojo
5. Cables Flex

### 2.3 Análisis Previos al Diseño.

Previamente se realiza una serie de cálculos necesarios, para poder entrar a la parte de diseño y especificación de elementos de la máquina.

#### 2.3.1 Análisis Dinámico.

##### 2.3.1.1 Cálculo de la Frecuencia de Excitación

Manualmente todo el proceso de compactado se realiza en  $4[h]^9$ , esto a un ritmo de  $1[ pisada/s]$ , el número de pisadas total es

<sup>9</sup> Dato proporcionado por Industrias ALBUS S.A

$$N_{ps} = 1 \left[ \frac{pisadas}{s} \right] \cdot \frac{3600[s]}{1[h]} \cdot 4[h] = 14400[pisadas]$$

Se requiere que la máquina termine todo el proceso de compactado en 30[*min*] (1800[s]).

*“La frecuencia de una onda es la cantidad de veces que “sube y baja” en un segundo. Cuanto mayor es la frecuencia, más rápido vibra la onda”*<sup>10</sup>

Según la definición de la frecuencia vibratoria se determina la frecuencia de excitación de la máquina.

$$f_e = \frac{14400}{1800} [Hz]$$

$$f_e = 24 [Hz]$$

### 2.3.1.2 Cálculo de la Frecuencia Angular de Excitación.

La frecuencia angular de excitación se determina mediante la siguiente ecuación<sup>11</sup>:

$$\omega_e = 2\pi f_e \quad (2.1)$$

Reemplazando los valores numéricos a la ecuación (2.1) se tiene:

$$\omega_e = 2\pi(24)$$

$$\omega_e = 150,8 [rad/s]$$

### 2.3.1.3 Cálculo de RPM.

La velocidad de rotación del eje requerida se determina mediante la siguiente ecuación<sup>12</sup>:

$$n = 60f_e \quad (2.2)$$

Reemplazando el valor de la frecuencia de excitación en la ecuación (2.2)

$$n = 60 \cdot 24$$

$$n = 1440 [RPM]$$

### 2.3.1.4 Cálculo de Aceleración de Partida.

<sup>10</sup> [www.significados.com/frecuencia](http://www.significados.com/frecuencia)

<sup>11</sup> FELIPE DIAZ DEL CASTILLO R. Vibraciones Mecánicas, Cuautitlán 2011 pág. 19

<sup>12</sup> FELIPE DIAZ DEL CASTILLO R. Vibraciones Mecánicas, Cuautitlán 2011 pág. 19

Calculando la velocidad mediante la siguiente ecuación<sup>13</sup>:

$$v_t = R_p \cdot \omega_e \quad (2.3)$$

Donde:

$v_t$ : Velocidad tangencial de polea inducida [m/s]

$R_p$ : Radio de la polea inducida [m]

$\omega_e$ : Frecuencia angular de excitación [rad/s]

Reemplazando valores numéricos en la ecuación (2.3) se tiene:

$$v_t = 0,0410[m] \cdot 150,8[rad/s]$$

$$v_t = 6,183[m/s]$$

Al momento de iniciar el movimiento, se deben vencer fuerzas de inercia con una aceleración dada por: Las ecuaciones del M.R.U.A. (Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado)<sup>14</sup>

$$v_t = v_0 + a_{arr} \cdot t_{cr} \quad (2.4)$$

Donde:

$a_{arr}$ : Aceleración de arranque [ $m/s^2$ ]

$v_t$ : Velocidad tangencial de polea inducida [m/s]

$v_0$ : Velocidad inicial [m/s]

$t_{cr}$ : Tiempo crítico [s]

Los motores normalmente, al arrancar no giran a la velocidad de régimen. Pasan por un intervalo de tiempo que se lo denomina tiempo crítico ( $1/4 - 6 [s]$ )<sup>15</sup>, para que el motor entre en la velocidad de régimen.

Despejando la aceleración de arranque de la ecuación (2.4) y reemplazando datos se tiene

$$a_{arr} = \frac{6,183[m/s]}{0,25[s]}$$

<sup>13</sup> A. ALVAREZ C. Y E. HUAYTA C. Física Mecánica, 5ta Edición 2005 pág. 241.

<sup>14</sup> Proyecto de Grado "diseño de un Ascensor sin Sala de Máquina" Pág. 53

<sup>15</sup> Proyecto de Grado "diseño de un Ascensor sin Sala de Máquina" Pág. 54

$$a_{arr} = 24,73[m/s^2]$$

La aceleración angular se la define con la siguiente expresión matemática<sup>16</sup>

$$\alpha = \frac{a_{arr}}{R_p} \quad (2.5)$$

Reemplazando valores numéricos en la ecuación (2.5) se tiene

$$\alpha = \frac{24,73[m/s^2]}{0,0410[m]}$$
$$\alpha = 603,2[rad/s^2]$$

## 2.4 Diseño de Elementos.

En el diseño de elementos de la máquina se realiza en base a los parámetros y análisis realizados en los acápites de sistemas, subsistemas y cálculos previos al diseño.

### 2.4.1 Diseño del Sistema Neumático.

#### 2.4.1.1 Dimensionamiento del Actuador.

La potencia de arranque real del motor se calcula mediante la relación siguiente<sup>17</sup>:

$$P_{arr} = P_{m_e} + P_{\alpha} + P_a \quad (2.7)$$

Donde:

$P_{arr}$ : Potencia de arranque real [W]

$P_{m_e}$ : Potencia debido a masa excéntrica [W]

$P_{\alpha}$ : Potencia debido a aceleración angular [W]

$P_a$ : Potencia debido a aceleración lineal [W]

La potencia debido a masa excéntrica se determina mediante la siguiente ecuación<sup>18</sup>:

$$P_{m_e} = T_{m_e} \cdot \omega_e \quad (2.8)$$

<sup>16</sup> Proyecto de Grado "diseño de un Ascensor sin Sala de Máquina" Pág. 54

<sup>17</sup> Proyecto de Grado "diseño de un Ascensor sin Sala de Máquina" Pág. 152

<sup>18</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 96

Donde:

$T_{m_e}$ : Par debido a masa excéntrica [Nm]

$$T_{m_e} = W_{m_e} \cdot e_{m_e} \quad (2.9)$$

Reemplazando la ecuación (2.9) en (2.8) y con los valores numéricos (aceleración de la gravedad  $g = 9.775[m/s^2]$ <sup>19</sup> de La Paz) se tiene:

$$P_{m_e} = W_{m_e} \cdot e_{m_e} \cdot \omega_e$$

$$P_{m_e} = 1,375[kg] \cdot 9,775[m/s^2] \cdot 0,02882[m] \cdot 150,8[rad/s]$$

$$P_{m_e} = 58,41[W]$$

La potencia debido a la aceleración angular<sup>20</sup>

$$P_{\alpha} = M_t \cdot \omega_d \quad (2.10)$$

Donde:

$M_t$ : Momento torsor [Nm]

$\omega_d$ : Velocidad angular de polea motriz [rad/s]

La velocidad angular de la polea se determina mediante la relación siguiente<sup>21</sup>:

$$\omega_d = \frac{2\pi \cdot n_d}{60} \quad (2.11)$$

Donde:

$n_d$ : Numero de revoluciones del motor [RPM]

Si la velocidad rotacional del motor es:

$$n_d = 1450[rpm]$$

Reemplazando en la ecuación (2.11)

$$\omega_d = \frac{2\pi \cdot 1450}{60}$$

$$\omega_d = 151,8[rad/s]$$

<sup>19</sup> ALVARES C. A. HUAYTA C. E. Medidas y Errores, 2da. Edición, 2000 pág. 109

<sup>20</sup> Proyecto de Grado "diseño de un Ascensor sin Sala de Máquina" pág. 152

<sup>21</sup> JOSE ROLDAN VILORIA Física Aplicada, Thomson Paraninfo pág. 16

El momento torsor se determina mediante la siguiente ecuación<sup>22</sup>:

$$M_t = I \cdot \alpha \quad (2.12)$$

Donde:

$I$ : Momento de Inercia [ $kg \cdot m^2$ ]

$\alpha$ : Aceleración angular [ $rad/s^2$ ]

La inercia de la polea se determina mediante la relación matemática<sup>23</sup>:

$$I = \frac{1}{2} m_p \cdot r_p^2 \quad (2.13)$$

Donde:

$m_p$ : Masa de la polea motriz [ $kg$ ]

$r_p$ : Radio de la polea menor [ $m$ ]

Si el material es Fundición Gris ( $\rho = 7200[kg/m^3]$ )<sup>24</sup>, para fabricación de poleas entonces

$$m_p = 7200[kg/m^3] \cdot 86,65 \times 10^{-6}[m^3]$$

$$m_p = 0,6239[kg]$$

Reemplazando datos en la ecuación (2.13) se tiene

$$I = \frac{1}{2} 0,6239[kg] \cdot (0,0381[m])^2$$

$$I = 45,28 \times 10^{-5}[kg \cdot m^2]$$

Los valores numéricos se reemplazan en la ecuación (2.10) y se obtiene la potencia debido a la aceleración angular:

$$P_\alpha = 45,28 \times 10^{-5}[kg \cdot m^2] \cdot 603,1[rad/s^2] \cdot 162,3[rad/s]$$

$$P_\alpha = 44,3[W]$$

<sup>22</sup> Proyecto de Grado "diseño de un Ascensor sin Sala de Máquina" pág. 152

<sup>23</sup> JAIME G. MOLINA P. Propiedades del Medio Sólido pág. 437.

<sup>24</sup> TIMOSHENKO Resistencia de Materiales, 5ta. Edición, Apéndice H

La potencia debido a la aceleración lineal se determina mediante la siguiente relación matemática<sup>25</sup>:

$$P_a = F_t \cdot r_p \cdot \omega_d \quad (2.14)$$

Donde:

$F_t$ : Fuerza tangencial de polea motriz [N]

Reemplazando datos en la ecuación (2.14) se tiene

$$P_a = 26,54[N] \cdot 0.0381[m] \cdot 151,8[rad/s]$$

$$P_a = 153,5[W]$$

Por tanto, con la ecuación (2.7) se obtiene la potencia de arranque:

$$P_{arr} = 58,41[W] + 44,3[W] + 153,5[W]$$

$$P_{arr} = 256,2[W]$$

$$P_{diseño} = 0,34[hp]$$

El tipo de motor neumático seleccionado es de tipo LZB33-L-A060-11<sup>26</sup>, cuyas características se muestran en la Tabla 2-4, y en la Figura 2-7 se muestra la curva de rendimiento.

**Tabla 2-4.** Características motor neumático

DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA
POTENCIA MAXIMA [hp]	0,52
VELOCIDAD [rpm]	1450
PAR A MAXIMA POTENCIA [Nm]	2,6
PAR DE ARRANQUE MINIMO [Nm]	4,9
PAR DE AHOGO [Nm]	5,2
CONSUMO DE AIRE [L/s]	8,1
PESO [kg]	0,75

**Fuente:** Catalogo Atlas Copco, Pág. 28

<sup>25</sup> Proyecto de Grado “diseño de un Ascensor sin Sala de Máquina” pág. 152

<sup>26</sup> Catálogo de Atlas Copco, Pág. 28

La fórmula matemática para potencia neumática<sup>27</sup>:

$$N = \frac{Q \cdot P_{air}}{600} \quad (2.15)$$

Donde:

$N$ : Potencia neumática [kW]

$Q$ : Consumo de Aire [L/min]

$P_{air}$ : Presión [bar] ( $P_{air} = 3$  [bar])

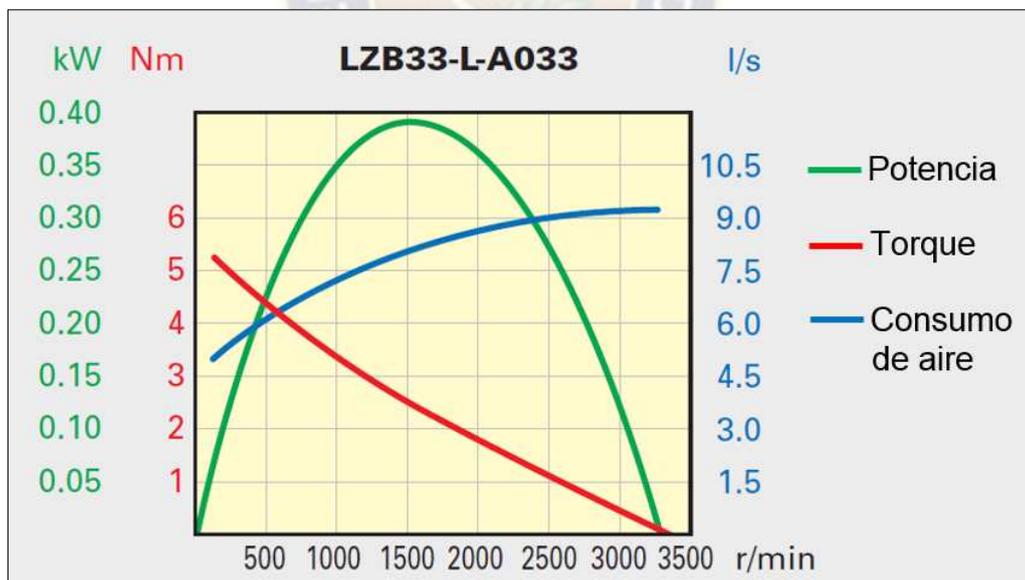
Reemplazando valores numéricos en la ecuación (2.15) se tiene

$$N = \frac{8,1[L/s] \cdot \frac{60[s]}{1[min]} \cdot 3[bar]}{600}$$

$$N = 2,43[kW]$$

$$N = 3,26[hp] > 0,34[hp]$$

**Figura 2-7.** Curva de rendimiento motor neumático



**Fuente:** Catalogo de Atlas Copco, Pág. 32

De la curva de rendimiento se tiene los parámetros de funcionamiento del motor neumático que muestra en la Tabla 2-5, (ANEXO A)

<sup>27</sup> RUBEN GUZMAN QUISBERT Fundamentos de Neumática y Oleohidráulica Aplicada pág. 10

**Tabla 2-5.** Características de funcionamiento del motor

DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA
POTENCIA	0,34[hp]
CONSUMO	7[L/s]
VELOCIDAD	1450[rpm]
PRESION	3[bar] – 7[bar]

Fuente: Elaboración propia

## 2.4.2 Diseño del Sistema Mecánico.

### 2.4.2.1 Transmisión.

#### 2.4.2.1.1 Masa Excéntrica.

Del análisis del sistema con la masa desbalanceada se tiene la relación matemática<sup>28</sup>:

$$\frac{M \cdot x}{m_e \cdot e_{m_e}} = \frac{(\omega_e/\omega_n)^2}{\sqrt{(1 - (\omega_e/\omega_n)^2)^2 + (2\xi(\omega_e/\omega_n)^2)^2}} \quad (2.16)$$

Donde:

$M$ : Masa de la máquina compactadora [kg]

$m_e$ : Masa excéntrica [kg]

$e_{m_e}$ : Distancia de la excentricidad [mm]

$\omega_e$ : Frecuencia angular de excitación [rad/s]

$\omega_n$ : Frecuencia natural de la máquina [rad/s]

$\xi$ : Relación de amortiguamiento

Considerando que el amortiguamiento del sistema es despreciable y adecuando la ecuación (2.16) se tiene:

$$y = \frac{(\omega_e/\omega_n)^2}{|1 - (\omega_e/\omega_n)^2|} \cdot \frac{m_e \cdot e_{m_e}}{M} \quad (2.17)$$

<sup>28</sup> QUINTERO R. HECTOR FABIO, Vibraciones Mecánicas pág. 10

Donde:

$y$ : Amplitud de vibración [ $mm$ ]

$M$ : Masa de la máquina compactadora [ $kg$ ]

$m_e$ : Masa excéntrica [ $kg$ ]

$e_{m_e}$ : Distancia de la excentricidad [ $mm$ ]

$\omega_e$ : Frecuencia angular de excitación [ $rad/s$ ]

$\omega_n$ : Frecuencia natural de la máquina [ $rad/s$ ]

La relación de frecuencias de excitación y natural es<sup>29</sup>:

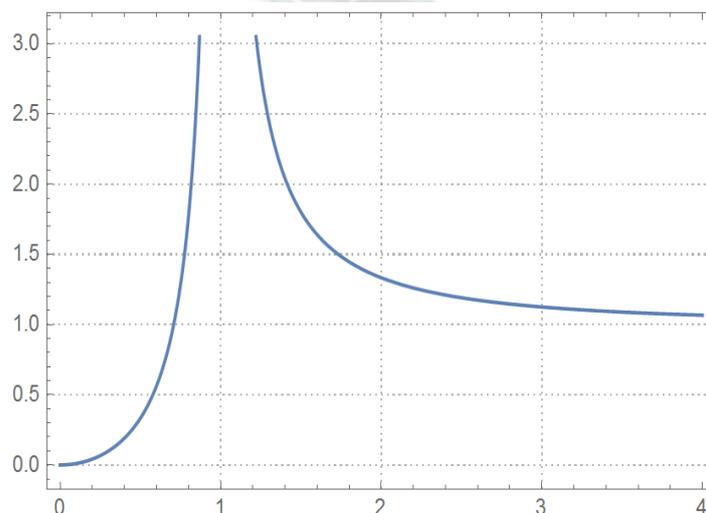
$$r = \frac{\omega_e}{\omega_n} \quad (2.18)$$

Se toman como constantes, los valores correspondientes a los términos  $M$ ,  $m_e$  y  $e$  en la ecuación (2.17), entonces la amplitud es:

$$y = \frac{r^2}{|1 - r^2|} \quad (2.19)$$

Graficando la ecuación (2.19), en el que se representan los valores de  $y$ , para las diferentes relaciones de frecuencia  $\frac{\omega}{\omega_n}$  (Figura 2-7).

**Figura 2-8.** Relación de frecuencias



**Fuente:** Elaboración propia en Wólffram Mathemática

<sup>29</sup> QUINTERO R. HECTOR FABIO, Vibraciones Mecánicas pág. 10

De la gráfica se obtiene la relación de frecuencias, de tal manera que el sistema de vibración se mantenga con amplitud estable

$$r = 2,2$$

Entonces la frecuencia natural es

$$\omega_n = \frac{\omega_e}{r}$$

$$\omega_n = \frac{150,8[\text{rad/s}]}{2,2}$$

$$\omega_n = 68,55[\text{rad/s}]$$

La frecuencia natural está dada por la ecuación<sup>30</sup>:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{M}} \quad (2.20)$$

$$k = M \cdot \omega_n^2$$

$$k = 40[\text{kg}] \cdot (68,55[\text{rad/s}])^2$$

$$k = 187964[\text{N/m}]$$

De la teoría de vibraciones<sup>31</sup> se tiene que:

$$k = \frac{M \cdot g}{\Delta_{est}} \quad (2.21)$$

Donde:

$\Delta_{est}$ : Deflexión estática [mm]

Despejando y reemplazando se tiene:

$$\Delta_{est} = \frac{M \cdot g}{k}$$

$$\Delta_{est} = \frac{40[\text{kg}] \cdot 9,775[\text{m/s}^2]}{187964[\text{N/m}]}$$

$$\Delta_{est} = 2.080[\text{mm}]$$

<sup>30</sup> FELIPE DIAZ DEL CASTILLO R. Vibraciones Mecánicas, Cuautitlán 2011 pág. 65

<sup>31</sup> Vibraciones Mecánicas Forzadas.pdf pág.10

De la ecuación (2.17) calculando el producto de la masa excéntrica por su excentricidad:

$$y = \frac{(\omega/\omega_n)^2}{|1 - (\omega/\omega_n)^2|} \cdot \frac{m_e \cdot e_{m_e}}{M}$$

$$m_e \cdot e_{m_e} = \frac{y \cdot M \cdot |1 - (\omega/\omega_n)^2|}{(\omega/\omega_n)^2}$$

$$m_e \cdot e_{m_e} = \frac{2,080[mm] \cdot 40[kg] \cdot |1 - (2,2)^2|}{(2,2)^2}$$

$$m_e \cdot e_{m_e} = 66,01[kg \cdot mm]$$

Características para el Acero SAE 1020, de la masa excéntrica (Tabla 2-6).

**Tabla 2-6.** Propiedades de masa excéntrica

DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA
GEOMETRIA	SEMICILINDRICA
DENSIDAD	7850[kg/m <sup>3</sup> ]
ALTURA	70[mm]

**Fuente:** Elaboración propia

Se iteran la posible excentricidad y la masa para obtener unas dimensiones adecuadas (Tabla 2-7).

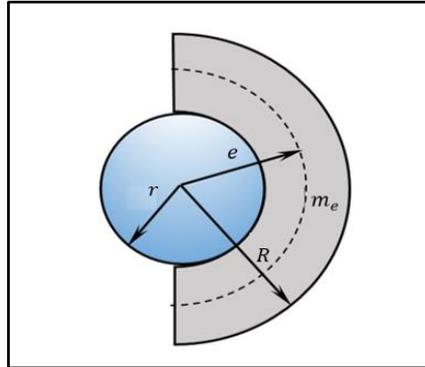
**Tabla 2-7.** Masa excéntrica por iteración

$e_{m_e}$ [mm]	$m_e$ [kg]	$V_{m_e}$ [m <sup>3</sup> ]	$D_{m_e}$ [mm]
40	1,650	0,0002102	61,83
45	1,467	0,0001869	58,31
50	1,320	0,0001682	55,31
55	1,200	0,0001529	52,74
60	1,100	0,0001401	50,48
65	1,016	0,0001294	48,51

**Fuente:** Elaboración propia

En la Figura 2-9 se muestra la sección transversal de la configuración geométrica que tiene la masa excéntrica montada sobre el eje.

**Figura 2-9.** Geometría de la masa excéntrica



**Fuente:** Elaboración propia

Se toma el volumen encontrado en la Tabla 2-7

$$V_{m_e} = 0,0001529[m^3] \cdot \frac{1000^3[mm^3]}{1[m^3]}$$

$$V_{m_e} = 152900[mm^3]$$

El volumen de un cilindro hueco se determina mediante la ecuación<sup>32</sup> siguiente

$$V_{hue} = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)h \quad (2.22)$$

Observando la Figura 2-8 ( $V_{hue} = 2V_{m_e}$ ) despejando el diámetro  $D$  de la ecuación (2.22) y teniendo como dato el diámetro del eje ( $d_{eje} = 30[mm]$ ).

$$D_{m_e} = \sqrt{\frac{8V_{m_e}}{\pi h} + d^2}$$

Reemplazando valores numéricos se tiene:

$$D_{m_e} = \sqrt{\frac{8(152900[mm^3])}{\pi \cdot 70[mm]} + (30[mm])^2}$$

$$D_{m_e} = 80.39[mm]$$

<sup>32</sup> LORENZO. Formulario de Física UMSA-FI

Finalmente, Mediante la siguiente relación matemática se determina la excentricidad

$$e_{m_e} = \frac{D_{m_e} + d_{eje}}{4} \quad (2.23)$$

Reemplazando datos en la ecuación (2.28), se obtiene las dimensiones finales de la masa excéntrica (Tabla 2-8)

$$e_{m_e} = \frac{80,39[mm] + 30[mm]}{4}$$

$$e_{m_e} = 27,60[mm]$$

**Tabla 2-8.** Dimensiones de “ $m_e$ ”

DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA
GEOMETRÍA	SEMI-CILINDRO HUECO
MASA EXCÉNTRICA ( $m_e$ )	1,20[kg]
EXCENTRICIDAD ( $e_{m_e}$ )	27,2[mm]
ALTURA ( $L_{m_e}$ )	70[mm]
DIÁMETRO EXT. ( $D_{m_e}$ )	80,4[mm]
DIÁMETRO INT. ( $d_{m_e}$ )	30[mm]

**Fuente:** Elaboración propia

#### 2.4.2.1.2 Dimensionamiento de Poleas y Banda.

Los parámetros a tener en cuenta para la selección de banda y dimensionamiento de las poleas se muestran en la Tabla 2-9.

**Tabla 2-9.** Parámetros para dimensionamiento de banda

DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA
POTENCIA DE DISEÑO	0,33[hp]
DISTANCIA ENTRE CENTROS	300[mm]
RPM MOTOR	1450[rpm]
RPM DEL EJE EXCÉNTRICA	1440[mm]

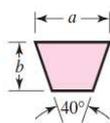
**Fuente:** Elaboración propia

Se decide utilizar una banda trapezoidal en “V”, debido a que por su forma permite un buen acoplamiento con la polea, con lo que disminuye el deslizamiento que se puede ocasionar debido a las vibraciones de la máquina. Las dimensiones, diámetros mínimos de la polea y el intervalo de potencia de cada una de las secciones designadas con letra se enlistan en la Tabla 2-10.

**Tabla 2-10.** Secciones de bandas en “V” estándar

Sección de la banda	Ancho <i>a</i> , pulg	Espesor <i>b</i> , pulg	Diámetro mínimo de polea, pulg	Intervalo de potencias (hp), una o más bandas
A	$\frac{1}{2}$	$\frac{11}{32}$	3.0	$\frac{1}{4}$ 10
B	$\frac{21}{32}$	$\frac{7}{16}$	5.4	1-25
C	$\frac{7}{8}$	$\frac{17}{32}$	9.0	15-100
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	13.0	50-250
E	$1\frac{1}{2}$	1	21.6	100 y mayores

Secciones de bandas en V estándar



**Fuente:** SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, 879

Según la potencia del motor (0,34[hp]) en la Tabla 2-11, la sección de la banda es de tipo **A**, cuyas dimensiones se resume en la Tabla 2-12.

**Tabla 2-11.** Dimensiones de banda

DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA
BANDA	SECCION "A"
ANCHO ( $a$ )	12,7[mm]
ESPESOR ( $b$ )	8,73[mm]
DIÁMETRO MÍNIMO POLEA ( $d_p$ )	76,2[mm]

**Fuente:** Elaboración propia

La relación de transmisión se puede calcular mediante la siguiente ecuación<sup>33</sup>:

$$i = \frac{n_d}{n_D} = \frac{D_p}{d_p} \quad (2.24)$$

Donde:

$i$ : Relación de velocidades, relación de diámetros

$n_D$ : Numero de revoluciones del eje excéntrico [RPM]

$n_d$ : Numero de revoluciones del motor [RPM]

$D_p$ : Diámetro de paso polea inducida [mm]

$d_p$ : Diámetro de paso polea motriz [mm]

De la Tabla 2-10 se tiene que el diámetro  $d_p$  mínimo que debe tener la polea, para la sección de la correa tipo **A** es

$$d_p = 76,2[mm]$$

Reemplazando los valores numéricos se tiene:

$$i = \frac{1450[RPM]}{1440[RPM]}$$

$$i = 1,007$$

Entonces despejando  $D_p$  de la ecuación (2.24) y reemplazando datos se tiene

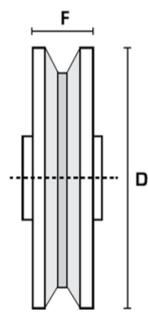
<sup>33</sup> ROBERT L. MOTT Diseño de Elementos de Máquina 4ta Edición pág. 270

$$D_p = i \cdot d_p$$

$$D_p = 1.007 \cdot 76,2 \text{ [mm]}$$

$$D_p = 76,73 \text{ [mm]}$$

**Tabla 2-12.** Ancho estándar (F) de poleas en V [mm]



		Número de Canales											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Perfil de la correa	A	19.0	34.9	50.8	66.7	82.5	98.4	114.3	130.2	146.0	161.9	177.8	193.7
	B	25.4	44.4	63.5	82.5	101.6	120.6	139.7	158.7	177.8	196.8	215.9	234.9
	C	34.9	60.3	85.7	111.1	136.5	161.9	187.3	212.7	238.1	263.5	288.9	314.3
	D	44.4	80.9	117.5	154.0	190.5	227.0	263.5	300.0	336.5	373.0	409.6	446.1
	3V	17.5	27.8	38.1	48.4	58.7	69.0	79.4	89.7	100.0	110.3	120.6	130.9
	5V	25.4	42.9	60.3	77.8	95.2	112.7	130.2	147.6	165.1	182.6	200.0	217.5
	8V	38.1	66.7	95.2	123.8	152.4	181.0	209.5	238.1	266.7	295.3	323.8	352.4

**Fuente:** Catalogo de INTERMEC S.A.

Cálculo de la longitud de la correa mediante la ecuación<sup>34</sup> siguiente:

$$L_p = 2C + \frac{\pi(D_p + d_p)}{2} + \frac{(D_p + d_p)^2}{4C} \quad (2.25)$$

Donde:

$L_p$ : Longitud de paso de la banda [mm]

$C$ : Distancia entre centro de las poleas [mm]

Reemplazando datos se tiene

$$L_p = 2 \cdot 300 \text{ [mm]} + \frac{\pi(76,73 \text{ [mm]} + 76,20 \text{ [mm]})}{2} + \frac{(76,73 \text{ [mm]} + 76,20 \text{ [mm]})^2}{4 \cdot 300 \text{ [mm]}}$$

$$L_p = 859,7 \text{ [mm]}$$

Para especificar una banda en **V**, se proporciona la letra de sección de la banda, seguido por la circunferencia interior en pulgadas (las circunferencias estándar se proporcionan en la Tabla 2-13 (ANEXO A))

<sup>34</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, 882.

**Tabla 2-13.** Dimensiones de conversión de longitud

Sección de la banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

**Fuente:** SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 879

Con frecuencia, los cálculos implicados en la longitud de la banda se basan en la longitud de paso, La correa es tipo **A** debido a la potencia del motor, según la Tabla 2-14, por tanto, de acuerdo a la Tabla 2-14 se debe restar 1.3 para obtener la longitud estándar de la banda o correa en **V**.

Entonces para estandarizar la correa se utiliza la siguiente relación<sup>35</sup>:

$$L_i = L_p - 1,3[in] \quad (2.26)$$

Donde:

$L_i$ : Longitud interior de la banda [mm]

Reemplazando valores numéricos se tiene:

$$L_i = 33,8[in] - 1,3[in]$$

$$L_i = 32,5[in]$$

**Tabla 2-14.** Dimensiones de conversión de longitud

Sección	Circunferencia, pulg
A	26, 31, 33, 35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 75, 78, 80, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128
B	35, 38, 42, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 60, 62, 64, 65, 66, 68, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 85, 90, 93, 97, 100, 103, 105, 112, 120, 128, 131, 136, 144, 158, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300
C	51, 60, 68, 75, 81, 85, 90, 96, 105, 112, 120, 128, 136, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420
D	120, 128, 144, 158, 162, 173, 180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660
E	180, 195, 210, 240, 270, 300, 330, 360, 390, 420, 480, 540, 600, 660

**Fuente:** SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 879

<sup>35</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, 879

De la Tabla 2-14 y con el valor hallado debe ser estandarizada la longitud de la correa, obteniendo una pieza comercial con referencia **A33**.

#### 2.4.2.1.3 Diseño de Eje.

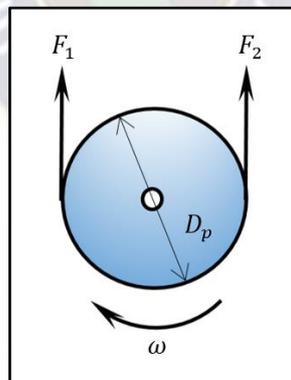
Se utilizarán las ecuaciones de diseño estático para hallar las fuerzas que actúan sobre el sistema y los esfuerzos provocados por las cargas, posteriormente se utilizará la ecuación con el método ASME, para hallar el diámetro permitido del eje, teniendo en cuenta un análisis por fatiga.

- **Diseño Estático.**

El eje de la máquina compactadora, transmite una potencia de 256,2[W] a una velocidad de 1440[RPM] y está apoyado en dos rodamientos de bolas A y B. La potencia es suministrada mediante un accionamiento de polea de una ranura y correa en "V", el diámetro de la polea es de 76,73 [mm] y el eje es de acero SAE 1020.

En la Figura 2-10 se muestra el diagrama de cuerpo libre de la polea mayor o inducida.

**Figura 2-10.** Diagrama de cuerpo libre polea inducida



**Fuente:** Elaboración propia

Para determinar las fuerzas en las poleas, se realizan cálculos de la ecuación (2.8) se determina el torque:

$$P_{m_e} = T_{m_e} \cdot \omega_e$$
$$T_{m_e} = \frac{256,2[W]}{150,8[rad/s]}$$

$$T_{m_e} = 1,699[Nm]$$

Mediante la siguiente ecuación se determina la diferencia de fuerzas ( $F_1 - F_2$ )

$$T_{m_e} = (F_1 - F_2) \cdot D_p \quad (2.27)$$

Despejando y reemplazando valores numéricos

$$(F_1 - F_2) = \frac{T_{m_e}}{D_p}$$
$$(F_1 - F_2) = \frac{1,699[Nm]}{76,73 [mm]} \cdot \frac{1000[mm]}{1[m]}$$
$$(F_1 - F_2) = 22,14 \quad (2.28)$$

Una banda en "V" tiene tensión en ambos lados, y la razón entre la fuerza del lado tirante y en el lado flojo, la relación de fuerzas es 5 caso normal<sup>36</sup>.

Entonces se tiene

$$\frac{F_1}{F_2} = 5 \quad (2.29)$$

$$F_1 = 5F_2$$

Reemplazando en la ecuación (2.28) se tiene:

$$(5F_2 - F_2) = 22,14[N]$$

$$F_2 = \frac{22,14[N]}{4}$$

$$F_2 = 5,536[N]$$

$$F_1 = 5(5,536[N])$$

$$F_1 = 27,68[N]$$

La fuerza  $F_e$  producida por la masa excéntrica que actúa sobre el eje, se calcula con la ecuación<sup>37</sup>:

$$F_e = m_e \cdot e_{m_e} \cdot \omega_e^2 \quad (2.30)$$

<sup>36</sup> Diseño de Máquinas de Robert. L. Norton, 4ta Edición, Diseño de eje, pág. 539

<sup>37</sup> <http://azimadli.com/vibman-spanish/calcularlafuerzadedesbalanceo.htm>

$$F_e = 1,375[kg] \cdot 0,02882[m] \cdot (150,8[rad/s])^2$$

$$F_e = 901,2[N]$$

y el peso de la masa excéntrica  $W_{m_e}$ , de determina mediante la ecuación<sup>38</sup>:

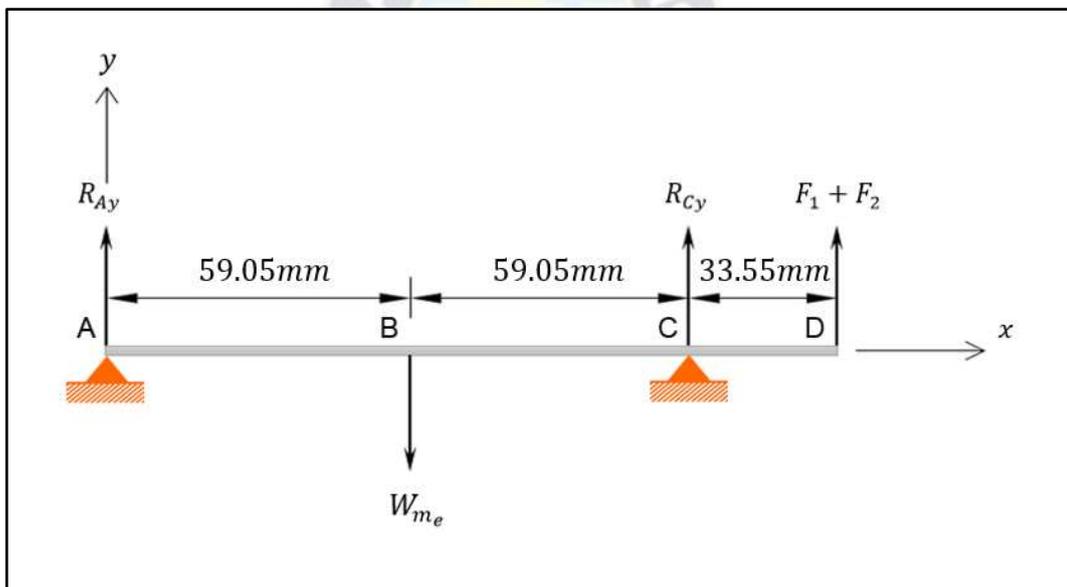
$$W_{m_e} = m_e \cdot g$$

$$W_{m_e} = 1,375[kg] \cdot 9,775[m/s^2]$$

$$W_{m_e} = 13,44[N]$$

Una vez calculada las fuerzas en la polea y las generadas por la masa excéntrica, se procede a calcular las reacciones de la Figura 2-11 y Figura 2-12.

**Figura 2-11.** Diagrama de cuerpo libre del eje



**Fuente:** Elaboración propia

En el plano  $xy$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} - W_{m_e} + R_{Cy} + (F_1 + F_2) = 0$$

$$R_{Ay} = W_{m_e} - R_{Cy} - (F_1 + F_2)$$

$$R_{Ay} = 13,44[N] - R_{Cy} - (27,68[N] + 5,536[N])$$

<sup>38</sup> LORENZO. Formulario de Física UMSA-FI

$$R_{Ay} = -19,78[N] - R_{Cy} \quad (2.31)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{Cy} \cdot (0,1181[m]) - W_{m_e} \cdot (0,05905[m]) + (F_1 + F_2) \cdot (0,1516[m]) = 0$$

$$R_{Cy} = \frac{(13,44[N]) \cdot (0,05905[m]) - (27,68[N] + 5,536[N]) \cdot (0,1516[m])}{(0,1181[m])}$$

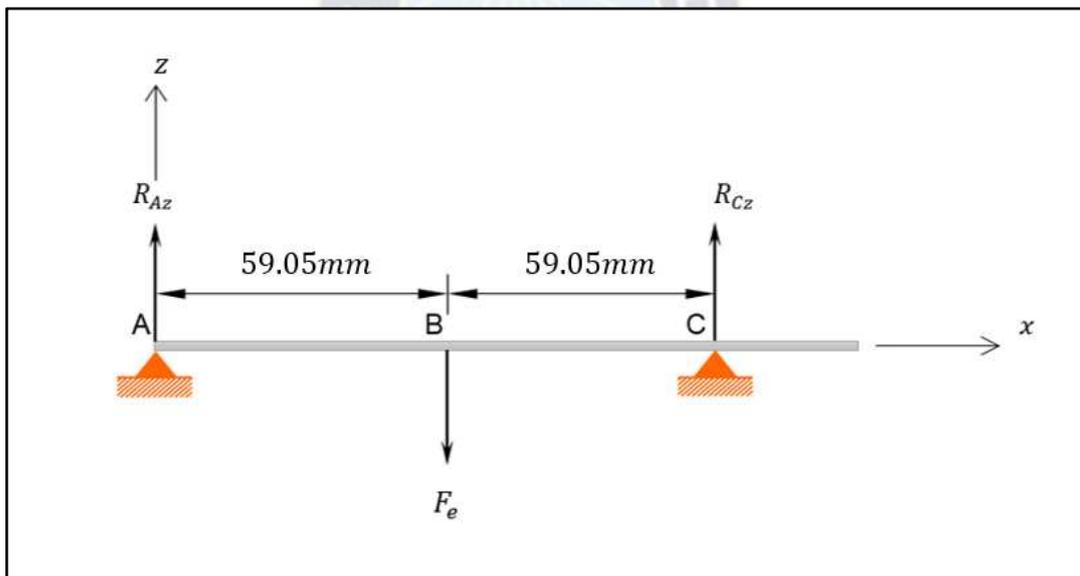
$$R_{Cy} = -35,92[N]$$

Reemplazando en la ecuación (2.31), se tiene:

$$R_{Ay} = -19,78[N] + 35,92[N]$$

$$R_{Ay} = 16,14[N]$$

**Figura 2-12.** Diagrama de cuerpo libre del eje



Fuente: Elaboración propia

En el plano  $xz$

$$\sum F_z = 0$$

$$-F_e + R_{Az} + R_{Cz} = 0$$

$$R_{Az} = 901,2[N] - R_{Cz} \quad (2.32)$$

$$\sum M_z = 0$$

$$R_{Cz} \cdot (0,1181[m]) - F_e \cdot (0,05905[m]) = 0$$

$$R_{Cz} = \frac{(901,2[N]) \cdot (0,05905[m])}{0,1181[m]}$$

$$R_{Cz} = 450,6[N]$$

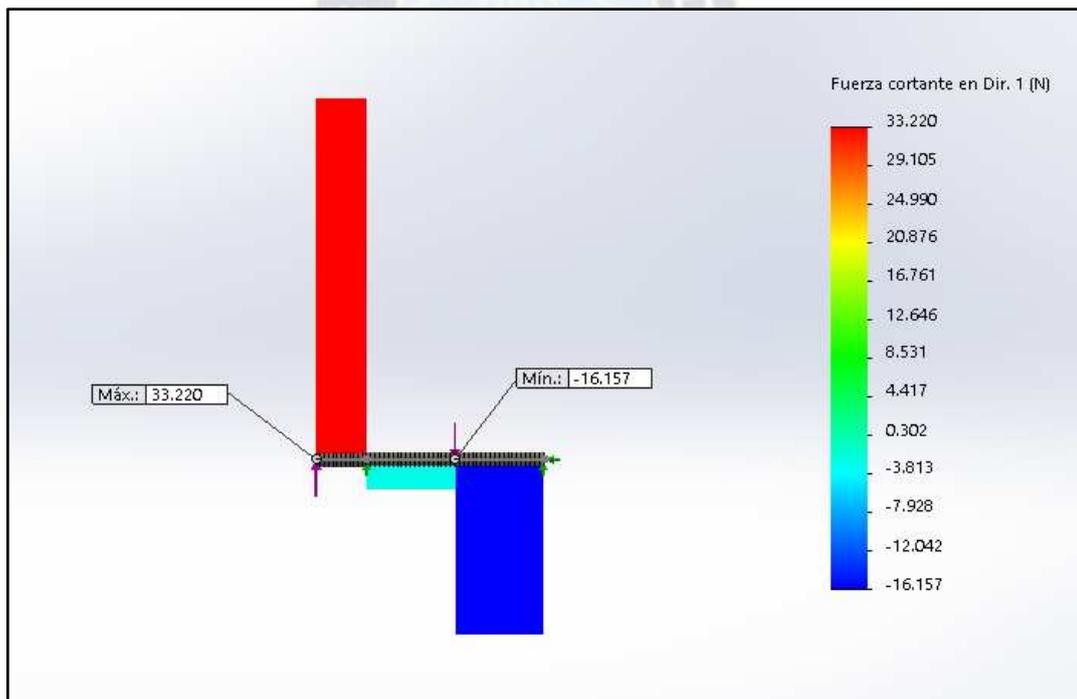
Reemplazando en la ecuación (2.32), se tiene:

$$R_{Az} = 901,2[N] - 450,6[N]$$

$$R_{Az} = 450,6[N]$$

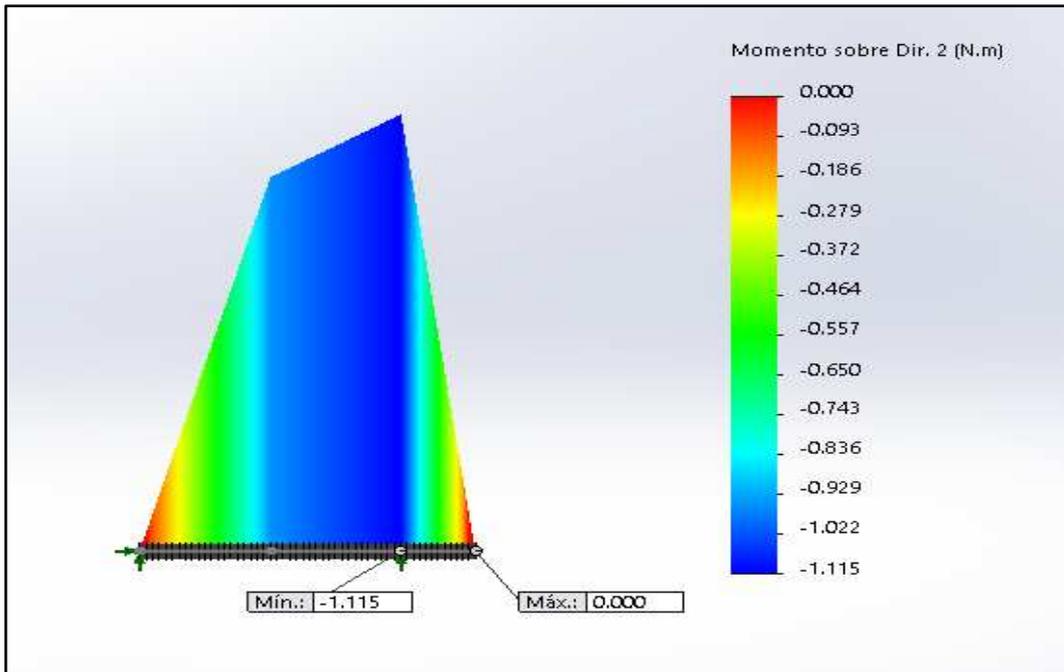
Con los resultados obtenidos se procede obtener diagramas de fuerza cortante y momento flector en SOLIDWORKS. Los valores máximos y mínimos se muestran en la Tabla 2-15, y en las Figuras 2-13, 2-14, 2-15, 2-16 se muestran los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector.

**Figura 2-13.** Diagrama de esfuerzo cortante en “y”



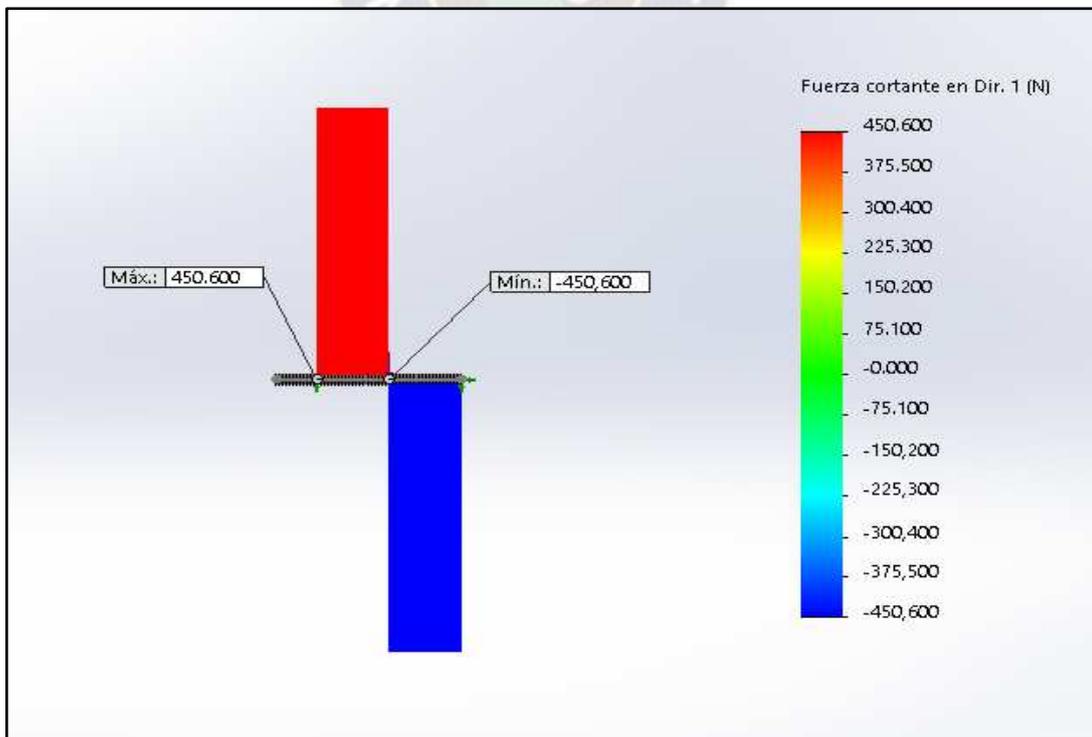
**Fuente:** Elaboración propia

Figura 2-14. Diagrama de momento flector en "xy"



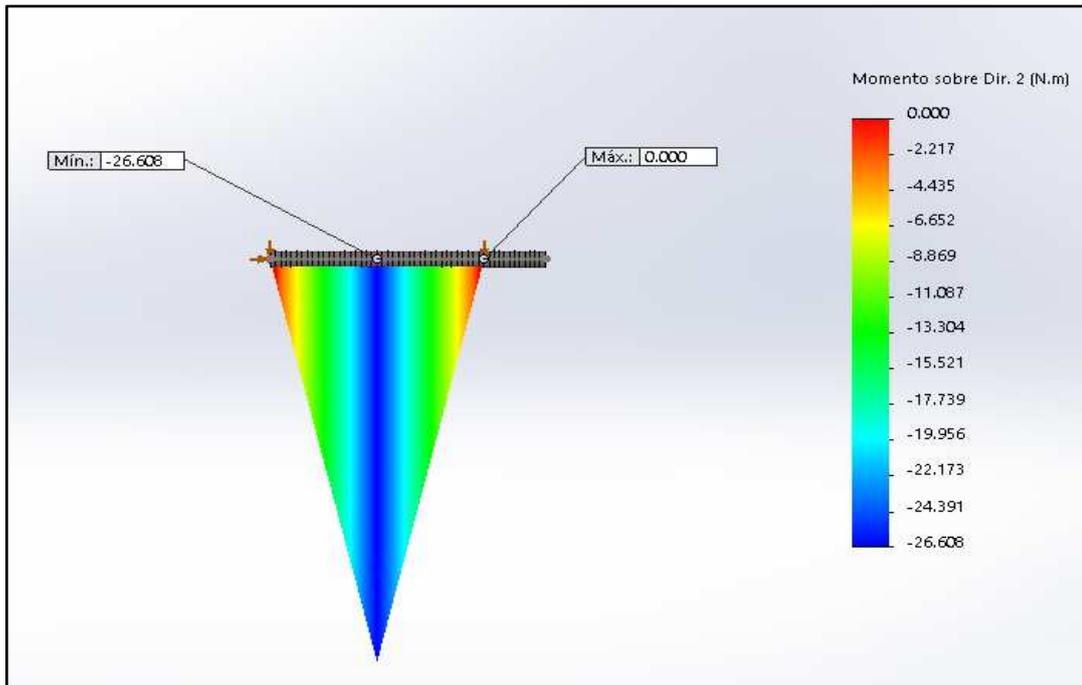
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-15. Diagrama de esfuerzo cortante en "z"



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-16. Diagrama de momento flector en "xz"



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-15. Fuerzas cortantes y momentos flectores

FUERZAS CORTANTES	MOMENTOS FLECTORES
$V_{yMAX} = 33,2[N]$	$M_{yMAX} = 0,00[Nm]$
$V_{yMIN} = -16,2[N]$	$M_{yMIN} = -1,12[Nm]$
$V_{zMAX} = 450,6[N]$	$M_{zMAX} = 0,00[Nm]$
$V_{zMIN} = -450,6[N]$	$M_{zMIN} = -26,6[Nm]$

Fuente: Elaboración propia

- **Diseño por Fatiga.**

Para construir el eje de la máquina se utilizará acero al carbono referencia SAE 1020 laminado en frío, el cual tiene las siguientes características (Tabla 2-16).

**Tabla 2-16.** Acero SAE 1020

DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA
LIMITE DE FLUENCIA ( $S_y$ )	393[MPa]
RESISTENCIA ULTIMA ( $S_u$ )	469[MPa]

**Fuente:** Elaboración propia

Para calcular la resistencia a la fatiga se determina mediante la ecuación<sup>39</sup>:

$$S'_e = 0,5 \cdot (S_u) \quad (2.33)$$

Entonces

$$S'_e = 0,5 \cdot (469[MPa])$$

$$S'_e = 234,5[MPa]$$

Para reducir la resistencia a la fatiga se aplican los siguientes factores<sup>40</sup>:

$$S_e = S'_e \cdot k_{carga} \cdot k_{tamaño} \cdot k_{superficie} \cdot k_{temperatura} \cdot k_{confiabilidad} \quad (2.34)$$

Se determina los siguientes factores

$$k_{carga} = 1 \text{ La carga es a flexión y torsión}$$

$$k_{tamaño} = 1,189d_e^{-0.097} = 0,87 \text{ (Asumiendo } d_e = 25[mm])$$

$$k_{superficie} = 0,79 \text{ Es una pieza mecanizada}$$

$$k_{temperatura} = 1 \text{ Para temperatura } \leq 450[^\circ\text{C}]$$

$$k_{confiabilidad} = 1 \text{ Suponiendo una confiabilidad de } 50[\%]$$

Reemplazando datos en la ecuación (2.34) se tiene:

$$S_e = 234,5[MPa] \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,79 \cdot 1 \cdot 1$$

$$S_e = 161,2[MPa]$$

Para hallar el valor del factor de concentración de esfuerzos por fatiga, para vida infinita se utiliza la siguiente ecuación<sup>41</sup>:

<sup>39</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 274

<sup>40</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 279

<sup>41</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 287

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \quad (2.35)$$

Donde:

$q$ : Índice de sensibilidad a la entalla

$k_t$ : Factor de concentración de esfuerzos en discontinuidades

En el punto  $B$  que es dónde se encuentra el  $M_{max}$ , no existe discontinuidad, entonces ahí  $q = 0$ , por tanto:

$$k_f = 1$$

A continuación, para hallar el diámetro mínimo requerido en el punto  $B$  según el método ASME se tiene la siguiente ecuación<sup>42</sup>:

$$d_{eje} = \left\{ \frac{32N}{\pi} \left[ \left( k_f \frac{M}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (2.36)$$

Reemplazando los valores numéricos se tiene

$$d_{eje} = \left\{ \frac{32(1,5)}{\pi} \left[ \left( 1 \cdot \frac{26,61[Nm]}{161,2 \times 10^6[Pa]} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{450,60[N]}{393 \times 10^6[Pa]} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{eje} = 0,02487[m]$$

$$d_{eje} = 24,87[mm]$$

Estandarizando el diámetro del eje se tiene:

$$d_{eje} = 25[mm]^{43}$$

Cuya masa del eje calculada es:

$$m_{eje} = 0,749[kg]$$

<sup>42</sup> ROBERT L. MOTT Diseño de Elementos de Máquina 4ta Edición pág. 548

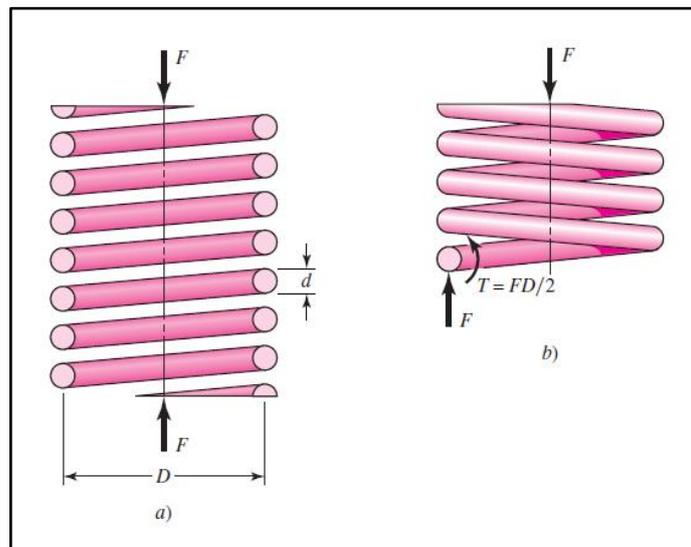
<sup>43</sup> Con este valor se vuelve a calcular los valores asumidos

#### 2.4.2.1.4 Dimensionamiento de Resortes

##### ▪ Cálculos de Resortes Helicoidales

El cálculo de los resortes helicoidales se basa en la suposición que la carga está dirigida a lo largo del eje del resorte. Las únicas cargas a ser consideradas sobre cualquier sección del resorte son: la carga  $F$  que produce flexión y el momento torsor  $T$  que la gira (Figura 2-17).

Figura 2-17. Resorte helicoidal



**Fuente:** SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 500

Las fibras internas del resorte son las más esforzadas, puesto que allí se suman los esfuerzos provocados por la carga  $F$  y los del momento  $T$ .

El esfuerzo cortante en el resorte se determina mediante la siguiente ecuación<sup>44</sup>:

$$\tau = \frac{8 \cdot P \cdot D}{\pi d^3} \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot C \right) \quad (2.37)$$

Donde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante

$P$ : Fuerza sobre resorte

$D$ : Diámetro medio del resorte

$d$ : Diámetro del alambre

<sup>44</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 501

$C_i$ : Índice del resorte ( $C = D/d$ )

▪ **Características de los Resortes**

En la Tabla 2-17 se muestra las características del resorte.

**Tabla 2-17.** Características de los resortes

DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA
MATERIAL	ASTM 227
EXTREMOS DEL RESORTE	Rebajados a escuadra
FACTOR DE SEGURIDAD	$1,2 < F_s > 2.5$
LONGITUD MAXIMA	$L < 4D$

**Fuente:** Elaboración propia

Se selecciona el diámetro del alambre “ $d$ ” (Tabla 2-18), teniendo en cuenta que cumpla con las características requeridas. Los extremos del resorte se requieren rebajados a escuadra ya que estos aseguran una mejor estabilidad y mejora la transferencia de carga hacia el resorte. La longitud máxima está en función del diámetro del resorte, evitando llegar a las condiciones de pandeo.

**Tabla 2-18.** Diámetros “ $d$ ” normalizados de alambre DIN 2097

0,1	0,2	0,6	1,4	3,5	7,5	11,5
0,1	0,3	0,6	1,6	4,0	8,0	12,0
01	0,3	0,7	1,8	4,5	8,5	13,0
0,1	0,3	0,7	2,0	5,0	9,0	14,0
0,1	0,4	0,8	2,3	5,5	9,5	16,0
0,2	0,4	0,9	2,6	6,0	10,0	

**Fuente:** Norton, Robert L., Diseño de Maquinas

Para el cálculo del resorte se parte de establecer valores de:

$D$ : Diámetro del resorte entre las fibras neutras.

$p$ : Paso de las espiras.

Luego tomando valores para el diámetro del alambre, de acuerdo con valores normalizados, se llega a determinar  $C$ .

$$C = \frac{D}{d} \quad (2.38)$$

Donde:

$D$ : Diámetro medio del resorte [ $mm$ ]

$d$ : Diámetro del alambre [ $mm$ ]

De esta manera se calcula el factor de multiplicación del esfuerzo cortante<sup>45</sup>:

$$K_s = 1 + \frac{1}{2C} \quad (2.39)$$

Ahora se determina la carga máxima a la que el resorte puede estar sometido, mediante la ecuación<sup>46</sup>:

$$P_{max} = \frac{\tau_{max} \cdot \pi \cdot d^3}{8 \cdot D \cdot K_s} \quad (2.40)$$

Donde:

$P_{max}$ : Carga axial máxima [ $N$ ]

$\tau_{max}$ : Esfuerzo cortante máximo [ $N$ ]

$D$ : Diámetro medio del resorte [ $mm$ ]

$d$ : Diámetro del alambre [ $mm$ ]

$K_s$ : Factor de multiplicación del esfuerzo cortante

Para establecer el valor de  $\tau_{max}$  es necesario determinar el valor de la resistencia última ( $S_{ut}$ )<sup>47</sup>

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad (2.41)$$

Donde:

$S_{ut}$ : Resistencia última a la tensión [ $MPa$ ]

$A$ : Constante [ $MPa$ ]

<sup>45</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 501

<sup>46</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 501

<sup>47</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 505

$d$ : Diámetro del alambre [mm]

$m$ : Constante

Estos valores se toman de la Tabla 2-19, escogiendo como material un alambre estirado duro.

**Tabla 2-19.** Constantes A y m de  $S_{ut} = A/d^m$  par estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes.

Material	ASTM núm.	Exponente $m$	Diámetro, pulg	A, kpsi · pulg <sup>m</sup>	Diámetro, mm	A, MPa · mm <sup>m</sup>	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite†	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro‡	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio§	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo silicio	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302#	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado**	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

**Fuente:** SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 507

En la Tabla 2-20 se muestra los valores de los parámetros para determinar resistencia última.

**Tabla 2-20.** Parámetros para determinar resistencia última

PARÁMETRO	VALOR
A	1750 [MPa]
d	0,7 – 12 [mm]
m	0,19

**Fuente:** Elaboración propia

Una relación aproximada entre la resistencia de fluencia y la resistencia última a la tensión está dada por la siguiente ecuación<sup>48</sup>:

<sup>48</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 274

$$S_y = 0,75 \cdot S_{ut} \quad (2.42)$$

Donde:

$S_y$ : Resistencia a fluencia [MPa]

Utilizando la teoría de la distorsión es posible estimar la resistencia de fluencia a la torsión.

$$S_{sy} = 0,577 \cdot S_y \quad (2.43)$$

Donde:

$S_{sy}$ : Resistencia de fluencia a la torsión [MPa]

De la fórmula<sup>49</sup> de la deflexión de un resorte se tiene que:

$$y = \frac{P_{max}}{k} \quad (2.44)$$

Donde:

$y$ : Deflexión del resorte [mm]

$P_{max}$ : Carga axial máxima [N]

$k$ : Constante del resorte [N/m]

De la fórmula<sup>50</sup> de la constante del resorte es:

$$k = \frac{d \cdot G}{8 \cdot D^3 \cdot N} \quad (2.45)$$

Donde:

$k$ : Constante del resorte

$d$ : Diámetro del alambre [mm]

$D$ : Diámetro del resorte [mm]

$G$ : Módulo de Rigidez (79300[MPa])

$N$ : Numero de vueltas

Igualando las ecuaciones (2.40) y (2.44) y despejando ( $y/N$ ) se obtiene

<sup>49</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 502

<sup>50</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 502

$$\frac{y}{N} = \frac{8 \cdot P_{max} \cdot D^3}{d^4 \cdot G} \quad (2.46)$$

Para determinar  $k \cdot N$  se utiliza la siguiente ecuación

$$k \cdot N = \frac{P_{max}}{\frac{y}{N}} \quad (2.47)$$

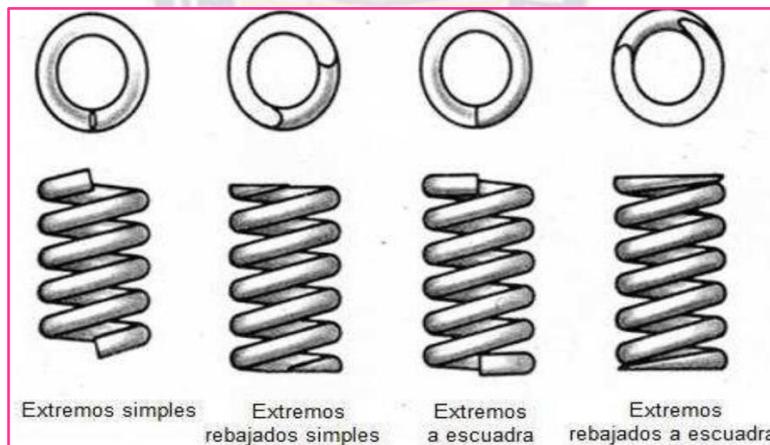
Una vez conocido este producto se encuentra el número de espiras activas  $N$  ya que  $k$  es conocido. Para la máquina compactadora se utilizan 4 resortes, por tanto  $k$  total es dividido por cuatro.

$$k_v = \frac{49}{4} = 12,25 \left[ \frac{N}{mm} \right]$$

Como los extremos del resorte (Figura 2-18), se han considerado rebajados a escuadra, el número total de espiras es

$$N_T = 2 + N \quad (2.48)$$

**Figura 2-18.** Extremos de resortes



**Fuente:** SHIGLEY, J. E., Manual de Diseño Mecánico

Entonces la longitud del resorte es<sup>51</sup>:

$$L = (N \cdot p) + 2d \quad (2.49)$$

Donde:

$L$ : Longitud libre del resorte [mm]

<sup>51</sup> SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, pág. 503

$N$ : Numero de espiras activas

$P$ : Paso del resorte [ $mm$ ]

$d$ : Diámetro del alambre [ $mm$ ]

Con estas ecuaciones se procede a determinar la Tabla 2-21, en la que se iteran los valores conocidos, de diámetro  $D$  y paso  $p$  y así determinar las demás dimensiones del resorte, de manera que no sobrepase el valor admisible del esfuerzo cortante y que su longitud no sea mayor a la de pandeo.



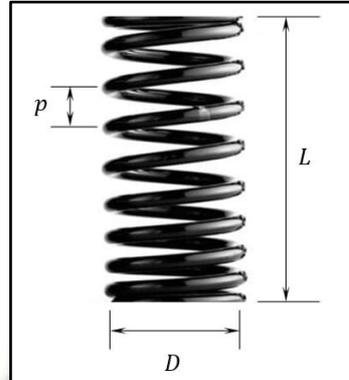
**Tabla 2-21.** Iteración de diferentes valores de diámetro del resorte

$d$ [mm]	$C$	$k$	$S_{ut}$ [MPa]	$S_y$ [MPa]	$S_{sy}$ [MPa]	$P_{max}$ [N]	$y/N$ [mm]	$k \cdot N$ [N/mm]	$N$	$N_t$	$L$ [mm]
3	10	1,050	1417	1063	613,3	206,4	6,942	29,74	2,428	4,428	25,42
3,5	8,6	1,058	1376	1032	595,4	315,7	5,731	55,09	4,497	6,497	42,98
4	7,5	1,067	1341	1006	580,3	455,8	4,850	93,99	7,672	9,672	69,38
4,5	6,7	1,075	1311	983,3	567,4	629,5	4,182	150,5	12,29	14,29	107,3
5	6	1,083	1285	963,6	556,0	839,8	3,660	229,5	18,73	20,73	159,8
5,5	5,5	1,092	1262	946,1	545,9	1089	3,242	335,9	27,42	29,42	230,4
6	5	1,100	1241	930,4	536,9	1380	2,900	475,8	38,84	40,84	322,7
6,5	4,6	1,108	1222	916,3	528,7	1715	2,617	655,3	53,50	55,50	441,0
7	4,3	1,117	1204	903,3	521,2	2096	2,377	881,5	71,96	73,96	589,7
7,5	4	1,125	1189	891,4	514,4	2525	2,174	1162	94,83	96,83	773,6
8	3,8	1,133	1174	880,4	508,0	3004	1,998	1504	122,8	124,8	998,0
8,5	3,5	1,142	1160	870,3	502,1	3536	1,845	1916	156,4	158,4	1269
9	3,3	1,150	1148	860,8	496,7	4121	1,711	2409	196,6	198,6	1591
9,5	3,2	1,158	1136	851,9	491,5	4762	1,593	2990	244,1	246,1	1972
10	3	1,167	1125	843,5	486,7	5461	1,487	3671	299,7	301,7	2418
11	2,7	1,183	1104	828,2	477,9	7036	1,309	5375	438,8	440,8	3532
12	2,5	1,200	1086	814,5	470,0	8859	1,164	7613	621,4	623,4	4996

Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones del resorte seleccionado se muestran en la Figura 2-19 y la Tabla 2-22, el material de fabricación se muestra en el ANEXO A.

**Figura 2-19.** Dimensiones del resorte



**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 2-22.** Dimensiones del resorte

MAGNITUD	VALOR
$d$	4,5[mm]
$D$	30[mm]
$p$	8[mm]
$L$	107[mm]
$N_T$	104[mm]

**Fuente:** Elaboración propia

▪ **Análisis de Pandeo**

En un resorte sometido a compresión se puede presentar pandeo, cuando la longitud libre del resorte es mayor a 4 veces el diámetro medio del resorte<sup>52</sup>.

$$L > 4D \tag{2.50}$$

Para el presente caso se tiene

$$107,3[mm] < 4 \cdot 30[mm] = 120[mm]$$

Por tanto, el resorte no presenta pandeo.

<sup>52</sup> ROBERT L. MOTT Diseño de Elementos de Máquina 4ta Edición pág. 748

#### 2.4.2.1.4 Selección de Rodamientos y Chumaceras

Para realizar estos cálculos se usará el procedimiento de selección recomendado en catalogo NSK, teniendo en cuenta los valores de referencia:

$$n_d = 1440[RPM]$$

$$F_{radial\ max} = 450,6[N]$$

Los rodamientos radiales con frecuencia están sometidos a cargas radiales y axiales simultáneamente. Si la carga resultante es constante en magnitud y dirección, la carga dinámica equivalente  $P$  se calcula con la ecuación siguiente<sup>53</sup>:

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad (2.51)$$

Donde:

$P$ : Carga dinámica equivalente [ $kN$ ]

$F_r$ : Carga radial real del rodamiento [ $kN$ ]

$F_a$ : Carga axial real del rodamiento [ $kN$ ]

$X$ : Factor de carga radial del rodamiento

$Y$ : Factor de carga axial del rodamiento

Sabiendo que la carga axial en el eje, es igual a cero, por tanto, la ecuación queda

$$P = X \cdot F_r \quad (2.52)$$

El factor de carga  $X$  se puede determinar de la Tabla 2-23, Reemplazando en la ecuación (2.52)

$$P = 1 \cdot (450,6[N])$$

$$P = 450,6[N]$$

Una vez conocida la carga dinámica equivalente, se puede proceder a calcular, el índice básico de carga ( $C$ ) mediante la ecuación siguiente<sup>54</sup>:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n_d} \left( \frac{C}{P} \right)^3 \quad (2.53)$$

<sup>53</sup> Catálogo de rodamientos NKS Pág. A31

<sup>54</sup> Catálogo de rodamientos NKS Pág. A25

**Tabla 2-23.** Factores de carga rodamientos NSK

<b>Carga Dinámica Equivalente</b>					
$P = X F_r + Y F_a$					
$\frac{f_0 F_a}{C_{0r}}$	$e$	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		$X$	$Y$	$X$	$Y$
0.172	0.19	1	0	0.56	2.30
0.345	0.22	1	0	0.56	1.99
0.689	0.26	1	0	0.56	1.71
1.03	0.28	1	0	0.56	1.55
1.38	0.30	1	0	0.56	1.45
2.07	0.34	1	0	0.56	1.31
3.45	0.38	1	0	0.56	1.15
5.17	0.42	1	0	0.56	1.04
6.89	0.44	1	0	0.56	1.00

<b>Carga Estática Equivalente</b>	
$\frac{F_a}{F_r} > 0.8, P_0 = 0.6 F_r + 0.5 F_a$	
$\frac{F_a}{F_r} \leq 0.8, P_0 = F_r$	

**Fuente:** Catalogo NSK, sección B 11

Para elegir la vida útil de los rodamientos elige de tal manera que la máquina trabaja 8 [hora], para lo cual se tiene las horas de funcionamiento

$$L_h = 10000[\text{horas}]^{55}$$

Despejando el índice de carga de la ecuación (2.53), se tiene:

$$C = P \cdot \sqrt[3]{\frac{L_h \cdot 60 \cdot n_d}{10^6}}$$

$$C = 450,6[N] \cdot \sqrt[3]{\frac{10000 \cdot 60 \cdot 1440}{10^6}}$$

$$C = 4292[N]$$

La selección de rodamiento ANEXO A se selecciona el rodamiento NSK 6805, cuyas características se muestra en la Tabla 2-24.

<sup>55</sup> Catálogo de rodamientos NSK, Pág. 28

**Tabla 2-24.** Rodamiento NSK 6805

DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA
DIAMETRO INTERIOR ( $d$ )	25[mm]
INDICE DE CARGA ( $C$ )	4500[N]
VOLOCIDAD ( $rpm$ )	18000

**Fuente:** Elaboración propia

Se selecciona el soporte de fundición tipo estándar **NTN-UC205D1** ver ANEXO A.

### 2.4.2.2 Estructural.

#### 2.4.2.2.1 Diseño de Zapata.

Geoméricamente la zapata tiene la forma de una corona circular, cuyo ancho " $p_z$ " se calcula mediante la relación siguiente<sup>56</sup>:

$$p_z = c - 2l \quad (2.54)$$

Donde:

$p_z$ : Ancho de la corona circular zapata [mm]

$c$ : Ancho del cilindro hueco [mm]

$l$ : Tolerancia para movimiento libre [mm]

El valor de " $c$ " se determina con las dimensiones de la cámara cilíndrica vertical como sigue:

$$c = \frac{D_{IC} - d_{ci}}{2}$$

$$c = \frac{798,4[mm] - 232[mm]}{2}$$

$$c = 283,2[mm]$$

De las cuatro clases de tolerancias generales para dimensiones lineales (fino, media, grosera y muy grosera) se adopta la tolerancia muy grosera 2,5[mm]<sup>57</sup> en

<sup>56</sup> Norma UNE EN 22768-1:1994 Tolerancias generales para las dimensiones lineales y angulares.

<sup>57</sup> Norma UNE EN 22768-1:1994 Tolerancias generales para las dimensiones lineales y angulares.

base a la dimensión lineal que se tiene  $120 < 283,2 < 400[mm]$  (ANEXO A), el valor anterior será triplicado debido a que la cámara de compactación se envuelve con un mantel, entonces:

$$l = 3 \cdot 2,5[mm]$$

$$l = 7,5[mm]$$

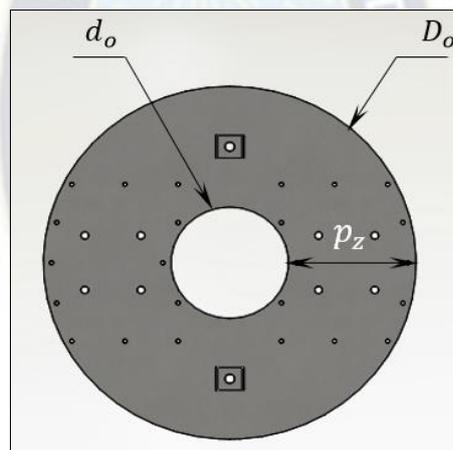
Reemplazando valores numéricos en la ecuación (2.57) se tiene

$$p_z = 283,2[mm] - 2 \cdot 7,5[mm]$$

$$p_z = 268,2[mm]$$

En la Figura 2-20, se muestra la geometría de la zapata.

**Figura 2-20.** Geometría de la zapata



**Fuente:** Elaboración propia

Determinando el peso de la zapata de material AISI 316L acero inoxidable, cuya densidad  $8027[kg/m^3]$ , de la siguiente manera:

El volumen de la zapata se calcula mediante la relación<sup>58</sup>:

$$V_z = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - d_o^2) \cdot e \quad (2.55)$$

Donde:

$V_z$ : Volumen de la zapata [ $mm^3$ ]

<sup>58</sup> LORENZO. Formulario de Física UMSA-FI

$D_o$ : Diámetro exterior de zapata [mm]

$d_o$ : Diámetro interior de zapata [mm]

$e$ : Espesor [mm] ( $e = 4$ [mm])

El diámetro exterior  $D_o$  se determina mediante la siguiente relación matemática:

$$D_o = D_{IC} - 2l \quad (2.56)$$

$$D_o = 798,4[\text{mm}] - 2 \cdot 7,5$$

$$D_o = 783,4[\text{mm}]$$

El diámetro interior  $d_o$  se determina similarmente

$$d_o = d_{ic} + 2l \quad (2.57)$$

$$d_o = 232[\text{mm}] + 2 \cdot 7,5$$

$$d_o = 247[\text{mm}]$$

Reemplazando valores numéricos en la ecuación (2.58) se tiene

$$V_z = \frac{\pi}{4} [(783,4[\text{mm}])^2 - (247[\text{mm}])^2] \cdot 4[\text{mm}]$$

$$V_z = 17,36 \times 10^5 [\text{mm}^3]$$

Cálculo de la masa de la zapata mediante la siguiente ecuación<sup>59</sup>:

$$m_z = V_z \cdot \rho \quad (2.58)$$

$$m_z = 17,36 \times 10^5 [\text{mm}^3] \cdot 80,27 \times 10^{-7} [\text{kg}/\text{mm}^3]$$

$$m_z = 13,93 [\text{kg}]$$

La simulación mediante SOLIDWORKS se encuentra en el ANEXO B.

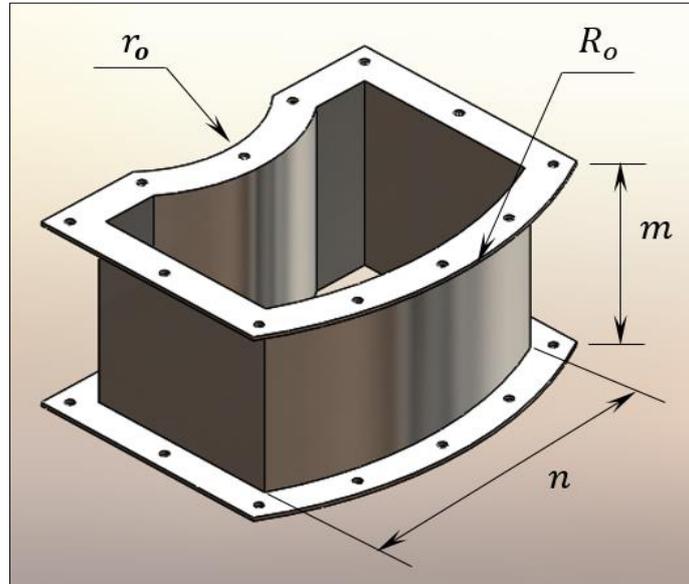
#### 2.4.2.2.2 Diseño de la Caja Protectora de Humedad.

La función principal en su diseño es proteger de la humedad a los elementos giratorios constituyentes de transmisión mecánico como ser: el eje, rodamientos, chumaceras, polea y correa.

<sup>59</sup> LORENZO. Formulario de Física UMSA-FI

En la Figura 2-21 se muestra la configuración geométrica de la caja protector de humedad.

**Figura 2-21.** Caja protectora



**Fuente:** Elaboración propia

Donde:

$m$ : Altura [mm] ( $m = 200,0$ [mm])

$n$ : Ancho [mm] ( $n = 313,89$ [mm])

$R_o$ : radio exterior [mm] ( $R_o = 391,7$ [mm])

$r_o$ : radio interior [mm] ( $r_o = 123,5$ [mm])

Se calcula el volumen de una de las cajas de protección, teniendo el área de la sección periférica

$$A_{cp} = 4727[\text{mm}^2]$$

El volumen está dado por la ecuación<sup>60</sup>:

$$V_{cp} = A_{cp} \cdot m \quad (2.59)$$

Donde:

$V_{cp}$ : Volumen de sección caja protector de humedad [mm<sup>3</sup>]

<sup>60</sup> LORENZO. Formulario de Física UMSA-FI

$A_{cp}$ : Área de sección caja protector de humedad [ $mm^2$ ]

Reemplazando datos se tiene

$$V_{cp} = 4727[mm^2] \cdot 200,0[mm]$$

$$V_{cp} = 9,454 \times 10^5[mm^3]$$

La masa correspondiente se determina con la ecuación (2.58), y reemplazando datos se tiene:

$$m_{cp} = 9,454 \times 10^5[mm^3] \cdot 80,27 \times 10^{-7}[kg/mm^3]$$

$$m_{cp} = 7,589[kg]$$

Como son dos cajas entonces

$$m_{cpt} = 15,18[kg]$$

La disposición en el montaje, la parte inferior a zapata y parte superior unida a la tapa de la caja protectora es a través de tornillos **M10**, de manera que para calcular la distancia entre agujeros, se utiliza la siguiente relación matemática<sup>61</sup>

$$P_1 \geq 2,2 \cdot d_{orificio} \quad (2.60)$$

Donde:

$P_1$ : Distancia entre centro de orificio [ $mm$ ]

$d_{orificio}$ : Diámetro del orificio [ $mm$ ]

Reemplazando valores en la ecuación (2.60) ( $d_{orificio} = d + 1[mm]$ ).

$$P_2 \geq 2,2 \cdot 11[mm]$$

$$P_2 \geq 24,2[mm]$$

La distancia al borde se determina mediante la ecuación siguiente<sup>62</sup>:

$$e_1 \geq 1,2 \cdot d_{orificio} \quad (2.61)$$

Reemplazando valores numéricos en la ecuación (2.61).

$$e_1 \geq 1,2 \cdot 11[mm]$$

<sup>61</sup> <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn32.html>

<sup>62</sup> <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn32.html>

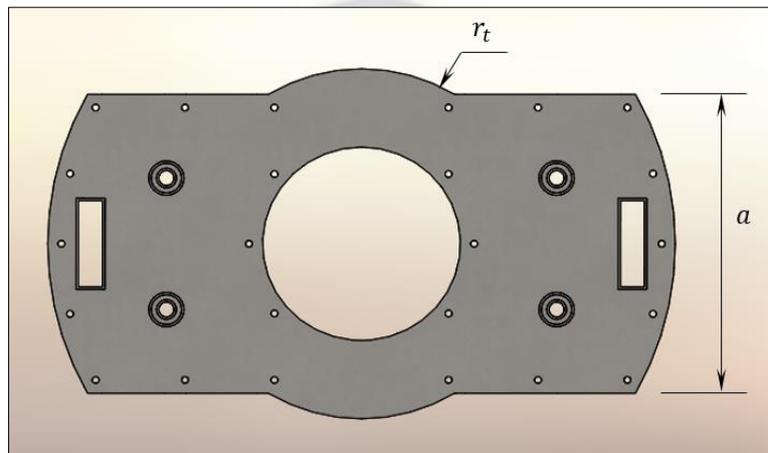
$$e_1 \geq 13,2[mm]$$

La simulación correspondiente en SOLIDWORKS se encuentra en ANEXO B.

#### 2.4.2.2.3 Diseño de la Tapa de la Caja Protectora de Humedad.

La tapa de la caja protectora de humedad es montada mediante guía con muelles en la parte superior a la base y mediante tornillos **M10** (parte inferior) a la caja protectora de humedad (Figura 2-22).

**Figura 2-22.** Tapa de la caja protectora



**Fuente:** Elaboración propia

Donde:

$r_t$ : Radio exterior de la tapa [ $mm$ ]( $m = 223,5[mm]$ )

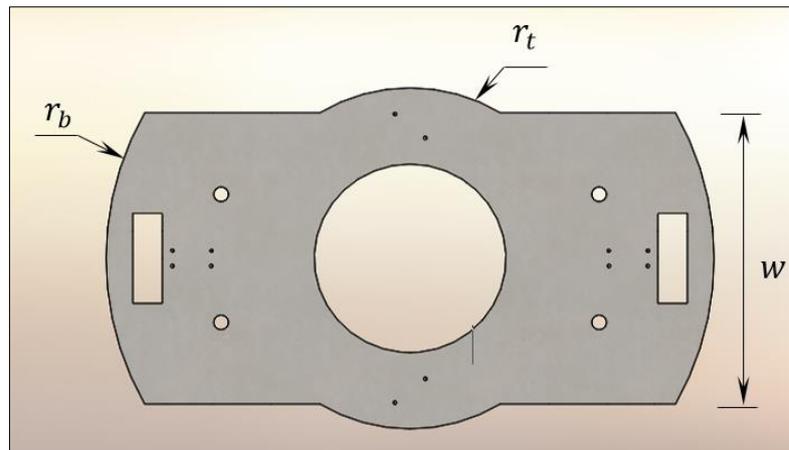
$a$ : Ancho de la tapa [ $mm$ ]( $n = 381,9[mm]$ )

La masa correspondiente es equivalente a de la base ( $m_{tcp} \cong 8,822[kg]$ ), la distancia de los orificios es calculada mediante los conceptos expuestos en el acápite 2.4.2.2.2 ( $e_1 \geq 13,2[mm]$ ).

#### 2.4.2.2.4 Diseño de Base Maciza.

Geoméricamente tiene la forma rectangular cuya longitud es limitada por el espacio libre de la cámara cilíndrica como se muestra en la Figura 2-23.

Figura 2-23. Base maciza



Fuente: Elaboración propia

Cuyas magnitudes son:

$$w = 381,9[mm] \text{ (ancho de base maciza)}$$

$$r_b = 391,7[mm] \text{ (largo de base maciza)}$$

Se tiene el área neta calculada

$$A_b = 2,748 \times 10^5[mm^2]$$

Mediante la ecuación (2.45) se determina el volumen

$$V_b = 1,952 \times 10^5[mm^2] \cdot 4[mm]$$

$$V_b = 1,099 \times 10^6[mm^3]$$

Con la ecuación (2.59) se determina la masa de la base

$$m_b = 1,099 \times 10^6[mm^3] \cdot 80,27 \times 10^{-7}[kg/mm^3]$$

$$m_b = 8,822[kg]$$

La simulación en SOLIDWORKS se encuentra en el ANEXO B.

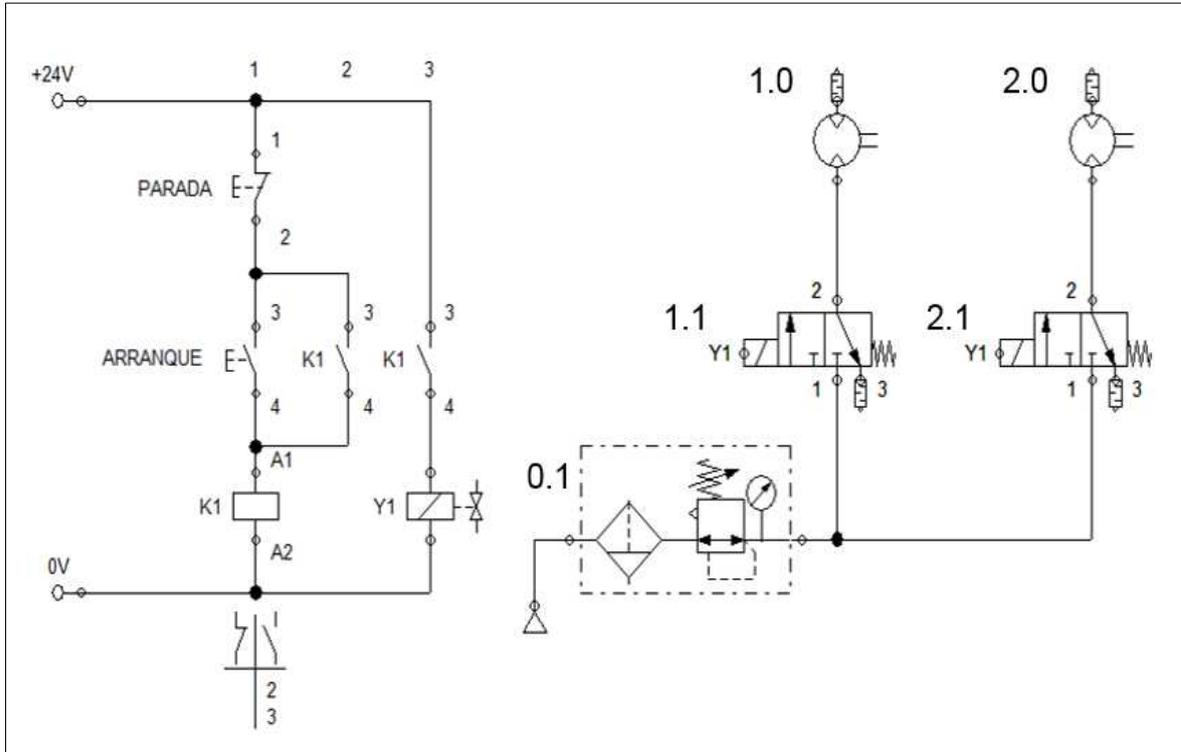
### 2.4.3 Sistema Eléctrico.

#### 2.4.3.1 Control.

En el circuito de la Figura 2-24 se muestra un diagrama, para controlar un motor neumático unidireccional (1.0). Al accionar la válvula piloto (1.2), la válvula principal (1.1) cambia su posición y el aire comprimido fluye hacia la lumbrera de admisión

del motor y éste gira. Se suspenderá la rotación del motor tan pronto como se suelte la válvula piloto y se deje escapar el aire.

**Figura 2-24.** Circuito de control y fuerza



**Fuente:** Elaboración propia (fluidSIM-P)

## 2.5 Especificación de Equipos y Componentes.

Los equipos y componentes se especifican por sistemas ya clasificadas, conjuntamente los elementos fabricados y adquiridos como sigue a continuación:

### 2.5.1 Sistema Neumático.

Los elementos y/o componentes correspondientes al sistema neumático se detallan en la Tabla 2-25.

**Tabla 2-25.** Componentes especificados del sistema Neumático

No.	DESCRIPCIÓN	ASPECTO FÍSICO	DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
1	Motor Neumático P.		0,33 hp, 1,4 Nm	Cuerpo frontal de acero inoxidable
2	Tornillo		M5 DIN 961, L=15mm	Para unir el motor neumático a la base
3	Silenciador		BSP 1/4", dB 84	Instalado en la salida del motor neumático
4	Manguera de conexión		Φ 1/4", L 2000 mm	Conexiones del circuito neumático
5	Racor de inserción		BSP 1/4"	para uniones de manguera y los equipos neumáticos
6	Racor de inserción T		BSP 1/4"	Se usa para derivar a ambos motores neumáticos
7	Unidad de mantenimiento		BSP 1/4"	Para tratamientos de aire comprimido
8	Regulador de presión		BSP 1/4"	Para protección de equipos neumáticos aguas abajo

Fuente: Elaboración propia

## 2.5.2 Sistema Mecánico.

La parte de sistema mecánico conforma la parte del subsistema de transmisión de potencia y estructural.

### 2.5.2.1 Transmisión de Potencia

Los elementos y componentes del subsistema de accionamiento mecánico se especifican en la Tabla 2-26.

**Tabla 2-26.** Componentes especificados del accionamiento mecánico

NO.	DESCRIPCIÓN	ASPECTO FÍSICO	DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
1	Chumacera (incluido rodamiento)		$H2 = 71 \text{ mm}$ $L = 140 \text{ mm}$ $N = 13 \text{ mm}$	NTN Tipo puente, alojamiento de acero fundido
2	Banda de Transmisión		"V" Tipo A	Elemento de transmisión de potencia.
3	Tornillo		M16 DIN 961, L=45mm	Para fijar chumacera a la zapata
4	Arandela		M16 DIN 125	Para fijar chumacera a la zapata
5	Tuerca		M16 DIN 934	Para fijar chumacera a la zapata
6	Tornillo Allen		M10 DIN 912 $L = 60 \text{ mm}$ ISO 8.8	Tornillo Allen para fijar masa excéntrica al eje
7	Arandela		M10 DIN 125	Para fijar masa excéntrica al eje
8	Tuerca		M10 DIN 934	Para fijar masa excéntrica al eje
9	Chaveta		$L = 16 \text{ mm}$ $b = 6 \text{ mm}$ DIN 6885	Para fijar las poleas al eje de la masa excéntrica.

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.2.1 Estructural

Los elementos y componentes del subsistema estructural son especificados en la Tabla 2-27.

**Tabla 2-27.** Componentes especificados del subsistema estructural

NO.	DESCRIPCIÓN	ASPECTO FÍSICO	DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
1	Tornillo		M8 DIN 961, L=30mm	Para unir la caja protectora a la zapata y a la tapa
2	Arandela		M8 DIN 125	Para unir la caja protectora a la zapata y a la tapa
3	Tuerca		M8 DIN 934	Para unir la caja protectora a la zapata y a la tapa
4	Anillo retención		B27.8M-3DM1	Para retener en guía de resorte

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.5.3 Sistema Eléctrico.

#### 2.5.3.1 control

Los elementos y componentes del subsistema de control, son especificados en la Tabla 2-28.

**Tabla 2-28.** Componentes especificados del subsistema de control

NO.	DESCRIPCIÓN	ASPECTO FÍSICO	DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
1	Electroválvula		3/2, BSP 1/4"	Electroválvula que da el paso de aire a los motores neumáticos
2	Contactador		12AT-S0 220V	Que permite el paso de corriente al solenoide de válvula
3	Pulsador verde		CB2-BA31 22MM	Botón para dar arranque
4	Pulsador rojo		CB2-BA42 22MM	Para dar stop al actuador
5	Cable Flex		1MM2	Para cableado del circuito

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.6 Resumen de Memoria de Cálculo.

Concluyendo el diseño de los elementos y las especificaciones de los componentes, en las hojas correspondientes a la memoria de cálculo son descritas en las páginas siguientes, donde cada una de las mismas queda expresado acorde a los respectivos sistemas y subsistemas.

MEMORIA DE CÁLCULO							
PROYECTO				SISTEMA			
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				SISTEMA NEUMÁTICO			
ITEM	DESCRIPCIÓN	DESIGNACIÓN	No. DE PLANO	MATERIAL	CANTIDAD	DIMENSIONES	OBSERVACIONES
<b>ACTUADOR</b>							
1	Motor Neumático Aletas	SN-MNP-01	-	Acero inoxidable	2	0,33 hp, 1,4 Nm	Especificado
2	Soporte del Motor	SN-SPM-02	-	Acero inoxidable	2	Φ 41,4 mm, L 60 mm	Especificado
3	Tornillo	SN-TNO-03	-	ISO clase 8.8	8	M5 DIN 961, L=15mm	Especificado
4	Silenciador	SN-SNR-04	-	Acero	4	BSP 1/4", dB 84	Especificado
5	Manguera de conexión	SN-MCN-05	-	PVC Azul	1	Φ 1/4", L 3000 mm	Especificado
6	Racor de inserción	SN-RSN-06	-	Latón plat.-Ni	12	BSP 1/4"	Especificado
7	Racor de inserción T	SN-RST-07	-	Latón plat.-Ni	1	BSP 1/4"	Especificado
8	Unidad de mantenimiento	SN-UDM-08	-	-	1	BSP 1/4"	Especificado
9	Regulador de presión	SN-RDP-09	-	-	1	BSP 1/4"	Especificado

MEMORIA DE CÁLCULO							
PROYECTO				SISTEMA			
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				SISTEMA MECÁNICO			
ITEM	DESCRIPCIÓN	DESIGNACIÓN	No. DE PLANO	MATERIAL	CANTIDAD	DIMENSIONES	OBSERVACIONES
TRANSMISIÓN DE POTENCIA							
1	Masa Excéntrica	SM-MEA-01	DMC-SM-MEA-01	A. SAE 1020	2	Ver plano	Manufacturado
2	Eje	SM-EJE-02	DMC-SM-EJE-02	A. SAE 1020	2	Ver plano	Manufacturado
3	Chumacera	SM-CMA-03	-	Acero fundido	2	NTN, d=25mm	Especificado
4	Polea Motriz	SM-PMZ-04	DMC-SM-PMZ-03	Aluminio	2	Ver plano	Manufacturado
5	Polea Inducida	SM-PIA-05	DMC-SM-PDA-04	Aluminio	2	Ver plano	Manufacturado
6	Banda de Transmisión	SM-BTN-06	-	Gaucho	2	"V" Tipo A	Especificado
7	Tornillo	SM-TNO-07	-	ISO clase 8.8	4	M16DIN 961,L=30mm	Especificado
8	Arandela	SM-ANA-08	-	ISO clase 8.8	4	M16 DIN 125	Especificado
9	Tuerca	SM-TRA-09	-	ISO clase 8.8	4	M16 DIN 934	Especificado
10	Tornillo Allen	SM-TAN-10	-	ISO clase 8.8	4	M10, L=60mm	Especificado

11	Arandela	SM-ANA-11	-	ISO clase 8.8	4	M10	Especificado
12	Tuerca	SM-TRA-13	-	ISO clase 8.8	4	M10	Especificado
13	Chaveta	SM-CHA-14	-	Acero inox.	2	DIN 6885	Especificado
<b>ESTRUCTURAL</b>							
15	Base Maciza	SM-BMA-15	DMC-SM-BMA-05	Acero inox.	1	Ver plano	Manufacturado
16	Zapata	SM-CJN-16	DMC-SM-APA-06	Acero inox.	1	Ver plano	Manufacturado
17	Caja protectora de humedad	SM-CPN-17	DMC-SM-CPN-07	Acero inox.	2	Ver plano	Manufacturado
18	Tapa de la caja protectora de humedad	SM-TCP-18	DMC-SM-TCP-08	Acero inox.	1	Ver plano	Manufacturado
19	Resorte	SM-RTE-19	DMC-SM-RTE-09	Alambre piano	4	-	Especificado
20	Guía de resorte	SM-GTE-20	DMC-SM-GTE-10	A SAE 1020	4	Ver plano	Manufacturado
21	Tornillo	SM-TNO-21	-	ISO clase 8.8	92	M8 DIN 961, L=30mm	Especificado
22	Arandela	SM-ANA-22	-	ISO clase 8.8	92	M8 DIN 125	Especificado
23	Tuerca	SM-TRA-23	-	ISO clase 8.8	92	M8 DIN 934	Especificado
24	Anillo de retención	SM-ATN-24	-	Acero	4	B27.8M-3DM1	Especificado

MEMORIA DE CÁLCULO							
PROYECTO				SISTEMA			
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				SISTEMA DE ELÉCTRICO			
ITEM	DESCRIPCIÓN	DESIGNACIÓN	No. DE PLANO	MATERIAL	CANTIDAD	DIMENSIONES	OBSERVACIONES
<b>CONTROL</b>							
1	Electroválvula	SC-EVA-01	-	Varios	2	3/2, BSP 1/4"	Especificado
2	Contactador	SC-CTR-02	-	Varios	1	12A T-S0 220V	Especificado
3	Pulsador verde	SC-PSV-03	-	Varios	1	CB2-BA31 22MM	Especificado
4	Pulsador rojo	SC-PSR-04	-	Varios	1	CB2-BA42 22MM	Especificado
5	Cable Flex	SC-CBE-05	-	Varios	6 m	1MM2	Especificado

## 2.7 Balance de Materiales.

A continuación, en las siguientes páginas, y con el objeto de realizar cálculos posteriores se describirá en la tabla un balance de materiales que promociona datos específicos de peso (peso de la maquina 71,1 kg), materiales, etc.



BALANCE DE MATERIALES											
PROYECTO				SISTEMA							
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				SISTEMA NEUMÁTICO							
ITEM	DESCRIPCIÓN	DESIGNACIÓN	No. DE PLANO	MATERIAL	CANT.	DIMENSIONES	PESO NETO		PESO BRUTO		OBS.
							UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL	
<b>ACTUADOR</b>											
1	Motor Neumático Paletas	SN-MNP-01	-	Acero inoxidable	2	0,33 hp, 1,4 Nm	0,75	1,50	0,75	1,50	Especificado
2	Soporte del Motor	SN-SPM-02	-	Acero inoxidable	2	Φ 41,4 mm, L 60 mm	0,25	0,50	0,25	0,50	Especificado
3	Tornillo	SN-TNO-03	-	ISO clase 8.8	8	M5 DIN 961 L 15mm	0,02	0,16	0,02	0,16	Especificado
4	Silenciador	SN-SNR-04	-	Acero	4	BSP 1/4", dB 84	0,23	0,92	0,23	0,92	Especificado
5	Manguera de conexión	SN-MCN-05	-	PVC Azul	1	Φ 1/4", L 3000 mm	0,009	0,027	0,009	0,027	Especificado
6	Racor de inserción	SN-RSN-06	-	Latón plat.-Ni	12	BSP 1/4"	0,008	0,096	0,008	0,096	Especificado
7	Racor de inserción T	SN-RST-07	-	Latón plat.-Ni	1	BSP 1/4"	0,008	0,008	0,008	0,008	Especificado
8	Unidad de mantenimiento	SN-UDM-08	-	-	1	BSP 1/4"	0,32	0,32	0,32	0,32	Especificado
9	Regulador de presión	SN-RDP-9	-	-	1	BSP 1/4"	0,30	0,30	0,30	0,30	Especificado

BALANCE DE MATERIALES											
PROYECTO				SISTEMA							
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				SISTEMA MECÁNICO							
ITEM	DESCRIPCIÓN	DESIGNACIÓN	No. DE PLANO	MATERIAL	CANT.	DIMENSIONES	PESO NETO		PESO BRUTO		OBS.
							UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL	
<b>TRANSMISIÓN DE POTENCIA</b>											
1	Masa Excéntrica	SM-MEA-01	DMC-SM-MEA-01	A. SAE 1020	2	Ver plano	1,17	2,34	1,17	2,34	Manufacturado
2	Eje	SM-EJE-02	DMC-SM-EJE-02	A. SAE 1020	2	Ver plano	0,82	1,64	0,82	1,64	Manufacturado
3	Chumacera	SM-CMA-03	-	Acero fundido	2	Para D=25mm	0,7	1,4	0,7	1,4	Especificado
4	Polea Motriz	SM-PMZ-05	DMC-SM-PMZ-03	Aluminio	2	Ver plano	0,18	0,36	0,18	0,36	Manufacturado
5	Polea Inducida	SM-PIA-06	DMC-SM-PDA-04	Aluminio	2	Ver plano	0,17	0,34	0,17	0,34	Manufacturado
6	Banda de Transmisión	SM-BTN-07	-	Gaucha	2	"V" Tipo A	0,042	0,084	0,042	0,084	Especificado
7	Tornillo	SM-TNO-08	-	ISO clase 8.8	4	M14 DIN 961	0,049	0,20	0,049	0,20	Manufacturado
8	Arandela	SM-ANA-09	-	ISO clase 8.8	4	M14 DIN 125	0,049	0,20	0,049	0,20	Manufacturado
9	Tuerca	SM-TRA-10	-	ISO clase 8.8	4	M14 DIN 934	0,049	0,20	0,049	0,20	Especificado
10	Tornillo Allen	SM-TAN-11	-	ISO clase 8.8	4	M10	0,049	0,20	0,049	0,20	Especificado
11	Arandela	SM-ANA-12	-	ISO clase 8.8	4	M10	0,049	0,20	0,049	0,20	Especificado
12	Tuerca	SM-TRA-13	-	ISO clase 8.8	4	M10	0,049	0,20	0,049	0,20	Especificado
13	Chaveta	SM-CHA-14	-	Acero inox.	2	DIN 6885	0,44	0,88	0,44	0,88	Especificado

ESTRUCTURAL											
15	Base Maciza	SM-BMA-15	DMC-SM-BMA-05	Acero inox.	1	Ver plano	8,69	8,69	8,69	8,69	Manufacturado
16	Zapata	SM-CJN-16	DMC-SM-APA-06	Acero inox.	1	Ver plano	14,0	14,0	14,0	14,0	Manufacturado
17	Caja de protección	SM-CPN-17	DMC-SM-CPN-07	Acero inox.	2	Ver plano	9,07	18,1	9,07	18,1	Manufacturado
18	Tapa de caja protector	SM-TCP-18	DMC-SM-TCP-08	Acero inox.	1	Ver plano	10,08	10,08	10,08	10,08	Manufacturado
19	Resorte	SM-RTE-19	DMC-SM-RTE-09	Alambre piano	4	Ver plano	0,52	2,08	0,52	2,08	Manufacturado
20	Guía de resorte	SM-GTE-20	DMC-SM-GTE-10	A SAE 1020	4	Ver plano	0,53	2,12	0,53	2,12	Manufacturado
21	Tornillo	SM-TNO-21	-	ISO clase 8.8	92	M8 DIN 961	0,049	0,20	0,049	0,20	Especificado
22	Arandela	SM-ANA-22	-	ISO clase 8.8	92	M8 DIN 125	0,049	0,20	0,049	0,20	Especificado
23	Tuerca	SM-TRA-23	-	ISO clase 8.8	92	M8 DIN 934	0,049	0,20	0,049	0,20	Especificado
24	Anillo de retención	SM-ATN-24	-	Acero	4	B27.8M-3DM1	0,0013	0,0054	0,0013	0,0054	Especificado

BALANCE DE MATERIALES											
PROYECTO				SISTEMA							
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				SISTEMA ELÉCTRICO							
ITEM	DESCRIPCIÓN	DESIGNACIÓN	No. DE PLANO	MATERIAL	CANT.	DIMENSIONES	PESO NETO		PESO BRUTO		OBS.
							UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL	
<b>CONTROL</b>											
1	Electroválvula	SC-EVA-01	-	Varios	2	3/2, BSP 1/4"	0,4	0,8	0,4	0,8	Especificado
2	Contactador	SC-CTR-02	-	Varios	1	12A T-S0 220V	0,3	0,3	0,3	0,3	Especificado
3	Pulsador verde	SC-PSV-03	-	Varios	1	CB2-BA31 22MM	0,05	0,05	0,05	0,05	Especificado
4	Pulsador rojo	SC-PSR-04	-	Varios	1	CB2-BA42 22MM	0,05	0,05	0,05	0,05	Especificado
5	Cable	SC-CBE-05	-	Varios	6 m	1MM2	0,4	2,4	0,4	2,4	Especificado

## 2.8 Planos.

Los planos del presente proyecto, fueron elaborados con los programas informáticos de diseño mecánico Solid Works 2015, según la norma DIN. Los planos de dicho proyecto se los puede observar en el Anexo C, la lista de dichos planos se muestra en la Tabla 2-29.

**Tabla 2-29.** Lista de planos

No.	No. DE PLANO	DESCRIPCIÓN
1	DMC-PL-GRL-00	Plano General
2	DMC-SM-MEA-01	Masa Excéntrica
3	DMC-SM-EJE-02	Eje
4	DMC-SM-PMZ-03	Polea Motriz
5	DMC-SM-PDA-04	Polea Inducida
6	DMC-SM-BMA-05	Base Maciza
7	DMC-SM-APA-06	Zapata
8	DMC-SM-CPN-07	Caja de protector de humedad
9	DMC-SM-TCP-08	Tapa de caja protector de humedad
10	DMC-SM-GTE-09	Guía de resorte

**Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO III MANUFACTURA

### 3.1 Procesos de Fabricación.

Se presenta los diferentes procesos de manufactura necesarios para la construcción, ensamble y puesta en marcha del compactador. El detalle del desarrollo de los planos se encuentra en capítulo anterior. Así mismo, se darán a conocer los tiempos y costos que implican el uso de estas máquinas en su proceso constructivo, además de los costos de la mano de obra.

#### 3.1.1 Tiempo de Manufactura.

En un proceso de fabricación es de gran importancia la determinación de tiempos de manufactura, puesto que permite fijar parámetros de ejecución, costo y rendimiento

##### 3.1.1.1 Tiempo de Fabricación.

el tiempo de fabricación puede definirse de la siguiente manera:

$$T_{tp} = T_{prep} + T_{ejec} \quad (3.1)$$

Donde:

$T_{tp}$ : Tiempo total por proceso [min]

$T_{prep}$ : Tiempo total de preparación [min]

$T_{ejec}$ : Tiempo total de ejecución [min]

El tiempo de preparación es el tiempo invertido en preparar el utillaje y los medios auxiliares, así como volverlo a su primitivo lugar, por ejemplo: la lectura del plano, preparar la máquina, traer y volver a llevar las herramientas.

La estimación de estos tiempos no puede realizarse en forma exacta pues depende de muchos factores, como ser la habilidad y experiencia del operario, complejidad de la pieza a mecanizar, disponibilidad de las maquinas adecuadas en ese momento.

El tiempo de ejecución es el empleado en el mecanizado de la pieza

$$T_{ejec} = T_p + T_{ac} \quad (3.2)$$

Donde:

$T_p$ : Tiempo principal [*min*]

$T_{ac}$ : Tiempo accesorio de ejecución [*min*]

El tiempo principal de ejecución es el tiempo utilizado por las maquinas en realizar los procesos necesarios. El cálculo de tales tiempos se realiza mediante fórmulas determinadas, ábacos y estimaciones generales dependiendo del tipo de proceso.

El tiempo accesorio de ejecución es aquel que se emplea en las mediciones verificaciones, colocación de piezas, centrados, etc. Un promedio muy aproximado y estimado para estos tiempos es el 10% del tiempo principal de ejecución.

$$T_{ac} = 0,1 \cdot T_p \quad (3.3)$$

### 3.1.2 Taladrado.

Es un procedimiento del trabajo que lleva consigo arranque de viruta y se utiliza para ejecutar agujeros redondos (taladrado) en materiales metálicos.

Entre los principales parámetros que se tomaran en cuenta están, la velocidad de corte que matemáticamente esta expresado de la siguiente manera:

$$v_c = \frac{\pi \cdot d}{1000 \cdot n} \quad (3.4)$$

Donde:

$v_c$ : Velocidad de corte [*m/min*]

$n$ : Numero de revoluciones [*rev/min*]

$d$ : Diámetro de la broca [*mm*]

Y el tiempo principal está dada por la ecuación siguiente:

$$t_p = \frac{L}{s \cdot n} \quad (3.5)$$

Donde:

$L$ : Trayecto de trabajo de la broca [*mm*]

$s$ : Avance de la broca [*mm/rev*]

$$L = h + 0,3 \cdot d_{bro} \quad (3.6)$$

Donde:

$h$ : Profundidad del agujero [ $mm$ ]

$d_{bro}$ : Diámetro de la broca [ $mm$ ]

### 3.1.3 Torneado.

El mecanizado de los ejes y poleas son llevados a cabo en un torno horizontal, tanto su preparación hasta su posterior trabajo en el refrentado y cilindrado será efectuada por personal calificado.

La velocidad de corte

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (3.7)$$

Donde:

$v$ : Velocidad de corte [ $m/min$ ]

$n$ : Numero de revoluciones [ $rev/min$ ]

$d$ : Diámetro de la pieza [ $mm$ ]

Tiempo principal en torneado

$$t_p = \frac{L}{s \cdot n} \quad (3.8)$$

Donde:

$L$ : Longitud de torneado [ $mm$ ]

$s$ : Avance [ $mm/rev$ ]

La longitud de torneado

$$L = L_p + L_a + L_u \quad (3.9)$$

Donde:

$L_p$ : Longitud pieza [ $mm$ ]

$L_a$ : Recorrido anterior [ $mm$ ]

$L_u$ : Recorrido ulterior [ $mm$ ]

### 3.1.4 Fresado.

Este proceso de arranque de viruta es empleado en la ejecución de algunos elementos de la máquina, entre sus parámetros se tiene

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_f \cdot n}{1000} \quad (3.10)$$

Donde:

$v_c$ : Velocidad de corte [ $m/min$ ]

$n$ : Numero de revoluciones de la fresa [ $rev/min$ ]

$d_f$ : Diámetro de la fresa [ $mm$ ]

La cantidad máxima de viruta se obtiene multiplicando la cantidad admisible por la potencia de la maquina

$$V_{vir} = N_{vir} \cdot P_{maq} \quad (3.11)$$

Donde:

$N_{vir}$ : Cantidad admisible [ $cm^3/kW \cdot min$ ]

$P_{maq}$ : Potencia de la maquina [ $kW$ ]

$$s = \frac{V \cdot 1000}{a \cdot b} \quad (3.12)$$

Donde:

$V$ : Cantidad máxima posible [ $cm^3/min$ ]

$a$ : Profundidad de corte de fresado [ $mm$ ]

$b$ : Anchura de fresado [ $mm$ ]

Tiempo principal de fresado

$$t_p = \frac{L}{s} \quad (3.13)$$

Donde:

$t_p$ : Tiempo principal [ $mm$ ]

$L$ : Trayecto de trabajo en la mesa de fresado [ $mm$ ]

s: Velocidad de avance [ $mm/min$ ]

### 3.1.5 Soldadura por Arco Eléctrico.

Los principales parámetros de la soldadura son:

El tiempo para depositar un gramo de metal en el caso de aceros

$$t = \frac{45}{d_{elec}^{15}} \quad (3.14)$$

Donde:

t: Tiempo para depositar[s]

$d_{elec}$ : Diámetro del electrodo[mm]

$$p = C \cdot e^2 \quad (3.15)$$

Donde:

$C_{pm}$ : Constante del peso del metal depende de la preparación de los bordes

e: Espesor a soldar[mm]

El tiempo necesario para realizar un metro de soldadura será

$$T = t \cdot p = \frac{45 \cdot C_{pm} \cdot e^2}{d_{elec}^{15}} \quad (3.16)$$

Donde:

T: Tiempo para realizar 1[m] de soldadura [s/m]

Numero de electrodos fundidos

$$n = \frac{C \cdot e^2}{2,25 \cdot d^2} \quad (3.17)$$

Por hora

$$N_{ele} = k \cdot \frac{36}{\sqrt{d}} \quad (3.18)$$

Donde:

$N_{ele}$ : Electrodo por hora

k Es el coeficiente de utilización del electrodo (varía según las condiciones de trabajo) puede variar entre 60 y 80[%].

Numero de electrodos para depositar 1[kg] de metal

$$n = \frac{445}{d^2} \quad (3.19)$$

Peso del metal fundido:

$$p = C \cdot e^2 \quad (3.20)$$

### 3.1.6 Hojas de Proceso.

Las hojas de proceso describen las operaciones de maquinado y preparado de las piezas, así como su denominación, la cantidad de piezas a fabricar y el personal adecuado para llevar a cabo dicha fabricación. Estos documentos además de presentar los datos mencionados contienen también el costo del proceso realizado y la mano de obra (ANEXO D).

## 3.2 Procesos de Montaje.

### 3.2.1 Montaje de Elementos, Subsistemas y Sistemas

El montaje es un proceso de articulación de piezas siguiendo una secuencia de pasos y operaciones. Se debe indicar que este procedimiento mayormente es evaluado de forma experimental, esto debido a que no se cuenta con una precisión en el tiempo que se requiere para dicha tarea, puesto que dicho tiempo está en función de la experiencia y habilidad de los operarios. La secuencia de ensamble de cada subsistema se detalla en las planillas de montaje, así como las estimaciones de los tiempos.

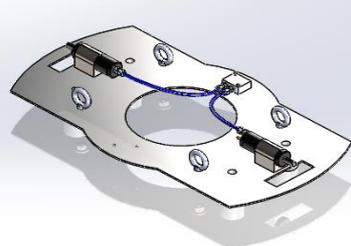
**GUIA DE MONTAJE I**

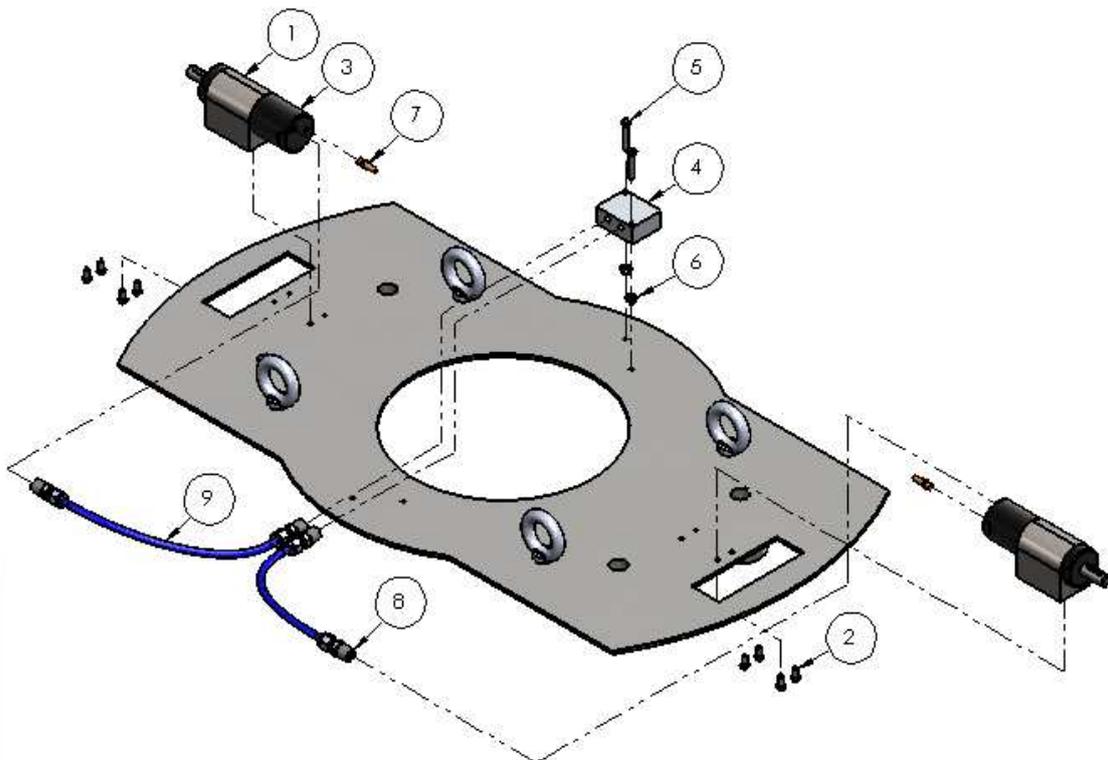
**DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.**

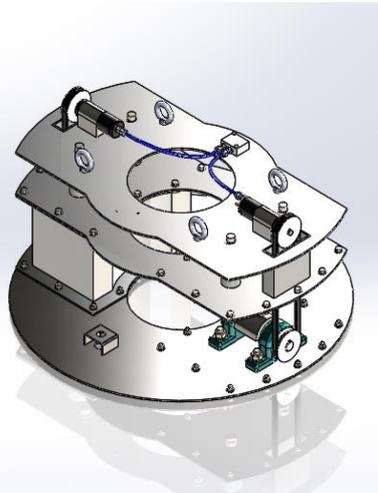
**SISTEMA:** NEUMÁTICO

**SUBSISTEMA:** ACTUADOR

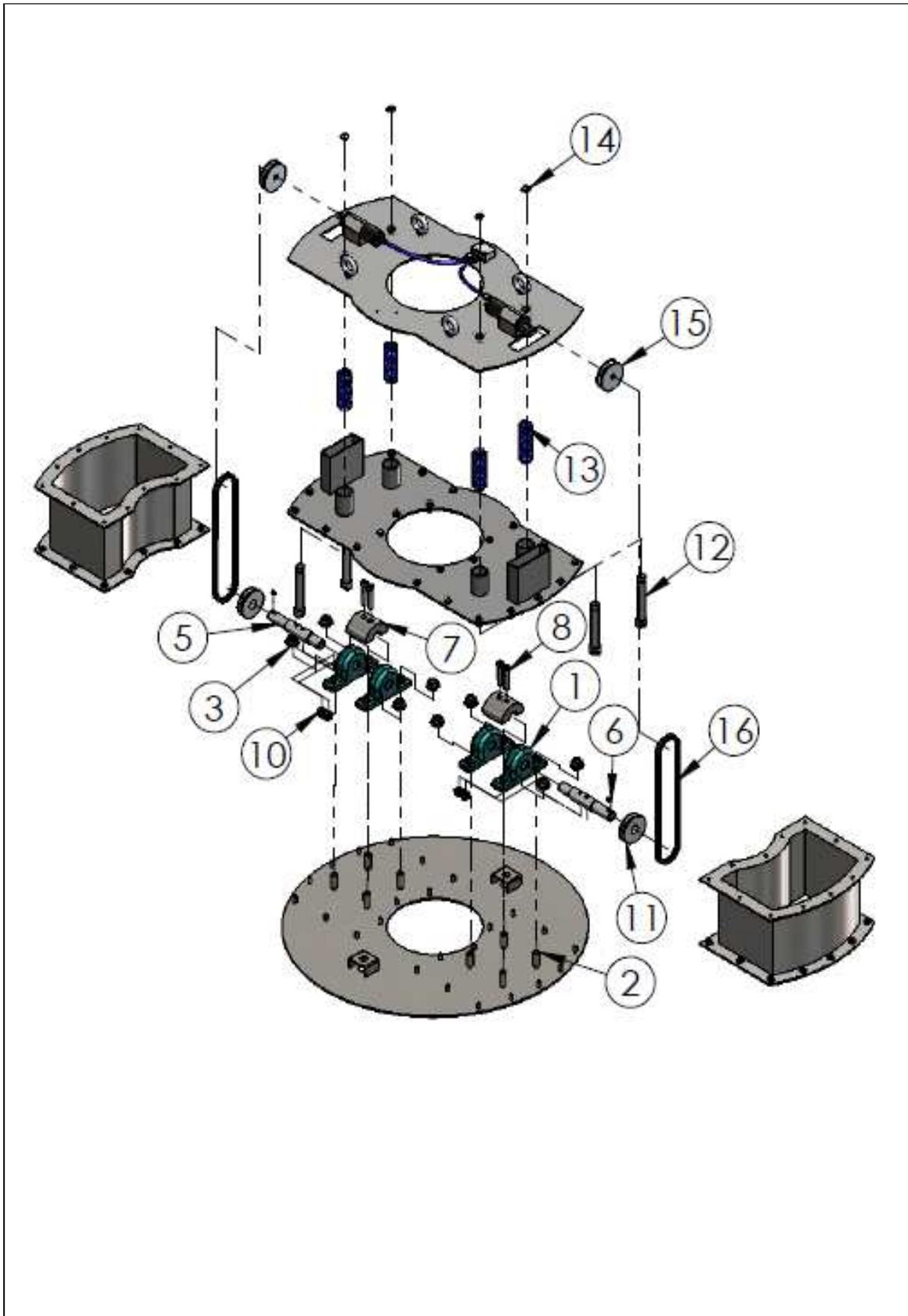
**SECUENCIA DE MONTAJE**

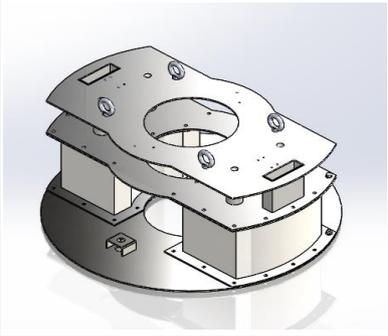
NO. DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	REFERENCIA DE MONTAJE
1	Pie del motor neumático	2	
2	Tornillo M5 L=15	8	
3	Motor neumático	2	
4	Soporte distribuidor	1	
5	Tornillo M5 L=35	2	
6	Tuerca M5	2	
7	Filtro	2	
8	Racor	6	
9	Manguera de 1 m	2	

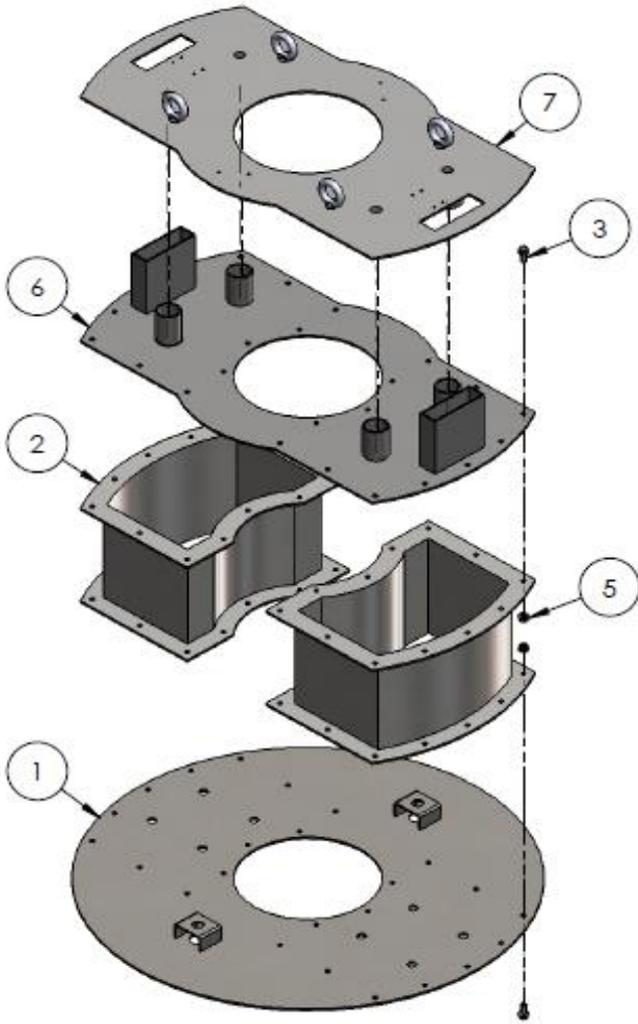


GUIA DE MONTAJE II			
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.			
SISTEMA: MECÁNICO		SUBSISTEMA: TRANSMISIÓN DE POTENCIA	
SECUENCIA DE MONTAJE			
NO. DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	REFERENCIA DE MONTAJE
1	Chumacera	4	
2	Tornillo M14	8	
3	Arandela M14	8	
4	Tuerca M14	8	
5	Eje	2	
6	Chaveta paralela	2	
7	Masa excéntrica	2	
8	Tornillo Allen M8	4	
9	Arandela M8	4	
10	Tuerca M8	4	
11	Polea inducida	2	
12	Guía de resorte	4	
13	Resorte	4	
14	Anillo de retención	4	
15	Polea motriz	2	
16	Correa	2	





GUIA DE MONTAJE IV			
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.			
SISTEMA: MECÁNICO		SUBSISTEMA: ESTRUCTURAL	
SECUENCIA DE MONTAJE			
NO. DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	REFERENCIA DE MONTAJE
1	Zapata	1	
2	Caja protectora de humedad	2	
3	Tornillos	48	
4	Arandelas	48	
5	Tuercas	48	
6	Tapa de caja protector de h.	1	
7	Base maciza	1	

### 3.3 Manual de Operación y Mantenimiento.

Es importante informar sobre el uso de la máquina compactadora, así como también informar sobre el adecuado mantenimiento del mismo. Además, en este acápite se proporcionará información acerca de las medidas a adoptar en caso de situaciones de emergencia.

#### 3.3.1 Instrucciones de Operación.

La máquina es un equipo neumático, por lo que antes de ponerlo en funcionamiento se tiene que tomar las recomendaciones dadas tanto para la seguridad personal como de la máquina compactadora.

##### Encendido

- Revisar las líneas neumáticas de aire comprimido, cerciórese de que no haya fugas.
- Verificar que las condiciones iniciales de los componentes eléctricos estén dadas.
- Revisar las conexiones eléctricas.
- Asegurar que la tensión de alimentación sea la adecuada, en este caso 220 [V].

##### Carga de algodón

- Verificar que el material a compactar sea solo el algodón crudo y siempre mojado.
- El volumen de carga al cilindro de compactación debe ser al 100[%] y previamente regado con agua caliente que permite mejor compactación.

#### 3.3.2 Instrucciones de Mantenimiento.

A continuación, se hace un detalle sobre las instrucciones que se debe seguir en el mantenimiento, además de mostrarse un cronograma de mantenimiento.

- No fume cerca de la máquina
- No lave los componentes con chorros de agua
- No lleve a cabo tareas de mantenimiento con el sistema eléctrico conectado.
- No acerque a llamas u objetos calientes a los componentes de la máquina.
- Haga una inspección visual del equipo.

- Revisar las líneas neumáticas, cerciórese de que no haya fugas.
- Verificar que los actuadores estén en su posición inicial.
- Revisar las conexiones eléctricas.
- Verificar las marcas de los tornillos y tuercas.
- Inspección del sistema estructural la posible existencia de fisuras.

### 3.3.3 Precauciones.

- Cuando se reparen, limpian o reemplazan componentes, tome precauciones para que no entre suciedad e impurezas en las partes removidas.
- Verifique el montaje de los elementos neumáticos por si hay algunos sueltos, porque la vibración puede aflojarlos.

**Nota.** Usar elementos de protección personal como ser ropa de trabajo adecuada, lentes transparentes y guantes para el mantenimiento correspondiente.



## CAPÍTULO IV COSTOS

### 4.1 Costo de Materiales.

Los costos de materiales son referidos a los distintos proveedores del mercado, estos costos están basados en precios actuales (Tabla 4-1)

El costo de algunos materiales se determina por el costo de kg de acero, para lo cual se usa la siguiente equivalencia:

$$1[kg_{Acero}] = 8,35[Bs]^{63}$$

El cambio de moneda boliviana a dólares americanos

$$1[Dolar] = 6,91[Boliviano]^{64}$$

En ANEXO A se muestran tablas de  $[kg/m]$  de barras macizas referidos al acero inoxidable, con la cual se determina los costos para los mismo, señalando la cantidad requerida.

**Tabla 4-1. Costo de materiales**

No.	DENOMINACIÓN	REF.	UNID.	CANT.	UNIT. (Bs)	TOTAL (Bs)
1	Acero inox. e=4 mm	Zapata	Hoja	1/2	531,06	265,53
2	Acero inox. e=3 mm	Caja Protector	Hoja	1/2	397,46	198,73
3	Acero inox. e=4 mm	Tapa de caja P.	Hoja	1/4	531,06	132,76
4	Acero inox. e=4 mm	Base maciza	Hoja	1/4	531,06	132,76
5	Acero inox e= 3 mm	Partes soldadas	Hoja	1/2	397,46	198,73
6	SAE 1020 d = 30 mm	Eje	Barra	1/4	281,01	70,25
7	SAE 1020 d = 20 mm	Guía de resorte	Barra	1/6	131,61	21,94
8	SAE 1020	Masa excéntrica	Kg	2,34	8,35	19,54
9	Alambre de piano	Resorte	Kg	2,08	8,35	17,37
10	Aleación de aluminio	Polea motriz	Kg	0,36	8,35	3,01
11	Aleación de aluminio	Polea inducida	Kg	0,34	8,35	2,84
<b>TOTAL (Bs)</b>					<b>2834,12</b>	<b>864,73</b>
<b>TOTAL (\$us)</b>					<b>410,15</b>	<b>125,14</b>

**Fuente:** Elaboración propia

<sup>63</sup> [www.insucons.com/insumos/materiales](http://www.insucons.com/insumos/materiales)

<sup>64</sup> [www.currency-calc.com/es/USD-BOB](http://www.currency-calc.com/es/USD-BOB)

## 4.2 Costo de Fabricación.

Aquí se presenta el costo total de fabricación de los elementos que constituyen la máquina y los montos están basados de acuerdo a la planilla de proceso de manufactura.

En costo de elementos fabricados son incluido los siguientes costos:

- Costo de mano de obra en manufactura.
- Costo de máquinas y herramientas.
- Costo de insumos.

Estos costos están determinados en la hoja de proceso (VER ANEXO D) de los elementos fabricados.

### 4.2.1 Costo de Mano de Obra en Manufactura.

En la Tabla 4-2 se muestra el costo de mano de obra por hora, estos datos son usados en hoja de proceso, para determinar los costos de fabricación.

**Tabla 4-2.** Costo de Mano de Obra

CÓDIGO	MANO DE OBRA	FUNCIÓN	HORA (\$us)
TE	Técnico Especializado	Torneado, Fresado, Taladrado y Soldadura	1,79
AYD	Ayudante general	Apoyo en tareas Generales	1,02
<b>TOTAL (\$us)</b>			<b>2,81</b>

**Fuente:** Proyecto “Diseño de una máquina compactadora hidráulica de botellas Pet” (Flores, 2013, Pág. 162)

### 4.2.2 Costo de Máquinas y Herramientas.

El costo del uso y alquiler de máquinas herramienta se obtuvo del Proyecto “Diseño de un Ascensor sin sala de Máquinas” (Tola, 2015, Pág. 262), los mismos son mostrados en la (Tabla 4-3).

**Tabla 4-3.** Costo por el uso de máquinas y herramientas

No.	MÁQUINAS, HERRAMIENTAS	COSTO (\$us/h)
1	Fresadora	7,00
2	Torno	5,00
3	Taladro radial	4,00
6	Prensa de mesa	0,50
7	Equipo de arco eléctrico	4,00
9	Sierra mecánica	0,20
11	Amoladora	2,00
12	Compresora y soplete	1,60
13	Dobladora de plancha y tubo	4,00

**Fuente:** Proyecto “Diseño de un Ascensor sin sala de Máquinas” (Tola, 2015, Pág. 262)

#### 4.2.3 Costo de Insumos.

Los insumos empleados en el proceso de fabricación de elementos de la máquina se muestran en la Tabla 4-4

**Tabla 4-4.** Costo de insumos

No.	INSUMOS	CARACTERISTICAS	UNIDAD	PRECIO UNITARIO [\$us]
1	Disco abrasivo	D=9 in	Pza	4,59
2	Disco de corte	D=9 in	Pza	3,16
3	Electrodo		kg	3,30
4	Hoja de sierra		Pza	1,07
5	Pintura anticorrosiva		Lt	3,50
6	Lija	De agua No. 80	Pza	0,72

**Fuente:** Proyecto “Diseño de un Ascensor sin sala de Máquinas” (Tola, 2015, Pág. 262)

#### 4.2.4 Resumen de Costos de Fabricación.

En la Tabla 4-5 se muestra el resumen del costo total de elementos fabricados que se determina en hoja de proceso.

**Tabla 4-5.** Costo Total de Elementos Fabricados

No.	DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.	UNITARIO (\$us)	TOTAL (\$us)
1	Masa Excéntrica	Pza	2	25,21	50,43
2	Eje	Pza	2	34,64	69,28
3	Polea Motriz	Pza	2	27,80	55,61
4	Polea Inducida	Pza	2	27,80	55,61
5	Base Maciza	Pza	1	36,62	36,32
6	Zapata	Pza	1	34,57	34,26
7	Caja de protección de humedad	Pza	2	42,64	85,28
8	Tapa de caja protector	Pza	1	42,08	41,77
9	Guía de resorte	Pza	4	23,26	93,05
<b>TOTAL (\$us)</b>				<b>294,62</b>	<b>521,61</b>

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.3 Costo de Diseño.

En la Tabla 4-6 se muestra el costo de diseño.

**Tabla 4-6.** Costo de Diseño

No.	DENOMINACIÓN	MESES	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOTAL (Bs)
1	Material de Escritorio	6	10,00	120,00
2	Uso de Laptop e Impresora	6	100,00	600,00
3	Programas computaciones	6	4,00	24,00
4	Internet	6	80,00	480,00
5	Mano de Obra	12	250,00	3000,00
<b>TOTAL (Bs)</b>				<b>4164,00</b>
<b>TOTAL (\$us)</b>				<b>602,60</b>

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.4 Costo de Equipos y Componentes.

Es el costo de los elementos que no son fabricados, son aquellos que son adquiridos de proveedores especializados en el rubro.

#### 4.4.1 Costo de Equipos Neumáticos.

En la Tabla 4-5 se detalla los costos de los componentes especificados del sistema neumático (según presupuesto en ANEXO A).

**Tabla 4-7.** Costo de elementos especificados del actuador

No.	DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.	UNITARIO (Bs)	TOTAL (Bs)
1	Motor Neumático P.	Pza	2	932,85	1865,70
2	Tornillo	Pza	8	0,68	5,44
3	Silenciador	Pza	4	25,81	103,24
4	Manguera de conexión	m	4	10,00	40
5	Racor de inserción	Pza	12	13,00	156
6	Racor de inserción T	Pza	1	20,00	20
7	Unidad de mantenimiento	Pza	1	808,02	808,02
8	Regulador de presión	Pza	1	490,00	490,00
<b>TOTAL (Bs)</b>				<b>2300,36</b>	<b>3488,40</b>
<b>TOTAL (\$us)</b>				<b>332,91</b>	<b>504,83</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2 Costo de Elementos de Transmisión de Potencia.

En la Tabla 4-7 se detalla los precios de componentes especificados del sistema de transmisión de potencia (según presupuesto en ANEXO A).

**Tabla 4-8.** Costo de elementos de transmisión de potencia

No.	DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANT.	UNITARIO (Bs)	TOTAL (Bs)
1	Chumacera NTN	Pza	4	45,00	180
2	Correa 13 AV 830	Pza	2	60,00	120
3	Tornillo M14	Pza	2	3,14	6,28
4	Arandela M14	Pza	2	0,70	1,4
5	Tuerca M14	Pza	2	1,23	2,46
6	Tornillo Allen M10	Pza	4	3,34	13,36
7	Arandela M10	Pza	4	0,11	0,44
8	Tuerca M10	Pza	4	0,48	1,92
9	Chaveta 6 x 16mm	Pza	2	12,00	24
<b>TOTAL (Bs)</b>				<b>126,00</b>	<b>349,86</b>
<b>TOTAL (\$us)</b>				<b>18,23</b>	<b>50,63</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3 Costo de Elementos Estructurales.

En la Tabla 4-8 se detalla los precios de componentes especificados del sistema mecánico, el subsistema estructural (según presupuesto de ANEXO A).

**Tabla 4-9.** Costo de elementos especificados del sistema estructural

No.	DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO (Bs)	TOTAL (Bs)
1	Tornillo M8	Pza	48	0,47	22,56
2	Arandela M8	Pza	48	0,09	4,32
3	Tuerca M8	Pza	48	0,39	18,72
4	Anillo retención E-19	Pza	4	4,00	16,00
<b>TOTAL (Bs)</b>				<b>4,95</b>	<b>61,6</b>
<b>TOTAL (\$us)</b>				<b>0,72</b>	<b>8,91</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4 Costo de Componentes Eléctricos.

En la Tabla 4-9 se detalla los precios de componentes especificados del subsistema de control (Según presupuesto en ANEXO A).

**Tabla 4-10.** Costo componentes del sistema de control

No.	DENOMINACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO (Bs)	TOTAL (Bs)
1	Electroválvula 3/2	Pza	2	119,30	238,6
2	Contactador	Pza	1	89,87	89,87
3	Pulsador verde	Pza	1	14,61	13,00
4	Pulsador rojo	Pza	1	14,61	13,00
5	Cable Flex 1x2.5mm2	m	6 m	1,94	11,64
<b>TOTAL (Bs)</b>				<b>240,33</b>	<b>366,11</b>
<b>TOTAL (\$us)</b>				<b>34,78</b>	<b>52,98</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 Otros Costos.

Debido a los diferentes imprevistos que se pueden suscitar, al realizar la ejecución del proceso se establece, tomando en cuenta un estimado de un mes para la fabricación de la máquina.

#### 4.6 Costo Total.

Técnicamente el costo total es una suma de costos variables y costos fijos, de manera que se tiene la suma de todos los costos (Tabla 4-10).

**Tabla 4-11.** Resumen de costos

No.	DETALLE	TOTAL (\$us)
1	Costo de materiales	125,14
2	Costo de equipos y componentes especificados	617,35
3	Costo de fabricación	521,61
4	Costo de diseño	602,60
<b>TOTAL</b>		<b>1.866,70</b>

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.7 Precio.

Finalmente, para determinar el precio de la máquina compactadora, se sigue los criterios mostrados en la (Tabla 4-11), también se debe de considerar para el precio de venta los impuestos de ley que son (IVA 13% y IT 3%) sobre el precio resumido.

El porcentaje de utilidad es de 35% este valor se obtuvo valorando los precios que ofertan empresas especializadas.

**Tabla 4-12.** Resumen de costos

No.	DETALLE	TOTAL (\$us)
1	Costo neto	1866,70
2	Margen de utilidad (35% sobre el costo neto)	653,34
3	Costos imprevistos (10% sobre el costo neto)	186,67
4	Impuestos IVA (13%)	242,67
5	Impuesto IT (3%)	56,00
<b>PRECIO</b>		<b>3.005,38</b>

**Fuente:** Elaboración propia

La expresión muestra la metodología de cálculo del precio de venta considerando los ítems de la (Tabla 4-11).

$$P_v = \frac{P - 0,13 \cdot C_f}{0,84} \quad (4.1)$$

Donde:

$P_v$ : Precio de venta

$P$ : Precio

$C_f$ : Precio de ítems con factura

Reemplazando se tiene:

$$P_v = \frac{3.005,38 - 0,13 \cdot 742,49}{0,84}$$

$$P_v = 3.462,92 \text{ [\$us]}$$



## CAPÍTULO V EVALUACIÓN

### 5.1 Evaluación Técnica.

Se realiza una evaluación comparativa en el aspecto técnico entre la máquina propuesta en el presente proyecto con otras máquinas compactadoras similares existentes en el mercado, para lo cual se realiza cuadros comparativos de sus principales características técnicas.

Se efectuará una comparación de la máquina diseñada, con una máquina “plancha vibratoria” (Figura 5-1).

**Figura 5-1.** Plancha vibratoria WP155OAW



**Fuente:** HANSA, Industrias y construcción

En la Tabla 5-1 se muestra la comparación respectiva.

**Tabla 5-1.** Matriz de Evaluación Técnica

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	MÁQUINA COMPACTADORA DISEÑADA	PLANCHA VIBRATORIA WP155OAW
Tipo de motor	Neumático de aletas LZB34-RL-A060-11	1 cilindro, 4 tiempos (refrigerado por aire)
Marca de motor	Atlas Copco	Honda GX 160
Combustible		Gasolina
Zapata (A x L)		500 x 580 mm
Fuerza centrífuga	0,90 kN	15 kN

Velocidad de avance		25 m/min
Rendimiento superficial	Aire	750 m <sup>2</sup> /h
Peso	71 kg	89 kg
Operario	1	1

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Evaluación Económica.

La evaluación económica se centra en el aspecto del costo de la maquina en el mercado local, cumpliendo las leyes impositivas respectivas.

**Tabla 5-2.** Matriz de Evaluación Económica

CARACTERÍSTICAS	PRECIO (\$us)
Máquina compactadora de Algodón diseñada	3.462,92
Plancha vibratoria de suelo WP155OAW	3.531,00

Fuente: Elaboración propia

## 5.3 Conclusiones.

El presente proyecto de grado ha cumplido con el objetivo general y objetivos específicos planteados al inicio del mismo, puesto que:

- Se ha definido el proceso de compactación ya que la máquina tiene la capacidad de compactar algodón aproximadamente en 30 min dicho proceso que antes se realizaba manualmente en cuatro horas.
- Después de haber indagado los diferentes sistemas de accionamientos, finalmente sea seleccionado dos sistemas de accionamientos neumático.
- Se realizó una especificación de equipos y componentes detalladamente para la identificación de elementos que compone la máquina además de facilitar el montaje.
- La máquina se podrá operar desde una botonera de ARRANQUE y PARADA por un operario ya que es semiautomático.
- Para el diseño de elementos de la maquina se utilizó el programa informático SOLIDWORK.

- Para simular el funcionamiento del sistema neumático y su control se desarrolló en el software FluidSIM neumático.
- Con cotizaciones realizadas de empresas proveedores se determinó los costos de cada sistema, donde finalmente se estimó el precio del proyecto y la respectiva evaluación.

#### **5.4 Recomendaciones.**

La primera recomendación es la de construir la máquina diseñada de acuerdo al diseño planteado, ponerlo en marcha y determinar si se cumplen los parámetros teóricos y establecer las acciones correctivas necesarias para perfeccionar la máquina, así como una futura automatización de la misma.

El postulante ha encontrado la necesidad de un mayor conocimiento en el uso de paquetes computacionales de diseño de piezas mecánicas, ensamble y simulaciones, por lo que se recomienda incluir o potenciar los contenidos mínimos en el pensum de la ingeniería mecánica dichos paquetes computacionales.

Se ha tenido dificultad para seleccionar el motor debido a que la máquina diseñada debe trabajar bajo condiciones de humedad, por lo cual se ha seleccionado un motor neumático, que el mismo puede ser cambiado por un motor eléctrico de la misma potencia de esa manera la máquina podría automatizarse totalmente.

## **ANEXOS**

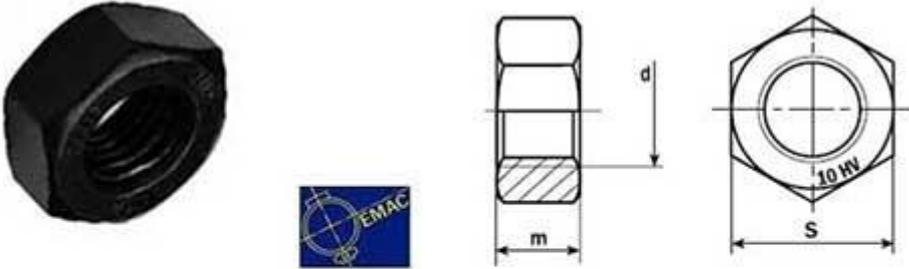
**ANEXOS A.**  
**TABLAS Y GRÁFICOS**

**Tabla 1. Motores de Aletas LZB33-L de 0.32 – 0.52 [hp]**

Modelo	Potencia máxima	Velocidad a máx. potencia	Par a máx. potencia	Par a máx. potencia	Par de arranque mínimo	Par de arranque mínimo	Par de ahogo	Par de ahogo	Vol. en vacío	Consumo de aire a máx. potencia	Peso	Carga sobre el eje código <sup>1)</sup>	Código ATEX	Designación			
Sin lubricación	[kW]	[hp]	[r/min]	[Nm]	[lb-ft]	[Nm]	[lb-ft]	[Nm]	[lb-ft]	[r/min]	[l/s]	[cfm]	[kg]	[lb]			
<b>Rotación sentido horario (eje enchavetado)</b>																	
LZB33-LA210-11	0,39	0,52	9400	0,4	0,3	0,76	0,56	0,8	0,59	19000	8,1	17,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT4 IIC T110°C	8411 0306 07
LZB33-LA060-11	0,39	0,52	2600	1,4	1,0	2,7	2,0	2,8	2,1	5350	8,1	17,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0306 15
LZB33-LA033-11	0,39	0,52	1450	2,6	1,9	4,9	3,6	5,2	3,8	3000	8,1	17,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0306 23
LZB33-LA026-11	0,39	0,52	1170	3,2	2,4	6,1	4,5	6,4	4,7	2400	8,1	17,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0306 31
LZB33-LA013-11	0,38	0,51	580	6,4	4,7	12	8,9	12,8	9,4	1180	8,1	17,2	1,02	2,25	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0306 49
LZB33-LA007-11	0,38	0,51	320	11,5	8,5	21	15,5	23	17	650	8,1	17,2	1,02	2,25	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0306 56
LZB33-LA005-11	0,38	0,51	260	14,2	10,5	26	19,2	28	21	520	8,1	17,2	1,02	2,25	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0306 64
LZB33-LA0030-11	0,37	0,50	160	22,3	16,4	40	30	45	33	340	8,1	17,2	1,5	3,31	d	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0306 72
<b>Rotación sentido horario (eje roscado)</b>																	
LZB33-LA210-12	0,39	0,52	9400	0,4	0,3	0,76	0,56	0,8	0,59	19000	8,1	17,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT4 IIC T110°C	8411 0306 80
LZB33-LA060-12	0,39	0,52	2600	1,4	1,0	2,7	2,0	2,8	2,1	5350	8,1	17,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0306 98
LZB33-LA033-12	0,39	0,52	1450	2,6	1,9	4,9	3,6	5,2	3,8	3000	8,1	17,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0307 06
LZB33-LA026-12	0,39	0,52	1170	3,2	2,4	6,1	4,5	6,4	4,7	2400	8,1	17,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0307 14
LZB33-LA013-12	0,38	0,51	580	6,4	4,7	12	8,9	12,8	9,4	1180	8,1	17,2	1,02	2,25	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0307 22
LZB33-LA007-12	0,38	0,51	320	11,5	8,5	21	15,5	23	17	650	8,1	17,2	1,02	2,25	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0307 30
LZB33-LA005-12	0,38	0,51	260	14,2	10,5	26	19,2	28	21	520	8,1	17,2	1,02	2,25	d	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0307 48
<b>Rotación sentido antihorario (eje enchavetado)</b>																	
LZB33-LAV210-11	0,39	0,52	9400	0,4	0,3	0,69	0,51	0,8	0,59	19000	9,5	20,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT4 IIC T110°C	8411 0352 42
LZB33-LAV060-11	0,39	0,52	2600	1,4	1,0	2,4	1,8	2,8	2,1	5350	9,5	20,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0352 59
LZB33-LAV033-11	0,39	0,52	1450	2,6	1,9	4,4	3,2	5,2	3,8	3000	9,5	20,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0352 00
LZB33-LAV026-11	0,39	0,52	1170	3,2	2,4	5,5	4,1	6,4	4,7	2400	9,5	20,2	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0345 91
LZB33-LAV013-11	0,38	0,51	580	6,4	4,7	11	8,1	12,8	9,4	1180	9,5	20,2	1,02	2,25	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0336 27
LZB33-LAV007-11	0,38	0,51	320	11,5	8,5	19,5	14,4	23	17	650	9,5	20,2	1,02	2,25	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0352 67
LZB33-LAV005-11	0,38	0,51	260	14,2	10,5	24	17,7	28	21	520	9,5	20,2	1,02	2,25	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0336 19
LZB33-LAV0030-11	0,37	0,50	160	22	16,2	38	28	44	32	340	9,5	20,2	1,5	3,31	d	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0345 59
<b>Reversible (eje enchavetado)</b>																	
LZB33-LAR150-11	0,25	0,34	7000	0,34	0,25	0,46	0,34	0,68	0,5	13300	7,9	16,8	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT4 IIC T110°C	8411 0307 63
LZB33-LAR043-11	0,25	0,34	1960	1,2	0,89	1,6	1,2	2,4	1,8	3800	7,9	16,8	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0307 71
LZB33-LAR024-11	0,25	0,34	1090	2,2	1,6	3,0	2,2	4,4	3,2	2000	7,9	16,8	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0307 89
LZB33-LAR019-11	0,25	0,34	880	2,7	2,0	3,7	2,7	5,4	4,0	1700	7,9	16,8	0,75	1,65	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0307 97
LZB33-LAR009-11	0,25	0,34	430	5,4	4,0	7,0	5,2	10,8	8,0	800	7,9	16,8	1,02	2,25	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0308 05
LZB33-LAR005-11	0,25	0,34	240	9,8	7,2	12,6	9,3	19,6	14,5	450	7,9	16,8	1,02	2,25	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0308 13
LZB33-LAR004-11	0,25	0,34	190	12,1	8,9	15,6	11,5	24	17,8	360	7,9	16,8	1,02	2,25	c	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0308 21
LZB33-LAR0026-11	0,24	0,32	120	19	14	20	14,8	38	28	230	7,9	16,8	1,5	3,31	d	Ex II 2GD cT6 IIC T85°C	8411 0308 70

Fuente: Catalogo Atlas Copco, Pág. 28

**Tabla 2. Peso de las tuercas métricas**



d	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30	M 36
P	1,75	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4
m	10	13	16	18	20	22	24	29
s	22	27	32	36	41	46	50	60
Peso/weight 1000ud . Kg.			Peso/weight 1000ud . Kg.			Peso		
23,40 kg		48,8 kg		73,9 kg		104 kg		155 kg
224 kg		300 kg		515 kg				

Fuente: [www.google.com/search?q=peso+de+tornillos+arandelas](http://www.google.com/search?q=peso+de+tornillos+arandelas)

**Tabla 3. Tabla de tuberías PVC**

<b>Clase 15</b>		
Presión de Trabajo a 23°C 15Kg/Cm <sup>2</sup> - 213 psi - 150 mca		
Diámetro Nominal (Pulg.)	Espesor de Pared Mínimo (mm)	Unidad Comercial Standard
1/2"	1.70	Barra 6 mts
3/4"	1.90	Barra 6 mts
1"	2.20	Barra 6 mts
1 1/2"	3.10	Barra 6 mts
2"	3.90	Barra 6 mts
2 1/2"	4.80	Barra 6 mts
3"	5.70	Barra 6 mts
4"	7.30	Barra 6 mts
6"	10.80	Barra 6 mts
8"	12.60	Barra 6 mts
10"	15.70	Barra 6 mts
12"	18.70	Barra 6 mts

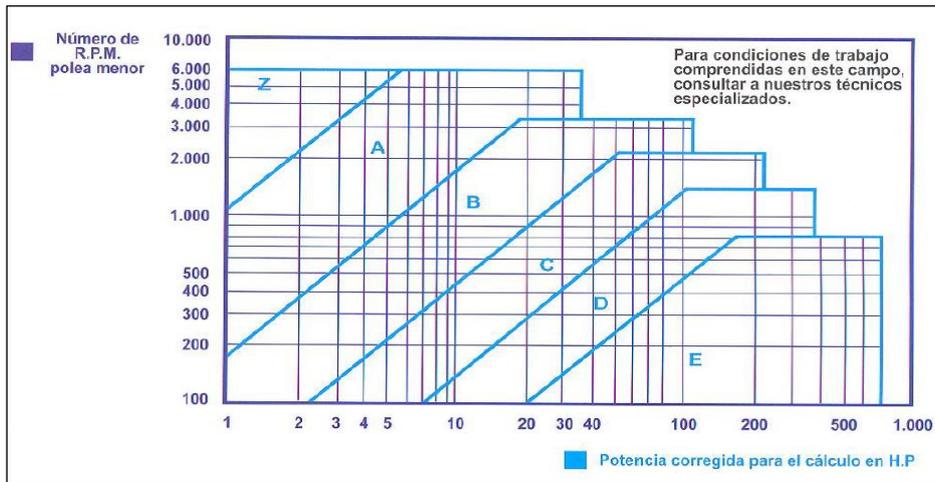
Fuente: catalogo DISMAT

**Tabla 4. Cobertura en función del ángulo de aspersión**

Δ°	COPERTURA - COVERAGE - COBERTURA (cm)											
	H (cm)											
	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	100
10	0.87	1.75	2.62	3.5	4.37	5.25	7	8.75	10.5	12.25	14	17.5
15	1.31	2.63	3.95	5.26	6.58	7.9	10.5	13.16	15.8	18.43	21	26.3
20	1.76	3.52	5.28	7.04	8.8	10.5	14	17.6	21.1	24.6	28.1	35.2
25	2.21	4.42	6.63	8.84	11	13.2	17.7	22.17	26.5	30.9	35.3	44.2
30	2.68	5.36	8.04	10.7	13.4	16.1	21.4	26.8	32.2	37.5	42.9	53.6
35	3.15	6.3	9.45	12.6	15.7	18.9	25.2	31.5	37.8	44.1	50.4	63
40	3.64	7.28	10.9	14.6	18.2	21.8	29.1	36.4	43.7	50.9	58.2	72.8
45	4.14	8.28	12.4	16.6	20.7	24.8	33.1	41.4	49.7	58	66.2	82.8
50	4.66	9.32	14	18.9	23.3	28	37.3	46.6	55.9	65.9	74.6	93.2
55	5.20	10.4	15.6	20.8	26	31.2	41.6	52	62.4	72.8	83.2	104
60	5.77	11.5	17.3	23.1	28.8	34.6	46.2	57.7	69.2	80.8	92.3	115
65	6.37	12.7	19.1	25.5	31.8	38.1	51	63.7	76.4	89.2	102	127
70	7	14	21	28	35	42	56	70	84	98	112	140
75	7.67	15.3	23	30.7	38.3	46	61.4	76.7	92	107	123	153
80	8.47	16.8	25.2	33.6	42.3	50.4	67.2	84.7	101	118	134	168
85	9.16	18.3	27.5	36.6	45.8	55	73.3	91.6	110	128	146	183
90	10.0	20	30	40	50	60	80	100	120	140	160	200
95	10.9	21.8	32.7	43.7	54.6	65.5	87.3	109	131	153	175	218
100	11.9	23.8	35.8	47.7	59.6	71.5	95.3	119	143	167	191	238
110	14.3	28.6	42.9	57	71.4	85.7	114	143	171	200	229	286
120	17.3	34.6	52	69.3	86.5	104	139	173	208	243	277	346
130	21.5	43	64.5	80	108	129	172	215	258	301	344	430
140	27.5	55	82.5	110	138	165	220	275	330	385	440	550
150	37.3	74.6	112	149	186	224	298	373	448	522	597	746

Fuente: Catálogo de EUSPRAY

**Tabla 5.** Abaco para selección de correa



**Fuente:** Catalogo DUNLOP pág. 39

Tabla 10-3	Nombre del material	Especificaciones similares	Descripción
Aceros al alto carbono y de aleación para resortes  Fuente: De Harold C. E. Carlson, "Selection and Application of Spring Materials", en Mechanical Engineering, vol. 7B, 1956, pp. 331-334.	Alambre de piano, 0.80-0.95C	UNS G10850 AISI 1085 ASTM A228-51	Este es el mejor, el más tenaz y el más empleado de todos los materiales para fabricar resortes pequeños. Presenta la mayor resistencia a la tensión y puede soportar mayores esfuerzos ante cargas repetidas que cualquier otro material para resorte. Disponible en diámetros de 0.12 a 3 mm (0.005 a 0.125 pulg). No se emplee a temperaturas mayores de 120°C (250°F), o a temperaturas bajo cero.
	Alambre templado en aceite, 0.60-0.70C	UNS G10650 AISI 1065 ASTM 229-41	Este es un acero para resortes de uso general que se emplea para elaborar muchos tipos de resortes de espiras, cuando el costo del alambre de piano resulta prohibitivo y se necesitan tamaños mayores que el alambre de piano disponible. No adecuado para cargas de choque o impacto. Disponible en diámetros de 3 a 12 mm (0.125 a 0.500 pulg), pero se consigue con tamaños mayores y menores. No se emplee a más de 180°C (350°F), o a temperaturas bajo cero.
	Alambre estirado duro, 0.60-0.70C	UNS G10660 AISI 1066 ASTM A227-47	Este acero se usa para fabricar resortes de uso general más barato y se debe utilizar sólo donde la duración, la exactitud y la deflexión no sean muy importantes. Disponible en diámetros de 0.8 a 12 mm (0.031 a 0.500 pulg). No se emplee a más de 120°C (250°F), o a temperaturas bajo cero.
	Cromo vanadio	UNS G61500 AISI 6150 ASTM 231-41	Esta es la aleación más popular de acero para construir resortes en condiciones que implican esfuerzos mayores que las que se pueden emplear con los aceros al alto carbono, y para usarla cuando son necesarias resistencia a la fatiga y alta durabilidad. También sirve para cargas de choque o impacto. Se utilizan ampliamente para fabricar resortes de válvulas de motores de aviones y para temperaturas hasta de 220°C (425°F). Disponible en recocido o prevevenido con tamaños de 0.8 a 12 mm (0.031 a 0.500 pulg) de diámetro.
	Cromo silicio	UNS G92540 AISI 9254	Esta aleación constituye un material excelente para fabricar resortes sometidos a esfuerzos elevados y cargas de impacto que requieren larga vida. Las durezas Rockwell de C50 a C53 son muy comunes y el material se utiliza hasta temperaturas de 250°C (475°F). Disponible en 0.8 a 12 mm (0.031 a 0.500 pulg) de diámetro.

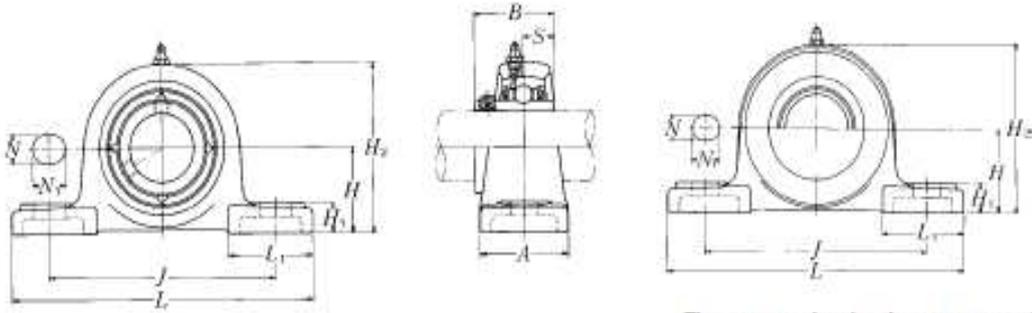
**Fuente:** SHIGLEY J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica, 8va. Edición, 506

**Tabla 6.** Rodamientos de bolas de ranura profunda de una sola hilera

Tipo Abierto				Tipo Blindado ZZ		Tipo Sellado Sin Contacto W		Tipo Sellado Con Contacto DD - DDU		Con Ranura para Anillo de Fijación N		Con Anillo de Fijación NR			
Dimensiones (mm)				Índices de Carga Básica (N)				Factor $f_0$	Velocidad Límite (rpm)			Números de Rodamiento			
$d$	$D$	$B$	$r_{min.}$	$C_r$	$C_{0r}$	$C_r$	$C_{0r}$		Grasa		Aceite	Abierto	Blindado	Sellado	
								Z - ZZ	DU	Abierto Z					
								V - VV	DDU						
25	37	7	0.3	4 500	3 150	455	320	16.1	18 000	10 000	22 000	6805	ZZ	VV	DD
	42	9	0.3	7 050	4 550	715	460	15.4	16 000	10 000	19 000	6905	ZZ	VV	DDU
	47	8	0.3	8 850	5 600	905	570	15.1	15 000	—	18 000	16005	—	—	—
	47	12	0.6	10 100	5 850	1 030	595	14.5	15 000	9 500	18 000	6005	ZZ	VV	DDU
	52	15	1	14 000	7 850	1 430	800	13.9	13 000	9 000	15 000	6205	ZZ	VV	DDU
	62	17	1.1	20 600	11 200	2 100	1 150	13.2	11 000	8 000	13 000	6305	ZZ	VV	DDU
28	52	12	0.6	12 500	7 400	1 270	755	14.5	14 000	8 500	16 000	60/28	ZZ	VV	DDU
	58	16	1	16 600	9 500	1 700	970	13.9	12 000	8 000	14 000	62/28	ZZ	VV	DDU
	68	18	1.1	26 700	14 000	2 730	1 430	12.4	10 000	7 500	13 000	63/28	ZZ	VV	DDU
30	42	7	0.3	4 700	3 650	480	370	16.4	15 000	9 000	18 000	6806	ZZ	VV	DD
	47	9	0.3	7 250	5 000	740	510	15.8	14 000	8 500	17 000	6906	ZZ	VV	DDU
	55	9	0.3	11 200	7 350	1 150	750	15.2	13 000	—	15 000	16006	—	—	—
	55	13	1	13 200	8 300	1 350	845	14.7	13 000	8 000	15 000	6006	ZZ	VV	DDU
	62	16	1	19 500	11 300	1 980	1 150	13.8	11 000	7 500	13 000	6206	ZZ	VV	DDU
	72	19	1.1	26 700	15 000	2 720	1 530	13.3	9 500	6 700	12 000	6306	ZZ	VV	DDU
32	58	13	1	15 100	9 150	1 530	935	14.5	12 000	7 500	14 000	60/32	ZZ	VV	DDU
	65	17	1	20 700	11 600	2 120	1 190	13.6	10 000	7 100	12 000	62/32	ZZ	VV	DDU
	75	20	1.1	29 900	17 000	3 050	1 730	13.2	9 000	6 300	11 000	63/32	ZZ	VV	DDU
35	47	7	0.3	4 900	4 100	500	420	16.7	14 000	7 500	16 000	6807	ZZ	VV	DD
	55	10	0.6	10 600	7 250	1 080	740	15.5	12 000	7 500	15 000	6907	ZZ	VV	DDU
	62	9	0.3	11 700	8 200	1 190	835	15.6	11 000	—	13 000	16007	—	—	—
	62	14	1	16 000	10 300	1 630	1 050	14.8	11 000	6 700	13 000	6007	ZZ	VV	DDU
	72	17	1.1	25 700	15 300	2 620	1 560	13.8	9 500	6 300	11 000	6207	ZZ	VV	DDU
40	80	21	1.5	33 500	19 200	3 400	1 960	13.2	8 500	6 000	10 000	6307	ZZ	VV	DDU
	52	7	0.3	6 350	5 550	650	565	17.0	12 000	6 700	14 000	6808	ZZ	VV	DD
	62	12	0.6	13 700	10 000	1 390	1 020	15.7	11 000	6 300	13 000	6908	ZZ	VV	DDU
	68	9	0.3	12 600	9 650	1 290	985	16.0	10 000	—	12 000	16008	—	—	—

Fuente: Catalogo general de rodamientos NSK B10

**Tabla 7.** Chumacera tipo puente alojamiento de acero fundido



Tipo con guardapolvo de acero prensado  
 Extremo abierto: S-UCPX--D1  
 Extremo cerrado: SM-UCPX--D1

Diámetro del eje mm pulg.	Número <sup>1)</sup> de la chumacera	Dimensiones nominales											Tamaño del perno mm pulg.	Número del rodamiento
		H	L	J	A	N	N <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	B	S		
25 1 3/16 7/8 1 5/16 1	UCPX05D1 UCPX05-013D1 UCPX05-014D1 UCPX05-015D1 UCPX05-100D1	44.4 1 3/4	159 6 1/4	119 4 1/16	51 2	17 2 1/32	20 3/32	18 3/32	85 3 1/32	50 1 31/32	38.1 1.5000	15.9 0.626	M14 1/2	UCX05D1 UCX05-013D1 UCX05-014D1 UCX05-015D1 UCX05-100D1
30 1 1/16 1 1/8 1 3/16 1 1/4	UCPX06D1 UCPX06-101D1 UCPX06-102D1 UCPX06-103D1 UCPX06-104D1	47.6 1 7/8	175 6 7/8	127 5	57 2 1/4	17 2 1/32	20 3/32	20 3/32	93 3 1/32	54 2 1/8	42.9 1.6890	17.5 0.689	M14 1/2	UCX06D1 UCX06-101D1 UCX06-102D1 UCX06-103D1 UC207-104D1
35 1 5/16 1 3/8 1 7/16	UCPX07D1 UCPX07-105D1 UCPX07-106D1 UCPX07-107D1	54 2 1/8	203 8	144 5 1/2	57 2 1/4	17 2 1/32	20 3/32	21 13/16	105 4 1/8	60 2 3/8	49.2 1.9370	19 0.748	M14 1/2	UCX07D1 UCX07-105D1 UCX07-106D1 UCX07-107D1
40 1 1/2 1 9/16	UCPX08D1 UCPX08-108D1 UCPX08-109D1	58.7 2 5/16	222 8 3/4	156 6 5/32	67 2 5/8	20 3/32	23 3/32	26 1 1/32	111 4 3/8	65 2 9/16	49.2 1.9370	19 0.748	M16 5/8	UCX08D1 UCX08-108D1 UCX08-109D1
45 1 5/8 1 11/16 1 3/4 1 13/16	UCPX09D1 UCPX09-110D1 UCPX09-111D1 UCPX09-112D1 UCPX09-113D1	58.7 2 5/16	222 8 3/4	156 6 5/32	67 2 5/8	20 3/32	23 3/32	26 1 1/32	116 4 9/16	65 2 9/16	51.6 2.0315	19 0.748	M16 5/8	UCX09D1 UCX09-110D1 UCX09-111D1 UCX09-112D1 UC210-113D1

Fuente: Catálogo de chumaceras NTN Pág. 68

**Tabla 8.** Tolerancias admisibles

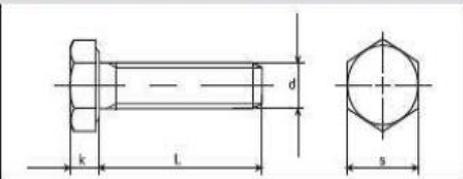
medidas en milímetros

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal							
Designación	Descripción	0,5 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000
f	fina	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	media	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	grosera	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	muy grosera	-	±0,5	±1	±1,15	±2,5	±4	±6	±8

**Fuente:** <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn19.html>

**Tabla 9.** Tornillos de cabeza hexagonal

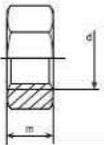
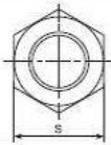
**DM 933** Tornillo de cabeza hexagonal, totalmente roscado 

ISO 4017 EN 24017  

<b>d</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>	<b>M8</b>	<b>M10</b>	<b>M12</b>
<b>P</b>	0,5	0,7	0,8	1	1	1,25	1,5	1,75
<b>k</b>	2	2,8	3,5	4	4,8	5,3	6,4	7,5
<b>s</b>	5,5	7	8	10	11	13	17/16*	19/18*
<b>L</b>	(4-30)	(5-70)	(6-80)	(6-80)	(7-100)	(8-120)	(8-150)	(10-150)
<b>d</b>	<b>M14</b>	<b>M16</b>	<b>M18</b>	<b>M20</b>	<b>M22</b>	<b>M24</b>	<b>M27</b>	<b>M30</b>
<b>P</b>	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5
<b>k</b>	8,8	1	11,5	12,5	14	15	17	18,7
<b>s</b>	22/21*	24	27	30	32/34*	36	41	46
<b>L</b>	(10-150)	(12-150)	(16-200)	(16-200)	(16-200)	(16-200)	(22-200)	(35-200)
<b>d</b>	<b>M33</b>	<b>M36</b>	<b>M39</b>	<b>M42</b>	<b>M45</b>	<b>M48</b>	<b>M52</b>	
<b>P</b>	3,5	4	4	4,5	4,5	5	5	
<b>k</b>	21	22,5	25	26	28	30	33	
<b>s</b>	50	55	60	65	70	75	80	
<b>L</b>	(35-200)	(35-200)	(35-200)	(40-200)	(40-200)	(40-200)	(50-200)	
4.6	4.8	5.6	5.8	6.8 ●	8.8 ●	10.9 ●	12.9 ●	A2 ● A4 ●

**Fuente:** [www.mstornilleria.com](http://www.mstornilleria.com)

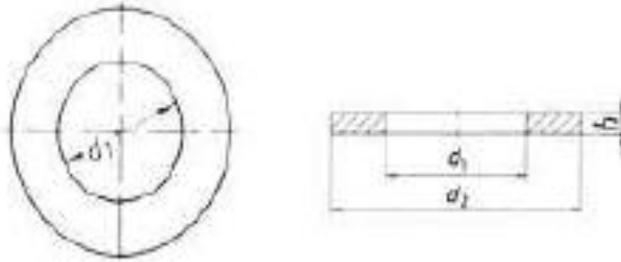
**Tabla 10. Tuercas hexagonal**

DIN 934		Tuercas hexagonal								MS Tornillería	
ISO 4032 EN 24032											
<b>d</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>	<b>M8</b>	<b>M10</b>	<b>M12</b>	<b>M14</b>		
P	0,5	0,7	0,8	1	1	1,25	1,5	1,75	2		
m	2,4	3,2	4	5	5,5	6,5	8	10	11		
s	5,5	7	8	10	11	13	17/16*	19/18*	22/21*		
<b>d</b>	<b>M16</b>	<b>M18</b>	<b>M20</b>	<b>M22</b>	<b>M24</b>	<b>M27</b>	<b>M30</b>	<b>M33</b>	<b>M36</b>		
P	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	3,5	4		
m	13	15	16	18	19	22	24	26	29		
s	24	27	30	32/34*	36	41	46	50	55		
<b>d</b>	<b>M39</b>	<b>M42</b>	<b>M45</b>	<b>M48</b>	<b>M52</b>	<b>M56</b>	<b>M60</b>	<b>M64</b>	<b>M68</b>		
P	4	4,5	4,5	5	5	5,5	5,5	6	6		
m	31	34	36	37	42	45	48	51	54		
s	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
<b>d</b>	<b>M72</b>	<b>M76</b>	<b>M80</b>	<b>M90</b>	<b>M100</b>	<b>M110</b>					
P	6	6	6	6	6	6					
m	58	61	64	72	80	88					
s	105	110	1115	130	145	155					
5 ●		8 ●		10 ●		A2 ●		A4 ●			

\* Tamaño según norma ISO.

Fuente: [www.mstornilleria.com](http://www.mstornilleria.com)

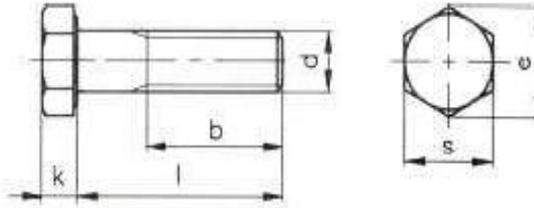
**Tabla 11.** Arandelas planas



M	d1	d2	h
1.6	1.7	4	0.3
2	2.2	5	0.3
2.6	2.7	6.6	0.5
3	3.2	7	0.5
3.5	3.7	8	0.5
4	4.3	9	0.8
5	5.3	10	1
6	6.4	12	1.8
7	7.4	14	1.6
8	8.4	16	1.6
10	10.5	20	2
12	13	24	2.5
14	15	28	2.5
16	17	30	3
18	19	34	3
20	21	37	3
22	23	30	3
24	25	44	4
27	28	50	4
30	31	68	4
33	34	80	5
36	37	88	5
39	40	72	6
42	43	78	7
45	46	95	7
48	50	92	8
50	52	92	8
52	54	98	8

**Fuente:** Dislas universal en tornillería manual

**Tabla 12.** Tornillo de cabeza hexagonal rosca parcial

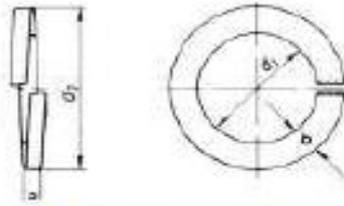


k	3,5	4	5,3	6,4	7,5	8,8	10	11,5	12,5	14	15	17	18,7	21	22,5
e	8,79	11,05	14,38	18,9	21,1	24,49	26,75	30,14	33,53	35,72	39,98	45,2	50,85	55,37	60,79
s	8	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46	50	55
b L ≤ 125	16	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	72	78
b 125 < L ≤ 200		24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	66	72	78	84
b L > 200				45	49	53	57	61	65	69	73	79	85	91	97

L	d	M-5	M-8	M-8	M-10	M-12	M-14	M-16	M-18	M-20	M-22	M-24	M-27	M-30	M-33	M-38
30		*	*	*												
35		*	*	*	*											
40		*	*	*	*	*										
45		*	*	*	*	*	*									
50		*	*	*	*	*	*	*								
55		*	*	*	*	*	*	*	*							
60		*	*	*	*	*	*	*	*	*						
65		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
70		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
75		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
80		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
90		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
100		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
110		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
120		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
130		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
140		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
150		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
160		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
170		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
180		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
190		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
200		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
210		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
220		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
230		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
240		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
250		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
260		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
270		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
280		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

**Fuente:** Dislas universal en tornillería manual

**Tabla 13.** Arandelas grower forma b



M	d1	d2	b	s
2	2,1	4,4	0,9	0,5
2,5	2,6	5,1	1	0,6
3	3,1	6,2	1,3	0,8
3,5	3,6	6,7	1,3	0,8
4	4,1	7,0	1,5	0,9
5	5,1	9,2	1,8	1,2
6	6,1	11,8	2,5	1,6
8	8,1	14,8	3	2
10	10,2	18,1	3,5	2,2
12	12,2	21,1	4	2,5
14	14,2	24,1	4,5	3
16	16,2	27,4	5	3,5
18	18,2	29,4	5	3,5
20	20,2	33,6	6	4
22	22,5	35,0	6	4
24	24,5	40	7	6
27	27,5	49	7	6
30	30,5	48,2	8	6
33	33,5	55,2	10	6
36	36,5	58,2	10	6
39	39,5	61,2	10	6
42	42,5	69,2	12	7
45	45,5	71,2	12	7
48	48	75	12	7

**Fuente:** Dislas universal en tornillería manual

**Tabla 14.** Propiedades mecánicas de resortes

Nombre y Nomenclatura	Módulo de elasticidad lineal en [GPa]	Módulo de elasticidad transversal en [GPa]	Resistencia mínima a tracción [MPa]	Temperatura de servicio máxima [°C]	Densidad [kg/m³]	Método de fabricación. Usos principales
ASTM A227 (C>0.45%)	206,8	79,3	1951	121	7833	Estirado en frío. Resortes de bajo costo
ASTM A679 (C>0.65%)	206,8	79,3	1951	121	7750	Estirado en frío. Resorte de calidad superior
ASTM A229 (C>0.55%) Revenido en aceite	206,8	79,3	2020	121	7833	Estirado en frío con tratamiento térmico previo. Resorte de usos generales
ASTM A230 (C>0.60%) Revenido en aceite	206,8	79,3	1482	121	7833	Estirado en frío con tratamiento térmico previo. Resorte de tensión uniforme
Aleación ASTM A231	206,8	79,3	1310	219	7750	Estirado en frío con tratamiento térmico previo. Usado para cargas de impacto
Aleación ASTM A401	206,8	79,3	1620	246	7750	Estirado en frío con tratamiento térmico previo. Usado para cargas de impacto
Acero Inox ASTM A313	193,1	68,9	862	288	7889	Estirado en frío. Resistente a corrosión y al calor para usos generales
bronce ASTM B159	103,4	43,1	724	93.3	8858	Estirado en frío. Resistente a corrosión

**Fuente:** Cátedra: [www.frbb.utn.edu.ar](http://www.frbb.utn.edu.ar). Profesor: Dr. Ing. Marcelo Piovan

**Tabla 15.** Dimensiones de anillo de seguridad

Med. Nom.		ANILLO										RANURA			Fuerza Axial KG. $\downarrow$
d1	s h11	a max.	b $\downarrow$	d3	Toler.	d4	d5	Peso Kgs. x 1000 Pz.	d2	Toler.	m h 12	n min.			
36	1,75	5,6	4	33,2	+0,25 -0,50	47,8	2,5	5,000	34	h12 +0 -0,25	1,85	3	2760		
37		5,7	4,1	34,2		48,6		5,260	35				2835		
38		5,8	4,2	35,2	50,2	5,360		36	2910						
39		5,9	4,3	36	51,5	5,620		37	3360						
40		6,0	4,4	36,5	52,6	6,030		37,5	3810						
41		6,2	4,5	37,5	54	6,440		38,5	3905						
42		6,5	4,5	38,5	55,7	6,500		39,5	4000						
44		6,6	4,6	40,5	58	6,910		41,5	4200						
45		6,7	4,7	41,5	59,1	7,500		42,5	4300						
46		6,8	4,8	42,5	60,5	7,650		43,5	4400						
47	6,8	4,9	43,5	61	7,840	44,5	4500								
48	6,9	5	44,5	62,5	7,900	45,5	4600								
50	2,00	5,1	45,8	64,5	+0,39 -0,9	64,5	2,5	10,200	47	h12 +0 -0,25	3,8	3,8	5700		
52		7,0	5,2	47,8		66,7		10,360	49				5950		
54		7,1	5,3	49,8		69		10,990	51				6185		
55		7,2	5,4	50,8		70,2		11,400	52				6300		
56		7,3	5,5	51,8		71,6		11,800	53				6400		
57		7,3	5,5	52,8		72,2		12,060	54				6525		
58		7,4	5,6	53,8		73,6		12,600	55				6650		
60		7,4	5,8	55,8		75,6		12,900	57				6900		
62		7,5	6	57,8		77,8		14,300	59				7100		
63		7,6	6,2	58,8		79		15,900	60				7250		
65	2,50	7,8	6,3	60,8	+0,46 -1,1	81,4	3	18,200	62	h12 +0 -0,3	2,65	4,5	7500		
67		7,9	6,4	62,5		83,5		20,520	64				7670		
68		8,0	6,5	63,5		84,8		21,800	65				7840		
70		8,1	6,6	65,5		87		22,000	67				8050		
72		8,2	6,8	67,5		89,4		22,500	69				8300		
75		8,4	7	70,5		92,8		24,600	72				8600		
77		8,5	7,2	72,5		94,5		25,270	74				8800		
78		8,6	7,3	73,5		96,2		26,200	75				9000		
80		8,6	7,4	74,5		98,2		27,300	76,5				10700		
82		8,7	7,6	76,5		100		31,200	78,5				11000		
85	3	7,8	79,5	104	+0,54 -1,30	104	3,5	36,400	81,5	h12 +0 -0,35	3,15	5,3	11400		
87		7,9	81,5	106		38,740		83,5	11735						
88		8,8	8	82,5		107		39,400	84,5				11900		
90		8,2	84,5	109		40,250		86,5	12100						
92		9,0	8,4	86,5		111		43,000	88,5				12380		
95		9,4	8,6	89,5		115		44,910	91,5				12800		
97		8,8	91,5	116,5		45,700		93,5	13080						
98		9,5	92,5	117,5		47,990		94,5	13220						
100		9,6	9	94,5		121		49,000	96,5				13500		

**Fuente:** Catalogo de productos OTIA

**Tabla 16.** pesos de chapas de acero inoxidable

Grado	Dimensión (mm)	Espesor (mm)											
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0
		Peso (kg / hoja)											
304	1000 x 2000	4,76	6,34	7,93	9,52	11,1	12,7	14,3	15,9	19,0	23,8	31,7	47,6
	1219 x 2438 (4 "x 8")	7,07	9,43	11,8	14,1	16,5	18,9	21,2	23,6	28,3	35,4	47,1	70,7
	1250 x 2500	7,43	9,91	12,4	14,9	17,3	19,8	22,3	24,8	29,7	37,2	49,6	74,3
	1524 x 3048 (5 "x 10")	11,1	14,7	18,4	22,1	25,8	29,5	33,2	36,8	44,2	55,3	73,3	110,5
430	1000 x 2000	4,62	6,16	7,70	9,24	10,8	12,3	13,9	15,4	18,5	23,1	30,8	46,2
	1219 x 2438 (4 "x 8")	6,87	9,15	11,4	13,7	16,0	18,3	20,6	22,9	27,5	34,3	45,8	68,7
	1250 x 2500	7,22	9,63	12,0	14,4	16,8	19,3	21,7	24,1	28,9	36,1	48,1	72,2

Fuente: [www.vasteel-tw.com/es/quality-1224/Tabla-de-pesos-de-chapas-de-acero-inoxidable.html](http://www.vasteel-tw.com/es/quality-1224/Tabla-de-pesos-de-chapas-de-acero-inoxidable.html)

**Tabla 17.** Pesos teórico de barras acero inoxidable

PESO TEORICO EN kg/m									
BARRAS DE ACERO INOXIDABLE									
DIM (pulg.)	DIM (mm)				DIM (pulg.)	DIM (mm)			
	3.00	0.055	0.071	0.061	2	50.80	15.912	20.259	17.545
	3.50	0.076	0.096	0.083	2 1/16	52.39	16.923	21.547	18.660
	4.00	0.099	0.126	0.109	2 1/8	53.97	17.959	22.866	19.803
3/16	4.76	0.140	0.178	0.154	2 1/4	57.15	20.14	25.64	22.21
	5.00	0.154	0.196	0.170	2 3/8	60.32	22.43	28.56	24.74
	5.50	0.187	0.237	0.206	2 1/2	63.50	24.86	31.65	27.41
	6.00	0.222	0.283	0.245	2 12/16	69.80	30.04	38.25	33.12
1/4	6.35	0.249	0.317	0.274	2 7/8	73.00	32.86	41.83	36.23
4/16	7.00	0.302	0.385	0.333	3	76.20	35.80	45.58	39.48
5/16	7.94	0.389	0.495	0.429	3 1/4	82.50	41.97	53.43	46.27
3/8	9.52	0.559	0.711	0.616	3 1/2	88.90	48.73	62.04	53.73
	10.00	0.617	0.785	0.680	3 9/16	90.50	50.50	64.30	55.68
7/16	11.11	0.761	0.969	0.839		95.00	55.65	70.85	61.36
	12.00	0.888	1.130	0.979	4	101.60	63.65	81.04	70.18
1/2	12.70	0.994	1.266	1.097		110.00	74.61	94.99	82.26
9/16	14.29	1.259	1.603	1.388		115.00	81.54	103.82	89.91
5/8	15.87	1.553	1.977	1.712		120.00	88.79	113.04	97.90
11/16	17.46	1.880	2.393	2.073		125.00	96.34	122.66	106.23
3/4	19.05	2.238	2.849	2.467		130.00	104.20	132.67	114.90
13/16	20.64	2.627	3.344	2.896		140.00	120.85	153.87	133.25
7/8	22.22	3.044	3.876	3.357		152.00	142.45	181.37	157.08
15/16	23.81	3.495	4.450	3.854	6 1/2	165.00	167.86	213.73	185.09
1	25.40	3.978	5.065	4.386		185.00	211.02	268.68	232.69
1 1/16	27.00	4.495	5.723	4.956	7 7/8	200.00	246.63	314.01	271.95
1 1/8	28.57	5.033	6.408	5.549		225.00	312.14	397.42	344.18
1 3/16	30.16	5.609	7.141	6.184	9 1/18	230.00	326.17	415.28	359.65
1 1/4	31.75	6.215	7.914	6.854	10	254.00	397.79	506.47	438.63
1 5/16	33.34	6.854	8.726	7.557		280.00	483.40	615.47	533.02
1 3/8	34.92	7.519	9.573	8.290	12	305.00	573.57	730.28	632.45
	36.00	7.991	10.174	8.811	13	330.00	671.45	854.90	740.38
	37.00	8.441	10.747	9.307	14	356.00	781.43	994.92	861.64
1 1/2	38.10	8.950	11.396	9.869	16	406.00	1016.34	1294.02	1120.67
1 5/8	41.27	10.502	13.371	11.580	18	457.00	1287.72	1639.54	1419.90
1 3/4	44.45	12.182	15.511	13.433	20	508.00	1591.17	2025.89	1754.50
1 7/8	47.62	13.982	17.802	15.417		600.00	2219.68	2826.12	2447.53

Fuente: [www.inoxidable.com/barras.htm](http://www.inoxidable.com/barras.htm)



LA PAZ  
Av. Muroes N. 862 - Esq. Uruguay  
Central Píloto (591-2) 2283478  
electroredlp@electrored.com.bo

SANTA CRUZ  
Av. Santa Cruz N. 262  
Central Píloto (591-3) 3368888  
electroredsc@electrored.com.bo

COCHABAMBA  
C. Turnusia N. 36  
Central Píloto (591-4) 4583221  
electroredcoba@electrored.com.bo

## COTIZACIÓN DE VENTAS

### DATOS CLIENTES

CLIENTE/EMPRESA: ALEJANDRO ANGULO

TELEFONO:

ATENCIÓN:

FAX:

E-MAIL:

CELULAR:

SOLICITUD N°: 2084064

NIT: 0

DIRECCIÓN:

#	Codigo	Descripción	Marca	Procedencia	Cantidad	U/M	Precio	Total
1	?	BOTONERA ABB PLANO VERDE 1NA	ABB	SUECIA	1	PZA	BS 74.69	BS 74.69
2	1	BOTONERA ABB PLANO ROJO 1NC	ABB	SUECIA	1	PZA	BS 74.69	BS 74.69
3	5446	INT DIFERENCIAL SCHNEIDER 2X40A 30mA A9R11240	SCHNEIDER	UE	1	PZA	BS 390.36	BS 390.36
4	7606	CONTACTOR ABB AF09-30-10 BOBINA 100-250VAC-DC 400V/24KW	ABB	FRANCIA	1	PZA	BS 161.19	BS 161.19
5	7878	RELE TERMICO ABB SUECIA TF42-24 RANGO 20.0 - 24.0A	ABB	SUECIA	1	PZA	BS 232.79	BS 232.79
6	5	BOTONERA DE EMERGENCIA ABB TIPO HONGO 30MM 1NC	ABB	SUECIA	1	PZA	BS 100.73	BS 100.73
7	?	BOTONERA ABB PLANO VERDE 1NA	ABB	SUECIA	1	PZA	BS 74.69	BS 74.69
8	5435	FOCO DE SEÑAL C/LED INTEGRADO ABB VERDE 230VAC CL 523G	ABB	SUECIA	1	PZA	BS 59.07	BS 59.07
9	5434	FOCO DE SEÑAL C/LED INTEGRADO ABB ROJO 230VAC CL 523R	ABB	SUECIA	1	PZA	BS 59.07	BS 59.07
10	7996	CABLE FLEX 1 X 2.5 MM2 750V 70°C NEXANS NEGRO	NEXANS-FICA P	BRASIL	1	MTS	BS 1.94	BS 1.94

SON: Mil doscientos veintinueve Bolivianos con Veintidós Centavos

### RESPONSABLE Y CONSULTA

NOMBRE: LPB01 Gonzales Mendoza Edgar Richard

CARGO:

CELULAR: 682-23197

E-MAIL: edgar-gonzales@electrored.com.bo

EJECUTIVO DE VENTAS: LPB01 Gonzales Mendoza Edgar Richard

Subtotal BS 1,229.22  
Descuento 0.0000 %  
Total BS 1,229.22

Firma Responsable

### CONDICIONES

TIEMPO DE VALIDEZ: 5 Días

PLAZO DE ENTREGA: De acuerdo a la existencia

### DESCRIPCIÓN GRAL

FECHA DE COTIZACIÓN

08/02/2019

**INTELECTRIC**  
La Paz C. 2 V. Bolivar "A"  
Av. 6 de Marzo y Ev. del Paraguay  
Tel. (591)--2-2821482  
Email: ventas@inteletric.com.bo

**INTELECTRIC**  
Cochabamba Calle Tumusla entre  
Av. Heroínas y C. Colombia # 120  
Tel. (591)--4-4585433  
Email: ventas@inteletric.com.bo

1

**PROFORMA**  
Nro. 10001576

**FECHA Y HORA:** 08/02/2019 05:58:18 p.m.

**NIT/CI** 0

**NOMBRE/RAZON SOCIAL:** ALEJANDRO ANGULO VALENCIA

**TELEFONOS:** --

Nº	CODIGO	DETALLE	P. UNIT	CANT	U MED	P. TOTAL
1	113.001	CABLE FLEX 1MM2	1.39	1.00	MTS	1.39
2	109.062	CONTACTOR CHINT 12A T-S0 220V	89.87	1	PZS	89.87
3	117.001	FOCO DE SEÑALIZACION LED ROJO 22MM 220VAC	8.67	1	PZS	8.67
4	116.001	PULSADOR ROJO MET/NIQ CB2-BA42 22MM	14.61	1	PZS	14.61
5	116.002	PULSADOR VERDE MET/NIQ CB2-BA31 22MM	14.61	1	PZS	14.61
6	110.020	RELE TERMICO CHINT P/NC1 2.5-4A	116.38	1	PZS	116.38

Son: Doscientos cuarenta y cinco con 53/100 Bolivianos

**TOTAL Bs.** 245.53

**DESCUENTO Bs.** 0.00

**PRECIO CON DESCUENTO Bs.** 245.53

VENTAS1  
**VENDEDOR**

**FORMA DE PAGO** CONTADO

**VALIDEZ:** 3 DIAS

**OBS.:**

**FIRMA Y SELLO**  
CAJA



COTIZACION : 0040/19  
8 de febrero del 2019

R. SOCIAL : ANGULO  
CONTACTO : ANGULO  
N. I. T. : 6850484  
REF./Ord. Comp. :  
Telf. - Fax :  
E-Mail :

NIT : 1004005020  
CONTACTAR A : DANIEL MARCOS CONDE  
Telf. - Celular : 77526862 E-mail : ventas@pernocentro.com  
Telf. - Celular : 77740938 E-mail : ghelguero@pernocentro.com  
PAGINAS : 1 de 1

Item	Cant.	Unid.	Descripción	Precio unit. Bs.	Precio Total Bs.
1	4.00	Pza.	PERNO MM 8.8 - 10-1.00x20	2.6300	10.5200
2	92.00	Pza.	PERNO MM 8.8 - 8-1.25x20	0.4700	43.2400
3	92.00	Pza.	TUERCA HEX. MM CLASE 10 - 8-1.25	0.3900	35.8800
4	92.00	Pza.	ARANDELA PRESION NEGRO - 5/16	0.0900	8.2800
5	8.00	Pza.	PERNO ROSCA TOTAL - 5x16	0.6800	5.4400
6	8.00	Pza.	PERNO MM 8.8 - 14-1.50x45	3.1400	25.1200
7	8.00	Pza.	TUERCA HEX. MM NEGRO - M14-1.50	1.2300	9.8400
8	8.00	Pza.	ARANDELA PLANA BIC - M14	0.7000	5.6000
9	8.00	Pza.	PERNO ALLEM - 10x50	3.3400	26.7200
10	8.00	Pza.	TUERCA HEX. MM CLASE 10 - 10-1.50	0.4800	3.8400
11	8.00	Pza.	ARANDELA PRESION NEGRO - M10	0.1100	0.8800

NUESTROS PRECIOS INCLUYEN IMPUESTOS DE LEY

MONTO TOTAL : Ciento Setenta Y Cinco 36/100 Bolivianos

OFERTA VÁLIDA POR : 5 DIAS TIEMPO DE ENTREGA : INMEDIATA

FORMA DE PAGO : AL CONTADO

OBSERVACIONES : Ninguna

Total Real Bs.	175.3600
Descuento Bs.	0.0000
Total Bs. a Pagar	175.3600

LUGAR DE ENTREGA: NUESTRA TIENDA

CUENTAS PARA DEPOSITOS A PERNO CENTRO LTDA.

BANCO BISA S.A. CTE. M/N : 339144001 BANCO MERCANTIL SANTA CRUZ S.A. M/N : 4010632661 BANCO PRODEM S.A. M/N : 111-2-1-26440-6  
BANCO DE CREDITO S.A. M/N : 201-50133537-3 BANCO GANADERO S.A. M/N : 2041-039224 BANCO UNION S.A. M/N : 10000020040676



DIA MES AÑO  
8 2 19

Nº 006116

CENTRAL: Av. 1 N° 3 (The Plaza) Z. Rosas Pampa  
Tel.: 2915071 - 2914620  
E-mail: pernodul@proforma.com.bo  
SUC. 1: Av. Inca Garcilaso N° 1174 Esq. Av. Bolivia (Parroquia) Tel.: 2915062  
SUC. 2: Av. 8 de Marzo Sur, Calle 2 N° 105 Villa General San Martín El Alto - Bolivia  
SUC. 3: Av. 14 N° 242 Villa Paredón (Callejón a Villa) El Alto - Bolivia  
SUC. 4: Av. Mariscal de Santa Cruz N° 360 Z. Jardín Botánico Cel.: 7878254  
SUC. 5: Calle 14 N° 242, El Alto Cel.: 7878254 Santa Cruz - Bolivia  
SUC. 6: Av. José Fábrega (Avenida) Cel.: 7878258 Cobija - Bolivia

**NOTA DE REMISIÓN**

Señor(es): INDUSTRIA ALBUS SA

CANT.	DETALLE	P. UNIT.	TOTAL
3	Charrota 6 x 16		24
10	Conector rapido 1/4 x 1/4 vpr		130
4	Conector T 1/4 x 1/4 vpr 1/4		80
6	nutro poliamida 1/4		60
4	Siguano E-19		16
4	nutro manguera 3/4		144
2	Cono 13 av 830		110
<b>TOTAL Bs.</b>			<b>564</b>

*COTISACION*

Entregué conforme Recibí conforme  
Fermos Rosca/Ondulada GS, G.S.M. G.S.S - Fermos de Rueda, Abrazaderas de Muelle, Pasadores, Sujos, Resortes, Mangueras, Repuestos en Geral

RODAMIENTOS  
**"RODAMIN"**

Nº 00003



De: Nilda Nattez Cachaca  
CASA MATRIZ  
Calle: 13 N° 270-B  
Zona: 12 de Octubre  
Cel.: 775 61779  
El Alto, La Paz - Bolivia



DIA MES AÑO  
El Alto, 08 02 2019 Telf/Cel.: 73027484

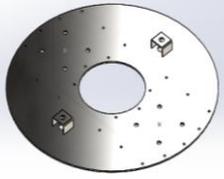
Señor(es): Alejandro Angulo

CANTIDAD	CONCEPTO	P/UNIT.	SUB TOTAL
4	Rod. UCP-205 CRSFT	45	180
<b>TOTAL Bs.</b>			<b>180</b>
Son: <u>ciento ochenta</u> <u>00/100</u> Bolivianos			

Validez de Oferta: ..... Validez de Oferta: .....  
Condiciones de Pago: .....

**ANEXO B**  
**DATOS DE ANALISIS**

## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> AISI 316L Acero inoxidable</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 1.7e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 4.85e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.265</p> <p><b>Densidad:</b> 8027 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 8.2e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 1.65e-005 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir24)(ZAPATA)
Datos de curva:N/A		

## Fuerzas resultantes

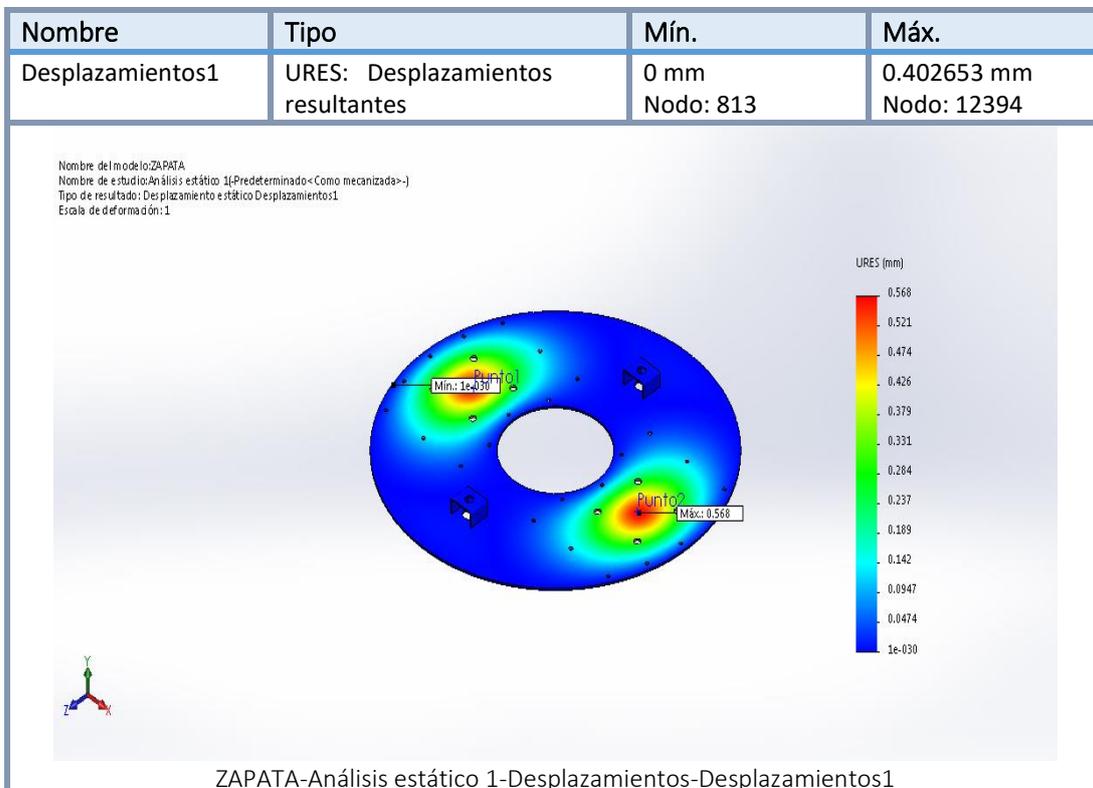
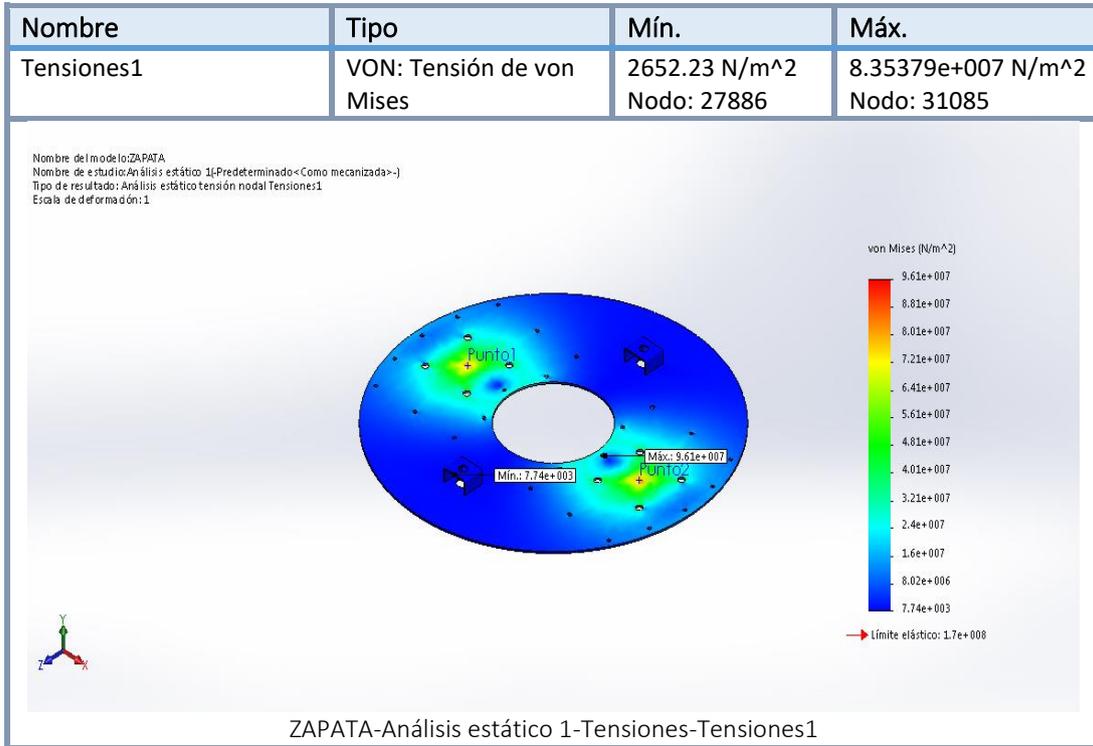
### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.281837	1802.04	-0.0766335	1802.04

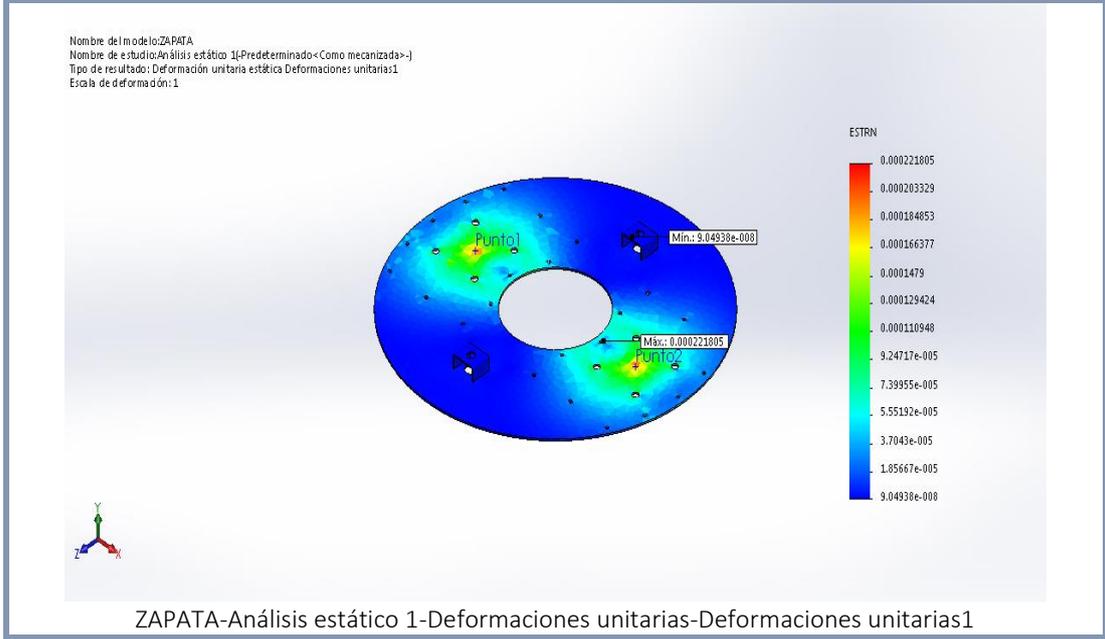
### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

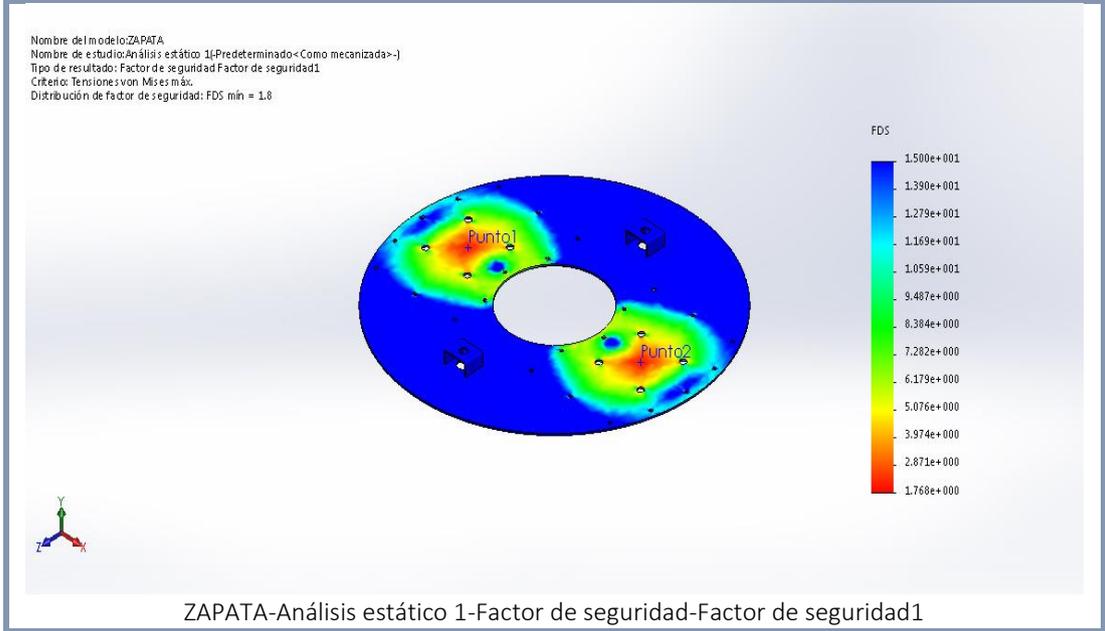
## Resultados del estudio



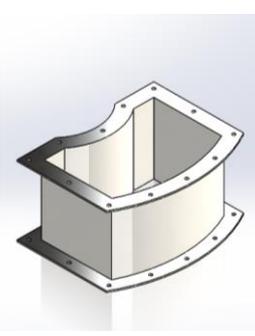
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	9.50447e-009 Elemento: 3817	0.000181897 Elemento: 3246



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	2.03501 Nodo: 31085	64097.1 Nodo: 27886



## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> AISI 316L Acero inoxidable</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 1.7e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 4.85e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.265</p> <p><b>Densidad:</b> 8027 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 8.2e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 1.65e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Redondeo1) (CAJA DE PROTECCION)</p>
Datos de curva:N/A		

### Fuerzas resultantes

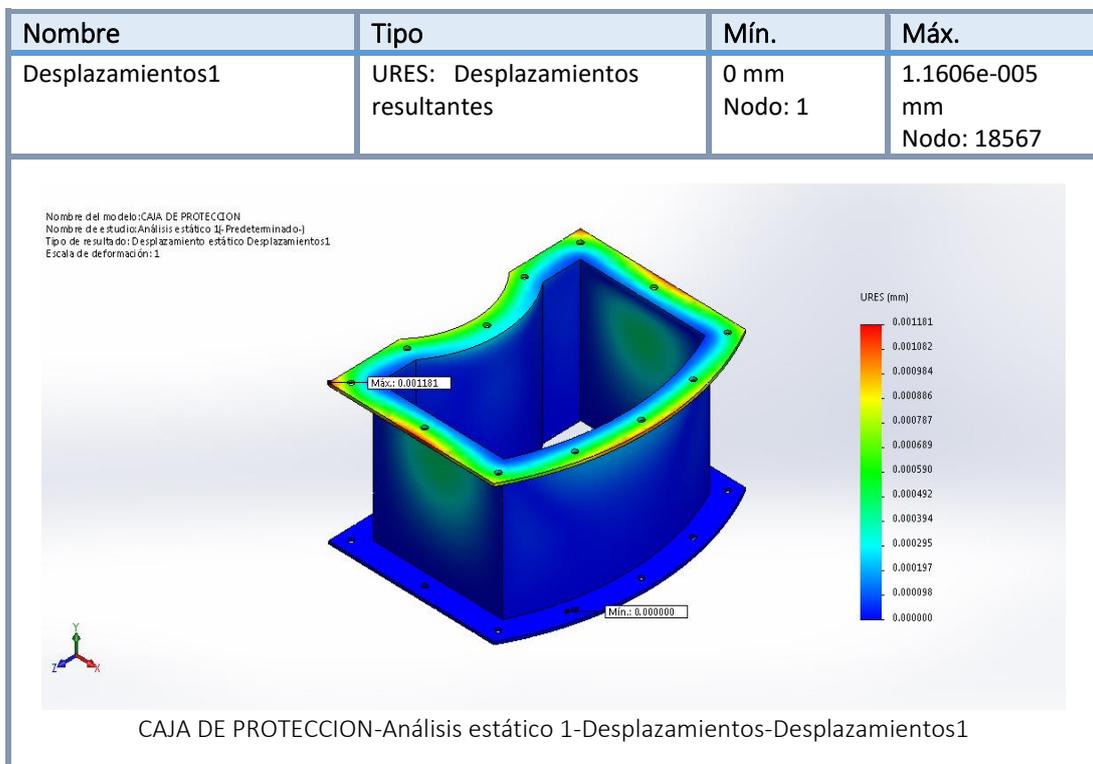
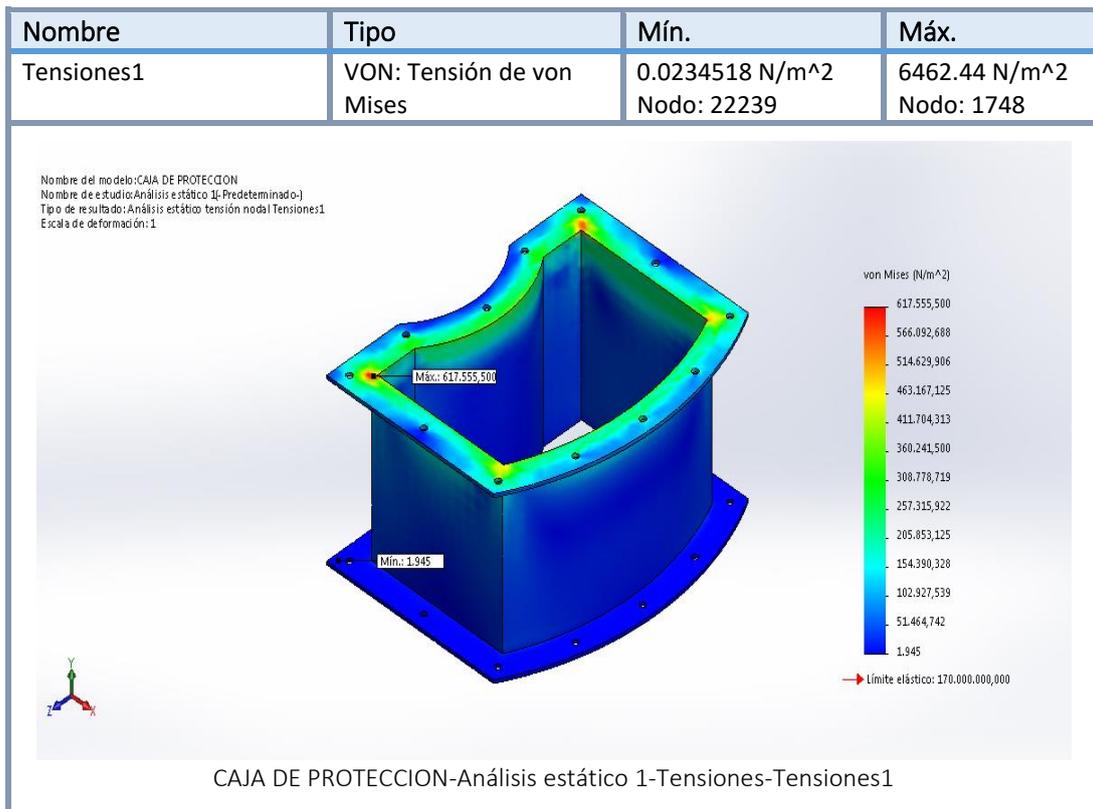
### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unid.	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-5.11438e-005	0.9994	0.0001530	0.999442

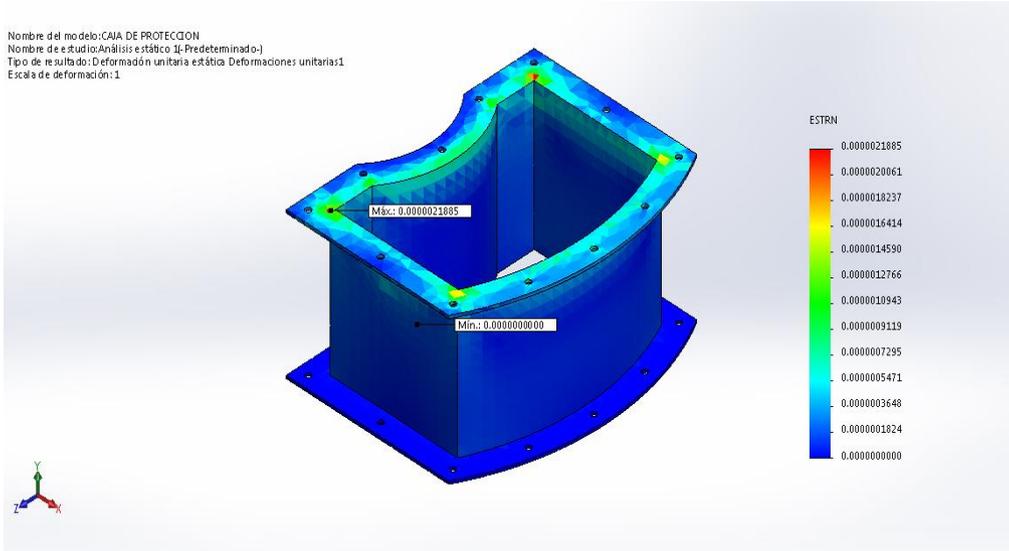
### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

## Resultados del estudio

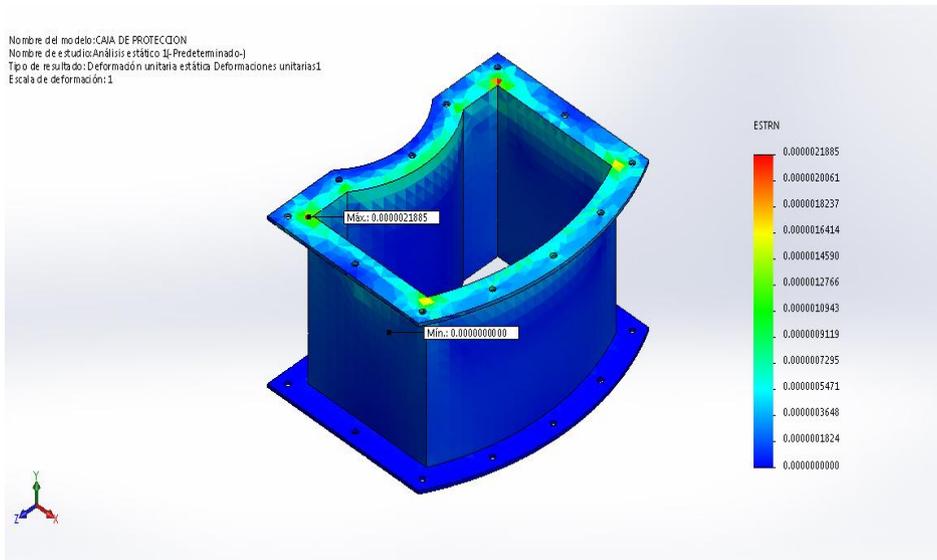


Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	9.17223e-014 Elemento: 10785	2.00475e-008 Elemento: 11341



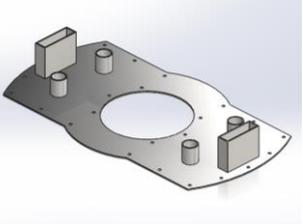
CAJA DE PROTECCION-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	1000 Nodo: 1	1000 Nodo: 1



CAJA DE PROTECCION-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> AISI 316L Acero inoxidable</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 1.7e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 4.85e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.265</p> <p><b>Densidad:</b> 8027 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 8.2e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 1.65e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido</p> <p>1(Saliente-Extruir7)(TAPA DE LA CAJA PROTECTOR)</p>
Datos de curva:N/A		

## Fuerzas resultantes

### Fuerzas de reacción

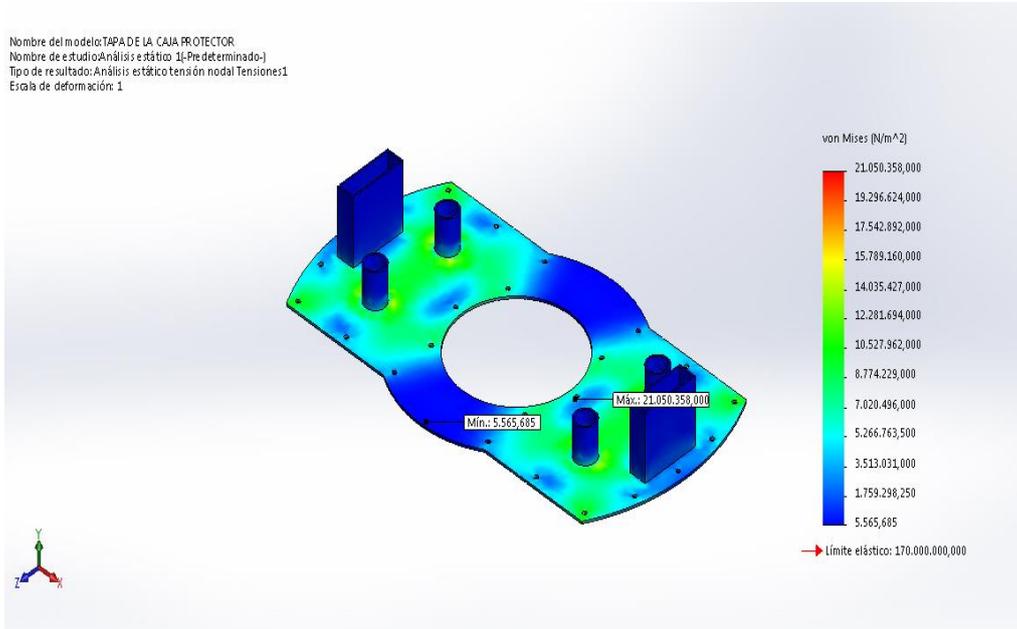
Conjunto de selecciones	Unid.	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.0007217	510.04	0.0315153	510.04

### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unid.	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

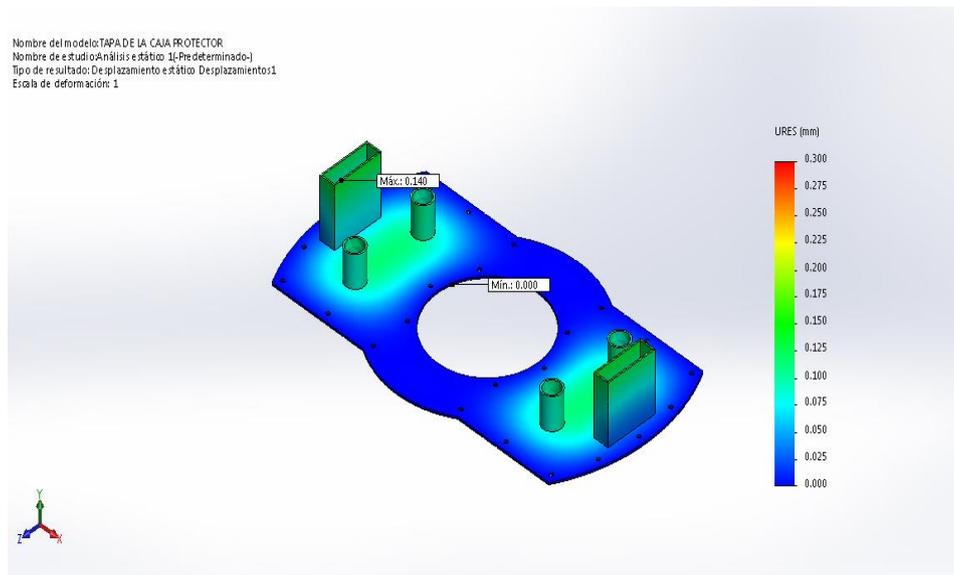
## Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1058 N/m <sup>2</sup> Nodo: 22023	1.11901e+007 N/m <sup>2</sup> Nodo: 25113



TAPA DE LA CAJA PROTECTOR-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

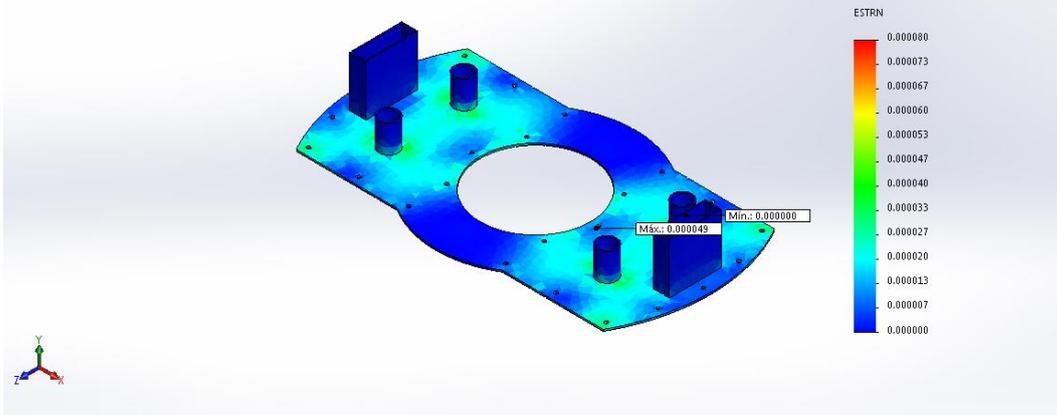
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 1057	0.0533514 mm Nodo: 4801



TAPA DE LA CAJA PROTECTOR-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.70641e-009 Elemento: 11077	2.41859e-005 Elemento: 5821

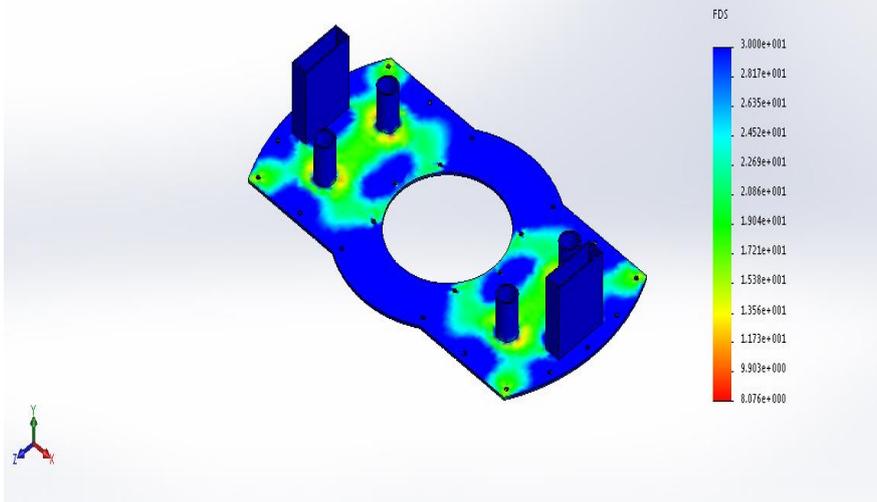
Nombre del modelo:TAPA DE LA CAJA PROTECTOR  
Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Pre-determinado-)  
Tipo de resultado:Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1  
Escala de deformación: 1



TAPA DE LA CAJA PROTECTOR-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	15.1921 Nodo: 25113	160681 Nodo: 22023

Nombre del modelo:TAPA DE LA CAJA PROTECTOR  
Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Pre-determinado-)  
Tipo de resultado:Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Tensiones von Mises máx.  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 8.1



TAPA DE LA CAJA PROTECTOR-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> AISI 316L Acero inoxidable</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 1.7e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 4.85e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.265</p> <p><b>Densidad:</b> 8027 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 8.2e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 1.65e-005 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir16)(BASE)
Datos de curva:N/A		

## Fuerzas resultantes

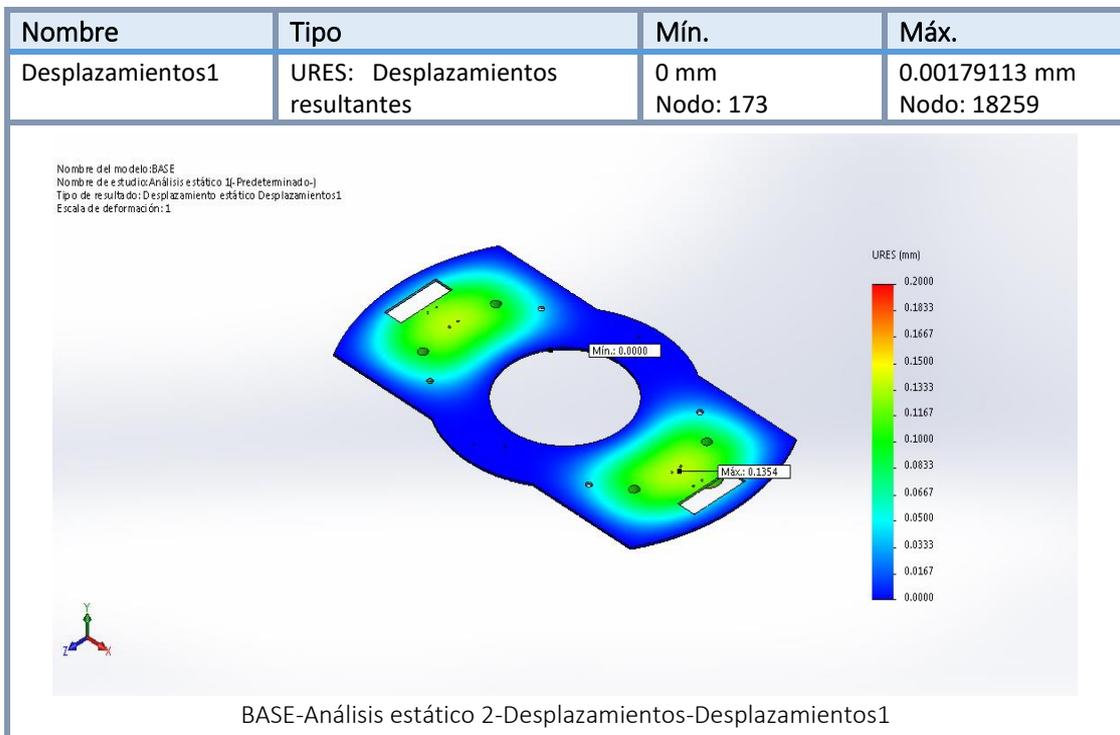
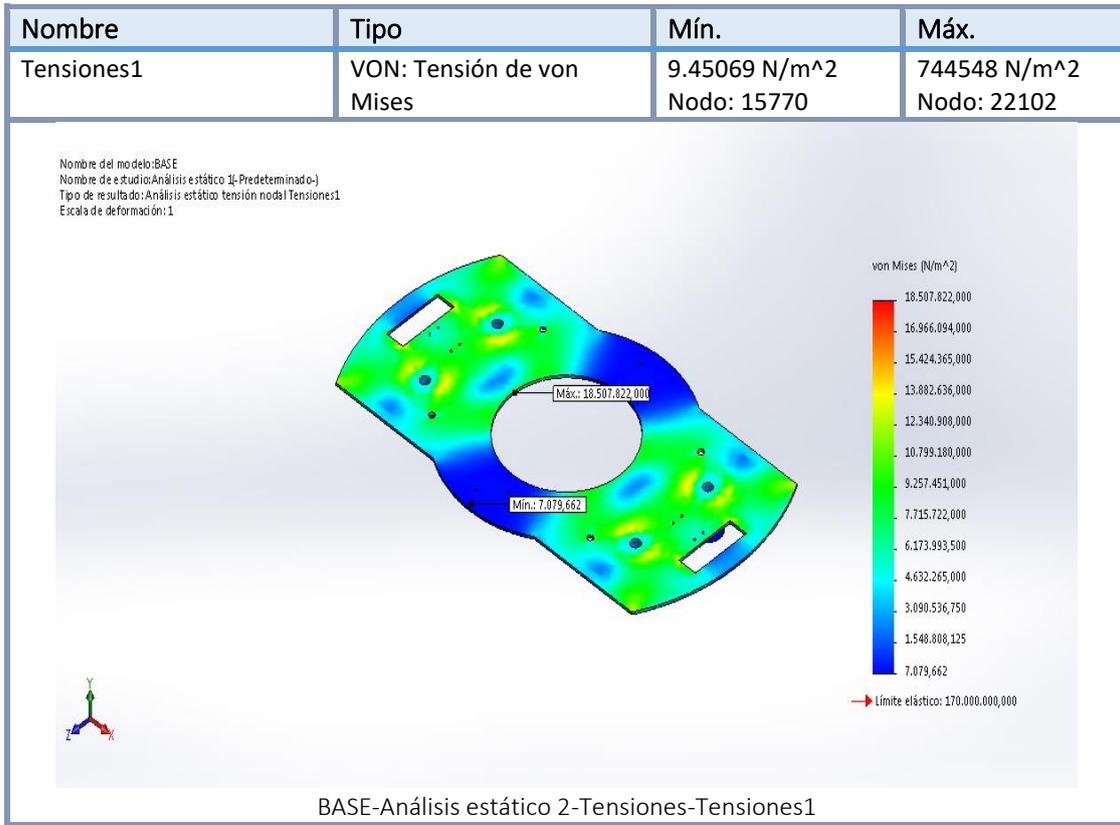
### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unid.	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	8.86619e-005	14.7186	0.00101626	14.7186

### Momentos de reacción

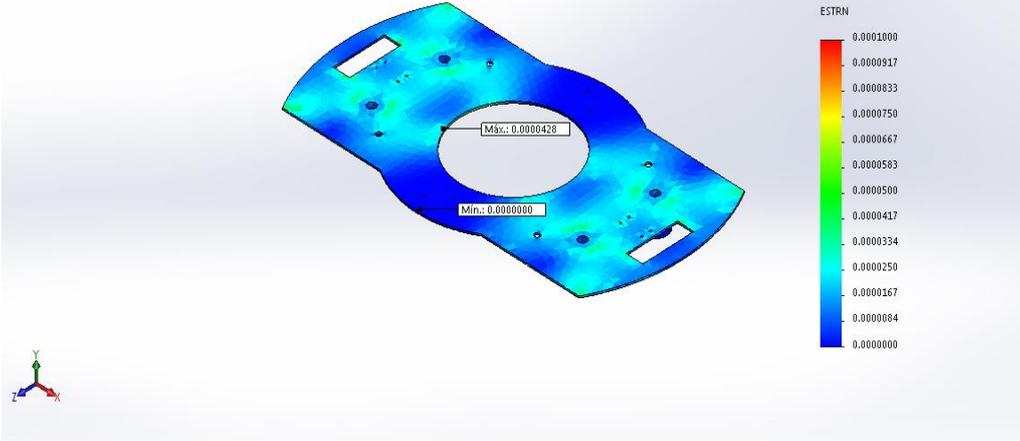
Conjunto de selecciones	Unid.	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

## Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2.71266e-011 Elemento: 9671	1.66951e-006 Elemento: 8135

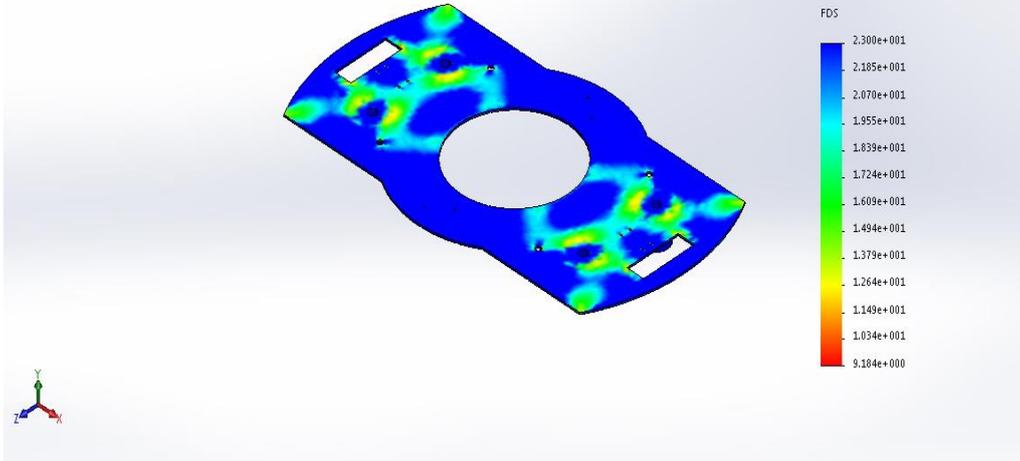
Nombre del modelo:BASE  
Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado:Deformación unitaria estática: Deformaciones unitarias1  
Escala de deformación:1



BASE-Análisis estático 2-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	228.326 Nodo: 22102	1.79881e+007 Nodo: 15770

Nombre del modelo:BASE  
Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado:Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio:Tensiones von Mises máx.  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 9.2



BASE-Análisis estático 2-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

## Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p><b>Nombre:</b> AISI 316L Acero inoxidable</p> <p><b>Tipo de modelo:</b> Isotrópico elástico lineal</p> <p><b>Criterio de error predeterminado:</b> Tensión de von Mises máx.</p> <p><b>Límite elástico:</b> 1.7e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Límite de tracción:</b> 4.85e+008 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Módulo elástico:</b> 2e+011 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de Poisson:</b> 0.265</p> <p><b>Densidad:</b> 8027 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Módulo cortante:</b> 8.2e+010 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficiente de dilatación térmica:</b> 1.65e-005 /Kelvin</p>	<p>Sólido</p> <p>1(Redondeo7)(TORNILLO DE OJO)</p>
Datos de curva:N/A		

## Fuerzas resultantes

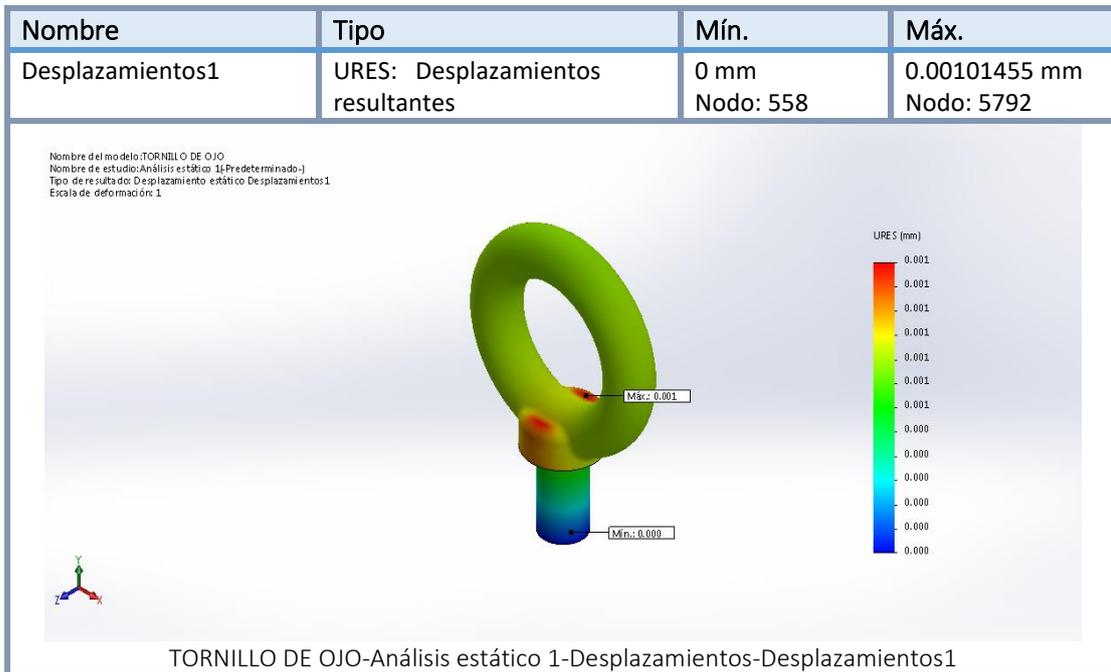
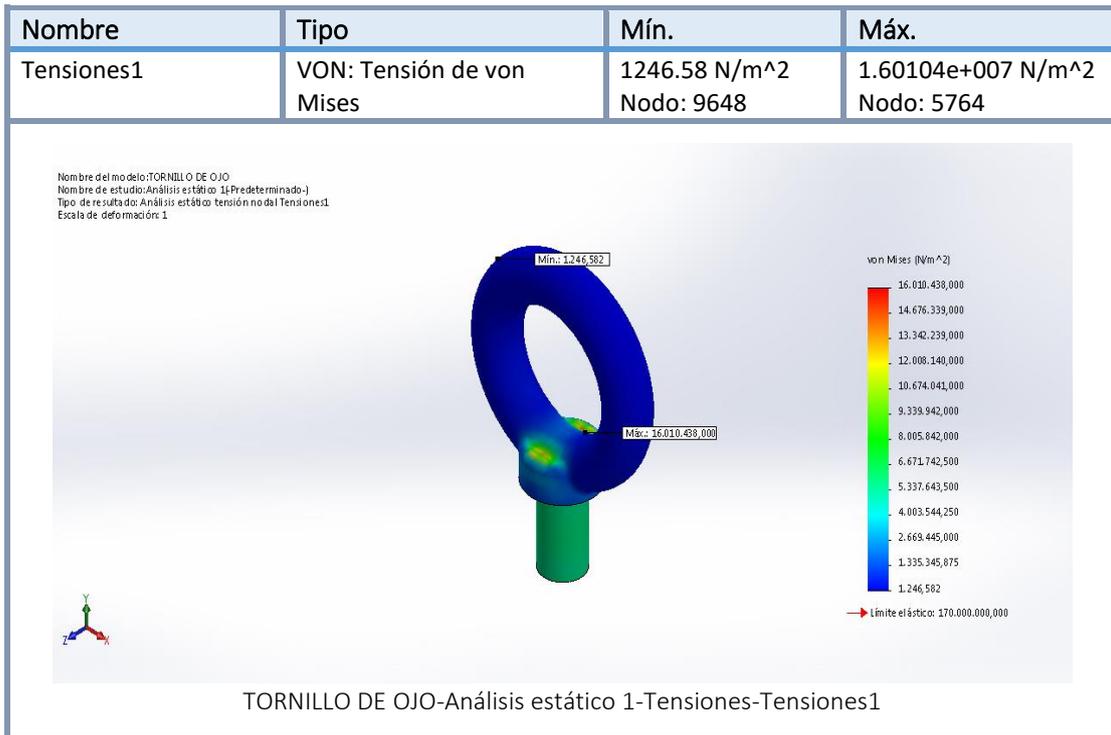
### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.00191629	-660.431	-0.008793	660.431

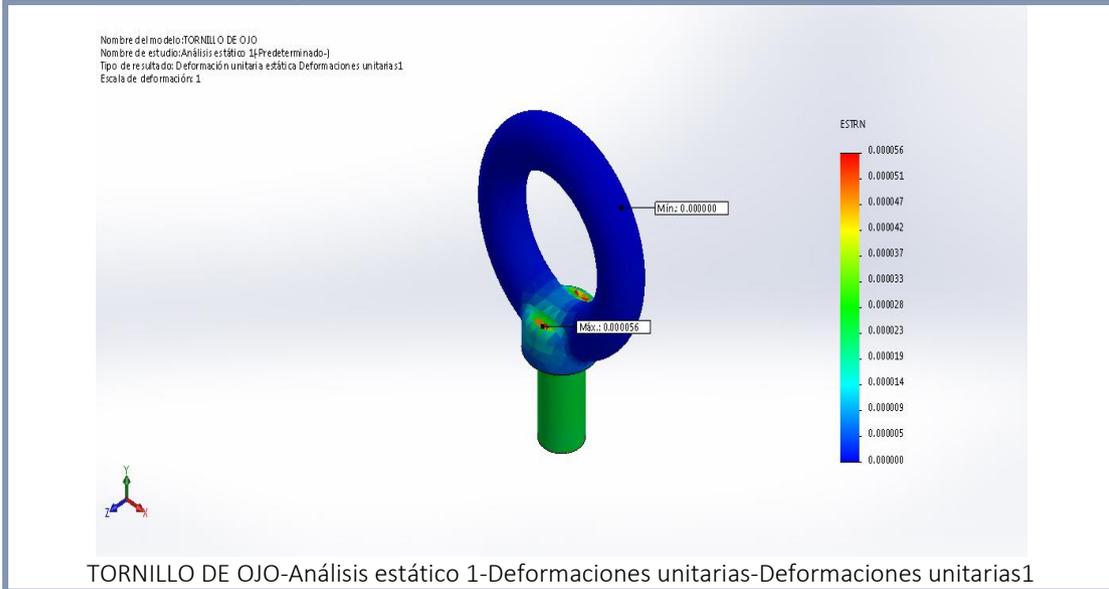
### Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

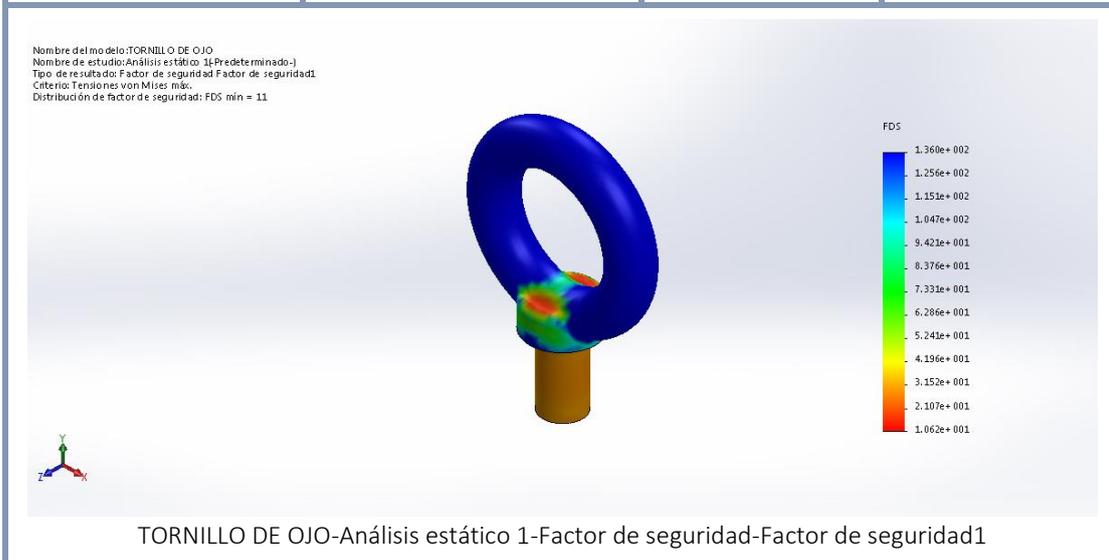
## Resultados del estudio



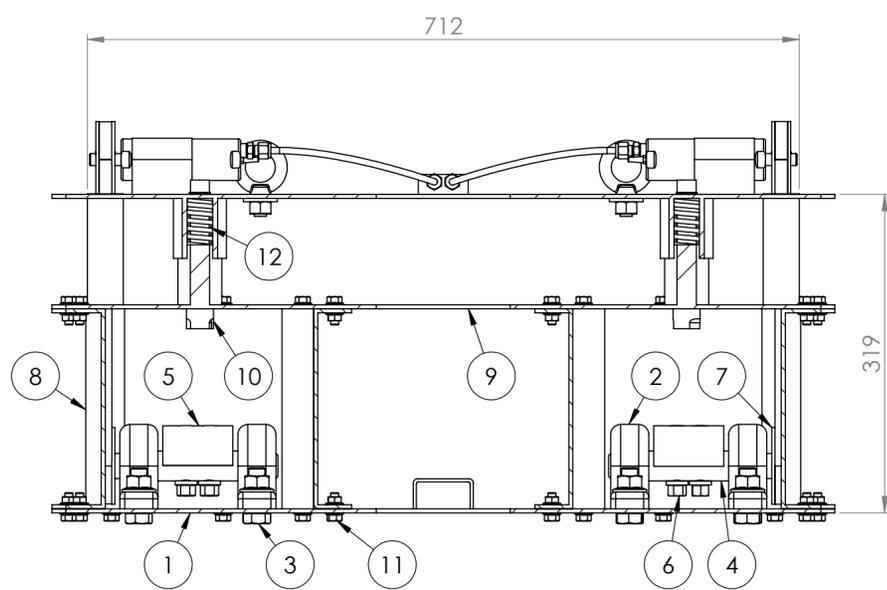
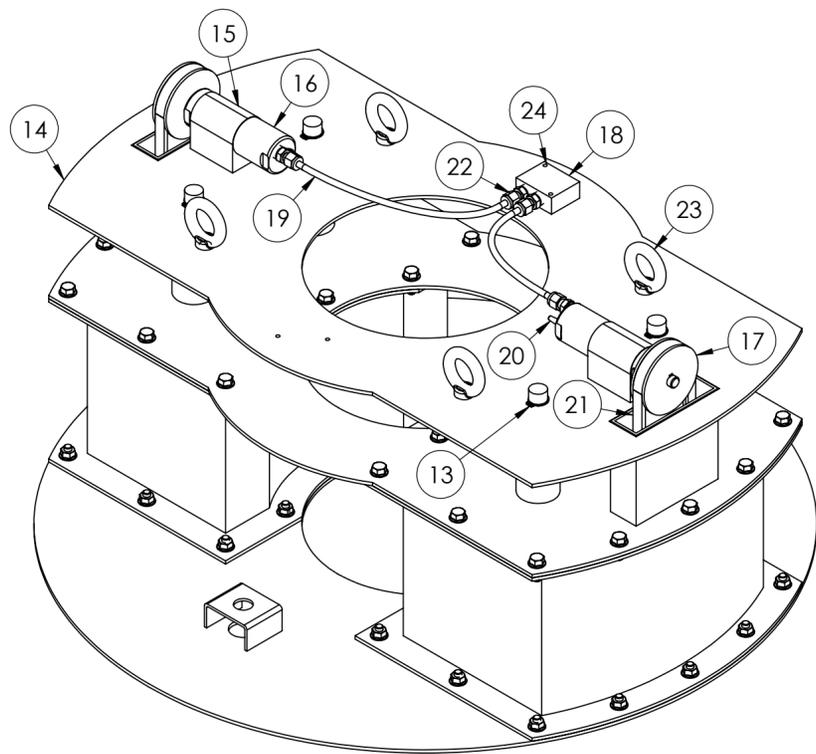
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	9.41347e-009 Elemento: 65	5.58451e-005 Elemento: 4300



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	10.6181 Nodo: 5764	136373 Nodo: 9648

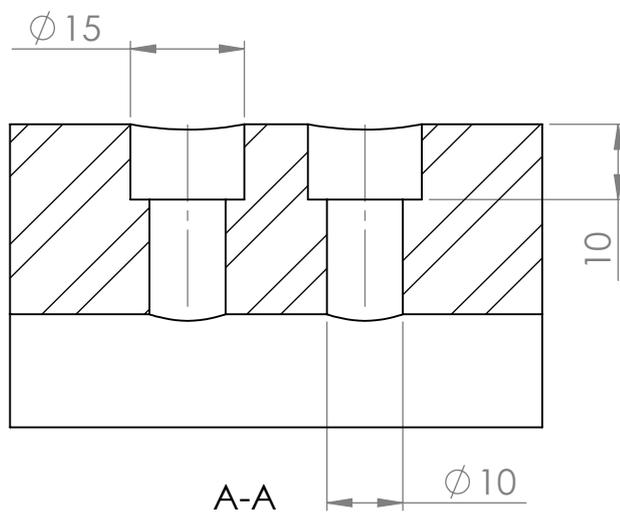
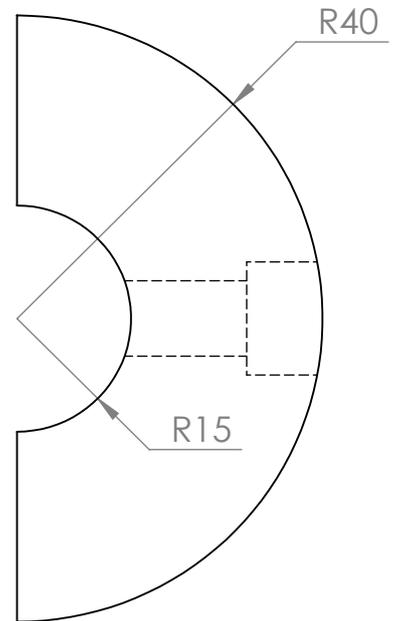
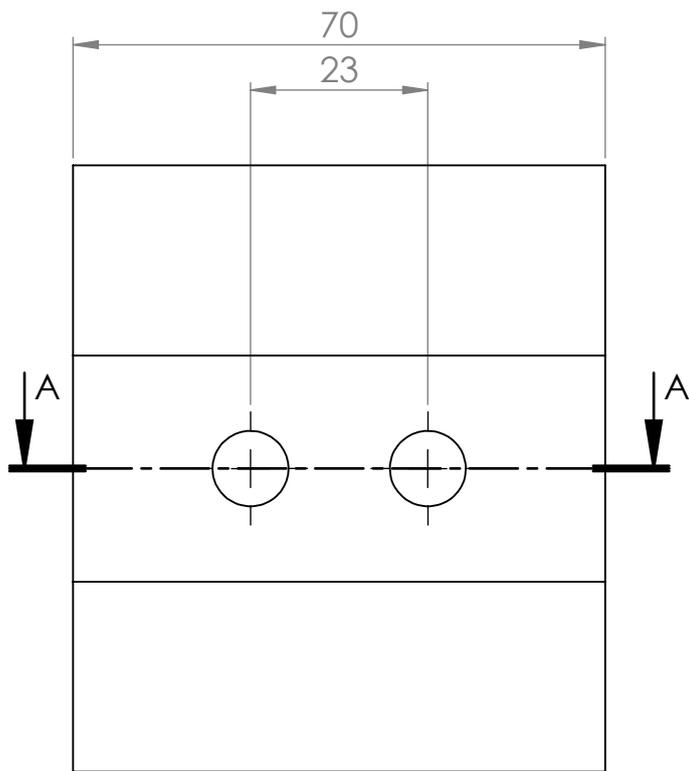


**ANEXO C**  
**PLANOS**



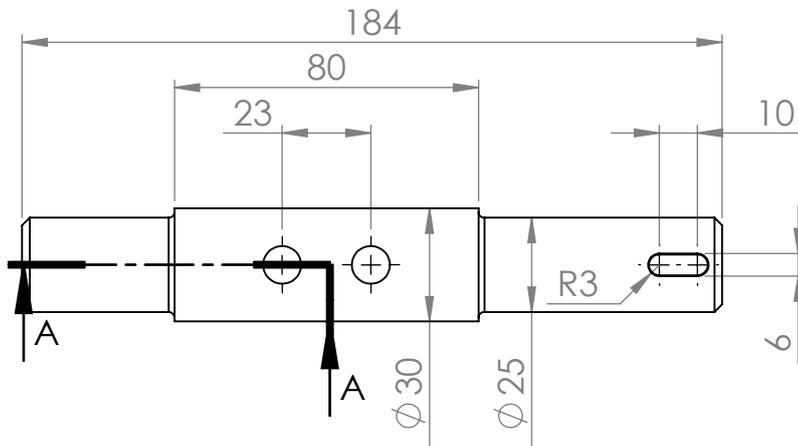
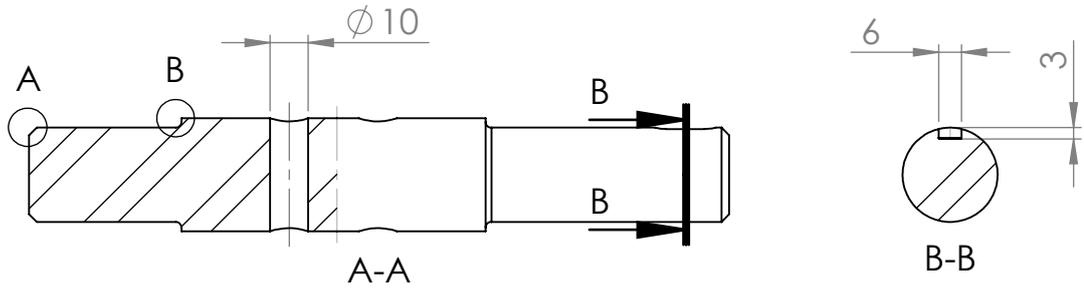
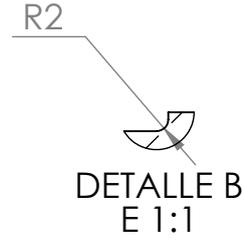
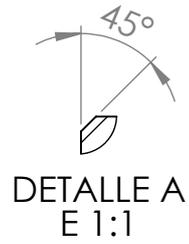
Cant.	Nombre pieza	No. Pieza	Norma	Material	Semiproducto
2	Perno M6	24	ISO 4017 (DIN 933)		
4	Tornillo de Ojo	23		Acero	
4	Racor	22		Latón plat.-Ni	
2	Correa	21		Hule	
2	Silenciador	20		Acero	
2	Manguera Neumatica	19		PVC	
1	Valvula Distribuidor	18		Aluminio	
2	Polea Motriz	17		Acero SAE 1020	
2	Motor Neumatico	16		Acero inoxidable	
2	Soporte del Motor Neumatico	15		Acero	
1	Base	14		Acero inoxidable	
4	Anillo Reten	13		Acero	
4	Resorte	12		Alambre de piano	
48	Perno M8	11	ISO 4017 (DIN 933)		
4	Guia de Resorte	10		Acero SAE 1020	
1	Tapa de la Caja Protector de Humedad	9		Acero inoxidable	
2	Caja Protector de Humedad	8		Acero inoxidable	
2	Polea Inducida	7		Acero SAE 1020	
4	Perno Allen	6	DIN7991		
2	Masa Excentrica	5		Acero SAE 1020	
2	Eje	4		Acero SAE 1020	
8	Perno M16	3	ISO 4017 (DIN 933)		
2	Chumacera	2		Acero inoxidable	
1	Zapata	1		Acero inoxidable	

Proyecto:		Material:		Peso:		Escala:		Cantidad:	
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.		ACERO INOX.		71,0 kg		1: 5		1	
						Conjunto:		Máquina	
						Título:		MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN	
		Fecha		Nombre					
		Dibujado 26/03/2020		A. Angulo V.					
		Revisado 26/03/2020		Ing. G. Barriga D					
		Norma		DIN A2					
				INDUSTRIAS ALBUS S.A.		No. de Plano:		DMC-MQ-GRA-00	
								1	
								A2	
Estados		Cambio		Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería	
								Procedencia:	
								Sustituye a:	

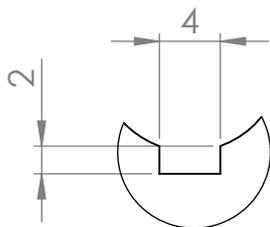
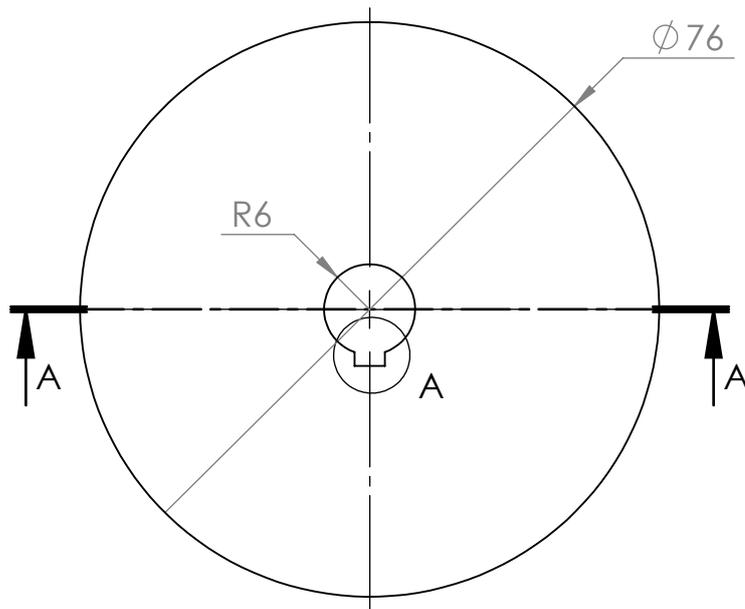
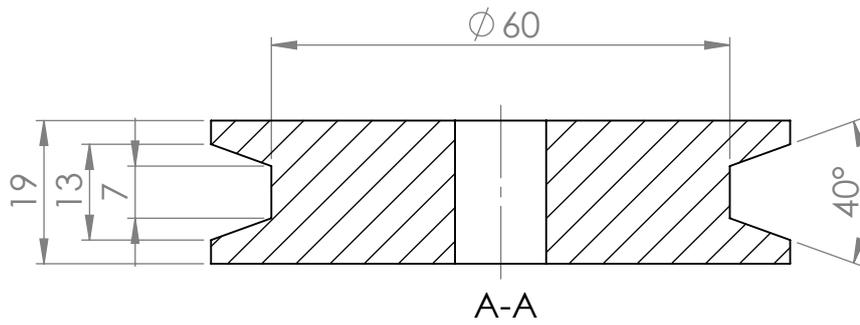


Proyecto:				Material:		Peso:		Escala:		Cantidad:	
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				ACERO SAE 1020		1,17 kg		1 : 1		2	
				Fecha		Nombre		Conjunto:			
				Dibujado 14/03/2020		A. Angulo V.		SISTEMA MECÁNICO			
				Revisado 14/03/2020		Ing. G. Barriga D.		Título:			
				Norma		DIN A4					
				INDUSTRIAS ALBUS S.A.				No. de Plano:		1	
								DMC-SM-MEA-01		A4	
Estado	Cambios	Fecha	Nombre	Facultad de Ingeniería				Procedencia:		Sustituye a:	

MASA EXCÉNTRICA

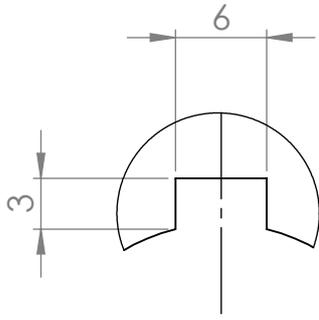


Proyecto:				Material:		Peso:		Escala:		Cantidad:	
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				ACERO SAE 1020		0,82 kg		1 : 1		2	
				Fecha		Nombre		Conjunto: SISTEMA MECÁNICO			
				Dibujado 14/03/2020		A. Angulo V.		Título: EJE			
				Revisado 14/03/2020		Ing. G. Barriga D.					
				Norma		DIN A4					
				INDUSTRIAS ALBUS S.A.				No. de Plano:		2	
								DMC-SM-EJE-02		A4	
Estado	Cambios	Fecha	Nombre	Facultad de Ingeniería				Procedencia:		Sustituye a:	

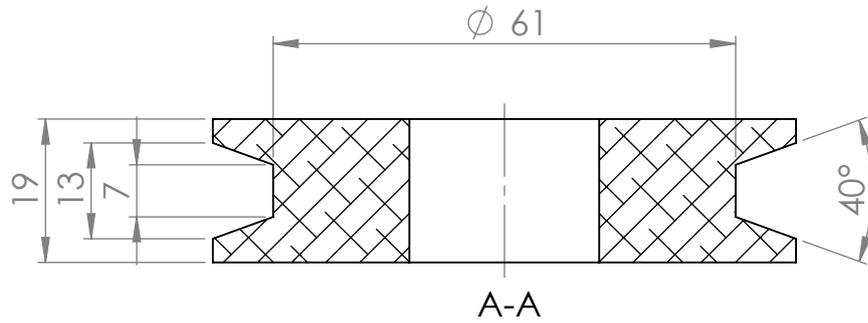
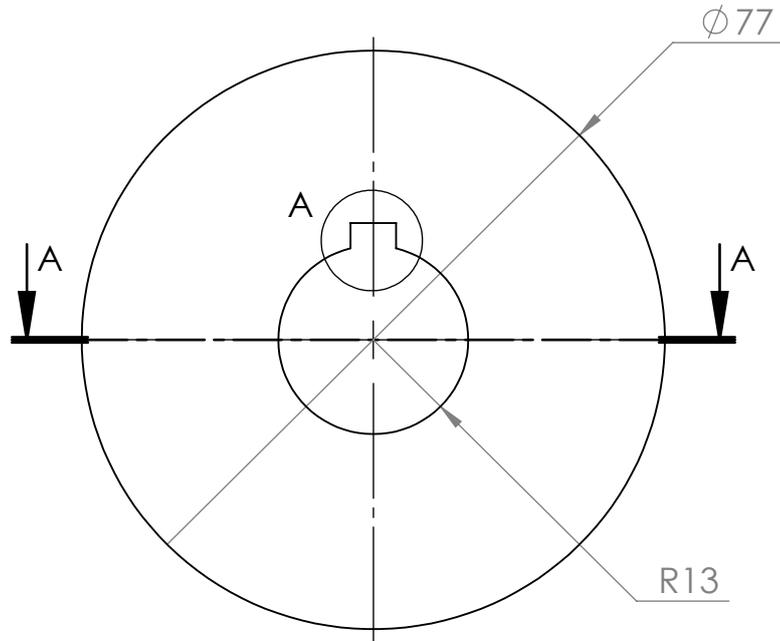


DETALLE A  
E 2:1

Proyecto:				Material:		Peso:		Escala:		Cantidad:	
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				ALEACION DE ALUMINIO		0.18 kg		1 : 1		2	
				Fecha		Nombre		Conjunto:			
				Dibujado		A. Angulo V.		SISTEMA MECÁNICO			
				Revisado		Ing. G. Barriga D.		Título:			
				Norma		DIN A4					
				INDUSTRIAS ALBUS S.A.				No. de Plano:		3	
								DMC-SM-PMZ-03		A4	
Estado	Cambios	Fecha	Nombre	Facultad de Ingeniería				Procedencia:		Sustituye a:	



DETALLE A  
E 2:1

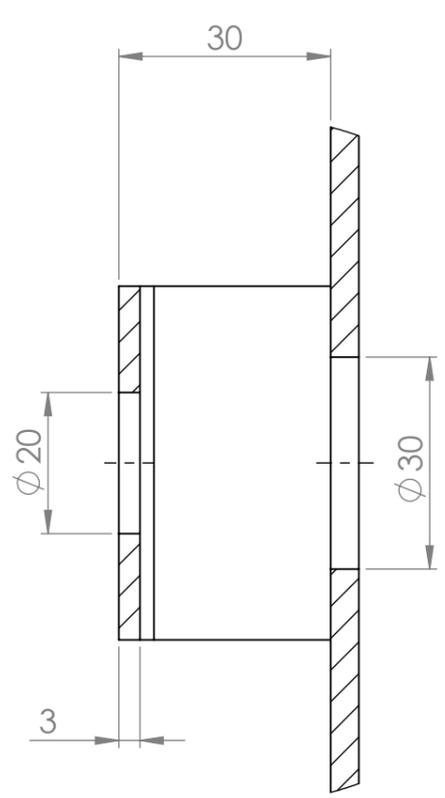
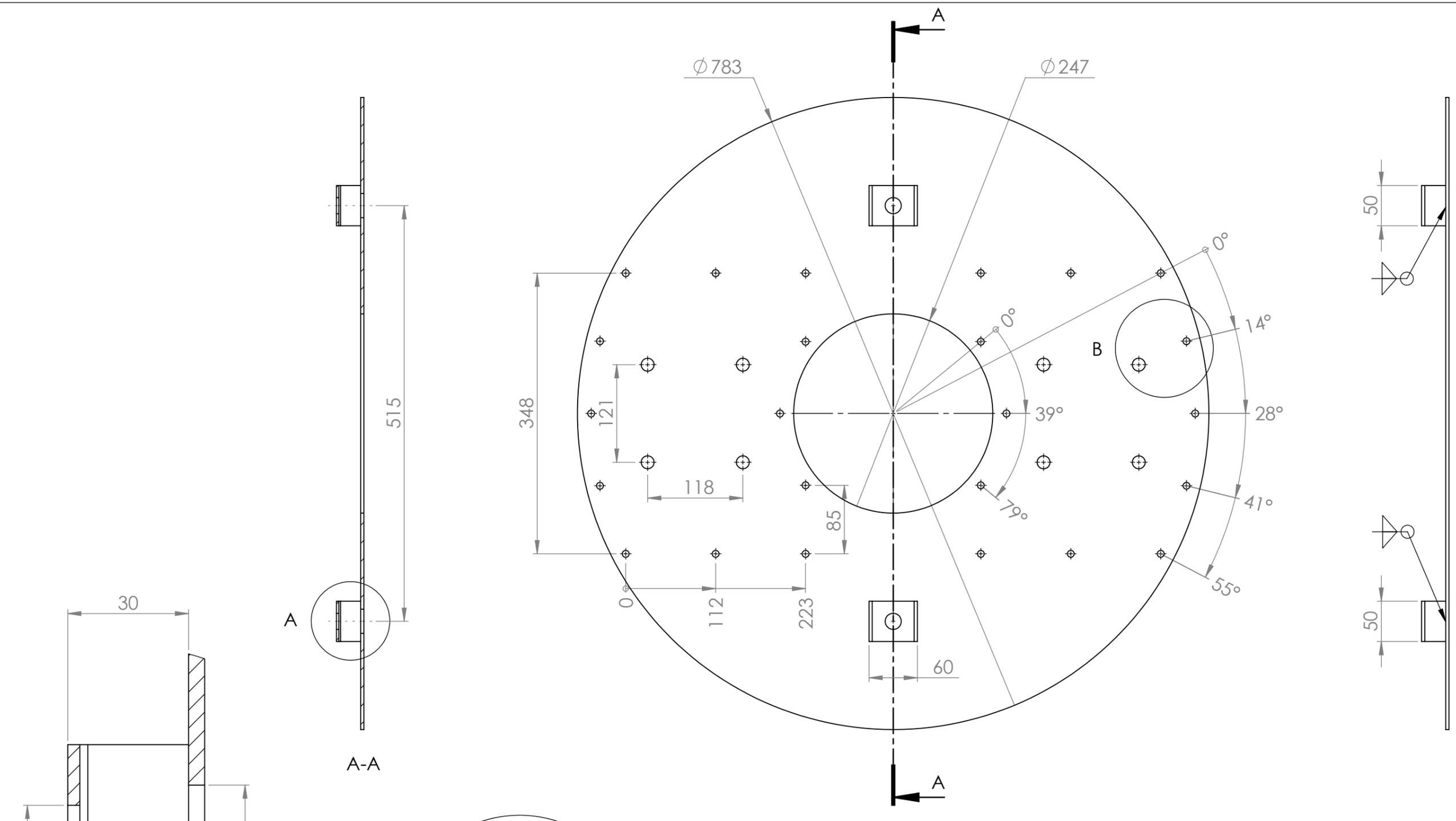


Proyecto:				Material:		Peso:		Escala:		Cantidad:	
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				ALEACION DE ALUMINIO		0.17 kg		1 : 1		2	
				Fecha		Nombre		Conjunto:			
				Dibujado 14/03/2020		A. Angulo V.		SISTEMA MECÁNICO			
				Revisado 14/03/2020		Ing. G. Barriga D.		Título:			
				Norma		DIN A4					
				INDUSTRIAS ALBUS S.A.				No. de Plano:		4	
								DMC-SM-PDA-04		A4	
Estado	Cambios	Fecha	Nombre	Facultad de Ingeniería				Procedencia:		Sustituye a:	

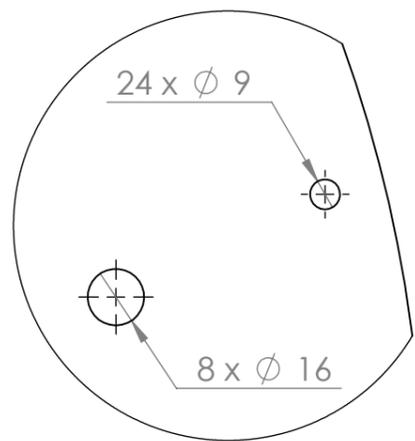
POLEA INDUCIDA

DMC-SM-PDA-04





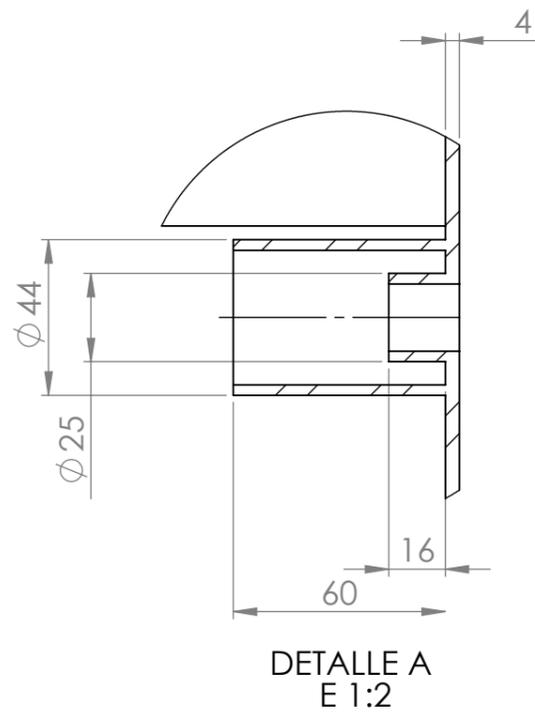
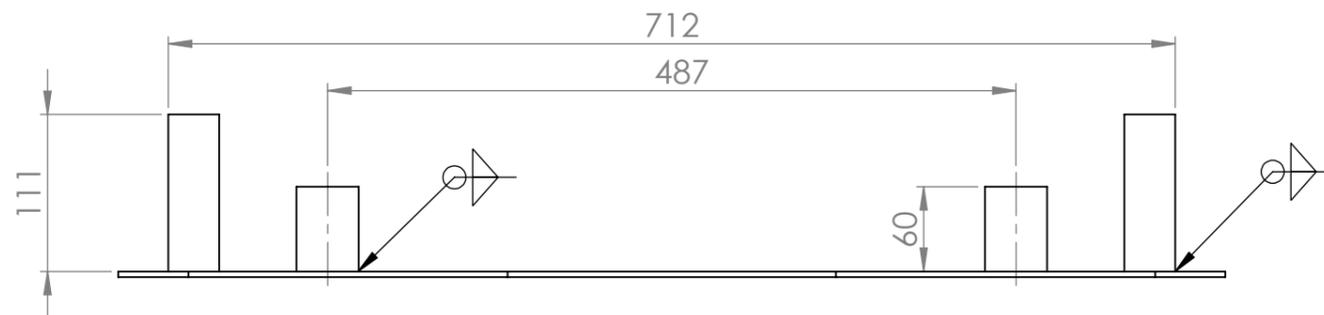
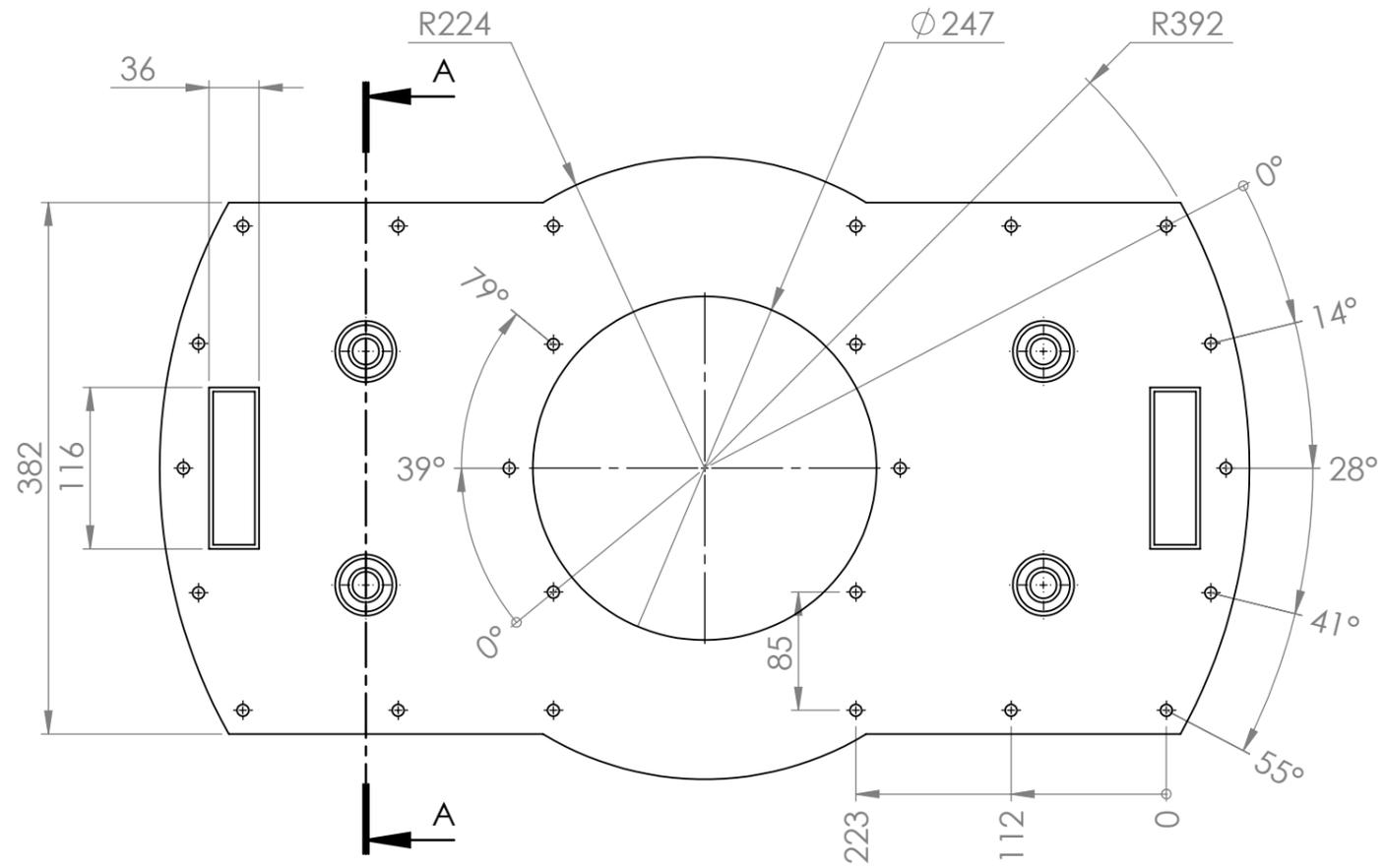
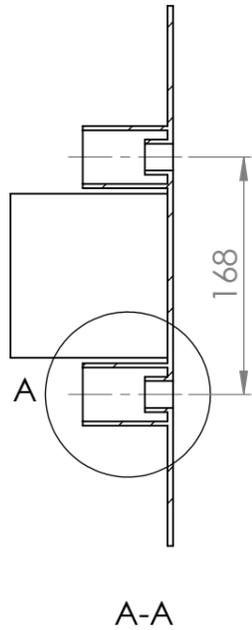
DETALLE A  
E 1:1



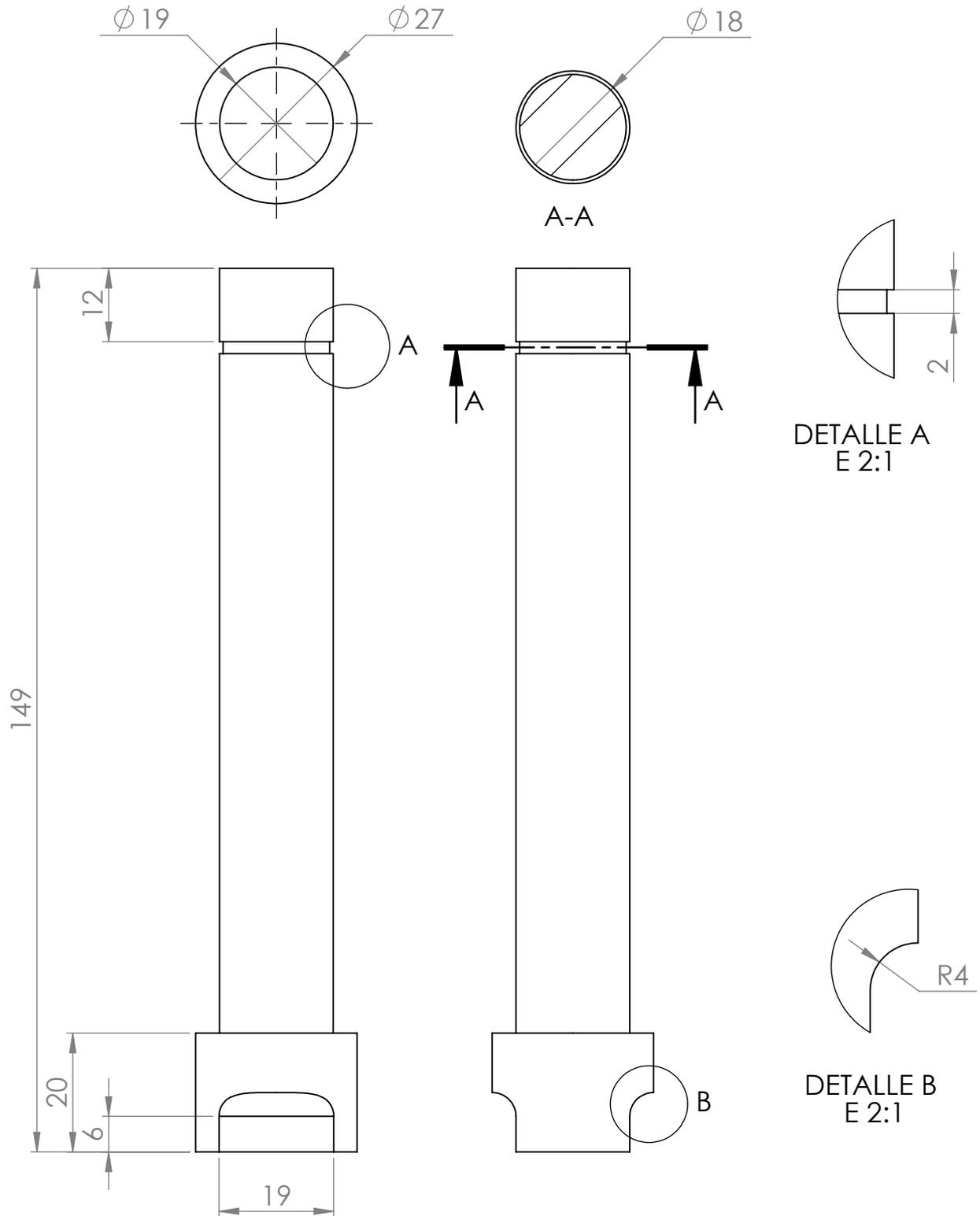
DETALLE B  
E 1:2

Proyecto:				Material:		Peso:		Escala:		Cantidad:					
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				ASME 1020		0.12 kg		1:1		1					
								Conjunto: SISTEMAMECÁNICO							
								Título: ZAPATA							
				Fecha		Nombre									
				Dibujado 17/03/2020		A. Angulo V.									
								No. de plano: DMC-SM-APT-01							
				Revisado 17/03/2020		Ing. G. Barriga D.									
								1							
				Norma		DIN A3									
								A3							
Estado				Cambios		Fecha		Nombre		Facultad de Ingeniería		Procedencia:		Sustituye a:	





Proyecto:		Material:		Peso:		Escala:		Cantidad:	
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.		ACERO INOX		10,08 kg		1:5		1	
						Conjunto:			
						SISTEMAMECÁNICO			
						Título:			
						TAPA DE CAJA PROTECTOR DE HUMEDAD			
						No. de plano:			
						DMC-SM-TCP-08		8	
								A3	
Estado	Cambios	Fecha	Nombre	Facultad de Ingeniería		Procedencia:		Sustituye a:	



Proyecto:				Material:		Peso:		Escala:		Cantidad:	
DISEÑO DE UNA MÁQUINA COMPACTADORA DE ALGODÓN PARA INDUSTRIAS ALBUS S.A.				ACERO SAE 1020		0,53 kg		1 : 1		4	
				Fecha		Nombre		Conjunto:			
				Dibujado 14/03/2020		A. Angulo V.		SISTEMA MECANICO			
				Revisado 14/03/2020		Ing. G. Barriga D.		Título:			
				Norma		DIN A4					
				INDUSTRIAS ALBUS S.A.				No. de Plano:		10	
								DMC-SM-GTE-10		A4	
Estado	Cambios	Fecha	Nombre	Facultad de Ingeniería				Procedencia:		Sustituye a:	

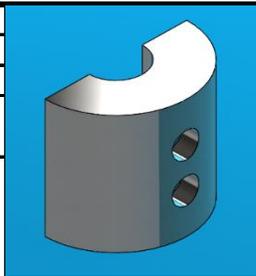
GUIA DE RESORTE

**ANEXO D**  
**HOJAS DE PROCESO**



### HOJA DE PROCESO Y COSTOS

<b>Proyecto:</b>		<b>Sistema:</b>		<b>Elemento:</b>		<b>No. de Plano:</b>	
Diseño de una Máquina Compactadora para Industrias ALBUS SA.		Mecánico		Maza Excéntrica		DMC-SM-MEA-01	
<b>Peso neto (kg):</b>		<b>Dimensiones:</b>				<b>Hoja:</b>	<b>Cant.</b>
1,17		L=70mm, D=80,89mm, d=30mm				1	2
<b>Responsable:</b>		<b>Supervisor:</b>		<b>Material:</b>			
Alejandro Angulo Valencia		Ing. Gustavo Barriga Delgadillo		SAE 1020			



proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo				Mano de obra	Costo/hora mano de obra [\$us/h]	Costo/hora maquina herramienta [\$us/h]	Costo mano de obra por proceso [\$us]	Costo de herramienta por proceso [\$us]	Costo por proceso acumulado [\$us]
			de preparación [min]	de ejecución [min]	total por proceso [min]	acumulado por proceso [min]						
1	Trazar líneas para desbaste	Herramienta de trazado (Rayador)	2,0	5,0	7,0	7,0	TE-AY	2,81	0,1	0,33	0,01	0,34
2	Refrentado y cilindrado	Torno horizontal, cuchilla,	10,0	60,0	70,0	77,0	TE-AY	2,81	5,0	3,28	5,83	9,11
3	Perforado axial (acople al eje 30mm)	Fresadora, broca	5,0	30,0	35,0	112,0	TE-AY	2,81	7,0	1,64	4,08	5,72
4	Cortar en dos partes el cilindro	Sierra manual	2,0	15,0	17,0	129,0	TE-AY	2,81	0,1	0,80	0,03	0,82
5	Perforado radial M10	Fresadora, broca	4,0	30,0	34,0	163,0	TE-AY	2,81	7,0	1,59	3,97	5,56
6	Limado	Lima de sección circular	1,0	20,0	21,0	184,0	TE-AY	2,81	0,1	0,98	0,04	1,02
7	Pulido superficial	Amoladora, cepillo	1,0	20,0	21,0	205,0	TE-AY	2,81	2	0,98	0,70	1,68

Insumos						Totalización de costos		
No.	Consumo	Unidad	Costo/unid.	Cantidad	Costo insumo	Por pieza		Total piezas
1	Cuchilla Widia	Pza	2,01	0,10	0,20	Costo de mano de obra		19,20
2	Cepillo de acero	Pza	5,02	0,15	0,75	Costo de maquina herramienta		29,32
						Costo de insumos		1,908
						Costo de fabricación		50,43

**NOTA:** Todo los costos están en dólares americanos y los tiempos en minutos



### HOJA DE PROCESO Y COSTOS

<b>Proyecto:</b>		<b>Sistema:</b>	<b>Elemento:</b>	<b>No. de Plano:</b>	
Diseño de una Máquina Compactadora para Industrias ALBUS SA.		Mecánico	Eje	DMC-SM-EJE-01	
		<b>Peso neto (kg):</b>	<b>Dimensiones:</b>	<b>Hoja:</b>	<b>Cant.</b>
			L=184,2mm, D=30mm, d=25mm	2	2
<b>Responsable:</b>		<b>Supervisor:</b>			
Alejandro Angulo Valencia		Ing. Gustavo Barriga Delgadillo			
<b>Material:</b>			SAE 1020		



proceso	Descripción	Máquina herramienta					Mano de obra	Costo/hora mano de obra [\$/h]	Costo/hora maquina herramienta [\$/h]	Costo mano de obra por proceso [\$/us]	Costo de herramienta por proceso [\$/us]	Costo por proceso acumulado [\$/us]
			Tiempo de preparación [min]	Tiempo de ejecución [min]	Tiempo total por proceso [min]	Tiempo acumulado por proceso [min]						
1	Trazar líneas para maquinado	Herramienta de trazado (Rayador)	5,0	5,0	10,0	7,0	TE-AY	2,81	0,1	0,47	0,02	0,49
4	Cortar en dos partes el eje	Sierra manual	2,0	15,0	17,0	24,0	TE-AY	2,81	0,1	0,80	0,03	0,82
2	Desbaste y cilindrado	Torno horizontal, cuchilla,	10,0	90,0	100,0	124,0	TE-AY	2,81	5,0	4,68	8,33	13,02
3	Perforado radial M10	Fresadora, broca	10,0	90,0	100,0	224,0	TE-AY	2,81	7,0	4,68	11,67	16,35
4	Limado	Lima de sección circular	2,0	20,0	22,0	246,0	TE-AY	2,81	0,1	1,03	0,04	1,07
5	Pulido superficial	Amoladora, cepillo	2,0	20,0	22,0	268,0	TE-AY	2,81	2	1,03	0,73	1,76

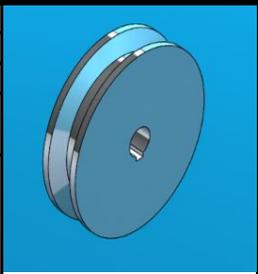
Insumos						Totalización de costos		
No.	Consumo	Unidad	Costo/unid.	Cantidad	Costo insumo		Por pieza	Total piezas
1	Cuchilla Widia	Pza	2,01	0,10	0,20	Costo de mano de obra	12,69	25,38
2	Cepillo de acero	Pza	5,02	0,15	0,75	Costo de maquina herramienta	20,82	41,63
3	Lija #80	Pza	0,72	0,25	0,18	Costo de insumos	1,13	2,268
						Costo de fabricación	<b>34,64</b>	<b>69,28</b>

**NOTA:** Todo los costos están en dólares americanos y los tiempos en minutos



### HOJA DE PROCESO Y COSTOS

<b>Proyecto:</b>		<b>Sistema:</b>		<b>Elemento:</b>		<b>No. de Plano:</b>	
Diseño de una Máquina Compactadora para Industrias ALBUS SA.		Mecánico		Polea Motriz		DMC-SM-PMZ-03	
		<b>Peso neto (kg):</b>		<b>Dimensiones:</b>		<b>Hoja:</b>	<b>Cant.</b>
				D=76,2mm, A=19mm		3	2
<b>Responsable:</b>		<b>Supervisor:</b>		<b>Material:</b>			
Alejandro Angulo Valencia		Ing. Gustavo Barriga Delgadillo		Aleacion de Aluminio			



proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo				Mano de obra	Costo/hora mano de obra [\$/h]	Costo/hora maquina herramienta [\$/h]	Costo mano de obra por proceso [\$/us]	Costo de herramienta por proceso [\$/us]	Costo por proceso acumulado [\$/us]
			preparación [min]	de ejecución [min]	total por proceso [min]	acumulado por proceso [min]						
1	Trazar líneas para desbaste	Herramienta de trazado (Rayador)	5,0	5,0	10,0	7,0	TE-AY	2,81	0,1	0,47	0,02	0,49
2	Preparacion de la pieza	Torno horizontal, cuchilla,	5,0	20,0	25,0	32,0	TE-AY	2,81	5,0	1,17	2,08	3,25
3	Torneado	Torno horizontal, cuchilla,	10,0	120,0	130,0	162,0	TE-AY	2,81	5,0	6,09	10,83	16,92
4	Perforado axial (acople al eje 12mm)	Fresadora, broca	10,0	20,0	30,0	192,0	TE-AY	2,81	7,0	1,41	3,50	4,91
5	Pulido superficial	Amoladora, cepillo	1,0	15,0	16,0	208,0	TE-AY	2,81	2	0,75	0,53	1,28

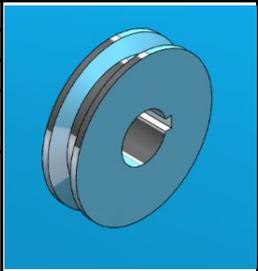
Insumos						Totalización de costos		
No.	Consumo	Unidad	Costo/unid.	Cantidad	Costo insumo		Por pieza	Total piezas
1	Cuchilla Widia	Pza	2,01	0,10	0,20	Costo de mano de obra	9,88	19,76
2	Cepillo de acero	Pza	5,02	0,15	0,75	Costo de maquina herramienta	16,97	33,93
						Costo de insumos	0,95	1,908
						Costo de fabricación	<b>27,80</b>	<b>55,61</b>

**NOTA:** Todo los costos están en dólares americanos y los tiempos en minutos



**HOJA DE PROCESO Y COSTOS**

<b>Proyecto:</b>		<b>Sistema:</b>		<b>Elemento:</b>		<b>No. de Plano:</b>	
Diseño de una Máquina Compactadora para Industrias ALBUS SA.		Mecánico		Polea Inducida		DMC-SM-PDA-04	
		<b>Peso neto (kg):</b>		<b>Dimensiones:</b>		<b>Hoja:</b>	<b>Cant.</b>
<b>Responsable:</b>		<b>Supervisor:</b>		D=76,7mm, A=19mm		4	2
Alejandro Angulo Valencia		Ing. Gustavo Barriga Delgadillo		<b>Material:</b>		Aleacion de Aluminio	



proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]		Tiempo total por proceso [min]		Tiempo acumulado por proceso [min]	Mano de obra	Costo/hora mano de obra [\$us/h]	Costo/hora maquina herramienta [\$us/h]	Costo mano de obra por proceso [\$us]	Costo de herramienta por proceso [\$us]	Costo por proceso acumulado [\$us]
			Tiempo de ejecución [min]	Tiempo total por proceso [min]	Tiempo total por proceso [min]								
1	Trazar líneas para maquinado	Herramienta de trazado (Rayador)	5,0	5,0	10,0	7,0	TE-AY	2,81	0,1	0,47	0,02	0,49	
2	Preparacion de la pieza	Torno horizontal, cuchilla,	5,0	20,0	25,0	32,0	TE-AY	2,81	5,0	1,17	2,08	3,25	
3	Torneado	Torno horizontal, cuchilla,	10,0	120,0	130,0	162,0	TE-AY	2,81	5,0	6,09	10,83	16,92	
4	Perforado axial (acople al eje 25mm)	Fresadora, broca	10,0	20,0	30,0	192,0	TE-AY	2,81	7,0	1,41	3,50	4,91	
5	Pulido superficial	Amoladora, cepillo	1,0	15,0	16,0	208,0	TE-AY	2,81	2	0,75	0,53	1,28	

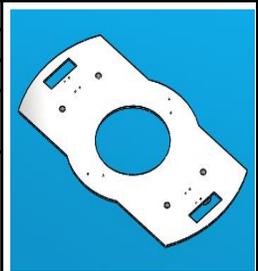
Insumos						Totalización de costos		
No.	Consumo	Unidad	Costo/unid.	Cantidad	Costo insumo		Por pieza	Total piezas
1	Cuchilla Widia	Pza	2,01	0,10	0,20	Costo de mano de obra	9,88	19,76
2	Cepillo de acero	Pza	5,02	0,15	0,75	Costo de maquina herramienta	16,97	33,93
						Costo de insumos	0,95	1,908
						Costo de fabricación	<b>27,80</b>	<b>55,61</b>

**NOTA:** Todo los costos están en dólares americanos y los tiempos en minutos



### HOJA DE PROCESO Y COSTOS

<b>Proyecto:</b>		<b>Sistema:</b>		<b>Elemento:</b>		<b>No. de Plano:</b>	
Diseño de una Máquina Compactadora para Industrias ALBUS SA.		Mecánico		Base Maciza		DMC-SM-BMA-05	
		<b>Peso neto (kg):</b>		<b>Dimensiones:</b>		<b>Hoja:</b>	<b>Cant.</b>
				e=4mm		5	1
<b>Responsable:</b>		<b>Supervisor:</b>		<b>Material:</b>			
Alejandro Angulo Valencia		Ing. Gustavo Barriga Delgadillo		Acero Inoxidable			



proceso	Descripción	Máquina herramienta					Mano de obra	Costo/hora mano de obra [\$/h]	Costo/hora maquina herramienta [\$/h]	Costo mano de obra por proceso [\$/]	Costo de herramienta por proceso [\$/]	Costo por proceso acumulado [\$/]
			Tiempo de preparación [min]	Tiempo de ejecución [min]	Tiempo total por proceso [min]	Tiempo acumulado por proceso [min]						
1	Trazar líneas de corte	Herramienta de trazado (Rayador)	5,0	5,0	10,0	7,0	TE-AY	2,81	0,1	0,47	0,02	0,49
2	Cortar base	Cortadora de metal	15,0	120,0	135,0	142,0	TE-AY	2,81	2,0	6,32	4,50	10,82
3	Cortar chapas de 3mm	Amoladora, disco de corte	5,0	20,0	25,0	167,0	TE-AY	2,81	2,0	1,17	0,83	2,00
4	Doblar chapas (formado cilindros)	Dobladora de chapa	5,0	30,0	35,0	202,0	TE-AY	2,81	4,0	1,64	2,33	3,97
5	Soldar chapas cilindricas	Soldadura inoxidable	5,0	30,0	35,0	237,0	TE-AY	2,81	4,0	1,64	2,33	3,97
6	Unir chapas cilindricas a la base	Soldadura inoxidable	10,0	40,0	50,0	287,0	TE-AY	2,81	4,0	2,34	3,33	5,68
7	Perforaciones en la base	Fresadora, broca	10,0	20,0	30,0	317,0	TE-AY	2,81	7,0	1,41	3,50	4,91
8	Limado	Lima seccion rectangular	2,0	10,0	12,0	329,0	TE-AY	2,81	0,1	0,56	0,02	0,58
9	Lijado	Lija	2,0	10,0	12,0	341,0	TE-AY	2,81	0,1	0,56	0,02	0,58
10	Pintado	Soplete	5,0	15,0	20,0	361,0	TE-AY	2,81	0,9	0,94	0,30	1,24

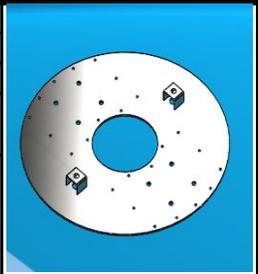
Insumos						Totalización de costos		
No.	Consumo	Unidad	Costo/unid.	Cantidad	Costo insumo		Por pieza	Total piezas
1	Disco de corte	Pza	3,16	0,15	0,47	Costo de mano de obra	17,05	17,05
2	Electrodos inox.	kg	3,3	0,1	0,33	Costo de maquina herramienta	17,19	17,19
3	Lija # 80	Pza	0,72	0,25	0,18	Costo de insumos	2,38	2,08
4	Pintura	Lt	3,5	0,4	1,40	Costo de fabricación	<b>36,62</b>	<b>36,32</b>

**NOTA:** Todo los costos están en dólares americanos y los tiempos en minutos



### HOJA DE PROCESO Y COSTOS

<b>Proyecto:</b>		<b>Sistema:</b>		<b>Elemento:</b>		<b>No. de Plano:</b>	
Diseño de una Máquina Compactadora para Industrias ALBUS SA.		Mecánico		Zapata		DMC-SM-APA-06	
<b>Peso neto (kg):</b>		<b>Dimensiones:</b>				<b>Hoja:</b>	<b>Cant.</b>
		e=4mm				6	1
<b>Responsable:</b>		<b>Supervisor:</b>					
Alejandro Angulo Valencia		Ing. Gustavo Barriga Delgadillo					
		<b>Material:</b>		Acero Inoxidable			



proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de ejecución [min]	Tiempo total por proceso [min]	Tiempo acumulado por proceso [min]	Mano de obra	Costo/hora mano de obra [\$us/h]	Costo/hora maquina herramienta [\$us/h]	Costo mano de obra por proceso [\$us]	Costo de herramienta por proceso [\$us]	Costo por proceso acumulado [\$us]
1	Trazar líneas de corte	Herramienta de trazado (Rayador)	5,0	5,0	10,0	7,0	TE-AY	2,81	0,1	0,47	0,02	0,49
2	Cortar zapata	Cortadora de metal	15,0	120,0	135,0	142,0	TE-AY	2,81	2,0	6,32	4,50	10,82
3	Cortar chapas de 3mm	Amoladora, disco de corte	5,0	20,0	25,0	167,0	TE-AY	2,81	2,0	1,17	0,83	2,00
4	Doblar chapas (formando perfil C)	Dobladora de chapa	5,0	30,0	35,0	202,0	TE-AY	2,81	4,0	1,64	2,33	3,97
5	Unir perfiles C a la zapata	Soldadura inoxidable	5,0	30,0	35,0	237,0	TE-AY	2,81	4,0	1,64	2,33	3,97
6	Perforaciones en la zapata	Fresadora, broca	10,0	40,0	50,0	287,0	TE-AY	2,81	7,0	2,34	5,83	8,18
7	Limado	Lima seccion rectangular	2,0	10,0	12,0	299,0	TE-AY	2,81	0,1	0,56	0,02	0,58
8	Lijado	Lija	2,0	10,0	12,0	311,0	TE-AY	2,81	0,1	0,56	0,02	0,58
9	Pintado	Soplete	5,0	15,0	20,0	331,0	TE-AY	2,81	0,9	0,94	0,30	1,24

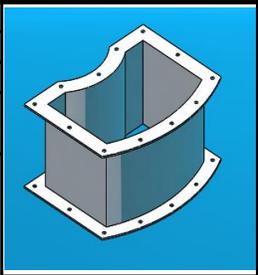
Insumos						Totalización de costos		
No.	Consumo	Unidad	Costo/unid.	Cantidad	Costo insumo	Por pieza		Total piezas
1	Disco de corte	Pza	3,16	0,15	0,47	Costo de mano de obra		15,64
2	Electrodos inox.	kg	3,3	0,1	0,33	Costo de maquina herramienta		16,19
3	Lija # 80	Pza	0,72	0,25	0,18	Costo de insumos		2,43
4	Pintura	Lt	3,50	0,5	1,75	Costo de fabricación		34,26

NOTA: Todo los costos están en dólares americanos y los tiempos en minutos



### HOJA DE PROCESO Y COSTOS

<b>Proyecto:</b>		<b>Sistema:</b>		<b>Elemento:</b>		<b>No. de Plano:</b>	
Diseño de una Máquina Compactadora para Industrias ALBUS SA.		Mecánico		Caja protec. de humedad		DMC-SM-CPN-07	
		<b>Peso neto (kg):</b>		<b>Dimensiones:</b>		<b>Hoja:</b>	<b>Cant.</b>
				e=3mm		7	2
<b>Responsable:</b>		<b>Supervisor:</b>		<b>Material:</b>			
Alejandro Angulo Valencia		Ing. Gustavo Barriga Delgadillo		Acero Inoxidable			



proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]		Tiempo total por proceso [min]		Mano de obra	Costo/hora mano de obra [\$/h]	Costo/hora maquina herramienta [\$/h]	Costo mano de obra por proceso [\$/us]	Costo de herramienta por proceso [\$/us]	Costo por proceso acumulado [\$/us]
1	Trazar líneas de corte	Herramienta de trazado (Rayador)	5,0	5,0	10,0	7,0	TE-AY	2,81	0,1	0,47	0,02	0,49
2	Cortar plancha y perfiles (brida)	Amoladora, disco de corte	15,0	120,0	135,0	142,0	TE-AY	2,81	2,0	6,32	4,50	10,82
3	Doblar dando forma de caja	Dobladora de chapa	5,0	60,0	65,0	207,0	TE-AY	2,81	4,0	3,04	4,33	7,38
4	Perforaciones en perfiles (brida)	Fresadora, broca	10,0	60,0	70,0	277,0	TE-AY	2,81	7,0	3,28	8,17	11,45
5	Unir perfiles perfiles (brida) a la caja	Soldadura inoxidable	5,0	60,0	65,0	342,0	TE-AY	2,81	4,0	3,04	4,33	7,38
6	Limado	Lima seccion rectangular	2,0	10,0	12,0	354,0	TE-AY	2,81	0,1	0,56	0,02	0,58
7	Lijado	Lija	2,0	10,0	12,0	366,0	TE-AY	2,81	0,1	0,56	0,02	0,58
8	Pintado	Soplete	5,0	15,0	20,0	374,0	TE-AY	2,81	0,9	0,94	0,30	1,24

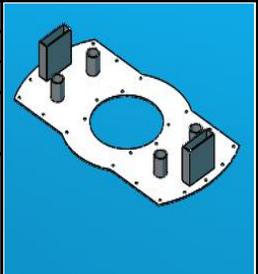
Insumos						Totalización de costos		
No.	Consumo	Unidad	Costo/unid.	Cantidad	Costo insumo	Por pieza		Total piezas
1	Disco de corte	Pza	3,16	0,15	0,47	Costo de mano de obra		36,44
2	Electrodos inox.	kg	3,3	0,1	0,33	Costo de maquina herramienta		43,38
3	Lija # 80	Pza	0,72	0,25	0,18	Costo de insumos		5,47
4	Pintura	Lt	3,5	0,5	1,75	Costo de fabricación		85,28

**NOTA:** Todo los costos están en dólares americanos y los tiempos en minutos



### HOJA DE PROCESO Y COSTOS

<b>Proyecto:</b>		<b>Sistema:</b>		<b>Elemento:</b>		<b>No. de Plano:</b>	
		Mecánico		Tapa de la CPN		DMC-SM-TCP-08	
Diseño de una Máquina Compactadora para Industrias ALBUS SA.		<b>Peso neto (kg):</b>		<b>Dimensiones:</b>		<b>Hoja:</b>	<b>Cant.</b>
				e=4mm		8	1
<b>Responsable:</b>		<b>Supervisor:</b>		<b>Material:</b>			
Alejandro Angulo Valencia		Ing. Gustavo Barriga Delgadillo		Acero Inoxidable			



proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de ejecución [min]	Tiempo total por proceso [min]	Tiempo acumulado por proceso [min]	Mano de obra	Costo/hora mano de obra [\$/h]	Costo/hora maquina herramienta [\$/h]	Costo mano de obra por proceso [\$/us]	Costo de herramienta por proceso [\$/us]	Costo por proceso acumulado [\$/us]
1	Trazar líneas de corte	Herramienta de trazado (Rayador)	5,0	5,0	10,0	7,0	TE-AY	2,81	0,1	0,47	0,02	0,49
2	Cortar la tapa	Amoladora, disco de corte	5,0	120,0	125,0	132,0	TE-AY	2,81	2,0	5,85	4,17	10,02
3	Cortar chapas de 3mm	Amoladora, disco de corte	5,0	30,0	35,0	167,0	TE-AY	2,81	2,0	1,64	1,17	2,81
4	Doblar chapas (formado cilindros)	Dobladora de chapa	5,0	30,0	35,0	202,0	TE-AY	2,81	4,0	1,64	2,33	3,97
5	Doblar chapas (formado cajas)	Dobladora de chapa	5,0	30,0	35,0	237,0	TE-AY	2,81	4,0	1,64	2,33	3,97
6	Perforaciones en la tapa	Fresadora, broca	10,0	40,0	50,0	287,0	TE-AY	2,81	7,0	2,34	5,83	8,18
7	Unir chapas de perfil cilíndrica y cajas	Soldadura inoxidable	5,0	60,0	65,0	352,0	TE-AY	2,81	4,0	3,04	4,33	7,38
8	Limado	Lima seccion rectangular	2,0	10,0	12,0	364,0	TE-AY	2,81	0,1	0,56	0,02	0,58
9	Lijado	Lija	2,0	20,0	22,0	386,0	TE-AY	2,81	0,1	1,03	0,04	1,07
10	Pintado	Soplete	5,0	15,0	20,0	406,0	TE-AY	2,81	0,9	0,94	0,30	1,24

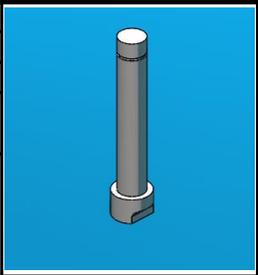
Insumos						Totalización de costos		
No.	Consumo	Unidad	Costo/unid.	Cantidad	Costo insumo		Por pieza	Total piezas
1	Disco de corte	Pza	3,16	0,15	0,47	Costo de mano de obra	19,15	19,15
2	Electrodos inox.	kg	3,3	0,1	0,33	Costo de maquina herramienta	20,54	20,54
3	Lija # 80	Pza	0,72	0,25	0,18	Costo de insumos	2,38	2,08
4	Pintura	Lt	3,5	0,4	1,40	Costo de fabricación	<b>42,08</b>	<b>41,77</b>

NOTA: Todo los costos están en dólares americanos y los tiempos en minutos



### HOJA DE PROCESO Y COSTOS

<b>Proyecto:</b>	<b>Sistema:</b>	<b>Elemento:</b>	<b>No. de Plano:</b>	
Diseño de una Máquina Compactadora para Industrias ALBUS SA.	Mecánico	Guia de resorte	DMC-SM-GTE-09	
	<b>Peso neto (kg):</b>	<b>Dimensiones:</b>	<b>Hoja:</b>	<b>Cant.</b>
		D=19mm	9	4
<b>Responsable:</b>	<b>Supervisor:</b>	<b>Material:</b>		
Alejandro Angulo Valencia	Ing. Gustavo Barriga Delgadillo	SAE 1020		



proceso	Descripción	Máquina herramienta	Tiempo de preparación [min]	Tiempo de ejecución [min]	Tiempo total por proceso [min]	Tiempo acumulado por proceso [min]	Mano de obra	Costo/hora mano de obra [\$/h]	Costo/hora maquina herramienta [\$/h]	Costo mano de obra por proceso [\$/us]	Costo de herramienta por proceso [\$/us]	Costo por proceso acumulado [\$/us]
2	Cortar ejes	Sierra manual	2,0	15,0	17,0	24,0	TE-AY	2,81	0,1	0,80	0,03	0,82
3	Desbaste y cilindrado	Torno horizontal, cuchilla,	10,0	120,0	130,0	154,0	TE-AY	2,81	5,0	6,09	10,83	16,92
4	Limado	Lima de sección circular	2,0	20,0	22,0	176,0	TE-AY	2,81	0,1	1,03	0,04	1,07
5	Lijado	Lija	2,0	20,0	22,0	198,0	TE-AY	2,81	0,1	1,03	0,04	1,07
6	Pulido superficial	Amoladora, cepillo	2,0	20,0	22,0	220,0	TE-AY	2,81	2	1,03	0,73	1,76

Insumos						Totalización de costos		
No.	Consumo	Unidad	Costo/unid.	Cantidad	Costo insumo	Por pieza		Total piezas
1	Cuchilla Widia	Pza	2,01	0,10	0,20	Costo de mano de obra		41,78
2	Cepillo de acero	Pza	5,02	0,15	0,75	Costo de maquina herramienta		46,74
3	Lija #80	Pza	0,72	0,25	0,18	Costo de insumos		4,54
						Costo de fabricación		93,05

NOTA: Todo los costos están en dólares americanos y los tiempos en minutos

## REFERENCIAS.

- [1] Norma ISO 2041
- [2] Catálogo de Atlas Copco, Pág. 28
- [3] Catálogo de rodamientos NSK, Pág. 28
- [4] Norma UNE EN 22768-1:1994 Tolerancias generales para las dimensiones lineales y angulares
- [5] [www.ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn32.html](http://www.ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn32.html)
- [6] [www.insucons.com/insumos/materiales](http://www.insucons.com/insumos/materiales)
- [7] [www.currency-calc.com/es/USD-BOB](http://www.currency-calc.com/es/USD-BOB)
- [8] [www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/187003/Apisonador-Canguro-Motor-Gasolina-Honda-3hp-AGK-71LP](http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/187003/Apisonador-Canguro-Motor-Gasolina-Honda-3hp-AGK-71LP)

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- [1] Creus Solé, A. (2007). Neumatica e Hidraulica. Barcelona, España: MACOMBO S.A.
- [2] Diaz del Castillo Rodriguez, F. (2011). Vibraciones Mecanicas. Buenos Aires: Cautitlan Iscalli.
- [3] Shigley, J. E. (2008). Diseño en Ingenieria Mecanica. Mexico: McGraw-Hill.
- [4] Shigley, Diseño en Ingenieria Mecanica, 2008, 8va. Edicion.
- [5] Proyecto de Grado "diseño de un Ascensor sin Sala de Máquina.
- [6] ALVARES C. A. HUAYTA C. E. Medidas y Errores, 2da. Edición, 2000.
- [7] TIMOSHENKO Resistencia de Materiales, 5ta. Edición, Apéndice H
- [8] JOSÉ ROLDAN VILORIA, Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada.
- [9] Diseño de Máquinas de Robert. L. Norton, 4ta Edición, Diseño de eje.

Correo: [favor784@hotmail.com](mailto:favor784@hotmail.com), [anguloalejandro936@gmail.com](mailto:anguloalejandro936@gmail.com)

Móvil: 73027184