

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA
ETIQUETADORA DE BOTELLAS CILÍNDRICAS PARA
EL SECTOR DE LA MICROEMPRESA**

PRESENTADO POR:

**MARIO ALFONSO ORTEZ CASTRO
RODRIGO JOSÉ RIVAS BERRIOS
RICARDO ADALBERTO RODRÍGUEZ ASECIO**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIA GENERAL :

M.Sc. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

Dr. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO :

Ing. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR INTERINO :

Ing. FRANCISO ALFREDO DE LEÓN TORRES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO MECÁNICO

Título :

**PROPUESTA DE DISEÑO DE MÁQUINA
ETIQUETADORA DE BOTELLAS CILÍNDRICAS PARA
EL SECTOR DE LA MICROEMPRESA**

Presentado por :

**MARIO ALFONSO ORTEZ CASTRO
RODRIGO JOSÉ RIVAS BERRIOS
RICARDO ADALBERTO RODRÍGUEZ ASECIO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

Ing. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ

San Salvador, noviembre de 2022

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

Ing. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecerles a mis padres, Mario Ortez y Dionisia Castro, quienes siempre estuvieron a mi lado, dando todo su apoyo y cariño, siendo estos los mejores guías de mi vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro.

Le agradezco a mis compañeros de tesis por su apoyo y constancia, por las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas. De igual manera le agradezco a todo el personal docente de la escuela de ingeniería Mecánica, por transmitirme los conocimientos necesarios para poder desarrollarme profesionalmente y como persona. Agradezco al Ing. Rigoberto Velásquez Paz por todo el tiempo que nos brindó, dando su apoyo y asesoría en este trabajo de graduación.

Mario Ortez

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios Por el milagro de la vida y la sabiduría que me brindo para culminar mis estudios, a toda mi familia especialmente mi madre Sandra Berrios y mi padre Raúl Rivas por siempre apoyarme y enfocarse en mi educación, a mis compañeros de tesis y a todos los compañeros de la carrera con lo que pasamos muchas risas y dificultades y a todos los docentes que dedicaron su tiempo en enseñar, principalmente a nuestro tribunal calificador en especial a nuestro asesor Ing. Rigoberto Velásquez Paz por dedicar su tiempo en ayudar en este trabajo de graduación.

Rodrigo Rivas

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por el don de la vida, y por toda la bendición recibida a lo largo de este proceso, por la sabiduría, por la inteligencia y por la fortaleza que me ha dado para llegar hasta este punto de la vida.

A mi familia por brindarme su apoyo incondicional, a mis padres, María Amalia Asencio y Ricardo Rodríguez Belloso, que siempre me estuvieron alentando en los momentos difíciles, que me han aconsejado toda la vida para ser quien soy ahora y han sido el soporte durante toda la carrera para poder culminar mi formación profesional. A mis hermanos, por estar siempre presentes en mis necesidades y dándome su apoyo.

A la Universidad de El Salvador, a la Facultad Multidisciplinaria de Occidente y a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, por ser los responsables de mi formación profesional, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica y sus docentes, por compartir sus conocimientos para ser un buen profesional. Agradezco al Ing. Rigoberto Velásquez nuestro asesor de tesis por su ayuda en este proceso, brindándonos su experiencia y conocimiento para presentar nuestro trabajo.

A mis compañeros de tesis y demás amigos, que fueron quienes brindaron motivación y apoyo durante toda la carrera y que compartimos buenos momentos, los cuales fueron clave para culminar mis estudios.

Ricardo Rodríguez

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA DE BOTELLAS CILÍNDRICAS PARA EL SECTOR DE LA MICROEMPRESA

Estudiantes: Mario Alfonso Ortez Castro, Rodrigo José Rivas Berrios, Ricardo
Adalberto Rodríguez Asencio

Docente Asesor: Ing. Rigoberto Velásquez Paz

Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad de El Salvador

RESUMEN

El presente trabajo, consiste en desarrollar una propuesta de diseño para la etapa de etiquetado en una línea de producción en el rubro de envasado. En donde se realizará una investigación de dicho proceso, detallando las diversas etapas que lo comprenden, dicho proceso puede variar de acuerdo con el contenido y otros elementos como el material de la botella, la tecnología y hasta la distribución de los recursos. Se presentará el análisis de los sistemas de la máquina con sus respectivos subsistemas, analizando cada elemento que lo compone, así como el diseño y análisis del sistema de control, el cual deberá satisfacer los alcances y necesidades requeridos de una microempresa. De igual manera se realizará un estudio de factibilidad económica, detallando a través de partidas los costos directos e indirectos que conllevan a la fabricación de la máquina, presentando una alternativa económica y eficaz que pueda competir con máquinas similares existentes en el mercado, manteniendo los tiempos de producción a bajos costos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	2
1.1 PROCESO DE ENVASADO.....	2
1.2 PROCESO DE ETIQUETADO.....	8
1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS ETIQUETADORAS.....	10
1.3.1 MÁQUINAS ETIQUETADORAS SEMIAUTOMÁTICAS	11
1.3.2 MÁQUINAS ETIQUETADORAS AUTOMÁTICAS	12
1.4 TIPOS DE MÁQUINAS ETIQUETADORAS	13
1.4.1 MÁQUINA ETIQUETADORA MODULAR	13
1.4.2 MÁQUINA ETIQUETADORA ROTATIVA	15
1.4.3 MÁQUINA ETIQUETADORA EN LÍNEA.....	16
1.5 TIPOS DE ETIQUETAS	18
1.6 ADHESIVOS PARA ETIQUETAS.....	20
1.7 COMPONENTES DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA.....	21
1.7.1 BANDAS TRANSPORTADORAS.....	21
1.7.2 SISTEMA DE CONTROL.....	29
1.7.3 OTROS	48
2. PROPUESTA DE DISEÑO MECÁNICO	50
2.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE MÁQUINA	50
2.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	50
2.1.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	53
2.1.3 SELECCIÓN DE PROTOTIPO	56
2.2 DISEÑO MECÁNICO.....	58
2.2.1 SISTEMA DISPENSADOR DE ETIQUETAS.....	58
2.2.2 SISTEMA DE GIRO DE ENVASE	124
2.2.3 SISTEMA TRANSPORTADOR.....	156
2.2.4 ESTRUCTURA	189
3. PROPUESTA DE DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL	191
3.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL	192
3.2 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE CONTROL	202
3.3 SECUENCIA DE ETIQUETADO.....	206

3.3.1	CIRCUITO DE CONTROL	207
3.4	PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	217
4.	ANÁLISIS DE COSTOS	220
4.1	COSTOS DIRECTOS.....	221
4.2	COSTOS FIJOS	227
4.3	COSTOS INDIRECTOS.....	228
	CONCLUSIONES.....	229
	REFERENCIAS	231
	ANEXO A. PLANOS	241
	ANEXO B. TABLAS	292

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapa de lavado [1]	4
Figura 2. Etapa de llenado [2]	5
Figura 3. Etapa de tapado [3].....	6
Figura 4. Etapa de etiquetado [4]	6
Figura 5. Etiquetadora semiautomática [5]	11
Figura 6. Etiquetadora automática [6].....	12
Figura 7. Máquina etiquetadora modular [7].....	14
Figura 8. Máquina etiquetadora rotativa [8]	16
Figura 9. Máquina etiquetadora lineal [9].....	17
Figura 10. Funcionamiento de una banda transportadora [10].....	23
Figura 11. Banda transportadora de goma [11]	25
Figura 12. Banda transportadora de PVC [12]	26
Figura 13. Banda transportadora modular [13].....	27
Figura 14. Banda transportadora de teflón y silicona [14]	28
Figura 15. Banda transportadora de malla metálica [15].....	29
Figura 16. Sistema de control	31
Figura 17. Motor de corriente alterna (AC) [16].....	35
Figura 18. Motor de corriente directa (DC) [17].....	36
Figura 19. Motor paso a paso [18].....	37
Figura 20. Servomotor [19].....	39
Figura 21. Controlador PLC [20].....	40
Figura 22. Controlador CDS [21]	41
Figura 23. Controlador de sistema híbrido [22]	41
Figura 24. Controlador PAC [23]	42
Figura 25. Controlador PCS [24]	42
Figura 26. Sensor resistivo [25]	44
Figura 27. Sensor foto resistivo [26].....	44
Figura 28. Sensores inductivos [27].....	45
Figura 29. Sensores capacitivos [28].....	45
Figura 30. Sensores piezoeléctricos [29]	46
Figura 31. Sensor óptico [30]	46
Figura 32. Sensor ultrasónico [31].....	47
Figura 33. Codificador de posición angular [32].....	47
Figura 34. Sensor de temperatura [33].....	48
Figura 35. Sistema desbobinador.....	59
Figura 36. Sistema desbobinador vista frontal	59
Figura 37. Eje del sistema desbobinador	61
Figura 38. Eje en voladizo del sistema desbobinador.....	62
Figura 39. Fuerzas y momentos que actúan en el sistema desbobinador	62
Figura 40. Diagrama de fuerza cortante y momento flector de eje desbobinador	64

Figura 41. Rodamiento de bola del sistema desbobinador	71
Figura 42. Brida inferior del sistema desbobinador	71
Figura 43. Plato soporte de etiquetas	72
Figura 44. Plato soporte de apoyo	73
Figura 45. Porta etiquetas.....	74
Figura 46. Rollo de etiquetas	75
Figura 47. Brazo halador de etiquetas.....	76
Figura 48. Análisis brazo halador	76
Figura 49. Reacciones en brazo halador.....	77
Figura 50. Diagramas de fuerza cortante y momento flector del brazo halador	78
Figura 51. Brazo soporte de etiquetas.....	80
Figura 52. Análisis de brazo soporte de etiquetas.....	81
Figura 53. Reacciones en el brazo soporte de etiquetas	81
Figura 54. Sección de tubo cuadrado	82
Figura 55. Sistema elevador.....	83
Figura 56. Base de anclaje a la estructura (1).....	91
Figura 57. Base de anclaje a la estructura (2).....	91
Figura 58. Sistema rebobinador.....	92
Figura 59. Vista frontal del sistema rebobinador.....	93
Figura 60. Eje del sistema rebobinador.....	93
Figura 61. Diagrama de fuerzas del sistema rebobinador.....	94
Figura 62. Eje en voladizo de la primera sección del sistema rebobinador.....	95
Figura 63. Fuerzas y momentos que actúan en la primera sección del sistema rebobinador	96
Figura 64. Diagrama de fuerza cortante del eje rebobinador.....	97
Figura 65. Diagrama de momento flector del eje rebobinador.....	97
Figura 66. Eje en voladizo de la segunda sección del sistema rebobinador.....	100
Figura 67. Fuerzas y momentos que actúan en la segunda sección del sistema rebobinador	101
Figura 68. Diagrama fuerza cortante del plano x-y.....	102
Figura 69. Diagrama de momento flector del plano x-y	102
Figura 70. Diagrama de fuerza cortante del plano x-z	103
Figura 71. Diagrama de momento flector del plano x-z	103
Figura 72. Fuerzas en plano x-y del eje rebobinador.....	107
Figura 73. Fuerzas en el plano x-z del eje rebobinador.....	108
Figura 74. Brida del sistema rebobinador	110
Figura 75. Plato soporte de desperdicios.....	110
Figura 76. Plato soporte de apoyo	111
Figura 77. Porta desperdicios	112
Figura 78. Rollo de desperdicios	113
Figura 79. Polea conducida del sistema rebobinador	114
Figura 80. Polea motriz del sistema rebobinador.....	114
Figura 81. Transmisión del sistema rebobinador	120
Figura 82. Sistema de giro de envase	124

Figura 83. Vista planta de sistema giro de envase	125
Figura 84. Eje motriz del sistema de giro de envase.....	126
Figura 85. Placa soporte de banda	127
Figura 86. Diagrama de fuerzas para el giro de botella	127
Figura 87. Diagrama de fuerza para la botella	128
Figura 88. Diagrama de fuerzas para el sistema de giro de envase	130
Figura 89. Ángulo de descomposición de la fuerza.....	131
Figura 90. Cargas de la primera sección del eje.....	133
Figura 91. Adición de fuerza cortante y momento flector	133
Figura 92. Diagramas de fuerza cortante y momento flector	134
Figura 93. Cargas de la segunda sección del eje en el plano x-y.....	137
Figura 94. Adición de la fuerza cortante y momento flector	138
Figura 95. Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el plano x-y	138
Figura 96. Cargas de la segunda sección del eje en el plano x-z.....	139
Figura 97. Adición de la fuerza cortante y momento flector	139
Figura 98. Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el plano x-z	140
Figura 99. Fuerzas en plano x-y del eje sistema de giro de envase.....	144
Figura 100. Fuerzas en plano x-z del eje rebobinador.....	145
Figura 101. Brida del sistema de giro de envases.....	146
Figura 102. Rodillo motriz	148
Figura 103. Rodillo impulsado.....	148
Figura 104. Polea impulsada del sistema giro de envases	149
Figura 105. Polea motriz del sistema giro de envases	150
Figura 106. Transmisión del sistema de giro de envase	153
Figura 107. Sistema transportador	157
Figura 108. Eje motriz del sistema transportador	159
Figura 109. Diagrama de fuerza para el movimiento de botellas	160
Figura 110. Ángulo de descomposición de la fuerza.....	161
Figura 111. Cargas del plano XZ.....	163
Figura 112. Diagrama de fuerza cortante y momento flector	163
Figura 113. Cargas del plano XY.....	164
Figura 114. Diagrama de fuerza cortante y momento flector	164
Figura 115. Rodillo motriz del sistema transportador	168
Figura 116. Rodillo impulsado del sistema transportador.....	169
Figura 117. Polea impulsada del sistema transportador.....	170
Figura 118. Polea motriz del sistema transportador	170
Figura 119. Viga principal	172
Figura 120. Vista lateral de viga principal	172
Figura 121. Placa soporte de eje motriz.....	173
Figura 122. Placa soporte de eje conducido.....	173
Figura 123. Vista frontal de viga principal	174
Figura 124. Perforaciones para estructura.....	174
Figura 125. Perforaciones para almohada.....	174

Figura 126. Almohada	175
Figura 127. Sección en planta de almohada	176
Figura 128. Brazo en voladizo de la almohada	178
Figura 129. Diagrama de fuerza cortante del brazo de la almohada	179
Figura 130. Diagrama de momento flector del brazo de la almohada	179
Figura 131. Fragmento de guía fija	181
Figura 132. Base de las guías	181
Figura 133. Guías fijas	182
Figura 134. Guía regulable	183
Figura 135. Varilla en voladizo de la guía regulable	184
Figura 136. Diagrama de fuerza cortante de la varilla	185
Figura 137. Diagrama de momento flector de la varilla	185
Figura 138. Guías regulables	187
Figura 139. Soporte izquierdo	188
Figura 140. Soporte derecho	188
Figura 141. Estructura de la máquina	190
Figura 142. Placa base	190
Figura 143. CPU S7-1200 [34]	194
Figura 144. Tipos de alimentación eléctrica para PLC	195
Figura 145. Lenguaje KOP [35]	196
Figura 146. Lenguaje FUP [36]	196
Figura 147. Lenguaje SCL	197
Figura 148. Sensor BEN10M-TDT [37]	197
Figura 149. Sensor de etiqueta KELIER-M18 [38]	198
Figura 150. Sensor de velocidad de rotación [39]	199
Figura 151. Variador de frecuencia SINAMICS G110 [40]	201
Figura 152. Montaje del sensor TASS [41]	202
Figura 153. Diagrama unifilar del sistema de control	203
Figura 154. Contactores PACKARD-C230C [42]	204
Figura 155. Motor eléctrico modelo L3505 [43]	206
Figura 156. Circuito de control del sistema	208
Figura 157. Diagrama de potencia del sistema	209
Figura 158. Conexión de los variadores de frecuencia en el programa CAdESIMU ...	211
Figura 159. Diagrama de arranque	212
Figura 160. Diagrama de apagado	214
Figura 161. Diagrama de control	216
Figura 162. Circuito de control en lenguaje KOP (1/4)	218
Figura 163. Circuito de control en lenguaje KOP (2/4)	218
Figura 164. Circuito de control en lenguaje KOP (3/4)	219
Figura 165. Circuito de control en lenguaje KOP (4/4)	219

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de diseño de la máquina etiquetadora.....	52
Tabla 2. Aspectos técnicos de una máquina etiquetadora lineal	54
Tabla 3. Aspectos técnicos de una máquina etiquetadora rotativa.....	54
Tabla 4. Aspectos técnicos de una máquina etiquetadora modular	55
Tabla 5. Aspectos técnicos de tipos de etiquetas	56
Tabla 6. Cargas en el brazo soporte	80
Tabla 7. Variables de entrada y salida.....	217
Tabla 8. Partida del sistema rebobinador.....	221
Tabla 9. Partida de la estructura.....	222
Tabla 10. Partida del sistema de giro de envases	223
Tabla 11. Partida del sistema transportador	224
Tabla 12. Partida del sistema desbobinador.....	225
Tabla 13. Partida del sistema de control	226
Tabla 14. Costos de mano de obra por sistema	227
Tabla 15. Costos indirectos	228

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en El Salvador, existe un gran sector industrial dedicado en el rubo de la venta de bebidas carbonatadas, y al mismo tiempo existen un sector más pequeño dedicado a la venta de bebidas alcohólicas entre otras. Existe una gran diferencia en el poder de innovación entre ambos sectores, debido a los elevados costos que implica la adquisición de equipo automatizado.

En el país no se cuenta con un sector que se dedique ni a la comercialización y menos al diseño de máquinas etiquetadora semiautomáticas ni automáticas. La automatización se ha convertido en un proceso necesario para el mejoramiento de la productividad en casi cualquier sector industrial.

Por todo lo anterior descrito el presente trabajo se enfoca en proporcionar a las MYPES de El Salvador el diseño de una maquina etiquetadora automatizada, capaz de mejorar la calidad de sus productos así aumentar su productividad, manteniendo la propuesta de bajo costo, con materiales disponibles en los mercados locales.

1. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo tiene como finalidad establecer los conceptos de los diversos tipos de máquinas etiquetadoras con sus respectivos funcionamientos. De igual manera se establecerán sus características principales y la descripción de cada uno de sus componentes.

En la actualidad se pueden encontrar diversos tipos de máquinas etiquetadoras, variando entre máquinas automáticas y semiautomáticas, siendo las más comunes las máquinas etiquetadoras lineales, rotativas y modulares. En donde cada máquina cuenta con bandas transportadoras, paneles de control, estación de etiquetado, entre otros componentes, variando según las especificaciones técnicas que se desea en la máquina y el producto con el cual se trabajará.

1.1 PROCESO DE ENVASADO

El llenado de botellas es una de las principales operaciones de envasado de productos líquidos de la industria del envase y el embalaje. El esquema del proceso y su complejidad, varían en función del tipo de producto a embotellar, la capacidad productiva de la industria, el tipo de botella y cierre, además de muchos otros factores.

A la hora de diseñar una línea de embotellado se tiene siempre en mente la idea de que ocupe un mínimo de espacio, pero con condiciones optimizadas de manejo, mantenimiento y puesta en servicio. Por lo que el proceso completo de embotellado comprende desde la recepción de las botellas hasta la comercialización del producto embotellado, en donde algunas de estas etapas son modificadas o anuladas, en función de las necesidades de la industria.

Las etapas principales del proceso se describen brevemente a continuación:

- Lavado:

De acuerdo con el tipo de bebida que se envasa, se selecciona el material correcto del envase, normalmente vidrio o plástico (PVC, PE o PET). Una vez se admite la botella, esta pasa por un minucioso lavado y esterilización para garantizar la higiene de los envases y para que el producto final no vaya a tener ninguna alteración.

Desde este primer paso, la tecnología y la automatización toman una importancia vital dentro de la empresa. Máquinas de lavado, desionizadoras y sopladoras se utilizan para realizar de manera minuciosa, pero de manera rápida y efectiva la limpieza de los envases con aire, aire estéril, agua, agua ozonizada, alcohol, productos bactericidas, vapor saturado, etc.



Figura 1. Etapa de lavado [1]

- Transporte interior:

Una vez terminado el proceso de limpieza, las botellas son dirigidas a una banda transportadora, que es el núcleo de la cadena y el eje central que mueve toda la producción, la cual funciona como transporte al interior de la planta y ayuda a reducir tiempo y costos. Las bandas transportadoras están desde el inicio hasta el final de toda la cadena en una embotelladora y por ello merecen especial atención, tanto en sus cuidados, como en su manera de empleo y mantenimiento.

- Llenado:

Las botellas llegan a través de la banda transportadora a la etapa de llenado, hasta colocar los envases debajo de las boquillas.

Se utilizan diferentes técnicas de llenado y dosificación, de acuerdo al tipo de líquido que se utilice. Existen llenadoras de presión, isobáricas, al vacío, por peso, de pistón, lineal, rotativa, monoblock, syncroblock, uniblock, etc.

Existen dos sistemas principales de llenado: uno es por volumen, que controla la cantidad del líquido introducido en la botella mediante dicha medida y es usualmente utilizado para productos de viscosidades variadas como la leche, agua, detergentes, etc. El otro sistema conocido y comúnmente empleado es por gravedad a nivel, utilizado para productos muy fluidos como aceite, vinagre, vino etc.



Figura 2. Etapa de llenado [2]

- Cierre de las botellas:

Como en el caso del llenado, existen múltiples alternativas para el cierre de las botellas: rosca de plástico, cierre a presión, roll-on, con gotero, flex-top, corcho, cápsulas, sellado en foil, metálicas, etc.

Sin embargo, dentro de una gran variedad y de acuerdo al tipo de producto que se ha envasado, hay dos sistemas comunes para realizar el cierre. El primero es a presión, mediante un alimentador de tapones de plástico o corchos, con cierre a presión de funcionamiento mecánico. El segundo, un sistema de cierre de rosca sincronizado con el resto de la maquinaria; el sistema lleva acoplado

uno o un grupo de cabezales roscadores regulables, aptos para cualquier formato y diseño de botella.



Figura 3. Etapa de tapado [3]

- Etiquetado:

Esta área comprende la adición de etiquetas de los productos, en donde dichas etiquetas incluyen la información básica sobre estos, así como otros requerimientos establecidos por ley. Este proceso se puede hacer por el sistema de pegado en frío o pegado en caliente, con diferentes tipos de etiquetas como autoadhesivas, termoencogibles y con distinta regulación de velocidad.



Figura 4. Etapa de etiquetado [4]

- Túneles de pasteurización:

Muchos de los productos requieren llevar a cabo este proceso físico, mediante el cual se logra darle estabilidad biológica y mantener las propiedades originales de los productos. Para ello se somete el producto envasado a una determinada temperatura, la cual se establece según los requerimientos.

Los sistemas de control llevan incorporados sistemas de inspección y rechazo de nivel de llenado, número de etiquetas colocadas, buen tapado, unidades producidas, etc.

- Llenado de cajas, paletizado y distribución:

Una vez las botellas han pasado por el sistema de control, son introducidas en cajas o canastas paletizadas, quedando listas para su distribución, ya sea en camiones que se adecúan para canasta como en el caso de las gaseosas y aguas, o en camiones de distribución de cajas para otro tipo de productos.

A pesar de que el proceso de una embotelladora es automatizado y que los equipos y fuerza técnica son la base para este tipo de plantas, el recurso humano es determinante, sobre todo en la parte de supervisión y acción contra los fallos que la máquina pueda tener.

El recurso humano se distribuye a lo largo de toda la cadena y son los brazos adicionales que ayudan a que todo tenga una buena terminación. Verifican que la máquina haga su trabajo de manera correcta e intervienen en cosas que la automatización no puede realizar.

1.2 PROCESO DE ETIQUETADO

El etiquetado de alimentos es el principal medio de comunicación entre los productores de alimentos y los consumidores finales. El etiquetado suele ser cualquier documento, impreso o gráfico que contiene la etiqueta del alimento, siendo la etiqueta una información que acompaña o se expone acerca del contenido del producto, durante su venta. Las normas de etiquetado de alimentación están sometidas al derecho alimentario propio de cada país, no obstante, existen organismos internacionales como la FAO (organización específica de la ONU) que armonizan un conjunto de buenas prácticas que sirve de referencia común a los países. Las normas no pueden aplicarse por igual a todos los productos, algunos de ellos (como por ejemplo el vino, o los alimentos transgénicos) tienen normativas específicas.

El etiquetado de los productos alimentarios debe estar presente en el envase y no debe inducir a error al consumidor. Los datos de las características del producto, el origen, la composición, la forma de obtención y la caducidad deben ser muy claros. No se permite atribuir al producto alimentario propiedades que no tengan, de tipo terapéutico (salvo algunas excepciones), ni destacar propiedades especiales si todos los productos de su tipo las tienen. La etiqueta de los productos alimentarios debe indicar, como mínimo:

- La denominación de venta del producto.
- Los ingredientes y el peso que tienen en el producto, en orden decreciente.

- El porcentaje de alcohol, si su volumen supera el 1,2%.
- La fecha de duración mínima o fecha de caducidad de los productos muy perecederos.
- El peso o la cantidad neta en la mayoría de los productos envasados (l, cl, ml, kg, g).
- Las condiciones de obtención y de tratamiento del producto (si contiene ingredientes modificados genéticamente o irradiados, productos envasados en atmósfera protectora).
- Las condiciones especiales de conservación y utilización.
- La manera de consumir el producto.
- La identificación del lote del producto.
- El país de origen del producto.
- La identificación de la empresa (nombre, razón social o denominación del fabricante o envasador).
- En algunos productos, como la fruta envasada, debe indicarse el número de registro sanitario del envasador.
- El código de los aditivos. Actualmente no es necesario incluir el nombre completo de los aditivos, pero próximamente existirá la obligación de detallar las sustancias que puedan ser perjudiciales para determinadas enfermedades o alergias de los consumidores (azúcar, gluten, etc.)

Es por estos motivos que es de vital importancia que la etiqueta de todos los productos cuente con los requerimientos de calidad al momento de ser colocada en los productos para su venta final. Estos requerimientos de calidad, establecen que toda la información que proporciona la etiqueta debe ser legible para el consumidor final. Desde un buen etiquetado hasta un uso correcto del adhesivo son prácticas necesarias para cumplir dicha calidad. Diseñar una máquina que cumpla con estos requerimientos de calidad es el principal objetivo de este trabajo de graduación.

1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS ETIQUETADORAS

Dado que el proceso de envasado consta de diferentes etapas, las máquinas etiquetadoras se pueden clasificar de acuerdo a la transición entre etapas, es muy común etiquetar una vez ya llenada la botella, es por este motivo que entre dos etapas (finalización de llenado comienzo de etiquetado) se pueden, atendiendo a su nivel de automatización, tener dos tipos diferentes de máquinas: automáticas y semiautomáticas.

1.3.1 MÁQUINAS ETIQUETADORAS SEMIAUTOMÁTICAS

Son aquellas máquinas que es necesario de la asistencia humana para lograr el objetivo, en este tipo de máquinas es necesario que un operario coloque manualmente cada una de las botellas en una posición exacta, esto para abastecer de producto a la máquina, posteriormente la máquina hace girar el objeto que se desea etiquetar, por lo general una botella y es en este giro que la máquina logra colocar las etiquetas. Luego del etiquetado se necesita la acción humana para retirar de la máquina el producto finalizado.



Figura 5. Etiquetadora semiautomática [5]

1.3.2 MÁQUINAS ETIQUETADORAS AUTOMÁTICAS

Son máquinas más especializadas que no necesitan de la asistencia de un operario, simplemente ya cuentan con un sistema de abastecimiento, por lo general es una banda transportadora que se encarga de mover las botellas hasta la máquina, de igual manera, aquí se puede recurrir a una fuerza leve o simplemente a un giro de la botella. En este tipo de máquinas automáticas poseen unos sistemas de rodillos y tecnología más elaborado, ya que buscan simplificar los procesos de una empresa.



Figura 6. Etiquetadora automática [6]

1.4 TIPOS DE MÁQUINAS ETIQUETADORAS

En la industria de envases se utilizan diferentes tipos de máquinas etiquetadoras. Existen algunas similitudes en la manera de cómo funcionan las máquinas y en los tipos de trabajo que desempeñan. Sin embargo, la diversidad de productos y envases en los que se aplican las etiquetas requieren diversos tipos de materiales para etiquetas, adhesivos y métodos de aplicación de la etiqueta, por lo cual se describen algunas máquinas etiquetadoras de botellas:

1.4.1 MÁQUINA ETIQUETADORA MODULAR

Las etiquetadoras modulares son verdaderas multi-talentos ya que sirven igualmente, para el etiquetado con adhesivo frío, caliente y para las etiquetas autoadhesivas. Gracias a su construcción modular es posible configurar las máquinas de utilización universal a partir de grupos constructivos individuales. Los conjuntos de adhesivo frío o caliente, o los dispensadores de etiquetas autoadhesivas se acoplan a la máquina base según las necesidades. La forma constructiva compacta hace que estas máquinas ocupen poco espacio y sean perfectamente accesibles desde todos los lados. La concepción de estas máquinas permite sobre todo en producciones con frecuentes cambios de decoración, un aumento significativo de la rentabilidad generando un sensible ahorro de costos para el usuario.



Figura 7. Máquina etiquetadora modular [7]

Las etiquetadoras modulares pueden ser equipadas con varias estaciones de etiquetado del mismo tipo o diferentes. Las diferentes estaciones se encuentran anclados en el bastidor base de la máquina siendo intercambiados simplemente cuando se necesitan.

Estas estaciones se encuentran equipadas cada una con un accionamiento por separado que se encuentra electrónicamente acoplado al accionamiento principal. La máquina base compacta es fácilmente accesible al no encontrarse montada en un tablero convencional. En la mesa, cada uno de los porta envases es accionado por un servomotor controlado por ordenador. Los giros de las botellas necesarios para el alisado de las etiquetas mediante rodillos siguen un programa determinado.

El etiquetado frío, el caliente y la decoración con etiquetas autoadhesivas, pueden ser realizados en una sola mesa porta envases. Las máquinas pueden ser adaptadas con facilidad a otros formatos de envases y de etiquetas.

1.4.2 MÁQUINA ETIQUETADORA ROTATIVA

La máquina etiquetadora rotativa puede categorizarse en 3 tipos distintos según el tipo de adhesivo que estas utilicen, por lo que dicha clasificación sería:

- Etiquetadoras rotativas con cabezales de adhesivo en frío.
- Etiquetadoras rotativas de adhesivo termoencogible.
- Etiquetadoras rotativas con cabezales en autoadhesivo.

Las etiquetadoras rotativas con cabezales en adhesivo en frío, son las más conocidas en el mercado, son aquellas máquinas que utilizan un adhesivo que hace efecto cuando entra en contacto con el objeto a etiquetar y no requiere ningún tipo climatización para que presente un mejor resultado.

Las etiquetadoras rotativas de adhesivo termoencogible, son máquinas mucho más complejas y por ende más caras. Estas máquinas son especiales ya que cuentan con una cámara donde se alcanza una temperatura idónea y así el adhesivo se active y tenga mayores propiedades adherentes con el objeto etiquetado, este tipo de etiquetadoras no son comunes en etiquetadoras de botellas.

Por último, las etiquetadoras rotativas con cabezales autoadhesivos, presentan diferencias con respecto a las otras, ya que normalmente está compuesta de al menos de dos estaciones de etiquetado: etiqueta de cuerpo y contra etiqueta. Pero en este tipo de etiquetadoras el objetivo pasa simplemente

chocando con una parte de la máquina y la etiqueta se adhiere insanamente, sin ningún tipo de presión o rodillo, esto sin ningún tipo de arruga o falla.



Figura 8. Máquina etiquetadora rotativa [8]

1.4.3 MÁQUINA ETIQUETADORA EN LÍNEA

Las etiquetadoras lineales tienen un transportador motorizado perfilado en aluminio anodizado, con cadena transportadora de placas de resina acetálica. Guías laterales en acero inoxidable regulables en anchura para permitir el paso de envases de diversos tamaños. Según el tipo de producto por etiquetar, un sistema está instalado en la entrada del transportador para abastecer a la máquina.

Según la configuración deseada, la máquina puede tener una mesa de recolección cuadrada instalada al final del transportador o un sistema de transferencia de productos montado al final del transportador.



Figura 9. Máquina etiquetadora lineal [9]

La máquina de etiquetado consta de los siguientes elementos:

- Una estación de etiquetado para aplicar etiquetas, equipada con: un cabezal dispensador de etiquetas, un cabezal dispensador de contra etiquetas y regulación manual de la altura del etiquetado.
- Control y gestión de los parámetros de la máquina.
- Avance de la banda de etiquetas producido por un motor de corriente continua.
- Tasa de producción de 2,000-10,000 botellas/hora según diámetro y tipo de etiquetado.

El dispensador de etiquetas es un sistema encargado de mantener tensionada la etiqueta, de controlar la velocidad de salida y de controlar la altura de la etiqueta mediante la utilización de rodillos y bobinas antes de ser aplicados al producto.

Además, puede tener otros componentes según sea la necesidad en el etiquetado:

- Fococélula de detección para posicionar una etiqueta adicional en productos ya etiquetados.
- Fococélula de detección de muesca para posicionar etiquetas en envases con muesca.
- Extensión de transportador.
- Marcado de etiquetas por chorro de tinta.
- Sensor para la detección de etiquetas transparentes.
- Sistema para alisar sellos de garantía.

1.5 TIPOS DE ETIQUETAS

Las etiquetas se fabrican en una gran variedad de tamaños, formas, diseños, materiales y adhesivos. Las etiquetas pueden estar hechas de papel, plástico, papel metalizado o laminado. Pueden estar grabadas o impresas, se ubican en diversas posiciones en los envases o productos que pueden ser grandes o pequeños.

- Etiquetas autoadhesivas:

Se ubican en cualquier superficie del envase. Estas etiquetas pueden ser aplicadas manualmente o con máquina etiquetadora ya que su presentación es

en rollo. Un envase tiene etiquetas localizadas en la parte frontal, trasera, el cuello y/o en la parte superior. De igual manera, estas etiquetas se colocan casi en cualquier cara de una caja. Los sellos fiscales (marbetes) ubicados en la parte superior de los envases de las bebidas alcohólicas y paquetes de cigarrillos también son etiquetas autoadheribles.

- Etiquetas cilíndricas:

Se enrollan completamente en el envase. Las etiquetas se superponen intencionalmente con adhesivo. Este se aplica en los bordes para fabricar el sello. Frecuentemente se utilizan en latas y botellas, pero también se utilizan en cajas y otros envases. Algunos productos alimenticios embotellados las utilizan como sello para tapas.

- Etiquetas de mangas:

Se colocan en la botella y son fijadas estirando o contrayendo el material elástico con el que fueron hechas. Otra aplicación de estas etiquetas es el sello de seguridad que se utiliza en botellas de medicamentos y en algunos otros productos alimenticios.

- Etiquetas termoencogibles:

Estas etiquetas son utilizadas en envases de plástico, vidrio, latas de aluminio, etc., dándole una excelente imagen al producto a través de un material altamente brillante, impreso con imágenes y textos en 360 grados; lo cual maximiza la imagen de marca y su superficie, facilitando la segmentación del

producto hacia un determinado público objetivo. De esta forma, se logra una clara diferenciación sobre los productos de la competencia, además, las etiquetas termoencogibles tienen la capacidad de contraer hasta poco más de un 70%, logrando adaptarse a las curvas de cada envase.

1.6 ADHESIVOS PARA ETIQUETAS

La selección de adhesivos puede ser especialmente importante para las etiquetas que se colocan en botellas diseñadas para ser lavadas y vueltas a utilizar, ya que el adhesivo debe sostener la etiqueta con fuerza, pero de forma tal que no sea difícil retirarla, ya que no debe dejar residuos en los envases.

Por lo que la elección adecuada de un adhesivo depende de los siguientes factores:

- Material y estilo de etiqueta.
- Características del envase.
- Requisitos de la máquina etiquetadora.
- Condiciones bajo las que se almacenan los envases.

Partiendo de los diversos factores que se presentan a la hora de seleccionar el tipo de adhesivo para la etiqueta, se tienen:

- Adhesivos líquidos fríos.
- Adhesivos fundidos.

- Adhesivos sensibles a la presión
- Adhesivos sensibles al calor.

1.7 COMPONENTES DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA

Como se explicó anteriormente existe una diversa clasificación de las máquinas etiquetadoras, pero existen una serie de componentes fundamentales en la gran mayoría de máquinas y dependiendo de la disposición de estos elementos es como se van armando los diferentes tipos de máquinas, a continuación, se mencionarán los dispositivos que se pueden observar con mayor frecuencia en las máquinas etiquetadoras y que son fundamentales para el funcionamiento de las mismas.

1.7.1 BANDAS TRANSPORTADORAS

En empresas con alto grado de automatización en procesos de fabricación son muy utilizados los sistemas de bandas transportadoras, sobre todo cuando los procesos son flexibles. El uso de tales sistemas les permite obtener altos grados de eficiencia en la producción, estándares elevados de calidad y se facilita de esta manera, la fabricación en serie de un producto.

Estas bandas transportadoras son muy utilizadas en diferentes aplicaciones en la industria, pues pueden transportar económicamente grandes cantidades de materiales y objetos, como, por ejemplo, en transportación de sólidos a granel, en plantas embotelladoras, procesos de embalaje, etc.

Las bandas transportadoras se fabrican en diferentes materiales y tamaños, las mismas pueden recorrer kilómetros a velocidades de hasta 5 m/s y manejar hasta 5000 toneladas/ hora. También pueden funcionar en distancias cortas a velocidades lo suficientemente lentas para recolección manual, con una capacidad de unos cuantos kilogramos por hora.

Existe un gran número de variables que permiten llegar a escoger con éxito una banda transportadora requerida para un proceso determinado. Entre las más importantes y comunes se tienen:

- Material a manejar: Características, temperatura, etc.
- Capacidad y peso
- Distancia de transporte
- Niveles de transporte
- Interferencias, limitaciones, apoyos.
- Función requerida del medio de transportación
- Condiciones ambientales
- Recursos energéticos
- Recursos financieros

1.7.1.1 FUNCIONAMIENTO DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS

Este tipo de transportadores continuos están constituidos básicamente por una banda sinfín flexible que se desplaza apoyada sobre unos rodillos de giro libre. El desplazamiento de la banda se realiza por la acción de arrastre que le transmite uno de los tambores extremos, generalmente el situado en la parte superior. Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor, casi siempre metálico, que les da soporte y cohesión.

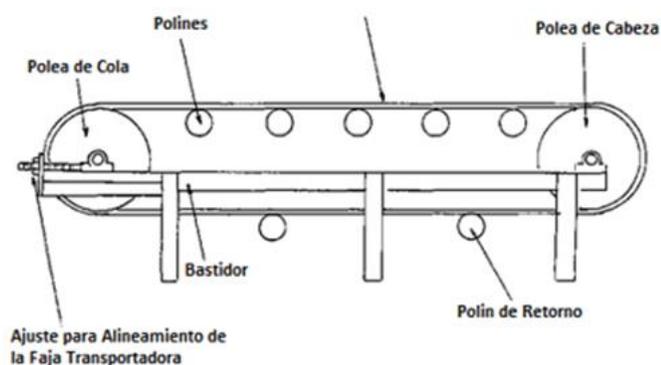


Figura 10. Funcionamiento de una banda transportadora [10]

En el funcionamiento de las bandas transportadoras se debe tener en cuenta conceptos tales como: Potencia, tensión en una correa, torque, trabajo.

1.7.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS

De acuerdo con el tipo de materiales que van a manejarse, existen dos grandes grupos de transportadores, ellos son:

- Banda de manejo de producto suelto o a granel
- Banda de manejo de productos empacados o cargas unitarias

Cada banda transportadora posee sus propias características dependiendo del tipo de empresa, pues las actividades, medio ambiente, espacio, necesidades y manejo de materiales serán diferentes incluso para empresas que pertenecen a un mismo ramo de la producción, siendo esta la razón principal por la cual se debe seleccionar en forma adecuada la banda transportadora.

1.7.1.3 TIPOS DE BANDAS TRANSPORTADORAS

➤ Bandas de goma

Son muy utilizadas para el transporte tanto interior como exterior de todo tipo de productos a granel. Se fabrican con núcleo textil de poliéster y nylon que le confiere una gran resistencia a la rotura y al impacto del material, además permiten pasar fácilmente de transporte horizontal a vertical o viceversa.

En función del tipo, número de lonas y características de la cobertura, se adaptan a las condiciones más adversas de transporte (materiales abrasivos, cortantes, oleaginosos, fuertes impactos, altas temperaturas, ambientes potencialmente explosivos, etc.)

Las bandas transportadoras de goma están compuestas interiormente de una carcasa formada por capas de tejido engomado constituido por hilos de poliéster en sentido longitudinal y por hilos de nylon en dirección transversal. Este núcleo se caracteriza por su alta resistencia a la rotura y al impacto, junto con una gran flexibilidad y ligereza, permitiendo en función del número de lonas y características de estas, adecuarse a las necesidades de la tensión de trabajo.

Entre las principales especificaciones que se deben tomar en cuenta para seleccionar una banda de goma se tienen:

- Longitud
- Tipo de superficie (lisa, rugosa, nervada)
- Tipo de recubrimiento (grado M, N, anti abrasivo, anti llama, anti aceite)



Figura 11. Banda transportadora de goma [11]

➤ Bandas de PVC

Se emplean para el transporte interior de productos manufacturados y/o a granel, en la mayoría de los sectores industriales: alimentación, cerámica, madera, papel, embalaje, cereales, etc.

Fabricadas, también, con núcleo textil de poliéster, pero con coberturas de PVC, poliuretano o silicona.

Según el tipo de producto a transportar se determinará la calidad de la cobertura:

- Blanca alimentaria
- Resistentes a grasas y aceites vegetales, animales o minerales
- Resistente a la abrasión
- Resistente a cortes
- Antiestáticas permanentes



Figura 12. Banda transportadora de PVC [12]

➤ Bandas modulares

Se fabrican con materiales FDA (polietileno, polipropileno y poli acetal), permiten un amplio rango de temperatura de utilización (-70 a 105°C) y presentan las ventajas de su fácil manipulación, limpieza y montaje.

Sus principales aplicaciones son: Congelación, alimentación, embotellado y conservas.

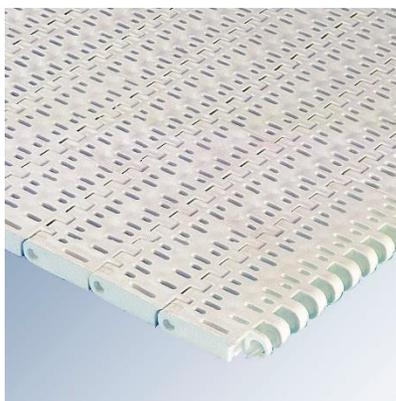


Figura 13. Banda transportadora modular [13]

➤ Bandas de teflón y silicona

Su composición a base de tejidos de fibra de vidrio con impregnación de teflón o silicona les confiere gran anti adherencia, resistencia frente a agentes químicos como ácidos o disolventes y resistencia térmica (de -60°C a 260°C).

Sus principales campos de aplicación son:

- Bandas para túneles de serigrafía, secaderos, selladuras, hornos de acción en continuo.

- Recubrimiento de tolvas y superficies para facilitar el deslizamiento.
- Aislante eléctrico.
- Manipulación de productos pegajosos y adhesivos



Figura 14. Banda transportadora de teflón y silicona [14]

➤ Bandas de malla metálica

Fabricadas en distintos metales y aleaciones, generalmente están constituidas por espiras de alambre unidas entre sí por varillas onduladas o rectas. Permiten su utilización en aplicaciones extremas de temperatura (de -180°C a 1200°C) cuando hay corrosión química o están expuestas al medio ambiente.

Tanto por los materiales empleados como por los tipos de banda, las posibilidades de fabricación son infinitas y las aplicaciones más usadas son:

- Congelación-enfriamiento
- Hornos
- Sinterizado
- Filtrado

- Lavado



Figura 15. Banda transportadora de malla metálica [15]

1.7.2 SISTEMA DE CONTROL

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema, La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados, con pocas probabilidades de fallos. Los sistemas de control más modernos en ingeniería, automatizan procesos en base a muchos parámetros.

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser capaz de controlar perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

- Sensores: Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
- Controlador: Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.
- Actuador: Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

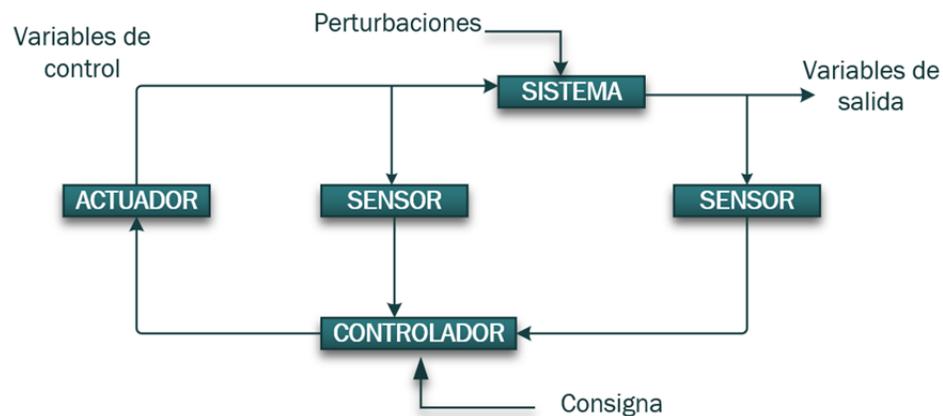


Figura 16. Sistema de control

Se distinguen dos tipos de estrategias en función de la naturaleza de la información utilizada para calcular la acción de control del sistema, lazo abierto y lazo cerrado.

Los sistemas de control abierto son aquellos en que la acción del controlador no se relaciona con el resultado final (en los sistemas de lazo abierto la señal de salida no tiene influencia sobre la entrada). Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control.

Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia, la señal de salida tiene influencia sobre la entrada, es decir, que si existe una desviación entre la salida real y la deseada, el autómata realiza los ajustes necesarios para aproximarlas lo más posible, ya que aquí si existe realimentación de información. Este tipo de estrategia de control puede aplicarse sea cual sea la variable

controlada. La gran mayoría de los sistemas de control que se desarrollan en la actualidad son en lazo cerrado.

Características de un sistema de control

- Señal de Corriente de Entrada: Considerada como estímulo aplicado a un sistema desde una fuente de energía externa con el propósito de que el sistema produzca una respuesta específica.
- Señal de Corriente de Salida: Respuesta obtenida por el sistema que puede o no relacionarse con la respuesta que implicaba la entrada.
- Variable Manipulada: Es el elemento al cual se le modifica su magnitud, para lograr la respuesta deseada. Es decir, se manipula la entrada del proceso.
- Variable Controlada: Es el elemento que se desea controlar. Se puede decir que es la salida del proceso.
- Conversión: Mediante receptores se generan las variaciones o cambios que se producen en la variable.
- Variaciones Externas: Son los factores que influyen en la acción de producir un cambio de orden correctivo.
- Fuente de Energía: Es la que entrega la energía necesaria para generar cualquier tipo de actividad dentro del sistema.
- Retroalimentación: La retroalimentación es una característica importante de los sistemas de control de lazo cerrado. Es una relación secuencial de

causas y efectos entre las variables de estado. Dependiendo de la acción correctiva que tome el sistema, este puede apoyar o no una decisión, cuando en el sistema se produce un retorno se dice que hay una retroalimentación negativa; si el sistema apoya la decisión inicial se dice que hay una retroalimentación positiva.

- Variables de fase: Son las variables que resultan de la transformación del sistema original a la forma canónica controlable. De aquí se obtiene también la matriz de controlabilidad cuyo rango debe ser de orden completo para controlar el sistema.

1.7.2.1 MOTORES

Todo proyecto de automatización debe incluir una sección de electromecánica, esto es fundamental ya que cualquier proceso de automatización debe incluir un sistema que funcione con energía eléctrica pero que haga el trabajo manual o mecánica de forma continua y sin la intervención humana en el proceso. La elección del tipo de motor suele ser uno de los aspectos más críticos para el encargo del proyecto.

Los motores son los que les dan movimiento a todas las máquinas, pero, así como existe una gran variedad de movimientos deseado en las máquinas así son las opciones que se tienen para selección los motores, desde un movimiento

continuo con una poca resistencia hasta movimientos con baja rpm o que sean necesario paros y arranques continuos.

Al igual que las bandas transportadoras para la selección de motores también existen una amplia gama de factores a tomar en cuenta y que determinaran un buen o mal funcionamiento, así como la durabilidad de la máquina misma. Los principales factores a tomar en cuenta son:

- Tipos de arranque
- Carga
- Par motor
- Potencia eléctrica absorbida por el motor
- Rendimiento
- Variaciones y desarrollo del régimen de giro

Teniendo en cuenta dichos factores, se pueden diferenciar distintos tipos de factores, entro los cuales tenemos:

- Motor de corriente alterna (AC)

Este es el tipo de motor más utilizado en la industria por su versatilidad y su facilidad económica, Se pueden distinguir entre la cantidad de fases que utiliza y pueden ser:

- Motores monofásicos

Se utilizan cuando se necesitan potencias pequeñas, la principal desventaja es que no poseen arrancadores. Teniendo dos opciones:

- Síncronos: Su principal cualidad es que trabajan a una velocidad siempre fija, son útiles en aplicaciones donde es necesaria mantener una velocidad constante.
- Asíncronos: Pueden llegar a experimentar variaciones de velocidad si se aumenta el par al que se está trabajando.

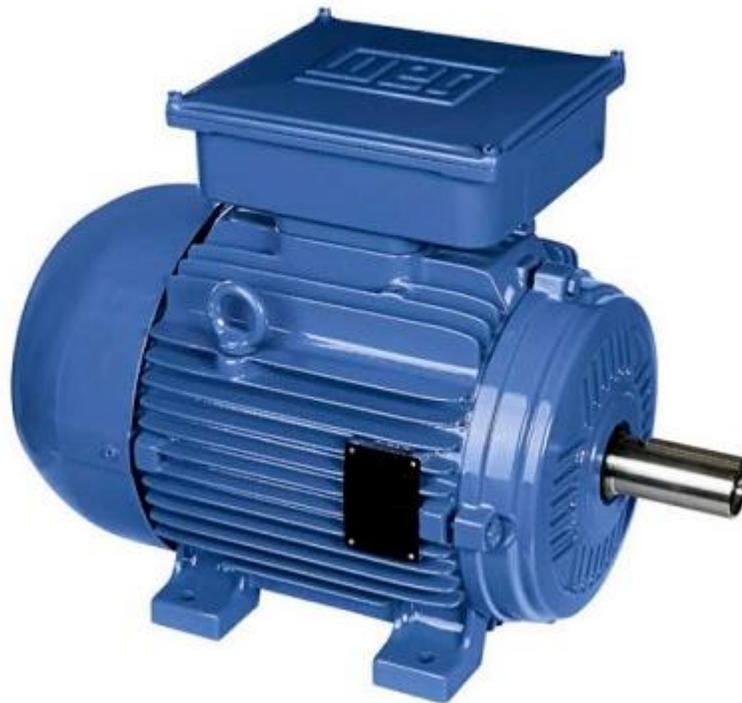


Figura 17. Motor de corriente alterna (AC) [16]

- Motor de corriente continua (DC)

La operatividad de un motor de corriente directa consiste en la atracción que ejercitan los polos magnéticos de un imán indeleble cuando, de acuerdo con la Ley de Lorentz, interactúan con los polos magnéticos de un electroimán que

se localiza montado en un eje. Este electroimán es el “rotor”, el eje le aprueba girar con facilidad entre los polos magnéticos norte y sur del imán que se encuentran dentro de la carcasa.

Cuando la corriente se moviliza por la bobina de este electroimán giratorio, el campo electromagnético que se forma interactúa con el campo magnético del imán permanente. Si los polos del imán permanente y del electroimán giratorio coinciden, se origina un rechazo y un torque magnético que estimula que el rotor rompa la inercia y comience a girar sobre su eje en el mismo sentido de las manecillas del reloj en unos casos, o en sentido contrario, de acuerdo con la forma que se encuentre conectada al circuito la batería.



Figura 18. Motor de corriente directa (DC) [17]

- Motor paso a paso

Los anteriores motores son de una naturaleza más universales y de los que más se conoce y se utilizan para ciclos de movimientos sencillos o que no requerían de una complejidad con los paros y arranques. Los motores paso a

paso funcionan con excitación independiente, esto quiere decir, la alimentación del inductor se realiza a partir de una fuente de alimentación externa, basta con modificar y controlar la frecuencia para logra variar la velocidad.

El funcionamiento de estos dispositivos electromagnéticos es convertir pulsos digitales en movimiento de rotación mecánica, la rotación es proporcional al número de pulsos generados, mientras que la velocidad de rotación se relaciona con la frecuencia de esos pulsos. Los pulsos se programan y definen por un ángulo predeterminado y es alimentado por un dispositivo programable.

En conclusión, estos motores son ideales en situaciones donde la precisión de los desplazamientos tiene gran importancia, algunas aplicaciones pueden ser: impresoras, pequeñas tecnologías sanitarias y alimenticias, etc.



Figura 19. Motor paso a paso [18]

Entre los motores paso a paso se pueden hacer una distinción, en donde se señalan los motores unipolares y los bipolares

- Motores a paso bipolares: Este tipo de motor tiene 4 cables, 2 por cada bobina, son más complejos ya que requieren circuitos de control y potencia más complejos, al no tener doble bobina ofrecen mejor relación entre torque y tamaño/peso.
- Motores a paso unipolares: traen de 5 a 6 cables dependiendo de la conexión interna, son más sencillos de controlar ya que solo se activan y desactivan los terminales de las bobinas.
- Servomotores

También llamados servo, son dispositivos de accionamiento para el control de precisión de velocidad, par de motor y posición. Son la evolución de los motores paso a paso ya que traen incluido su propio sistema de regulación, ofrecen una mayor precisión al momento de control de giro y par, pero al mismo tiempo generan un coste elevado a comparación del paso a paso. La decisión entre un servomotor o un motor paso a paso depende de lo que más se necesite, si una precisión al momento de controlar o mantener los costos del proyecto dentro del presupuesto.

Las aplicaciones de los servomotores son en industrias pequeñas o en el área médica, en las grandes industrias se prefiriere ahorrar el costo adicional y usar motores paso a paso para que la aplicación de un resultado óptimo y que no generan un costo elevado y que al mismo tiempo no sean difícil de controlar.



Figura 20. Servomotor [19]

1.7.2.2 CONTROLADORES

Los controladores industriales son equipos o sistemas que permiten automatizar procesos productivos para mejorar tiempos de ejecución, bajar tasas de fallo y operar en ambientes peligrosos, sin la necesidad de la intervención humana. Existen diferentes tipos de controladores industriales, para distintas aplicaciones, pero todos ellos usan el mismo principio de funcionamiento: miden las variables de un proceso a través de sensores, que entregan esa información a una unidad de procesamiento que compara el valor medido con el esperado, ejecutando algoritmos de control que determinan cómo se modifica el valor de las variables que actúan como entradas del proceso a controlar.

Las diferentes terminologías tienen zonas de traslape en su definición. En términos simples, estos son:

- PLC: Originalmente diseñados para ejecutar lógica binaria, estos son capaces de controlar procesos de cualquier tipo y tamaño. Pueden programarse en varios lenguajes. Según el estándar IEC- 61131-3, al que muchos adhieren, se pueden programar en Instruction List (IL), Ladder diagram, Function Block Diagram (FBD), Sequential Flow Control (SFC), o Structured Text (ST).



Figura 21. Controlador PLC [20]

- DCS (Distributed Control System): Originalmente diseñado para procesos continuos o análogos, se usa para procesos discretos o lógica binaria. La principal diferencia histórica con los PLCs es su forma de programar, en el sentido de que la lógica del controlador y la representación en pantalla están íntimamente ligadas y se programan coordinadamente. Es decir, al agregar un bloque a la lógica del controlador, usualmente se agregan un conjunto de funciones en el HMI (Human Machine Interface).



Figura 22. Controlador CDS [21]

- Sistemas híbridos: Proporcionan controladores individuales más pequeños, pero sobre todo más baratos, que podían ya competir más de cerca con los PLCs.



Figura 23. Controlador de sistema híbrido [22]

- PAC (Process Automation Controller): Los PLC y DCS se parecen en muchas funciones, por lo que es difícil distinguir uno de otro. Así como el DCS migró a sistemas híbridos, algunos proveedores de PLC comenzaron a llamarle PAC para poner énfasis en su capacidad de controlar procesos

continuos, de la misma manera que un DCS. Su grado de integración entre el controlador y el HMI también está ya muy cercano al DCS.



Figura 24. Controlador PAC [23]

- PCS (Process Control System): Define el sistema de control de procesos, sin importar la tecnología base con que esté construido. Es decir, contempla PLCs, DCSs, PACs, o sistemas híbridos, sin distinguir entre ellos la diferencia. Es el término que hoy se usa en procesos de licitación, en que lo que importa es la funcionalidad buscada, más que la tecnología base. En ISA, se definen como BPCS, o Basic PCS, para distinguirlo de los sistemas integrados de seguridad (SIS), que son una categoría aparte.



Figura 25. Controlador PCS [24]

1.7.2.3 SENSORES

Un sensor es un dispositivo que cuenta con un elemento, que tiene una propiedad que varía en función del valor de la magnitud física que se detecta o mide. El valor de la propiedad del elemento sensor, normalmente es convertida a otra magnitud física que es más fácil de manipular, normalmente una corriente o un voltaje, llamándose a este dispositivo como transductor. Si la señal eléctrica se amplifica al dispositivo se llama transmisor y si se presenta en una pantalla el valor de la magnitud medida se le llama Indicador.

En la automatización industrial, los sensores juegan un papel vital para hacer que los procesos sean eficientes y excepcionalmente automáticos. Estos permiten detectar, analizar, medir y procesar una variedad de transformaciones, como la alteración de la posición, la longitud, la altura, el exterior y la dislocación que ocurre en los sitios de fabricación industrial.

Los siguientes son los diversos tipos de sensores utilizados en la automatización:

- Sensores resistivos: Un sensor resistivo es un dispositivo que convierte cantidades físicas medibles tales como desplazamiento, deformación, fuerza, aceleración, humedad, temperatura, etc. en valores de resistencia.



Figura 26. Sensor resistivo [25]

- Sensores foto resistivos: Es un componente eléctrico que varía su resistencia en función de la luz que llega a la superficie del dispositivo. Cuanto mayor sea la intensidad de luz menor será su resistencia, y cuanto menos luz incida en él será mayor.

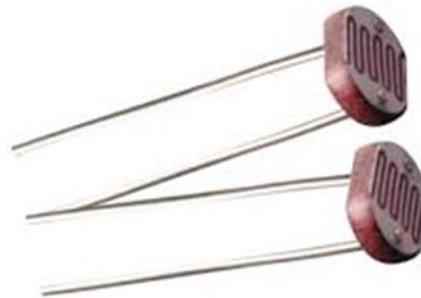


Figura 27. Sensor foto resistivo [26]

- Sensores inductivos: Los sensores de proximidad inductivos detectan la presencia de objetos conductores (es decir, metálicos) y tienen un rango de detección que depende del tipo de metal detectado. Estos sensores

funcionan con un campo magnético de alta frecuencia generado por una bobina en un circuito de oscilación.



Figura 28. Sensores inductivos [27]

- Sensores capacitivos: El sensor capacitivo es un detector electrónico que trabaja sin contacto con el objeto que se desea detectar. Estos sensores aprovechan el efecto que tienen los materiales como el papel, vidrio, plástico, aceite, agua y metales, de cambiar los efectos de la capacidad del sensor cuando se encuentran dentro del campo eléctrico generado.



Figura 29. Sensores capacitivos [28]

- Sensores piezoeléctricos: Estos sensores detectan el valor de una fuerza mecánica que se ejerce sobre las placas que lo forman ya que al

presentarse esa fuerza en las placas que contienen el material piezoeléctrico se genera una tensión eléctrica proporcional a dicha fuerza.



Figura 30. Sensores piezoeléctricos [29]

- Sensores ópticos: Este sensor detecta la proximidad de algún objeto a distancia, a través de la emisión de un haz de luz, el cual es recibido por un elemento fotosensible.

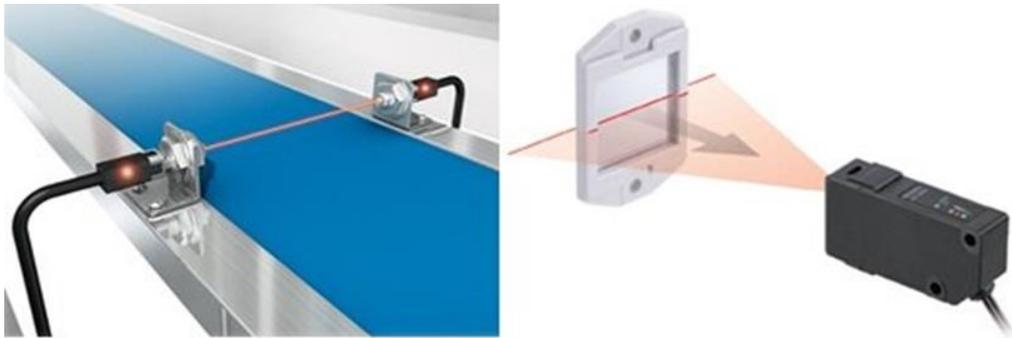


Figura 31. Sensor óptico [30]

- Sensores ultrasónicos: Estos elementos captan el nivel del ultrasonido informándolo así al controlador. El sensor ultrasónico es un dispositivo que tiene la capacidad de detectar y de medir la distancia de un objeto utilizando ultrasonido.



Figura 32. Sensor ultrasónico [31]

- Codificadores de posición angular: Estos sensores proporcionan la información sobre la posición de determinado objeto mediante un código, un dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital.



Figura 33. Codificador de posición angular [32]

- Sensores de temperatura: Los sensores de temperatura son componentes electrónicos que permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica determinada. Dicha señal se envía mediante el cambio de la resistencia.



Figura 34. Sensor de temperatura [33]

1.7.3 OTROS

- Chasis o estructura: Es la parte de la máquina que funciona como base, es el marco estructural que funciona como soporte para todos los demás componentes y partes. La mayoría de chasis de los equipos esta hecho de acero inoxidable para proporcionar la estabilidad necesaria.
- Bandeja: Es la parte donde están ubicadas las etiquetas antes de transportarlas al cabezal de etiquetado, también está hecho de material de acero inoxidable para estar preparado para cualquier elemento como productos químicos y clima desfavorable.
- Cabezal de etiquetado: Este es quizás la parte más importante de la máquina ya que es donde se aplica la etiqueta al producto.
- Rodillo impulsor: Como su nombre lo indica es un rodillo común y corriente pero que está controlado por impulsos que es lo que rige el proceso de etiquetado.

- Placa separadora de etiqueta: Cuando la etiqueta adhesiva genera desperdicio es necesario una parte que separe este papel de respaldo antes de ser adherida al producto.

2. PROPUESTA DE DISEÑO MECÁNICO

2.1 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE MÁQUINA

Con la finalidad de dar una visión clara al sistema de etiquetado, se realizará una investigación de los equipos más comunes de máquinas utilizados en la industria, señalando cada uno de los beneficios o desventajas que conlleva la selección de un determinado tipo de máquina etiquetadora con respecto a otra.

2.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para la selección de equipo, se deben definir los parámetros de diseño que definirán el prototipo de la máquina etiquetadora. Dichos parámetros definen la velocidad de producción, las dimensiones del producto y capacidad de estos. Normalmente, estos parámetros vienen definidos por las máquinas de llenado y embotellado de una línea de producción. Por lo que, para poder establecer los parámetros de diseño, se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

➤ Dimensiones de la máquina

Los requisitos que se deben tener en cuenta al diseñar una máquina son de brindar seguridad, visibilidad y salud, eliminando el estrés y esfuerzos físicos al operario, mejorando así la eficacia y la fiabilidad de funcionamiento, logrando así una reducción en los errores durante la utilización de la máquina.

➤ Potencia

La potencia necesaria que es importante determinar es aquella necesaria para lograr mover tanto el sistema de giro de envases, así como el cabezal dispensador de etiquetas a una velocidad adecuada, teniendo en cuenta el material que va a ser transportado.

➤ Vida útil

Es un parámetro que está relacionado con el material seleccionado para la construcción de la máquina, con las condiciones de funcionamiento, con el procedimiento empleado para el montaje y desmontaje de la máquina durante el mantenimiento y con las horas de servicio. Por lo que, es importante trabajar con materiales que no cambien sus propiedades mecánicas, que sean resistentes a la corrosión y a los esfuerzos producidos durante el trabajo.

➤ Características del material a etiquetar

Es importante tener en cuenta en qué tipo de material se va a aplicar la etiqueta, porque, mediante esto se puede determinar cómo funcionara cada uno de los sistemas de la máquina.

➤ Costo

La consideración del costo es tan importante en el proceso de las decisiones para diseño, ya que se busca obtener un producto eficiente y capaz de competir en el mercado.

➤ Mantenimiento

Es uno de los parámetros que está relacionado directamente con el diseño. El mantenimiento de una máquina debe ser económico, rápido y que su frecuencia de mantenimiento no sea muy seguida para evitar paros de producción que puedan disminuir la productividad.

• Flexibilidad

Debe ser una máquina que pueda adaptarse con mucha facilidad a cualquier línea de envasado sin pérdida de tiempo, además que sean flexibles para que puedan modificarse a futuro.

Teniendo en consideración los aspectos planteados anteriormente, se procede a establecer los parámetros de diseño que definirán nuestro prototipo de máquina etiquetadora:

Tabla 1. Parámetros de diseño de la máquina etiquetadora

Dimensiones de la máquina	Ancho: 1100 mm Largo: 1380 mm Alto: 1170 mm
Tipos de botella	Envases plásticos de hasta 3 litros (Altura: 290 mm; Diámetro: 120 mm)
Velocidad de producción	20 botellas/min
Carga de trabajo	Continua

2.1.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Para este análisis se tomarán en cuenta los tipos más comunes de máquina etiquetadora en la industria, entre las cuales se pueden mencionar: máquina etiquetadora lineal, rotativa y modular. De igual manera se analizarán los tipos de etiqueta a utilizar, señalando los aspectos técnicos de los equipos y las características relevantes de las etiquetas.

2.1.2.1 TIPO DE MÁQUINAS ETIQUETADORAS

A continuación, se presentarán los aspectos técnicos promedios de cada una de las distintas máquinas etiquetadoras a analizar, mencionando las características del sistema transportador y la estación de etiquetado de cada equipo.

Máquina etiquetadora lineal

Tabla 2. Aspectos técnicos de una máquina etiquetadora lineal

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UNA ETIQUETADORA LINEAL	
DIMENSIONES (PROMEDIO)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Largo: 1.5 m ➤ Alto: 1.0 m
TIPO DE ENVASES	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Botellas cilíndricas de vidrio ➤ Botellas cilíndricas de plástico ➤ Tarros cilíndricos metálicos y plásticos
VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2,000-10,000 envases/hora
SISTEMA TRANSPORTADOR	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banda transportadora para entrada y salida de envases ➤ Guías regulables según diámetro ➤ Sistema controlado por variador de frecuencia
ESTACIÓN DE ETIQUETADO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Posee un cabezal dispensador de etiquetas motorizado ➤ Pueden tener hasta tres cabezales de etiquetadoras

Máquina etiquetadora rotativa

Tabla 3. Aspectos técnicos de una máquina etiquetadora rotativa

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UNA ETIQUETADORA ROTATIVA	
DIMENSIONES (PROMEDIO)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Largo: 2.5 m ➤ Ancho: 2.0 m
TIPO DE ENVASES	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Botellas cilíndricas de vidrio ➤ Botellas cilíndricas de plástico ➤ Tarros cilíndricos metálicos y plásticos
VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 6,000-72,000 envases/hora
SISTEMA TRANSPORTADOR	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estrella de entrada ➤ Estrella de salida ➤ Cuenta con un carrusel ➤ Posee un tornillo sinfín de separación de envases
ESTACIÓN DE ETIQUETADO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cuenta con dos conjuntos etiquetadores con adhesivo en frío

Máquina etiquetadora modular

Tabla 4. Aspectos técnicos de una máquina etiquetadora modular

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UNA ETIQUETADORA MODULAR	
DIMENSIONES (PROMEDIO)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Largo: 2.5 m ➤ Ancho: 2.0 m
TIPO DE ENVASES	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Botellas cilíndricas de vidrio ➤ Botellas cilíndricas de plástico
VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 6,000-72,000 envases/hora
SISTEMA TRANSPORTADOR	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estrella de entrada ➤ Estrella de salida ➤ Cuenta con una mesa porta-envases ➤ Posee un tornillo sinfín de separación de envases
ESTACIÓN DE ETIQUETADO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conjunto Etiquetador con Adhesivo en Frío ➤ Dispensador de Etiquetas Autoadhesivas ➤ Poseen conjuntos para etiquetas envolventes pre-cortadas ➤ Poseen conjuntos para etiquetas envolventes desde la bobina

2.1.2.2 TIPOS DE ETIQUETAS

Después de analizar los tipos de máquinas etiquetadoras, se procede con el análisis de los distintos tipos de etiquetas del mercado. Para la selección de etiquetas, se presentarán 3 alternativas: etiquetas autoadhesivas, de gomas y termoencogibles, en donde se mencionarán las características de cada una de ellas

Tabla 5. Aspectos técnicos de tipos de etiquetas

TIPO DE ETIQUETA	CARACTERÍSTICAS
Autoadhesivas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flexibles y duraderas ➤ Resistentes ➤ Versátiles ➤ Son de papel blanco, metalizado, plástico ➤ Buena presentación
De goma	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Son de papel ➤ Flexibles ➤ Buena presentación
Termoencogibles	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Son de películas de PVC termoencogibles ➤ Son de plástico ➤ Resistentes ➤ Flexibles ➤ Buena presentación

2.1.3 SELECCIÓN DE PROTOTIPO

Según los 3 tipos de máquinas etiquetadoras más comunes, se seleccionó la que logra satisfacer en su mayoría, o de mejor forma, los parámetros de diseño y funcionamiento planteados anteriormente, y teniendo en cuenta los niveles de producción se seleccionó una **máquina etiquetadora tipo lineal**, ya que esta presenta las siguientes ventajas con respecto a los otros diseños:

- Fácil adaptabilidad a las líneas de producción
- Fácil instalación
- Menor consumo de energía

- Menor costo de fabricación
- Menor utilización de espacio

De igual manera considero que dicha máquina es de fácil montaje, transportación y mantenimiento; Además, porque ocupa poco espacio y puede trabajar en forma continua, presentando una tasa de producción acorde a las necesidades.

En cuanto al tipo de etiqueta a seleccionar, se optó por una **etiqueta autoadhesiva**, a pesar de que estas no presentan una mejor flexibilidad que otros tipos de etiqueta, siguen siendo una buena opción, ya que presentan una buena adherencia a cualquier superficie del envase; ya sean estos de vidrio, plástico y además porque se adaptan a cualquier sistema de etiquetado con facilidad y de manera rápida.

La máquina etiquetadora lineal y la etiqueta autoadhesiva con el cual va a trabajar, se han seleccionado mediante un análisis ponderado debido a que, entre los diferentes tipos de modelos comparados, la lineal resultó la más idónea por el costo, espacio, facilidad de construcción, mantenimiento y adaptación a cualquier línea de producción, con la finalidad de realizar su trabajo con etiquetas que ofrecen buena flexibilidad y adherencia; además de contar con un sistema de control de fácil operación permitiendo ajustarse a las necesidades del prototipo de embotelladora.

2.2 DISEÑO MECÁNICO

En el presente capítulo se detalla la propuesta de diseño mecánico de una máquina etiquetadora de botellas cilíndricas, se aborda el diseño de las piezas más fundamentales de la máquina, para esta tarea se analizarán los principales elementos de los diferentes mecanismos que la integran, se explicará el funcionamiento de estos, tanto individualmente como colectivamente.

Se establecerán los parámetros de diseño; De igual modo se presentarán los componentes que la comprenderán, especificando las dimensiones y propiedades mecánicas de cada uno.

Los elementos que comprenderán la máquina son los siguientes:

- Sistema dispensador de etiquetas
- Sistema giro de envases
- Sistema transportador
- Estructura

2.2.1 SISTEMA DISPENSADOR DE ETIQUETAS

Este sistema está integrado por dos partes; el mecanismo que soporta la bobinas o carrete de etiquetas y el mecanismo rebobinador, el cual, como su nombre lo indica, rebobina la cinta después de remover las etiquetas.

2.2.1.1 SISTEMA DESBOBINADOR

El sistema desbobinador de la máquina es el mecanismo encargado de soportar el carrete de etiquetas, el cual provee la alimentación de etiqueta al sistema.

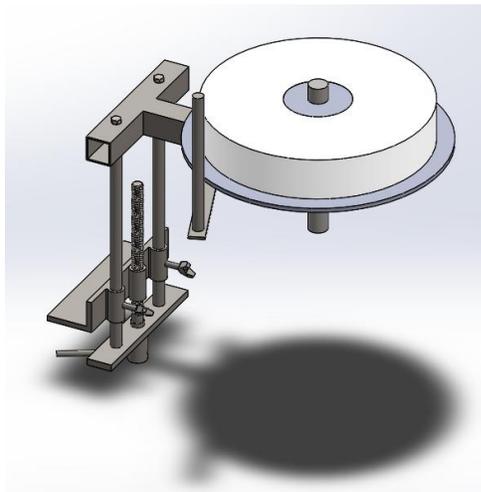


Figura 35. Sistema desbobinador

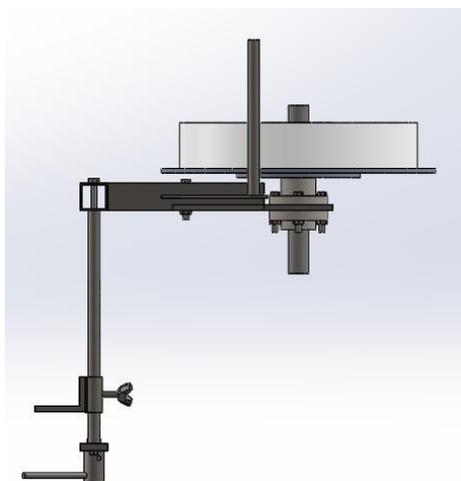


Figura 36. Sistema desbobinador vista frontal

Dicho sistema consiste en un sistema elevador el cual tiene como función proporcionar el ajuste necesario de la altura a la cual se alimenta el sistema de etiquetado mediante varillas roscadas, en base al tamaño de la botella y del rollo de etiqueta que se desea colocar, este sistema elevador contiene un eje vertical diseñado para las condiciones de carga a la cual está sometido, un conjunto de bridas superior e inferior para permitir el movimiento rotacional del mismo eje y mantenerlo alineado. Posee un plato de soporte para el rollo de etiqueta el cual se dimensiona en base al diámetro de rollos de etiquetas comerciales, por encima del plato de soporte contiene un porta etiquetas el cual tiene como objetivo posicionar el rollo de etiquetas de tal forma que no quede directamente haciendo contacto con el eje del sistema.

A continuación, se detalla el diseño y dimensionamiento de cada elemento que contiene el sistema desbobinador, se divide en las siguientes partes:

- Diseño del eje del sistema desbobinador
- Selección de rodamientos
- Dimensionamiento del plato soporte de etiquetas
- Dimensionamiento del porta etiquetas
- Dimensionamiento del rollo de etiquetas
- Diseño del sistema elevador
- Cálculo de inercias del sistema

2.2.1.1.1 DISEÑO DE EJE DEL SISTEMA DESBOBINADOR

El eje desbobinador mostrado en la figura 37 es el encargado de desenrollar la etiqueta y resistir el tiempo de funcionamiento determinado para la producción.

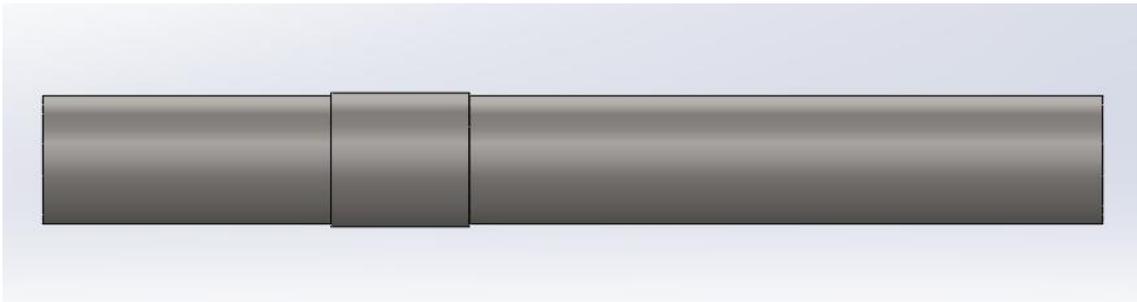


Figura 37. Eje del sistema desbobinador

El diseño del eje desbobinador se realizará considerando que está en voladizo [Figura 38] debido a que uno de sus extremos se encuentra apoyado en una caja de rodamientos y se encuentra soportando una carga distribuida debido a la tensión del papel.

Para la carga distribuida se toma un valor promedio del rango de rotura que es $w_1=3924$ N/m.

Consideramos la longitud del eje en voladizo en base a la altura del porta etiquetas y el rollo de etiquetas $L=0.11$ m.

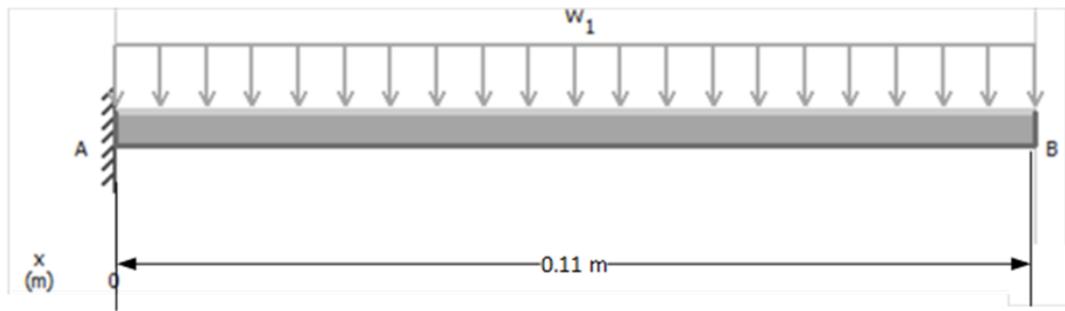


Figura 38. Eje en voladizo del sistema desbobinador

Realizando el cálculo de la reacción y momento resultante en el punto A.

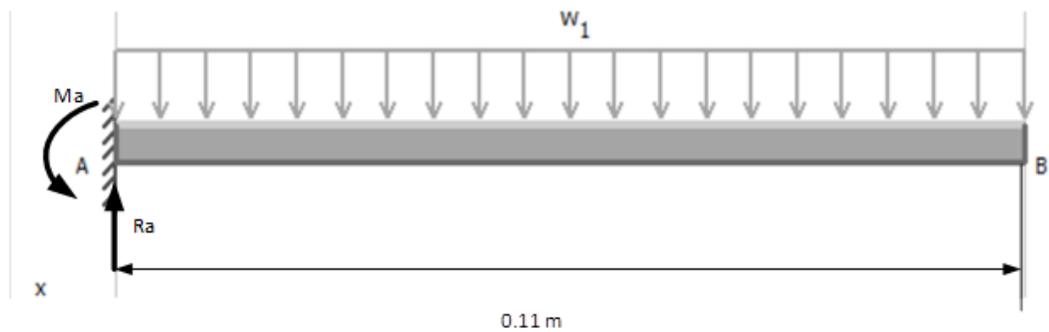


Figura 39. Fuerzas y momentos que actúan en el sistema desbobinador

$$\sum M_A = 0 \quad (\text{Ec. 01})$$

$$M_A - W_1 \frac{L^2}{2} = 0$$

En donde:

$M_A =$ Momento en el punto A

$W_1 =$ Carga distribuida sobre el eje

$L =$ Longitud de la sección en voladizo del eje

$$M_A = (3924 \text{ N/m}) \frac{(0.111 \text{ m})^2}{2} = \mathbf{24.17 \text{ N.m}}$$

$$\sum F_y = 0 \quad (\text{Ec. 02})$$

$$R_A - W_1 L = 0$$

En donde:

$R_A =$ Reacción en el punto A

$W_1 =$ Carga distribuida sobre el eje

$L =$ Longitud de la sección en voladizo del eje

$$R_A = (3924 \text{ N/m})(0.111 \text{ m}) = \mathbf{435.56 \text{ N}}$$

Se procede a desarrollar el diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje en análisis, el cual proporciona el valor de momento máximo de flexión y el punto de aplicación, valor que se encuentra en el punto crítico de falla del eje. Este valor de momento máximo de flexión se utilizará para la aplicación de las ecuaciones de esfuerzo normal y cortante para obtener la dimensión del diámetro óptimo del eje para soportar la carga a la cual será sometido.

Mediante la utilización del software MDSolids 4.0 [Anexo 1], se grafica el diagrama de fuerza cortante y momento flector.

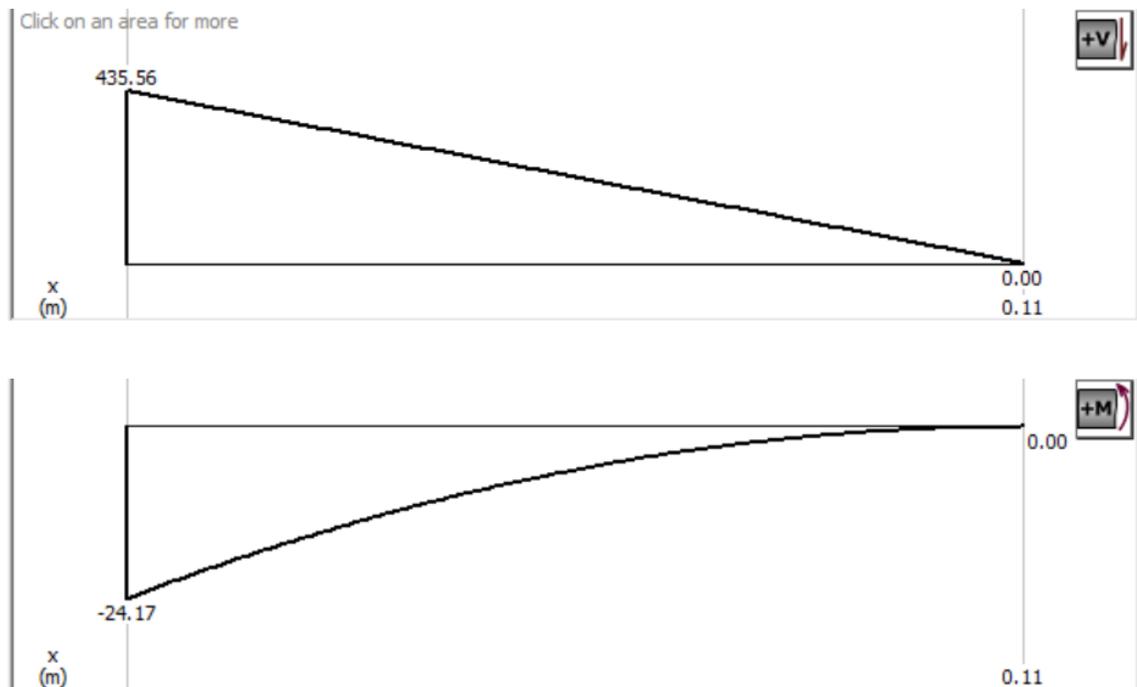


Figura 40. Diagrama de fuerza cortante y momento flector de eje desbobinador

Diseño estático

Para realizar el diseño por resistencia estática se considerará los siguientes parámetros, teniendo en cuenta que el eje está sometido solo a esfuerzos por flexión y que se debe seleccionar un acero que sea comercializable en el medio.

Material: Acero SAE 1020 CD $S_y = 390 \text{ MPa}$ Tomado de la tabla A-20

[Anexo 2]

Factor de seguridad: 1.5

Calculando el esfuerzo máximo por flexión

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (\text{Ec. 03})$$

En donde:

$M = \text{Momento máximo de flexión}$

$\sigma = \text{Esfuerzo máximo por flexión}$

$$\sigma = \frac{32(24.17 \text{ N.m})}{\pi d^3} = \frac{246.1935}{d^3}$$

Por análisis de cargas estáticas y factor de seguridad

$$\sigma = \frac{S_y}{n} \quad (\text{Ec. 04})$$

En donde:

$S_y = \text{Resistencia a la fluencia}$

$n = \text{Factor de seguridad}$

$$\frac{246.1935}{d^3} = \frac{390 \times 10^6}{1.5}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{1.5(246.1935)}{390 \times 10^6}}$$

$$d = 0.00981 \text{ m} = 9.82 \text{ mm} \cong 10 \text{ mm}$$

Diseño dinámico

Para realizar el diseño del eje por resistencia a fatiga se considerarán los siguientes parámetros:

Material: Acero SAE 1020 CD

Velocidad angular del eje: 230 rpm

Numero de ciclos: 331200

Factor de seguridad: 1.5

Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Resistencia a la tensión $S_{ut} = 470 \text{ MPa}$ para el acero SAE 1020 CD de la tabla A-20 [Anexo 2].

$$S'_e = 0.5 S_{ut} \quad (\text{Ec. 05})$$

$$S'_e = 0.5 (470) = 235 \text{ MPa}$$

Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina.

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_f S'_e \quad (\text{Ec. 06})$$

Los factores $K_a K_b K_c K_d K_e K_f = 0.3$ debido a que no se tienen las dimensiones del eje.

$$S_e = 0.3 (235 \text{ MPa}) = 70.5 \text{ MPa}$$

Resistencia a la fatiga

$$S_f = aN^b \quad (\text{Ec. 07})$$

$$a = \frac{(fS_{ut})^2}{S_e} \quad (\text{Ec. 08})$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{fS_{ut}}{S_e}\right) \quad (\text{Ec. 09})$$

El valor de $f = 0.9$ ya que $S_{ut} < 483 \text{ ksi}$

$$a = \frac{(0.9 * 470)^2}{70.5} = 2538$$

$$b = -\frac{1}{3} \log\left(\frac{0.9 * 470}{70.5}\right) = -0.2594$$

$$S_f = 2538 * 331200^{-0.2594} = 93.88 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a la fatiga se determina de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{S_f}{n} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$\frac{246.1935}{d^3} = \frac{93.88}{1.5}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{1.5 * 246.1935}{93.88 \times 10^6}} = 0.0157 \text{ m} = 15.7 \text{ mm} \cong 16 \text{ mm}$$

El diámetro del eje corresponde a un valor mínimo de 16 mm, sin embargo, por motivos de disponibilidad en el mercado, se trabajará con un eje de 22.2 mm

(7/8 pulg). Por lo que eje del sistema desbobinador queda dimensionado de la siguiente manera:

$$D_1 = D_3 = 22.2 \text{ mm} \quad D_2 = 23.2 \text{ mm}$$

$$L_1 = 110 \text{ mm} \quad L_2 = 24 \text{ mm} \quad L_3 = 50 \text{ mm}$$

El diámetro en la longitud 2 (L_2) varía 1 mm debido a que ese punto posee concentrador de esfuerzos debido al rodamiento.

2.2.1.1.2 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para el sistema desbobinador de la máquina etiquetadora se seleccionará un rodamiento para el eje con las dimensiones antes mencionadas, este rodamiento es de bola calculado de la siguiente manera:

Primeramente, se obtiene la carga equivalente para el rodamiento dado por la ecuación siguiente:

$$F_e = V F_R \tag{Ec. 11}$$

Donde:

F_e = Carga equivalente en el rodamiento

V = Factor de rotación

F_R = Fuerza radial resultante en el rodamiento

El factor de rotación se considerará como 1.0 por el hecho de que gira en la pista interna del rodamiento.

En este caso la fuerza equivalente es la misma que la radial y tiene un valor de $F_e = 435.56 \text{ N}$

Calculando la vida útil del rodamiento según el número de horas en funcionamiento:

$$L_d = L_{10} (n) * 60 \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

$L_d = \text{Vida util del sistema}$

$L_{10} = \text{Duración del rodamiento}$

$n = \text{rpm del sistema}$

La duración del rodamiento se obtiene a través de tablas [Anexo 3], para las condiciones requeridas tiene un valor de 25,000 h.

Para al eje de este sistema se tiene una velocidad tangencial de:

$$v = 16 \text{ m/min} = 0.26667 \text{ m/s}$$

Y un radio de 0.011 m

Con esto se procede a calcular la velocidad angular:

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

$\omega = \text{Velocidad angular}$

$r = \text{Duración del rodamiento}$

$n = \text{rpm del sistema}$

$$\omega = \frac{0.26667}{0.011} = 24.24 \text{ rad/s}$$

Que es igual a 231.47 rpm

$$L_d = (25,000 \text{ h})(231.47 \text{ rpm})(60) = 347.21 \times 10^6 \text{ h}$$

Luego de obtener la vida útil de diseño, se calcula la carga dinámica del rodamiento:

$$C = F_e \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{1/K} \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde K=3 ya que es un rodamiento de bola.

$$C = (435.56) \left(\frac{347.21 \times 10^6}{10^6} \right)^{1/3} = 3061.35 \text{ N} = 688.22 \text{ lb}$$

De tablas [Anexo 4], se obtiene el rodamiento en base a las dimensiones y a la carga dinámica, por lo que se selecciona el rodamiento 6205 con un diámetro interno de 25 mm y una carga dinámica de 2430 lb y un peso de 0.3 lb (0.063 kg), lo cual soporta la carga de nuestro eje desbobinador. Sin embargo, el diámetro de dicho rodamiento es mayor al diámetro del eje con el que se trabajará, por lo tanto, se optará por un rodamiento alternativo que cumpla con

los parámetros de diámetro y carga calculados, dicho rodamiento es un rodamiento rígido de bola RLS 7-2RS1, SKF, el cual soporta carga radial y axial.

Anexo [5]

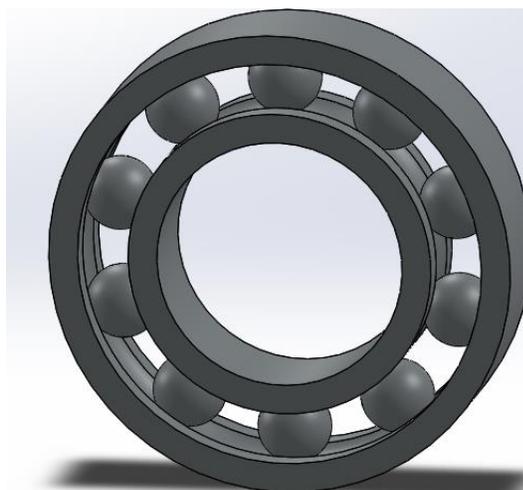


Figura 41. Rodamiento de bola del sistema desbobinador

Estos rodamientos estarán colocados sobre bridas [Figura 42] las cuales se anclarán a la placa base por medio de pernos hexagonales de 1/4 pulg x 2 pulg, inoxidable rosca ordinaria, ajustados por medio de arandelas plana y de presión de 1/4 pulg y tuercas hexagonales rosca ordinaria G5 1/4 pulg.

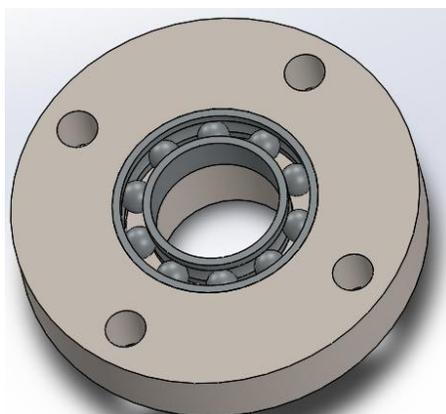


Figura 42. Brida inferior del sistema desbobinador

2.2.1.1.3 DIMENSIONAMIENTO DEL PLATO SOPORTE DE ETIQUETAS

El plato soporte de etiquetas tiene la forma de un disco con el diámetro interior de la dimensión del eje del sistema desbobinador y el diámetro exterior se dimensiona en base a medidas comerciales de los rollos de etiquetas.

Este plato de soporte de etiquetas [Figura 43] está hecho a base de nylon considerando que es un material que cumple con las propiedades físicas que se requieren para un desempeño eficiente del sistema.

Las dimensiones son las siguientes:

$$D_{int} = 22.2 \text{ mm} \quad D_{ext} = 300 \text{ mm} \quad \text{espesor} = 5 \text{ mm}$$

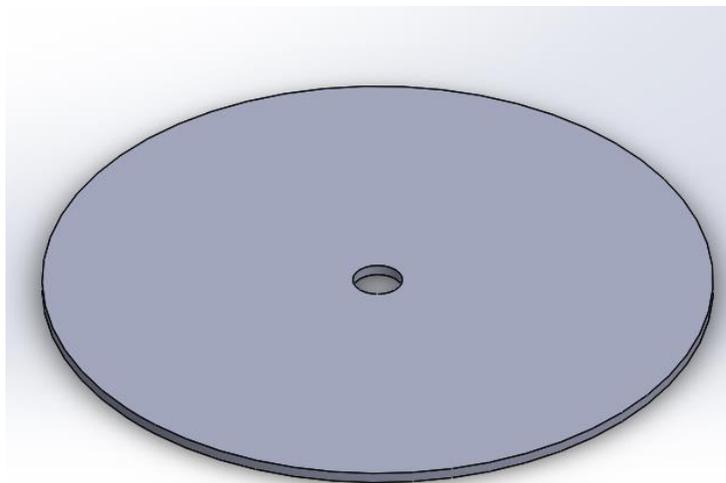


Figura 43. Plato soporte de etiquetas

Para otorgarle mayor estabilidad al plato soporte de etiquetas y evitar que este se flexione, se decantó por la utilización un plato de menor tamaño colocado en la parte inferior del plato principal.

Las dimensiones son las siguientes:

$$D_{int} = 22.2 \text{ mm} \quad D_{ext} = 135 \text{ mm} \quad \text{espesor} = 5 \text{ mm}$$

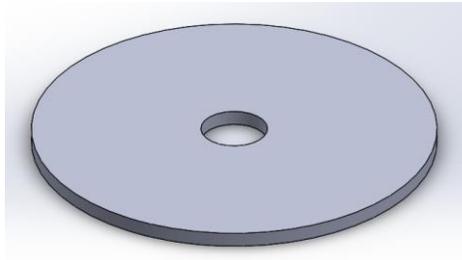


Figura 44. Plato soporte de apoyo

2.2.1.1.4 DIMENSIONAMIENTO DEL PORTA ETIQUETAS

El porta etiquetas [Figura 44] en el sistema desbobinador está dimensionado de tal manera que permita colocar el rollo de etiquetas sobre el diámetro exterior de este y no haga contacto directamente con el eje del sistema y que gire de acuerdo a la velocidad diseñada, dicho elemento tiene la forma de un cilindro hueco y está hecho a base de nylon.

El dimensionamiento de este elemento consta del diámetro interior, el diámetro exterior y la altura, este último parámetro debe ser considerado para el rollo de etiquetas que se desea colocar en el proceso.

A continuación, se detallan las dimensiones:

$$D_{int} = 22.2 \text{ mm} \quad D_{ext} = 76.20 \text{ mm} \quad altura = 50 \text{ mm}$$

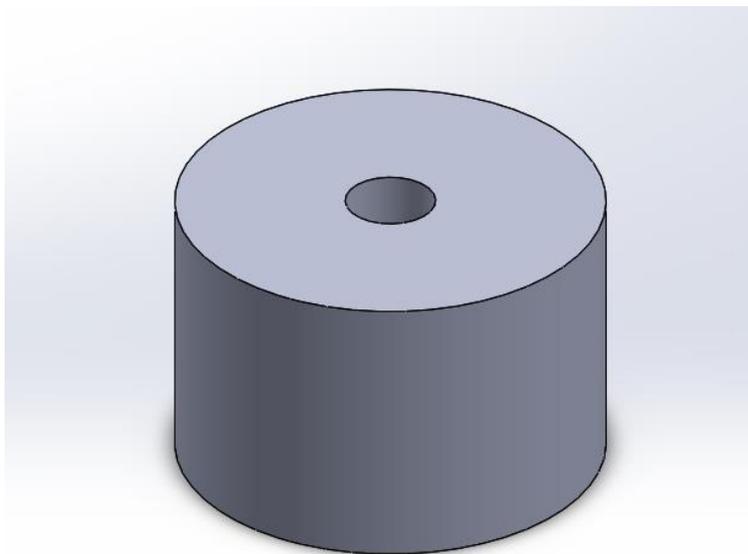


Figura 45. Porta etiquetas

2.2.1.1.5 DIMENSIONAMIENTO DEL ROLLO DE ETIQUETAS

Como se mencionó antes el rollo de etiquetas es variable en base al diseño de la etiqueta y al tamaño de la botella a etiquetar, por lo que se presenta un dimensionamiento comercial, esto para efectos de demostración de la máquina en totalidad y de su funcionamiento.

Las dimensiones presentadas están tomadas en base también al porta etiquetas mostrado anteriormente.

$$D_{int} = 76.20 \text{ mm} \quad D_{ext} = 260 \text{ mm} \quad altura = 50 \text{ mm}$$

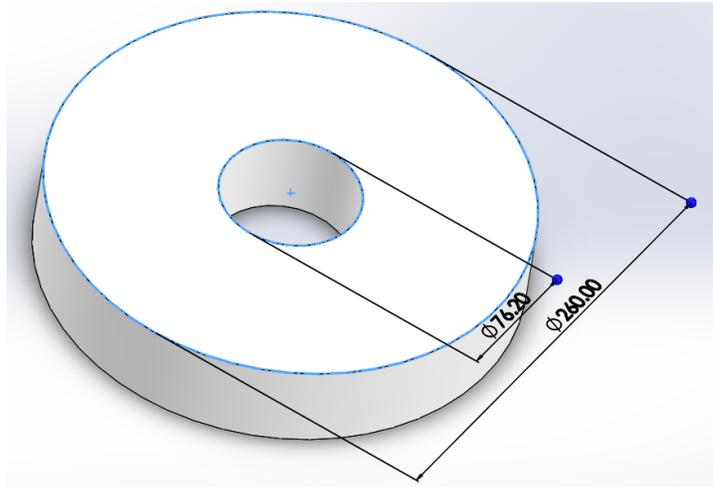


Figura 46. Rollo de etiquetas

2.2.1.1.6 DISEÑO DEL SISTEMA ELEVADOR

Este sistema cuenta con distintos elementos tales como el brazo halador de etiquetas, brazo soporte de etiquetas, tornillo elevador, etc. La principal función de este sistema es ubicar el rollo de etiquetas a una determinada altura acorde al modelo del envase a etiquetar.

Brazo halador de etiquetas

Este elemento se analizará como una viga en voladizo con una carga en el extremo debido al peso del rodillo como se muestra a continuación, en donde

el diámetro del rodillo es de 1 1/2 pulg, de esta manera se evitará que la etiqueta se desprenda:



Figura 47. Brazo halador de etiquetas

Para este elemento se utilizará acero ASTM A-36 de 19x3 (mm) con un valor de resistencia de $S_y = 248.04 \text{ MPa}$ [Anexo 6] que es comercializable.

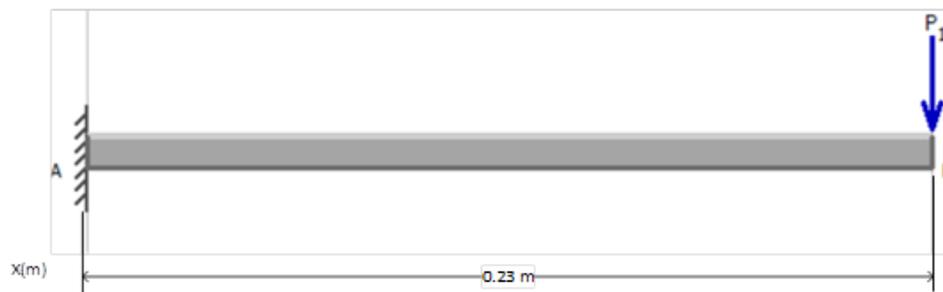


Figura 48. Análisis brazo halador

Se colocarán las reacciones en el empotramiento debido a la carga del peso del rodillo $P_1 = 0.967 \text{ N}$

Procediendo a realizar el cálculo de la reacción y el momento en A:

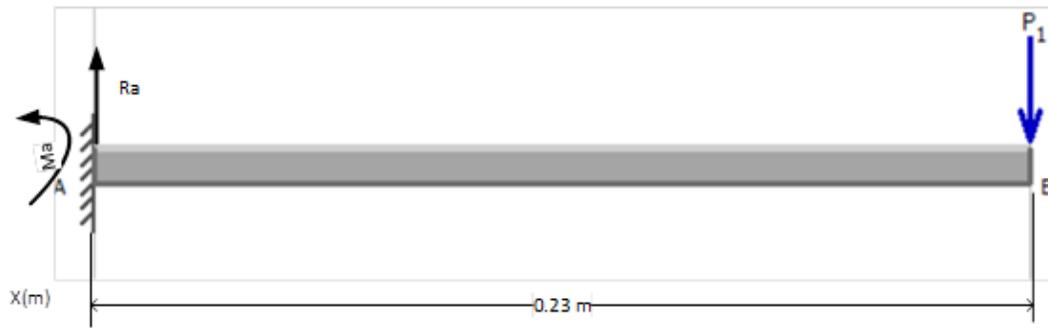


Figura 49. Reacciones en brazo halador

Haciendo uso de la Ecuación 02, se obtiene el cálculo de la reacción en A:

$$R_a = P_1 = 0.967 \text{ N}$$

Haciendo uso de la Ecuación 01, se obtiene el cálculo del momento en A:

$$M_A = 0.2224 \text{ Nm}$$

Ahora se procederá a realizar el diagrama de fuerza cortante y momento flector utilizando el software MDSolids 4.0.

El cual brinda el valor máximo de momento flector y el punto en donde está ubicado, así como el valor de la fuerza cortante.

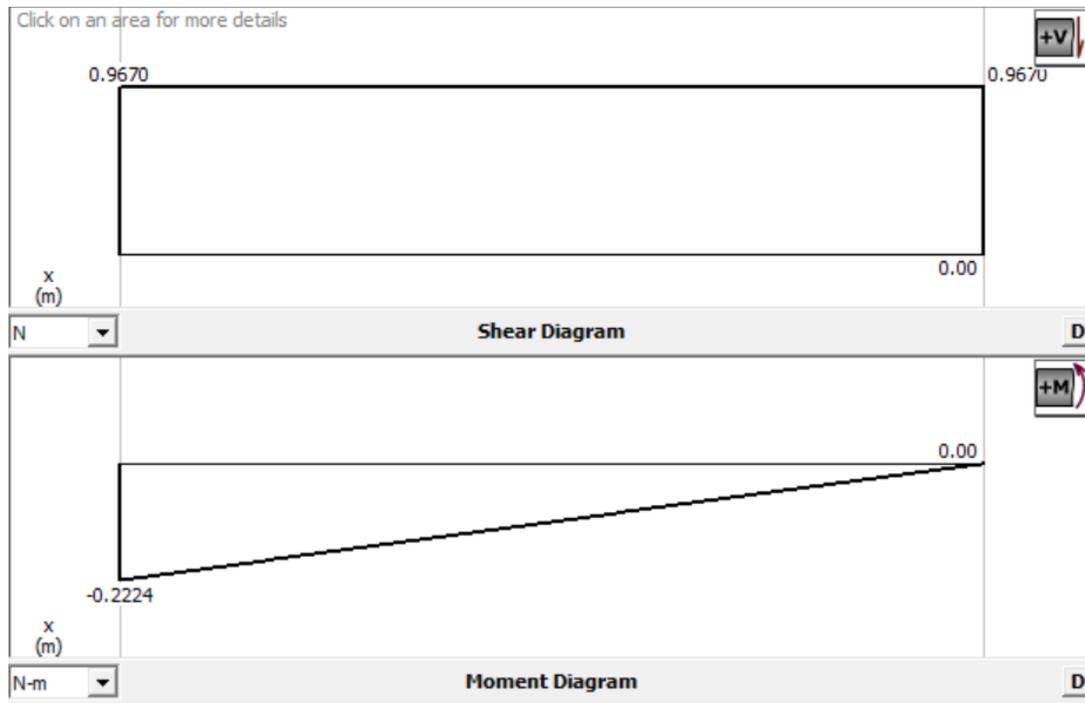


Figura 50. Diagramas de fuerza cortante y momento flector del brazo halador

Por lo cual se tiene un valor de momento flector máximo de:

$$M_{max} = 0.2224 \text{ Nm}$$

Con este valor de momento flector máximo, se calcula el esfuerzo normal con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{M}{s} \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde:

M = Momento flecto máximo

s = Modulo de sección

El módulo de sección se calcula de la siguiente manera:

$$s = \frac{b h^2}{6} \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde:

$b =$ base del brazo halador

$h =$ altura del brazo halador

Sustituyendo se tiene:

$$s = \frac{(0.019 \text{ m})(0.003 \text{ m})^2}{6} = 2.85 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

$$\sigma = \frac{0.2224 \text{ N m}}{2.85 \times 10^{-8} \text{ m}^3} = 7.8035 \text{ MPa}$$

Utilizando la ecuación 04, se determina el factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{248.04 \text{ Mpa}}{7.8035 \text{ Mpa}} = 31.78$$

Por lo cual se concluye que el material escogido y las dimensiones son correctas para las condiciones requeridas.

El brazo halador está sujeto por medio de un perno hexagonal de 1/4 pulg x 1 1/2 pulg inoxidable rosca ordinaria.

Brazo soporte de etiquetas

Es el encargado de soportar el sistema desbobinador de etiquetas y la caja de rodamientos. Por lo que, para realizar el diseño de este brazo se debe considerar el peso de cada uno de estos elementos que se encuentran acoplados en un extremo del brazo.

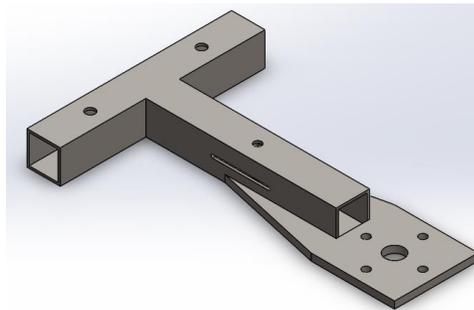


Figura 51. Brazo soporte de etiquetas

Para este elemento se utilizará tubo cuadrado estructural de acero ASTM A-36 de 30x30x2 (mm) con un valor de resistencia de $S_y = 248.04 \text{ MPa}$ que es comercializable.

Para determinar la carga que soportar el brazo se sumaran todos los elementos que se encuentran acoplados:

Tabla 6. Cargas en el brazo soporte

ELEMENTO	MASA (kg)
Eje desbobinador	1.21
Plato soporte de etiquetas	1.6169
Plato de apoyo	0.3203
Porta etiquetas	0.2506
Rollo de etiquetas	2.3052
Rodamientos	0.063
Total	5.766

Considerando todos los elementos mencionados en la Tabla 6, se tiene una fuerza puntual de 29.14 N con la que se analizará el brazo soporte como viga en voladizo con una carga puntual en un extremo.

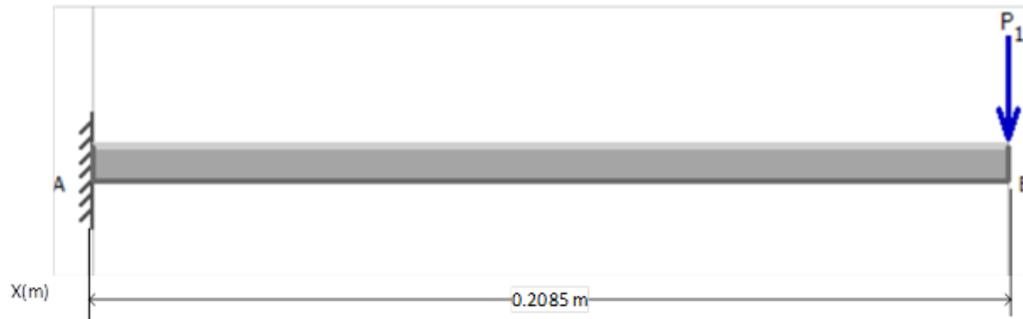


Figura 52. Análisis de brazo soporte de etiquetas

Colocando las reacciones en el empotramiento debido a la carga del peso de todos los elementos que realizan la carga $P_1 = 29.14 \text{ N}$

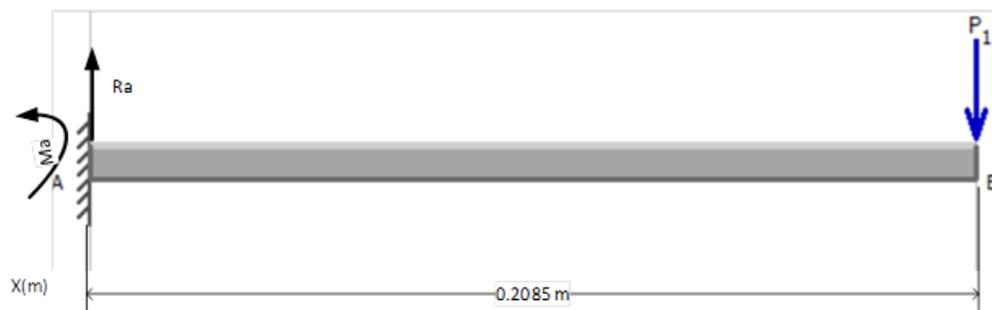


Figura 53. Reacciones en el brazo soporte de etiquetas

Se procede a hacer el cálculo de la reacción y el momento en A:

Haciendo uso de la ecuación 02, se obtiene el valor de la reacción en A:

$$R_a = P_1 = 29.14 \text{ N}$$

Haciendo uso de la ecuación 01, se obtiene el valor del momento en A:

$$M_A = 6.0757 \text{ N m}$$

Ahora se procede a realizar el diagrama de fuerza cortante y momento flector utilizando el software MDSolids 4.0.

El cual brinda da el valor máximo de momento flector y el punto en donde está ubicado, así como el valor de la fuerza cortante.

Por lo cual se obtiene un valor de momento flector máximo de:

$$M_{max} = 6.0757 \text{ Nm}$$

Con este valor de momento flector máximo se calculará el esfuerzo normal con la ecuación 15, donde “s” es el módulo de sección calculado en base a la figura 53 de la siguiente manera:

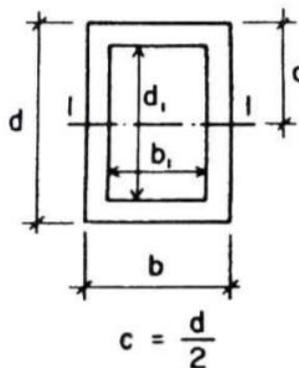


Figura 54. Sección de tubo cuadrado

$$s = \frac{bd^3 - b_1d_1^3}{6d} \quad (\text{Ec. 17})$$

$$s = \frac{(0.03 \text{ m})(0.03 \text{ m})^3 - (0.026 \text{ m})(0.026 \text{ m})^3}{6(0.03 \text{ m})} = 1.9612 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Haciendo uso de la ecuación 15, se obtiene el valor del esfuerzo normal:

$$\sigma = 3.097 \text{ MPa}$$

Utilizando la ecuación 04, se determinará el factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{248.04 \text{ MPa}}{3.097 \text{ MPa}} = 80.09$$

Por lo cual se concluye que el material escogido y las dimensiones son correctas para las condiciones requeridas.

De esta manera se obtiene el sistema elevador completo con los elementos que lo componen:

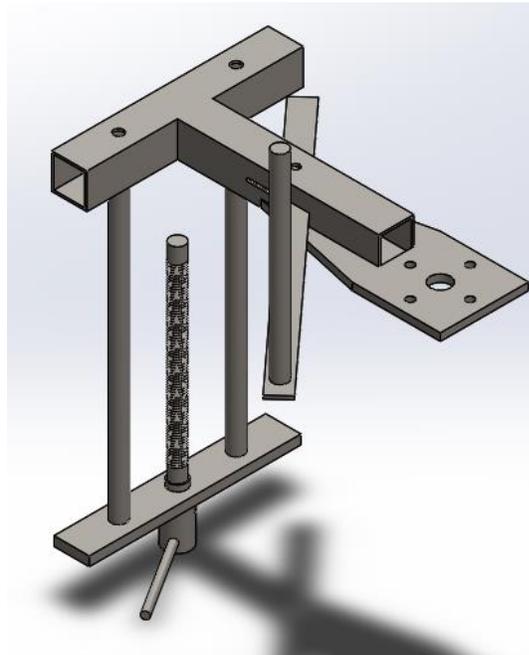


Figura 55. Sistema elevador

2.2.1.1.7 CÁLCULO DE INERCIA DEL SISTEMA

Eje del sistema desbobinador

Se divide en tres secciones y está compuesto de acero SAE 1020 laminado en frío de densidad $\rho = 7870 \text{ kg/m}^3$

Sección 1

Datos:

$$L_1 = 0.11 \text{ m} \quad D_1 = 0.0222 \text{ m}$$

Encontrando el volumen de la sección 1:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 L \quad (\text{Ec. 18})$$

$$V = \frac{\pi}{4} (0.0222 \text{ m})^2 (0.11 \text{ m})$$

$$V_1 = 4.26 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Se procede a calcular la masa de la sección 1 con la densidad del material a utilizar:

$$m = \rho V \quad (\text{Ec. 19})$$

$$\left(7870 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (4.26 \times 10^{-5} \text{ m}^3)$$

$$m_1 = 0.3353 \text{ kg}$$

Conociendo la masa y las dimensiones de la sección 1 se puede calcular la inercia de esta:

$$I = m \left(\frac{D^2}{8} \right) \quad (\text{Ec. 20})$$

$$I = (0.3353 \text{ kg}) \left[\frac{(0.0222 \text{ m})^2}{8} \right]$$

$$I_1 = 2.065 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2$$

Sección 2

Datos:

$$L_2 = 0.024 \text{ m} \quad D_2 = 0.0222 \text{ m}$$

Encontrando el volumen de la sección 2, por medio de la ecuación 18:

$$V_2 = 9.28 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Se procede a calcular la masa de la sección 2 con la densidad del material a utilizar, por medio de la ecuación 19:

$$m_2 = 0.0731 \text{ kg}$$

Conociendo la masa y las dimensiones de la sección 2 se puede calcular la inercia de esta, por medio de la ecuación 20:

$$I_2 = 4.5 \times 10^{-6} \text{ kg m}^2$$

Sección 3

Datos:

$$L_3 = 0.05 \text{ m} \quad D_2 = 0.0222 \text{ m}$$

Encontrando el volumen de la sección 3, por medio de la ecuación 18:

$$V_3 = 1.93 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Se procede a calcular la masa de la sección 3 con la densidad del material a utilizar, por medio de la ecuación 19:

$$m_3 = 0.1523 \text{ kg}$$

Conociendo la masa y las dimensiones de la sección 3 se puede calcular la inercia de la misma, por medio de la ecuación 20:

$$I_3 = 9.38 \times 10^{-6} \text{ kg m}^2$$

$$I_{EJE \text{ DESBOBINADOR}} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_{EJE \text{ DESBOBINADOR}} = 2.065 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2 + 4.5 \times 10^{-6} \text{ kg m}^2 + 9.38 \times 10^{-6} \text{ kg m}^2$$

$$I_{EJE \text{ DESBOBINADOR}} = 3.45 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2$$

Plato soporte de etiquetas

Está compuesto de nylon 101 de una densidad de $\rho = 1150 \text{ kg/m}^3$

Este elemento tiene forma de disco hueco con las siguientes dimensiones:

$$D_{int} = 0.0222 \text{ m} \quad D_{ext} = 0.3 \text{ m} \quad \text{espesor} = 0.005 \text{ m}$$

Primero se necesita encontrar el volumen del sólido de la siguiente manera:

$$V = \frac{\pi}{4} (D_{ext}^2 - D_{int}^2) * \text{espesor} \quad (\text{Ec. 21})$$

$$V = \frac{\pi}{4} [(0.3 \text{ m})^2 - (0.0222 \text{ m})^2] * 0.005 \text{ m}$$

$$V = 3.514 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Se procede a calcular la masa del elemento, con la densidad del material a utilizar, por medio de la ecuación 19:

$$m = 0.404 \text{ kg}$$

Ahora conociendo las dimensiones y la masa se puede calcular la inercia del plato soporte de etiquetas:

$$I = \frac{m (D_{ext}^2 + D_{int}^2)}{8} \quad (\text{Ec. 22})$$

$$I = \frac{(0.404 \text{ Kg}) [(0.3 \text{ m})^2 + (0.0222 \text{ m})^2]}{8}$$

$$I_{PLATOSOPORTE} = 4.57 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

Plato soporte de apoyo

Está compuesto de nylon 101 de una densidad de $\rho = 1150 \text{ kg/m}^3$

Este elemento tiene forma de disco hueco con las siguientes dimensiones:

$$D_{int} = 0.0222 \text{ m} \quad D_{ext} = 0.135 \text{ m} \quad \text{espesor} = 0.005 \text{ m}$$

Encontrando el volumen del sólido a través de la ecuación 21:

$$V = 6.96 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Se procede a calcular la masa del elemento, con la densidad del material a utilizar, por medio de la ecuación 19:

$$m = 0.08 \text{ kg}$$

Ahora conociendo las dimensiones y la masa se puede calcular la inercia del plato soporte de etiquetas a través de la ecuación 22:

$$I_{PLATOAPOYO} = 9.058 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

Porta etiquetas

Este elemento tiene la forma de un cilindro hueco y está hecho de Nylon con una densidad de $\rho = 1150 \text{ kg/m}^3$

Tiene las siguientes dimensiones:

$$D_{int} = 0.0222 \text{ m} \quad D_{ext} = 0.0762 \text{ m} \quad \text{altura} = 0.05 \text{ m}$$

Primeramente, se necesita encontrar el volumen del sólido a través de la ecuación 21:

$$V = 2.086 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Se procede a calcular la masa del elemento a través de la ecuación 19:

$$m = 0.24 \text{ Kg}$$

Conociendo las dimensiones y la masa se puede calcular la inercia del porta etiquetas, por medio de la ecuación 22:

$$I_{\text{PORTAETIQUETAS}} = 1.8897 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

Rollo de etiquetas

De igual manera este elemento tiene forma de cilindro hueco, cabe recalcar que este rollo es tomado para un tipo de botellas y puede variar según los requerimientos.

El material normalmente de las etiquetas es polietileno con una densidad de $\rho = 950 \text{ kg/m}^3$.

Tiene las siguientes dimensiones:

$$D_{int} = 0.0762 \text{ m} \quad D_{ext} = 0.26 \text{ m} \quad altura = 0.05 \text{ m}$$

Primero se calcula el volumen del sólido a través de la ecuación 21:

$$V = 2.4266 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Seguido se procede a calcular la masa del elemento, a través de la ecuación 19:

$$m = 2.3052 \text{ kg}$$

Conociendo las dimensiones y la masa se puede calcular la inercia del rollo de etiquetas, por medio de la ecuación 22:

$$I_{\text{ROLLOETIQUETA}} = 0.0211 \text{ kg m}^2$$

Inercia del sistema desbobinador

$$I_{\text{SISTEMADESBOBINADOR}}$$

$$= I_{\text{EJE DESBOBINADOR}} + I_{\text{PLATOSOPORTE}} + I_{\text{PLATOAPOYO}} + I_{\text{PORTAETIQUETAS}} \\ + I_{\text{ROLLOETIQUETA}}$$

$$I_{\text{SISTEMADESBOBINADOR}}$$

$$= 3.45 \times 10^{-5} + 4.57 \times 10^{-3} + 9.06 \times 10^{-4} + 1.8897 \times 10^{-4} + 0.0211$$

$$I_{\text{SISTEMADESBOBINADOR}} = 0.0268 \text{ kg m}^2$$

Para poder acoplar este sistema a la estructura principal de la máquina etiquetadora se debe realizar una pieza la cual irá soldada y está elaborada a partir de ángulo de hierro de 1 1/4 pulg x 1/4 pulg, con tubo redondo de diámetro interior de 1/2 pulg y uno con rosca como se muestra en la figura 56 y 57:

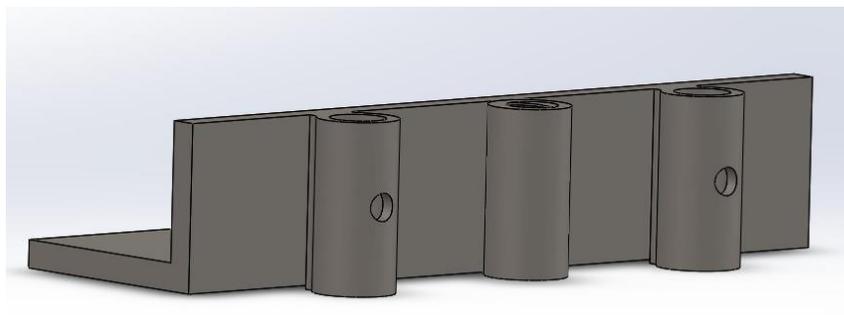


Figura 56. Base de anclaje a la estructura (1)

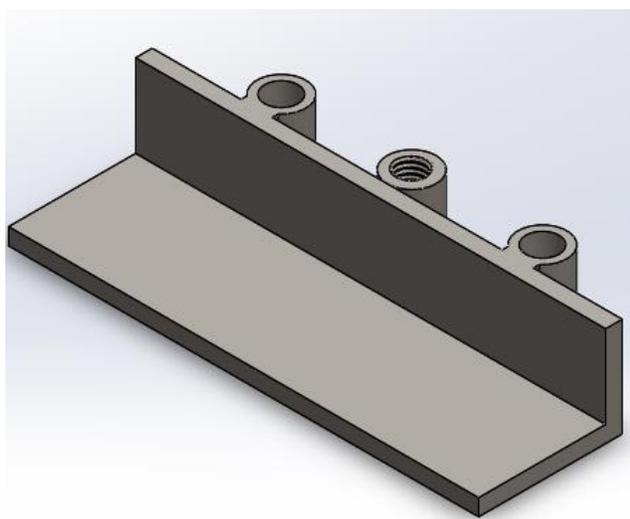


Figura 57. Base de anclaje a la estructura (2)

2.2.1.2 SISTEMA REBOBINADOR

El sistema rebobinador es el encargado de recolectar los desperdicios de la etiqueta en un porta desperdicio, dicho sistema se encuentra conectado con el sistema desbobinador, transmitiéndole potencia de giro a dicho sistema.

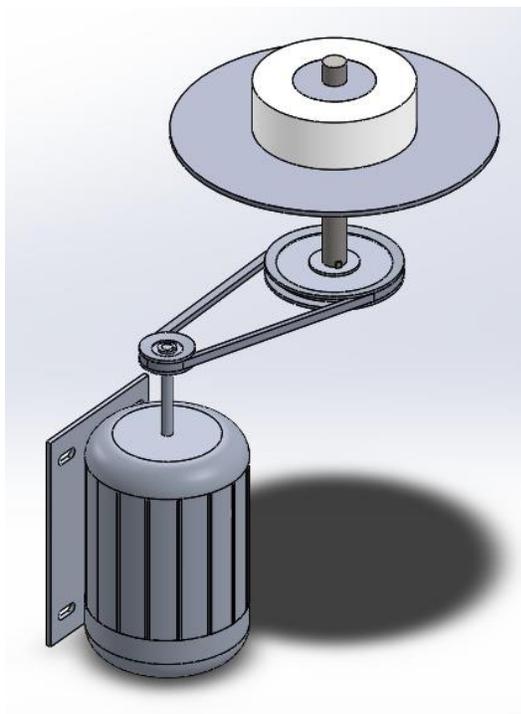


Figura 58. Sistema rebobinador

A continuación, se detalla el diseño y dimensionamiento de cada elemento que contiene el sistema rebobinador, se divide en las siguientes partes:

- Diseño del eje del sistema rebobinador
- Diseño de rodamientos
- Dimensionamiento del plato soporte
- Dimensionamiento del porta desperdicio
- Dimensionamiento del rollo de desperdicio
- Cálculo de inercias del sistema
- Selección de motor

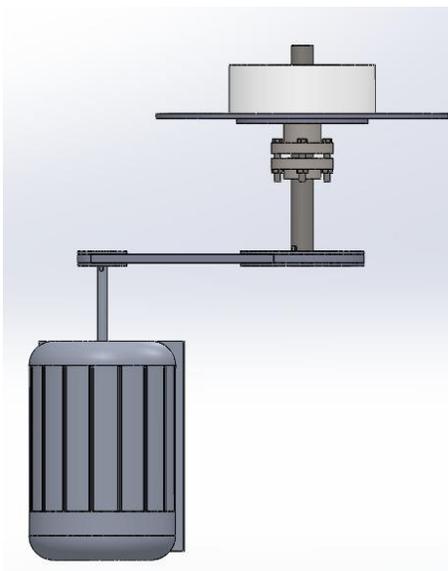


Figura 59. Vista frontal del sistema rebobinador

2.2.1.2.1 DISEÑO DE EJE DEL SISTEMA REBOBINADOR

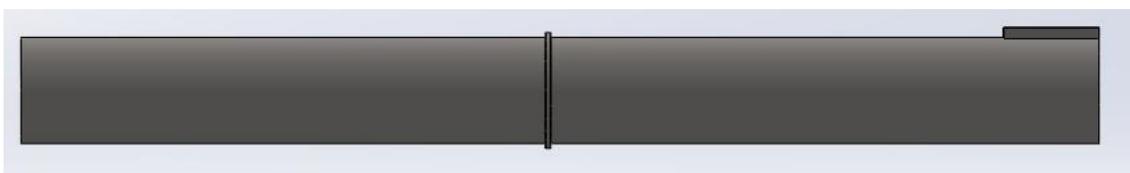


Figura 60. Eje del sistema rebobinador

El eje se encarga de transmitir la potencia al sistema rebobinador a través de la tensión producida por la tira de etiquetas, de igual manera, se encarga de recolectar los desperdicios durante el proceso de etiquetado de botellas.

El eje rebobinador se analizará en dos secciones, en donde la primera se encuentra bajo una carga distribuida generada por el desperdicio de las

etiquetas, mientras que la segunda sección se encuentra bajo la acción de fuerzas generadas debido a la polea transmisora de potencia. Ambas secciones se considerarán que están en voladizo debido a que uno de sus extremos se encuentra apoyado en una caja de rodamientos.

El sistema contiene un juego de poleas, en donde un extremo del eje está conectado a la polea conductora, la cual genera un torque en el sistema. El torque generado debe tener un valor mínimo, para así hacer girar al sistema el cual está conectado al sistema desbobinador por medio del desperdicio de la etiqueta.

La banda de las poleas genera una fuerza tangencial a la polea conducida a través del lado tenso, mientras que los desperdicios generan una fuerza tangencial al porta desperdicios, produciendo un torque en el sistema.

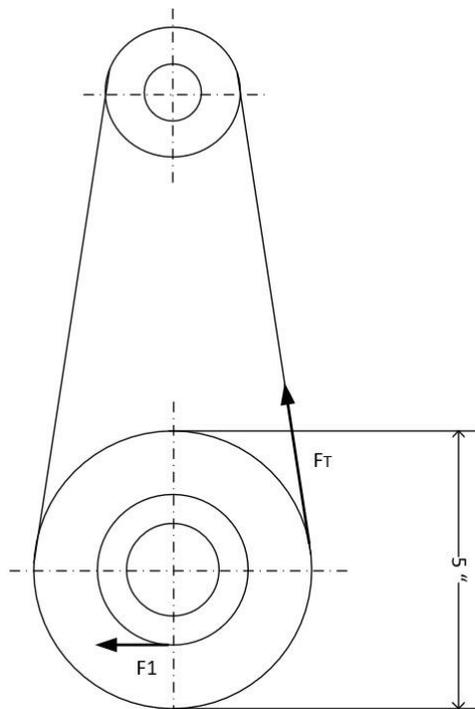


Figura 61. Diagrama de fuerzas del sistema rebobinador

El diámetro de la polea conducida y la porta desperdicio son de 5 pulgadas y 0.075 m respectivamente, por lo que el torque producido en el sistema se encuentra de la siguiente manera:

$$\sum M = 0$$

$$T - \left(\frac{d}{2}\right) F_1$$

$$T - \left(\frac{0.075}{2}\right) (378.95) = 0$$

$$T = 14.2 \text{ Nm}$$

Primera sección

Para la carga distribuida se tomará un valor promedio del rango de rotura para el desperdicio de la etiqueta, dicho valor corresponde a $w_1 = 3445.04 \text{ N/m}$. De igual manera se considerará la longitud del eje en voladizo en base a la altura del porta etiquetas y el rollo de etiquetas $L = 0.11 \text{ m}$.

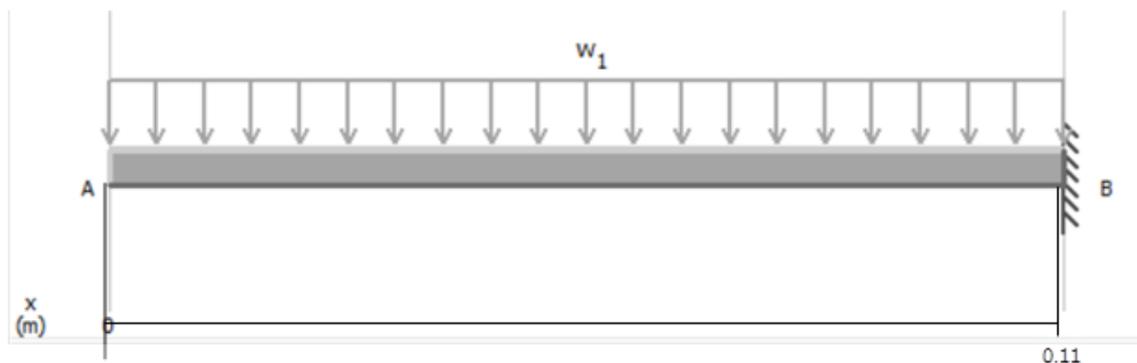


Figura 62. Eje en voladizo de la primera sección del sistema rebobinador

Realizando el cálculo de la reacción en B y del momento en B.

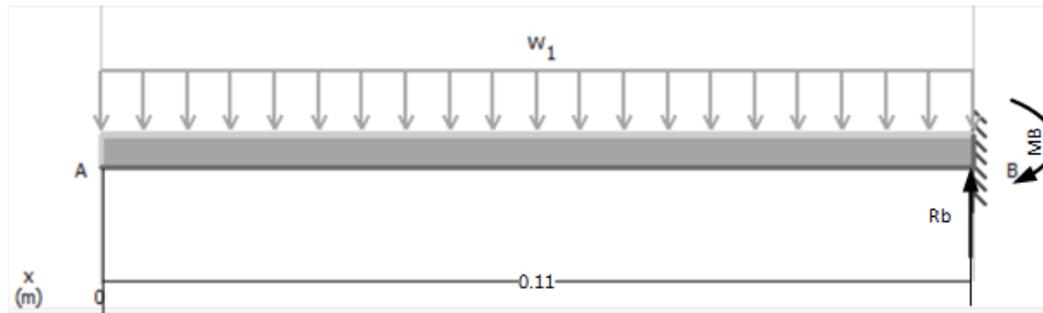


Figura 63. Fuerzas y momentos que actúan en la primera sección del sistema rebobinador

Cálculo de reacciones y diagramas de fuerza cortante y momento flector

Haciendo uso de la Ecuación 02, se obtiene el cálculo de la reacción en B:

$$R_B = 378.95 \text{ N}$$

Haciendo uso de la Ecuación 01, se obtiene el cálculo del momento en B:

$$M_B = 20.84 \text{ N m}$$

Mediante la utilización de MDSolids4.0 se grafica el diagrama de fuerza cortante y momento flector:

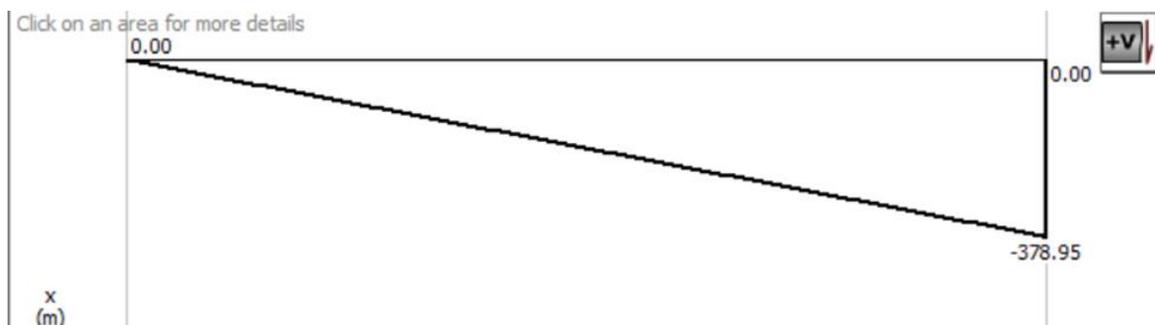


Figura 64. Diagrama de fuerza cortante del eje rebobinador

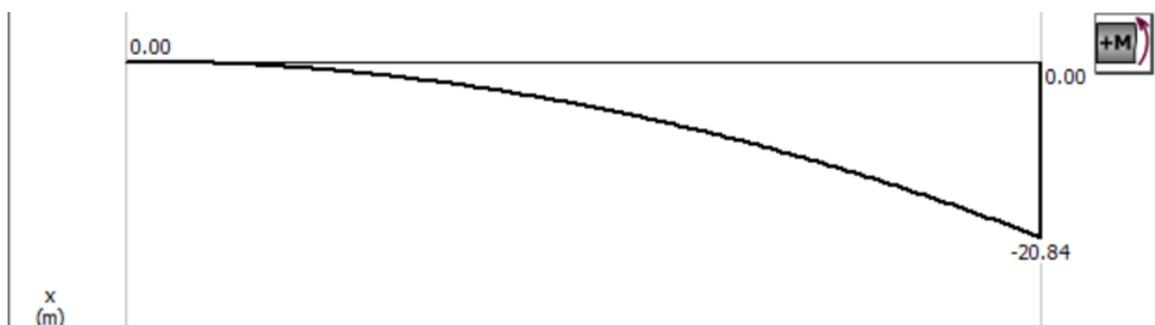


Figura 65. Diagrama de momento flector del eje rebobinador

Diseño estático

Para realizar el diseño por resistencia estática se considerarán los siguientes parámetros, teniendo en cuenta que el eje está sometido solo a esfuerzos por flexión y que se debe seleccionar un acero que sea comercializable en nuestro medio.

Material: Acero SAE 1020 CD $S_y = 390 \text{ MPa}$ [Anexo 2]

Factor de seguridad: 1.5

Calculando el esfuerzo máximo por flexión, por medio de la ecuación 03:

$$\sigma = \frac{212.27}{d^3}$$

Calculando el esfuerzo máximo por torsión

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (\text{Ec. 23})$$

$$\tau = \frac{16(14.21 \text{ Nm})}{\pi d^3} = \frac{72.37}{d^3}$$

Aplicando la teoría de Von Mises

$$\sigma' = [\sigma^2 + 3\tau^2]^{1/2} \quad (\text{Ec. 24})$$

$$\sigma' = \left[\left(\frac{212.27}{d^3} \right)^2 + 3 \left(\frac{72.37}{d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = \frac{246.52}{d^3}$$

Por análisis de cargas estáticas y factor de seguridad

$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad (\text{Ec. 25})$$

$$\frac{246.52}{d^3} = \frac{390 \times 10^6}{1.5}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{1.5(246.52)}{390 \times 10^6}}$$

$$d = 0.0098 \text{ m} = 9.8 \text{ mm} \cong 10 \text{ mm}$$

Diseño dinámico

Para realizar el diseño del eje por resistencia a fatiga se considerarán los siguientes parámetros:

Material: Acero 1020 SAE CD [Anexo 2]

Numero de ciclos: 331200

Factor de seguridad: 1.5

Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Resistencia a la tensión $S_{ut} = 470 \text{ MPa}$ para el acero SAE 1020 CD

Haciendo uso de la ecuación 05, se obtiene el límite de resistencia a la fatiga:

$$S'_e = 235 \text{ MPa}$$

Utilizando la ecuación 06, se calcula el límite de resistencia:

$$S_e = 0.3 (235 \text{ MPa}) = 70.5 \text{ MPa}$$

La resistencia a la fatiga se obtuvo a través de la ecuación 07, y utilizando las ecuaciones 08 y 09 se obtienen los valores de "a" y "b":

$$a = 2538$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 93.88 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a la fatiga se determina a través de la ecuación 10:

$$d = 15.8 \text{ mm} \cong 16 \text{ mm}$$

Segunda sección

El diseño del eje rebobinador se realizará considerando que está en voladizo debido a que uno de sus extremos se encuentra apoyado en una caja de rodamientos. La longitud del eje en voladizo se considerará de $L=0.120 \text{ m}$, en donde en el extremo inferior se encontrará acoplado a una polea.



Figura 66. Eje en voladizo de la segunda sección del sistema rebobinador

Realizando el cálculo de la reacción en A y del momento en A.

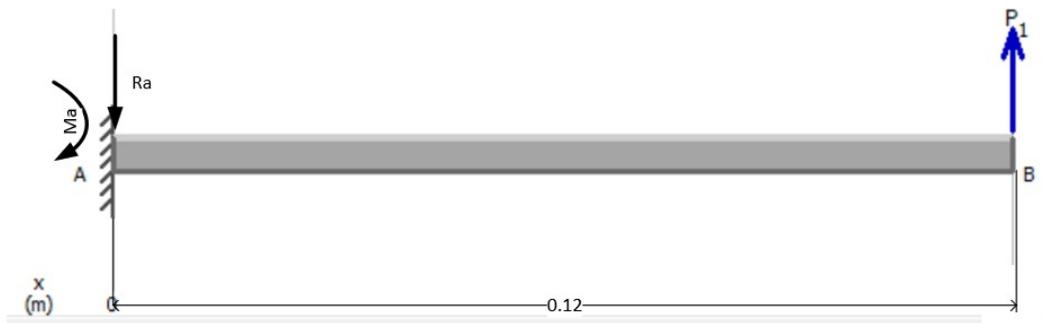


Figura 67. Fuerzas y momentos que actúan en la segunda sección del sistema rebobinador

La fuerza generada por la polea se aplica de forma diagonal al eje, por lo que, para calcular dicha fuerza, se analizara cada una de sus componentes en sus planos respectivos.

Plano x-y

Haciendo uso de la Ecuación 02, se obtiene el cálculo de la reacción en

A_y :

$$R_{Ay} = \mathbf{91.93\ N}$$

Haciendo uso de la Ecuación 01, se obtiene el cálculo del momento en A:

$$M_A = \mathbf{11.19\ Nm}$$

Mediante la utilización de MDSolids4.0 se graficará el diagrama de fuerza cortante y momento flector:

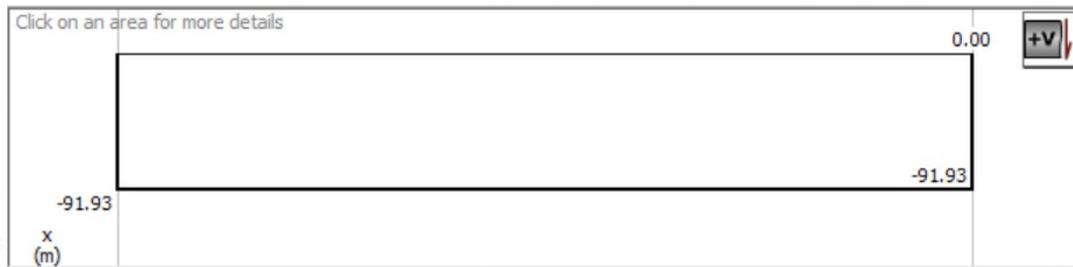


Figura 68. Diagrama fuerza cortante del plano x-y

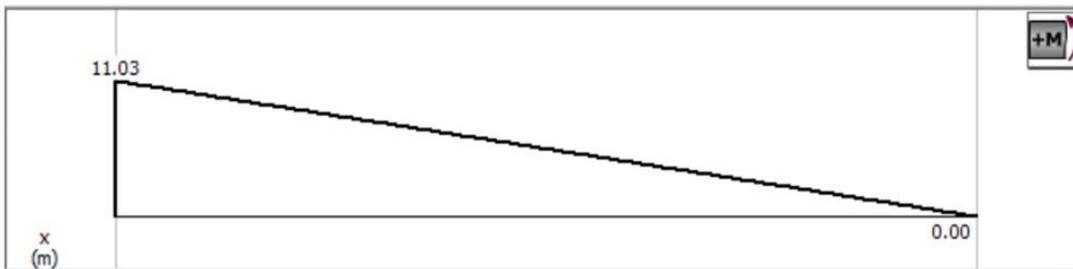


Figura 69. Diagrama de momento flector del plano x-y

Plano x-z

Haciendo uso de la Ecuación 02, se obtiene el cálculo de la reacción en

A_z :

$$R_{Az} = 367.29 \text{ N}$$

Haciendo uso de la Ecuación 01, se obtiene el cálculo del momento en A:

$$M_A = 44.07 \text{ N.m}$$

Mediante la utilización de MDSolids4.0 se graficará el diagrama de fuerza cortante y momento flector:



Figura 70. Diagrama de fuerza cortante del plano x-z

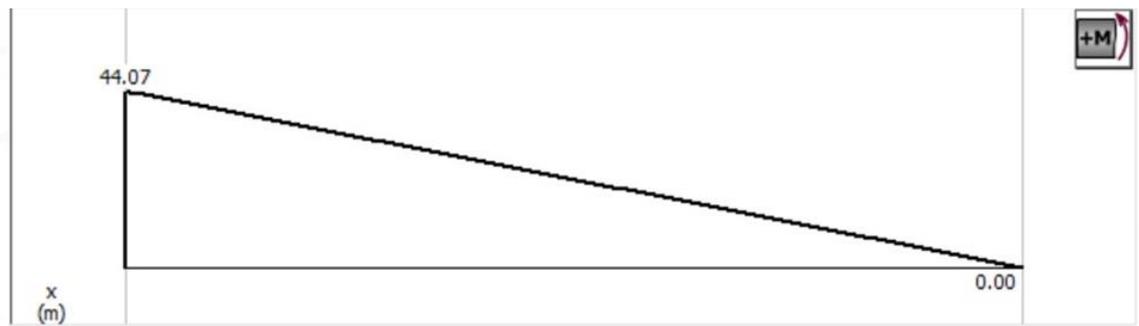


Figura 71. Diagrama de momento flector del plano x-z

Al obtener las componentes de momento flector de cada uno de los planos, se obtiene el momento flector resultante de estos mismos:

$$\vec{M}_{max} = \vec{M}_{Ax} + \vec{M}_{Ay} + \vec{M}_{Az} \quad (Ec. 26)$$

$$\vec{M}_{max} = 0\vec{i} + 10.82\vec{j} + 42.61\vec{k}$$

$$M_{max} = \sqrt{(11.19)^2 + (44.07)^2} = 45.47 \text{ Nm}$$

Diseño estático

Para realizar el diseño por resistencia estática se considerarán los siguientes parámetros, teniendo en cuenta que el eje está sometido solo a esfuerzos por flexión y que se debe seleccionar un acero que sea comercializable en nuestro medio.

Material: Acero SAE 1020 CD $S_y = 390 \text{ MPa}$ [Anexo 2]

Factor de seguridad: 1.5

Calculando el esfuerzo máximo por flexión, por medio de la ecuación 03:

$$\sigma = \frac{463.15}{d^3}$$

Calculando el esfuerzo máximo por torsión, por medio de la ecuación 23

$$\tau = \frac{72.37}{d^3}$$

Aplicando la teoría de Von Mises, a través de la ecuación 24:

$$\sigma' = \frac{479.81}{d^3}$$

Por análisis de cargas estáticas y factor de seguridad, se obtiene por medio de la ecuación 25 el diámetro de la segunda sección:

$$d = 0.0123 \text{ m} = 12.3 \text{ mm} \cong 13 \text{ mm}$$

Diseño dinámico

Para realizar el diseño del eje por resistencia a fatiga se considerarán los siguientes parámetros:

Material: Acero SAE 1020 CD [Anexo 2]

Numero de ciclos: 331200

Factor de seguridad: 1.5

Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Resistencia a la tensión $S_{ut} = 470 \text{ MPa}$ para el acero SAE 1020 CD

Haciendo uso de la ecuación 05, se obtiene el límite de resistencia a la fatiga:

$$S'_e = 235 \text{ MPa}$$

Utilizando la ecuación 06, se calcula el límite de resistencia crítico:

$$S_e = 70.5 \text{ MPa}$$

La resistencia a la fatiga se obtuvo a través de la ecuación 07, y utilizando las ecuaciones 08 y 09 se obtienen los valores de "a" y "b":

$$a = 2538$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 93.88 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a la fatiga se determina a través de la ecuación 10:

$$d = 0.0197 \text{ m} = 19.7 \text{ mm} \cong 20 \text{ mm}$$

El diámetro del eje corresponde a un valor mínimo de 20 mm, sin embargo, por motivos de disponibilidad en el mercado, se trabajará con un eje de 22.2 mm. Por lo que el eje del sistema rebobinador queda dimensionado de la siguiente manera:

$$D_1 = D_3 = 22.2 \text{ mm} \quad D_2 = 23.2 \text{ mm}$$

$$L_1 = 110 \text{ mm} \quad L_2 = 120 \text{ mm}$$

El diámetro en la longitud 2 varía 1 mm debido a que ese punto posee concentrador de esfuerzos debido al rodamiento.

2.2.1.2.2 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para el sistema rebobinador se seleccionará un rodamiento para el eje con las dimensiones antes especificadas, el rodamiento es una caja de bola.

Para el inicio de este análisis es necesario conocer una fuerza ejercida sobre el rodamiento que se calcula a través de la ecuación 11.

El valor de V es igual a 1 debido a que se escogió un rodamiento de pista interna rotatoria, por lo que: $F_e = F_R$

Para el cálculo de esta fuerza axial es necesario analizar el eje motriz del sistema rebobinador en cada uno de los planos en los que se encuentra distribuida dicha fuerza, dicho análisis se realizará con todas las cargas ejercidas al mismo tiempo. Recordando que la fuerza ejercida en un extremo del eje es generada debido a la banda en V conectada al motor y que la carga distribuida es debido a la tensión generada por el desperdicio de la etiqueta.

Plano x-y

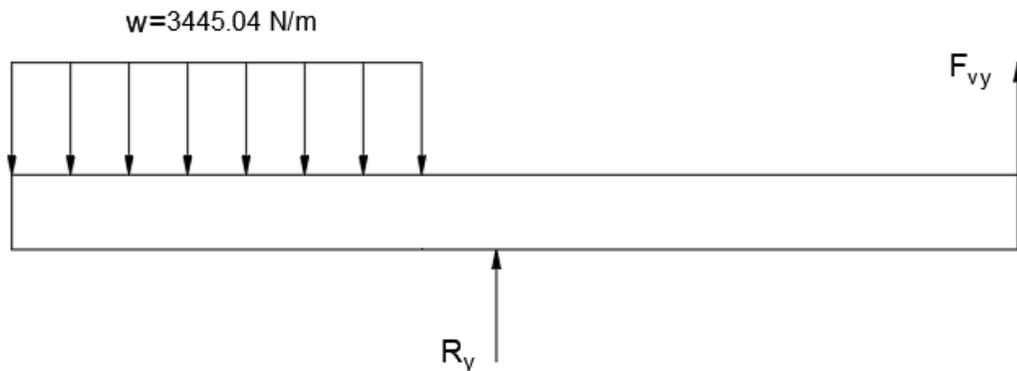


Figura 72. Fuerzas en plano x-y del eje rebobinador

Haciendo uso de la Ecuación 02, se obtiene el cálculo de la reacción R_y :

$$R_y = 287.02 \text{ N}$$

Plano x-z

En este plano cambia la fuerza generada por la banda V debido a que es otra componente de esta fuerza así:

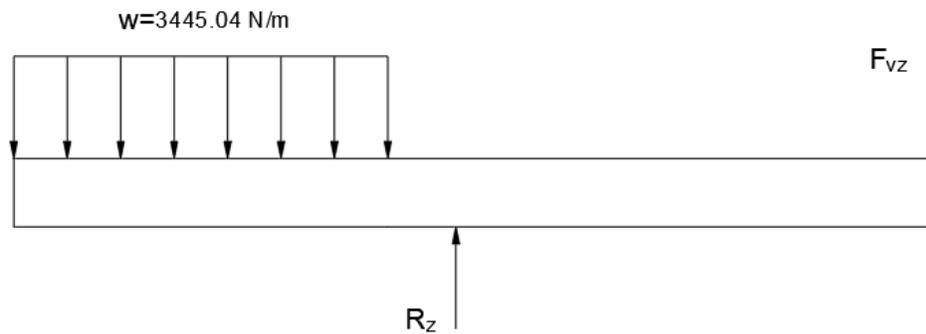


Figura 73. Fuerzas en el plano x-z del eje rebobinador

Haciendo uso de la Ecuación 02, se obtiene el cálculo de la reacción R_z :

$$R_z = 11.32 \text{ N}$$

Una vez conocida las dos componentes de la fuerza ejercida sobre el rodete se procede a calcular la magnitud completa de esta fuerza.

$$F_{\text{Rodamiento}} = \sqrt{R_y^2 + R_z^2} \quad (\text{Ec. 27})$$

$$F_{\text{Rodamiento}} = \sqrt{(287.02)^2 + (11.32^2)}$$

$$F_{\text{Rodamiento}} = 287.24 \cong 288 \text{ N}$$

Una vez conocida la fuerza axial sobre el rodamiento se procede a calcular la vida útil del mismo utilizando la ecuación 12, esto depende de las horas de funcionamiento.

De tablas [Anexo 3] se puede determinar las horas de funcionamiento a las que estará sometido el rodamiento, por lo que se determinó que el equipo estará en funcionamiento alrededor de 25000 h.

$$L_d = 382.02 \times 10^6 \text{ h}$$

Como último paso se calculará la carga dinámica que soportará el rodamiento, por medio de la ecuación 14.

$$C = 469.34 \text{ lbf}$$

De tablas [Anexo 4] se obtiene el rodamiento en base a las dimensiones y a la carga dinámica, en este caso se seleccionará el rodamiento 6205 con un diámetro interno de 25 mm, una carga dinámica de 2430 lb y un peso de 0.3 lb (0.063 kg), lo cual soporta la carga del eje rebobinador. Sin embargo, el diámetro de dicho rodamiento es mayor al diámetro del eje con el que se trabajará, por lo tanto, se optará por un rodamiento alternativo que cumpla con los parámetros de diámetro y carga calculados, dicho rodamiento es un rodamiento rígido de bola RLS 7-2RS1, SKF [Anexo 5].

Estos rodamientos estarán colocados sobre bridas las cuales se anclarán a la placa base por medio de pernos hexagonales de diámetro 1/4 pulg x 2 pulg inoxidable con rosca ordinaria.

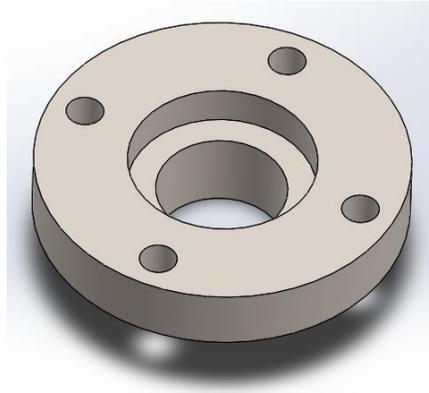


Figura 74. Brida del sistema rebobinador

2.2.1.2.3 DIMENSIONAMIENTO DEL PLATO SOPORTE DE DESPERDICIO

El plato soporte de desperdicios fue dimensionado en base a los mismos criterios que se utilizaron para el dimensionamiento del plato soporte de etiquetas del sistema desbobinador, por lo que las dimensiones son las siguientes:

$$D_{ext} = 240 \text{ mm} \quad D_{int} = 22.2 \text{ mm} \quad \text{espesor} = 5 \text{ mm}$$

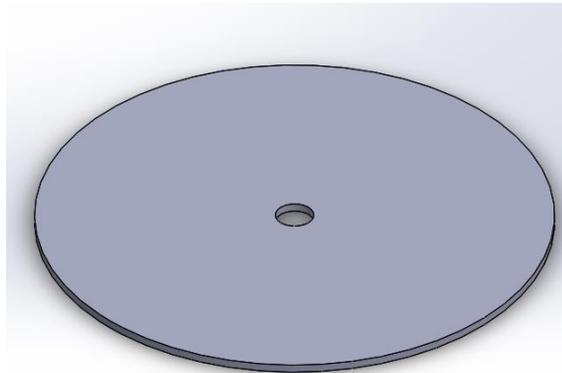


Figura 75. Plato soporte de desperdicios

Para otorgarle mayor estabilidad al plato soporte de etiquetas y evitar que este se flexione, se decantó por la utilización un plato de menor tamaño colocado en la parte inferior del plato principal.

Las dimensiones son las siguientes:

$$D_{int} = 22.2 \text{ mm} \quad D_{ext} = 135 \text{ mm} \quad \text{espesor} = 5 \text{ mm}$$

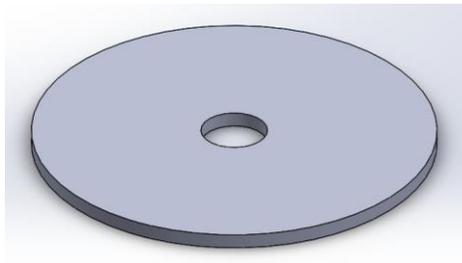


Figura 76. Plato soporte de apoyo

2.2.1.2.4 DIMENSIONAMIENTO DEL PORTA DESPERDICIO

El porta desperdicio fue dimensionado en base a los mismos criterios que se utilizaron para el dimensionamiento del porta etiquetas del sistema desbobinador, por lo que las dimensiones son las siguientes:

Este elemento del sistema rebobinador está hecho a base de nylon.

A continuación, se detallan las dimensiones:

$$D_{ext} = 75 \text{ mm} \quad D_{int} = 22.2 \text{ mm} \quad altura = 50 \text{ mm}$$

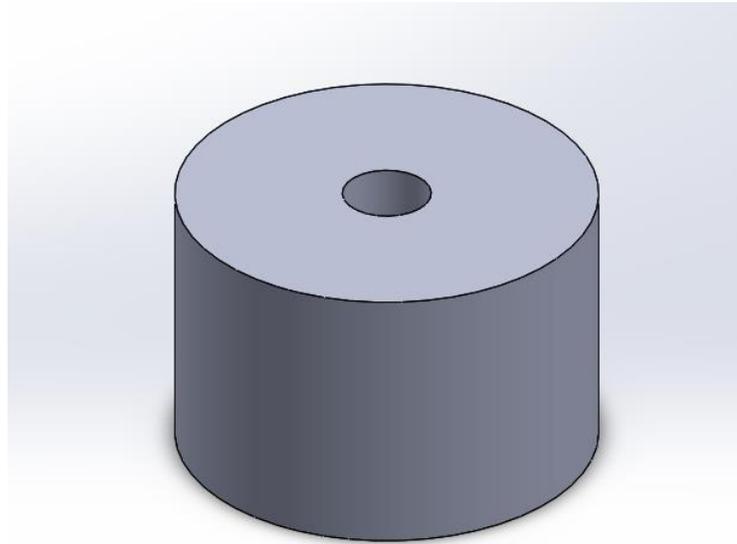


Figura 77. Porta desperdicios

2.2.1.2.5 DIMENSIONAMIENTO DEL ROLLO DE DESPERDICIOS

Como se mencionó anteriormente, el rollo de desperdicio es variable en base al diseño de la etiqueta y al tamaño de la botella a etiquetar por lo que se presenta un dimensionamiento comercial, esto para efectos de demostración de la máquina en totalidad y de su funcionamiento.

Las dimensiones presentadas están tomadas en base al porta etiquetas mostrado anteriormente.

$$D_{ext} = 260 \text{ mm} \quad D_{int} = 75 \text{ mm} \quad \text{altura} = 50 \text{ mm}$$

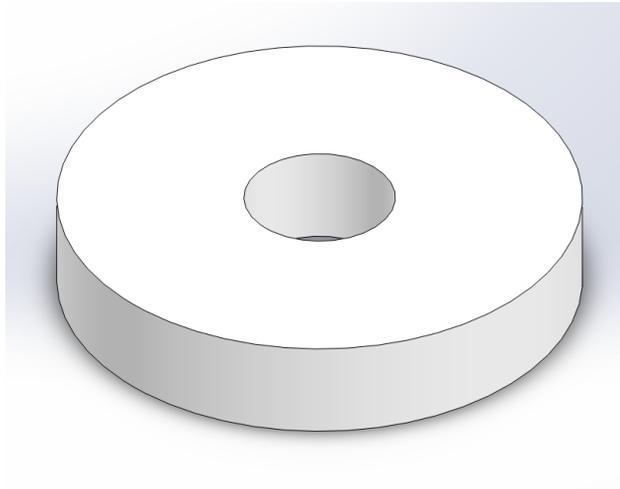


Figura 78. Rollo de desperdicios

2.2.1.2.6 DIMENSIONAMIENTO DE LAS POLEAS

Las poleas son elementos empleados para la transmisión de potencia, generalmente por bandas, las relaciones de estas poleas dependen de la relación de velocidad que se desea obtener y de la velocidad que entregue el motor impulsor, como último factor a tomar en cuenta en el dimensionamiento de poleas son el tipo de bandas que se seleccionan.

Los diámetros externos dependen únicamente de la relación de velocidad que se quieren obtener, mientras que el diámetro interno de las poleas debe ser iguales al eje donde irán conectadas, ya sea el eje conducido o el eje del motor.

Las dimensiones de la polea conducida y la polea motriz se presentan a continuación:

$$D_{ext} = 127 \text{ mm}$$

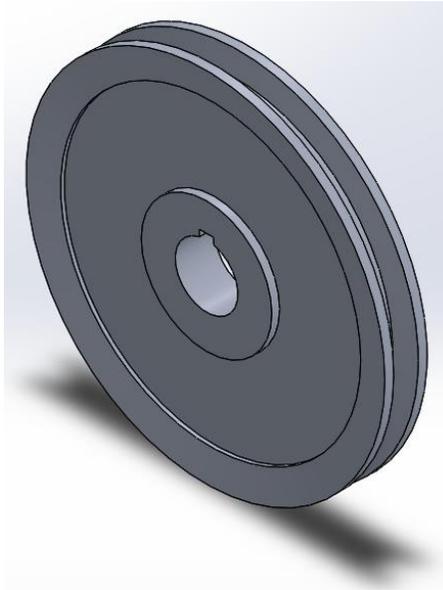


Figura 79. Polea conducida del sistema rebobinador

$$D_{ext} = 50.8 \text{ mm}$$

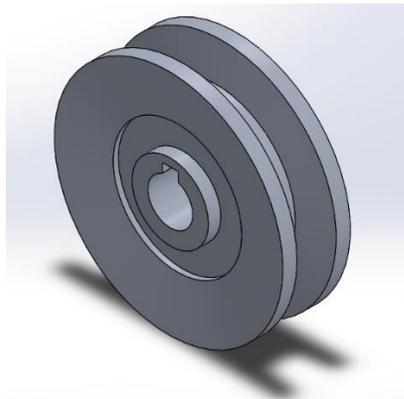


Figura 80. Polea motriz del sistema rebobinador

2.2.1.2.7 CÁLCULO DE LAS INERCIAS DEL SISTEMA

Eje del sistema rebobinador

El eje está compuesto de acero SAE 1020 laminado en frío de densidad

$$\rho = 7870 \text{ kg/m}^3$$

Tiene las siguientes dimensiones:

$$L = 0.270 \text{ m} \quad D = 0.0222 \text{ m}$$

Encontrando el volumen del eje por medio de la ecuación 18 se obtiene:

$$V_1 = 1.05 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

SE procede a calcular la masa del eje con la densidad del material a utilizar, por medio de la ecuación 19:

$$m_1 = 0.8225 \text{ kg}$$

Conociendo la masa y las dimensiones del eje se puede calcular la inercia de este, por medio de la ecuación 20:

$$I_{EJE \text{ REBOBINADOR}} = 5.07 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2$$

Plato soporte de desperdicio

Está compuesto de nylon de una densidad de $\rho = 1150 \text{ kg/m}^3$

Este elemento tiene forma de disco hueco con las siguientes dimensiones:

$$D_{ext} = 0.3 \text{ m} \quad D_{int} = 0.0222 \text{ m} \quad \text{espesor} = 0.005 \text{ m}$$

Primero se encuentra el volumen del sólido a través de la ecuación 21:

$$V = 3.514 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Seguido se procede a calcular la masa del elemento a través de la ecuación 19:

$$m = 0.404 \text{ kg}$$

Ahora conociendo las dimensiones y la masa se puede calcular la inercia del plato soporte, por medio de la ecuación 22:

$$I_{PLATO \text{ SOPORTE}} = 4.57 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Plato soporte de apoyo

Está compuesto de nylon 101 de una densidad de $\rho = 1150 \text{ kg/m}^3$

Este elemento tiene forma de disco hueco con las siguientes dimensiones:

$$D_{int} = 0.0222 \text{ m} \quad D_{ext} = 0.135 \text{ m} \quad \text{espesor} = 0.005 \text{ m}$$

Encontrando el volumen del sólido a través de la ecuación 21:

$$V = 6.96 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Se procede a calcular la masa del elemento, con la densidad del material a utilizar, por medio de la ecuación 19:

$$m = 0.08 \text{ Kg}$$

Ahora conociendo las dimensiones y la masa se puede calcular la inercia del plato soporte de etiquetas a través de la ecuación 22:

$$I_{PLATOAPOYO} = 9.058 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

Porta soporte de desperdicio

Este elemento tiene la forma de un cilindro hueco y está hecho de Nylon con una densidad de $\rho = 1150 \text{ kg/m}^3$

Tiene las siguientes dimensiones:

$$D_{ext} = 0.075 \text{ m} \quad D_{int} = 0.0222 \text{ m} \quad altura = 0.05 \text{ m}$$

Primeramente, se encuentra el volumen del sólido a través de la ecuación 21:

$$V = 2.02 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Seguido se calcula la masa del elemento a través de la ecuación 19:

$$m = 0.2318 \text{ kg}$$

Conociendo las dimensiones y la masa se puede calcular la inercia del porta desperdicio, por medio de la ecuación 22:

$$I_{PORTA\ DESPERDICIO} = 1.77 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

Rollo de desperdicio

De igual manera este elemento tiene forma de cilindro hueco, cabe recalcar que este rollo es tomado para un tipo de botellas y puede variar según los requerimientos.

El material normalmente del rollo de desperdicio es de polietileno con una densidad de $\rho = 950 \text{ kg/m}^3$

Tiene las siguientes dimensiones:

$$D_{ext} = 0.26 \text{ m} \quad D_{int} = 0.075 \text{ m} \quad altura = 0.05 \text{ m}$$

Primero se encuentra el volumen del sólido a través de la ecuación 21:

$$V = 2.4338 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Luego se procede a calcular la masa del rollo de desperdicio a través de la ecuación 19:

$$m = 2.3121 \text{ kg}$$

Conociendo las dimensiones y la masa se puede calcular la inercia del rollo de desperdicio por medio de la ecuación 22:

$$I_{ROLLO\ DESPERDICIO} = 0.0212 \text{ kg m}^2$$

Polea impulsada

Para esta pieza es muy importante tener en cuenta que debido a la geometría de esta es imposible considerarla como un cilindro con hueco, por este motivo es que se tomará la inercia directamente de la pieza con respecto al centro de la pieza, por lo tanto:

$$I_{POLEA\ IMPULSADA} = 0.0126\ kg\ m^2$$

Polea motriz

Esta pieza es el mismo caso que la polea conducida, por lo que se procede a presentar la inercia que calcula SolidWorks, con respecto al eje central de la polea.

$$I_{POLEA\ MOTRIZ} = 2.71 \times 10^{-4}\ kg\ m^2$$

Inercia del sistema rebobinador

$$I_{SISTEMA\ REBOBINADOR}$$

$$= I_{EJE\ DESBOBINADOR} + I_{PLATO\ SOPORTE} + I_{PLATO\ APOYO} \\ + I_{PORTA\ DESPERDICIO} + I_{ROLLO\ DESPERDICIO} + I_{POLEA\ IMPULSADA}$$

$$I_{SISTEMA\ REBOBINADOR}$$

$$= 5.07 \times 10^{-5} + 4.57 \times 10^{-3} + 9.058 \times 10^{-4} + 1.77 \times 10^{-4} + 0.0212 \\ + 0.0126$$

$$I_{SISTEMA\ REBOBINADOR} = 0.0395\ kg\ m^2$$

2.2.1.2.8 SELECCIÓN DE MOTOR

Para seleccionar los motores que se ocuparan es fundamental conocer el torque de arranque, aquel que debe vencer el motor para iniciar el movimiento, para ello es necesario auxiliarnos del siguiente esquema:

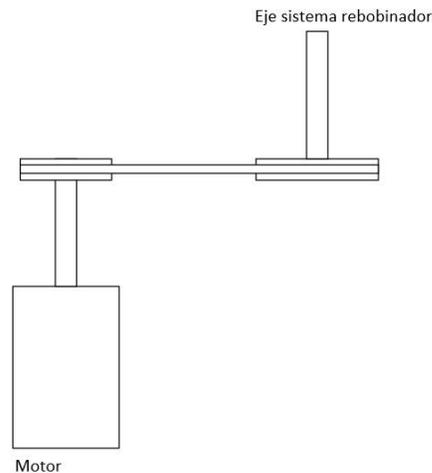


Figura 81. Transmisión del sistema rebobinador

Se puede observar que el sistema rebobinador cuenta con dos velocidades angulares, una de las cuales ya es conocida, la cual corresponde a la polea conducida encargada de transmitir la potencia a la estación de etiquetado, dicha velocidad corresponde:

$$\omega_{conducida} = 231.47 \text{ rpm}$$

La velocidad de la polea motriz se define por medio de una relación de 2 a 5:

$$N = \frac{\omega_{motriz}}{\omega_{conducida}} \quad (\text{Ec. 28})$$

$$N = \frac{\omega_{motriz}}{\omega_{conducida}} = \frac{2}{5}$$

$$\frac{\omega_{motriz}}{231.47} = \frac{2}{5}$$

$$\omega_{motriz} = 231.47 \left(\frac{2}{5} \right)$$

$$\omega_{motriz} = 92.59 \text{ rpm}$$

Otro dato importante por tomar en cuenta es la eficiencia del sistema de transmisión de potencia, en este caso se utilizó un sistema de transmisión de bandas V, la eficiencia de este sistema es:

$$e = 90\% = 0.90$$

El último dato importante que hay que retomar es el torque generado en el sistema rebobinador, este tiene el siguiente valor:

$$T_f = 14.21 \text{ Nm}$$

El motor transmitirá la potencia por todo el sistema de rebobinado hasta llegar al sistema de desbobinado, por lo que su relación de velocidades se obtiene a través de la ecuación 28:

$$n_1 = 0.4$$

$$n_2 = 6.94$$

Para seleccionar el motor se necesita calcular el torque de arranque, el cual cuenta con dos magnitudes diferentes, la primera es el torque nominal y la

segunda es el torque debido a las inercias de cada una de las piezas que componen el sistema, obteniendo:

$$T_n = \frac{n_1}{e_1} T_1 \quad (\text{Ec. 29})$$

$$T_n = \frac{0.4}{0.9} (14.21) = \mathbf{6.32 \text{ N.m}}$$

$$T_n = \mathbf{4.66 \text{ lbf.pie}}$$

Con las inercias conocidas se calculará el torque del motor necesario para el arranque del sistema, en donde se sumarán las inercias por cada tramo de este:

$$I_1 = I_{\text{POLEA MOTRIZ}}$$

$$I_1 = 2.71 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

$$I_2 = I_{\text{EJE DESBOBINADOR}} + I_{\text{PLATO SOPORTE}} + I_{\text{PLATO APOYO}} + I_{\text{PORTA DESPERDICIO}} \\ + I_{\text{ROLLO DESPERDICIO}} + I_{\text{POLEA CONDUCTIDA}}$$

$$I_2 = 5.07 \times 10^{-5} + 4.57 \times 10^{-3} + 9.058 \times 10^{-4} + 1.77 \times 10^{-4} + 0.0212 + 0.0126$$

$$I_2 = 0.0395 \text{ kg m}^2$$

$$I_3 = I_{\text{SISTEMA DESBOBINADOR}}$$

$$I_3 = 0.0268 \text{ kg m}^2$$

Al tener las inercias de cada uno de los tramos, se procede a calcular la inercia total del sistema rebobinador, haciendo uso de la eficiencia y relación de velocidades que comprende cada sección.

$$I = I_1 + \frac{n_1^2}{e_1} I_2 + \frac{n_1^2 n_2^2}{e_1 e_2} I_3 \quad (\text{Ec. 30})$$

$$I = 2.71 \times 10^{-4} + \frac{(0.4)^2}{(0.9)} (0.0395) + \frac{(0.4)^2 (6.94)^2}{(0.9)(0.9)} (0.0268)$$

$$I = 0.2623 \text{ kg m}^2$$

Con los datos obtenidos, se procede a calcular el torque generado por inercia:

$$T_I = I \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (\text{Ec. 31})$$

$$T_I = 0.2623 \times \frac{114.72 \times \frac{2\pi}{60}}{1}$$

$$T_I = 3.15 \text{ N.m}$$

Por lo que el torque de arranque del sistema corresponde a:

$$T_a = T_n + T_I$$

$$T_a = 6.32 + 3.15$$

$$T_a = 9.47 \text{ N.m} = 6.9 \text{ lbf. pie}$$

Se seleccionará un motor que cumpla con los valores mínimos de torque de arranque anteriormente calculados. Por lo que, según fichas técnicas [Anexo

7] se seleccionó un **motor monofásico BALDOR L3505 de 0.5 HP, 230 V de 1140 rpm.**

El motor estará colocado a la estructura de la máquina a través de pernos hexagonales inoxidables de rosca ordinaria de 1/4 x 2 pulg a través de una placa base colocada a la estructura.

2.2.2 SISTEMA DE GIRO DE ENVASE

El sistema de giro de envase es el conjunto de elementos que se encargan de hacer girar las botellas una vez colocada una pequeña área de la etiqueta sobre la botella, este giro se hace gracias al contacto con una banda plana que está colocada sobre dos rodillos verticales, uno de los rodillos está conectado a una polea, por medio de un eje y en una parte de este mismo eje está colocado sobre un sistema de sujeción, bridas y caja de rodamiento.

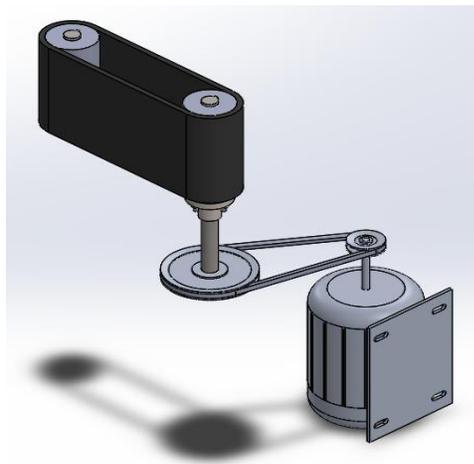


Figura 82. Sistema de giro de envase

Las botellas son movilizadas en la banda transportadora, en algún punto de esta banda transportadora, se coloca una pequeña porción de la etiqueta sobre la botella e inmediatamente debe entrar a la sección de giro de envase donde con la ayuda de una almohada de lámina con recubrimiento de goma y la banda plana se logra el giro de esta botella, manteniéndola alineada y sin ningún movimiento fuera del rotacional que realiza, este movimiento hará que toda la etiqueta se coloque uniformemente sobre una base circular sin ningún tipo de falla o problema de alineación.

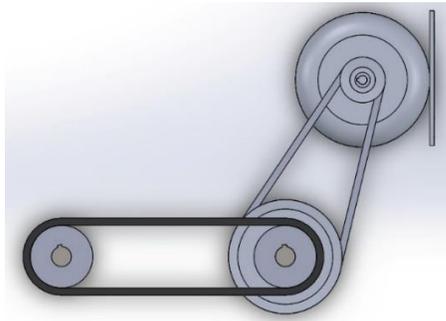


Figura 83. Vista planta de sistema giro de envase

A continuación, se detalla el diseño y dimensionamiento de cada elemento que contiene el sistema de giro de envase, se divide en las siguientes partes:

- Diseño del eje motriz
- Selección de rodamientos
- Dimensionamiento de los rodillos
- Dimensionamiento de las poleas
- Cálculo de inercias del sistema

- Selección de motor
- Selección de la banda plana
- Diseño y selección de banda transmisora

2.2.2.1 DISEÑO DEL EJE MOTRIZ DEL SISTEMA DE GIRO DE ENVASE

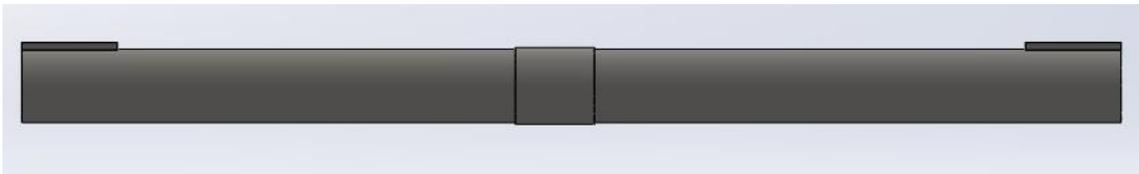


Figura 84. Eje motriz del sistema de giro de envase

Este tiene la función de transmitir el movimiento del giro del motor a la banda plana. En uno de sus extremos son ejercidas tensiones por la banda de transmisión, Al otro lado del eje se encuentra un rodillo acoplado a una banda plana. Para que la banda plana del sistema de giro de envase no cambie su forma en el momento de etiquetar, se colocó una placa paralela y opuesta a la almohada por la parte de atrás de la banda, en medio de los dos rodillos. Dicha placa está fabricada con el mismo material que la almohada y soportada por dos varillas de 1/4 pulg de diámetro.



Figura 85. Placa soporte de banda

Para este análisis se tomó una vista de planta del sistema giro de envase, presionando una botella contra la almohada.

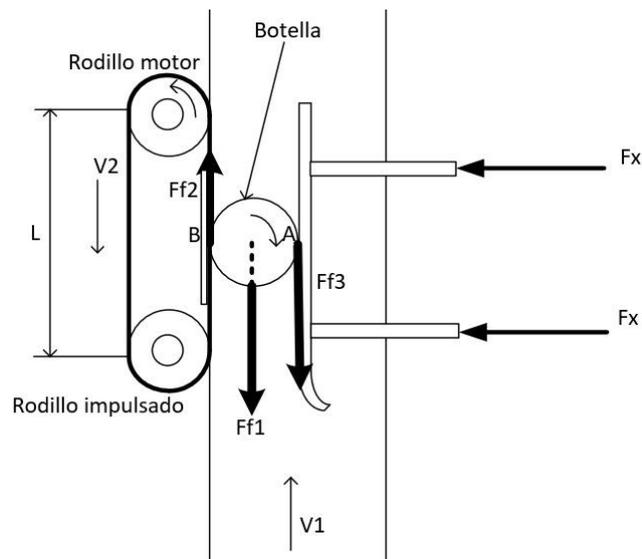


Figura 86. Diagrama de fuerzas para el giro de botella

En la figura 86 se observar cómo existe 3 tipos de fuerzas de fricción que son las que afectan a la botella al momento de hacerla girar. Para el análisis se tomarán las siguientes consideraciones:

- La Fuerza de fricción de interés es F_{f2} entre la botella y la banda del sistema giro de envase.

- No existe deslizamiento entre la botella y la almohada ni entre la botella y la banda del sistema de giro de envase.
- Se hará una sumatoria de momento en el punto A.

La fricción entre la botella y la banda transportadora (F_{f1}) es directamente proporcional al peso de la botella, para cálculos se utilizó la capacidad mayor a la cual será sometida la máquina etiquetadora, esta será una botella de 3 litros.

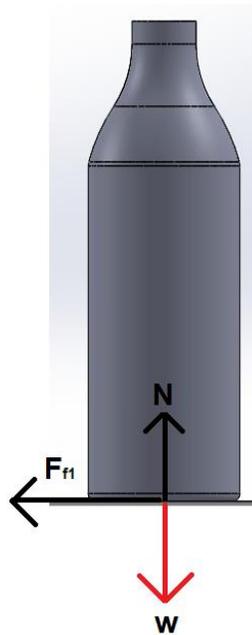


Figura 87. Diagrama de fuerza para la botella

Datos conocidos:

$$V_1 = 3.3 \text{ L}$$

$$\rho = 997 \text{ kg/m}^3$$

Haciendo uso de la ecuación 19, se obtiene el valor de la masa:

$$m = 3.29 \text{ kg}$$

Con el valor de la masa, se calcula el peso de la botella:

$$W = M * g \quad (\text{Ec. 32})$$

$$W = 3.29 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 32.27 \text{ N}$$

Conociendo el peso de la botella llena con el líquido se puede tomar como la fuerza normal al movimiento y solamente es necesario un coeficiente fricción entre la botella y la banda. El coeficiente de fricción para el caucho con plástico se puede aproximar a 0.71

$$F_{f1} = \mu * N \quad (\text{Ec. 33})$$

$$F_{f1} = 0.7 * W = 22.589 \text{ N}$$

Conocida esta fuerza de fricción se realizará una sumatoria de momento en el punto A con el fin de no tomar en cuenta la F_{f3} ya que no es de interés. Esta sumatoria de fuerza es igual a la aceleración angular de la botella por su inercia, debido a que la botella se acelerara desde cero hasta la velocidad de los rodillos

$$F_{f1}(r_{botella}) - F_{f2}(d_{botella}) = I \cdot \alpha$$

El producto de la inercia por la velocidad angular se puede considerar despreciable por lo que la ecuación se resuelve de la siguiente manera.

$$F_{f2} = \frac{22.589 \text{ N} * 0.06 \text{ m}}{0.12 \text{ m}} = 11.30 \text{ N}$$

Conocidas la carga de trabajo a la que será sometida la banda del sistema giro de envase, se calculará la fuerza de tensión en la banda transmisora de potencia, que parte de la polea impulsada de 127 mm hacia la polea que está conectada a la polea motriz de 50.8 mm.

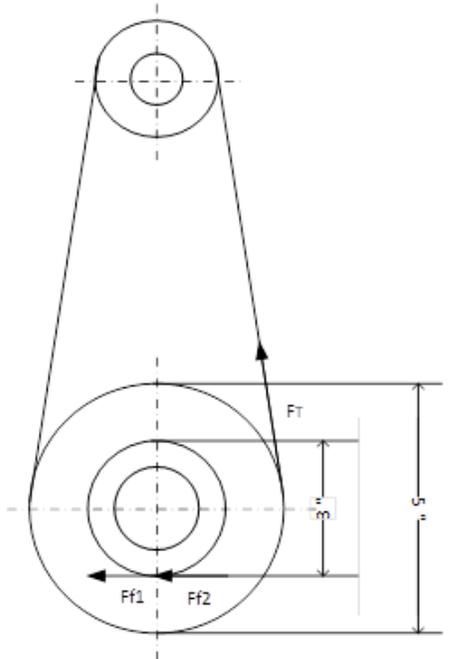


Figura 88. Diagrama de fuerzas para el sistema de giro de envase

Se analizará una vista de planta, donde el centro del análisis de momento será el eje y las fuerzas que involucradas son F_{f2} y F_T .

Haciendo uso de la Ecuación 01, se obtiene la fuerza tangencial:

$$\Sigma M_o = 0$$

$$F_t(2.5 \text{ pulg}) - F_{f2}(1.5 \text{ pulg}) = 0$$

$$F_t = \frac{11.30N * 0.0381m}{0.0635m} = 6.78N$$

Otro dato importante que se debe rescatar es que el torque resultante de este análisis es el resultado de multiplicar la fuerza de tensión entre el radio de la polea de 127 mm.

$$T_f = F_t * r \quad (\text{Ec. 35})$$

$$T_f = 6.78 N * 0.0635 m = 0.43 N.m$$

Análisis de fuerza cortante y momento flector

Cálculos de las componentes

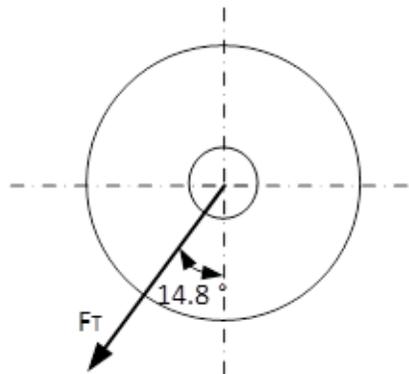


Figura 89. Ángulo de descomposición de la fuerza

Para este análisis es son importantes las tensiones que ejercen las bandas sobre las poleas y por ende sobre el eje, el ángulo de las bandas sobre las poleas es de 14.8° este da las componentes de la fuerza, una sobre el plano z y otro sobre el plano y.

Del análisis anterior se conoce que la fuerza de tensión en las bandas que conectan las poleas es de 6.78 N. La fuerza se puede descomponer en dos planos, el plano xz y xy, Estas componentes se deducen de las componentes del triángulo rectángulo, aplicándoles las siguientes funciones trigonométricas.

$$F_t = 6.78 \text{ N}$$

$$F_y = F_t * \text{sen}(14.8)$$

$$F_z = F_t * \text{cos}(14.8)$$

Para el análisis del eje se debe entender que a cierta distancia del eje se colocará un rodamiento que estará a la altura de la meza, este rodamiento servirá como apoyo. A un lado de esta caja de rodamiento estarán colocadas las poleas con la banda transmisora que transmite el movimiento del motor y al otro extremo se colocará el rodillo y la banda plana que es la encargada de hacer girar los envases.

El eje del sistema de giro envase se analizará en dos secciones, donde la primera se encuentra bajo una carga puntual generada por la banda plana, previamente calculada (F_{f2}), mientras que la segunda sección se encuentra bajo la acción de fuerzas generadas debido a la polea transmisora de potencia, ambas secciones se consideran que se encuentra en voladizo, debido a que uno de sus extremos se encuentra apoyado en una caja de rodamiento.

Primera sección

En esta sección la carga puntual será igual la carga F_{i2} , esta fuerza se colocará a la mayor distancia posible ya que en este punto es cuando la fuerza crea la mayor cantidad de momento.

$$P_1 = 6.78 \text{ N}$$

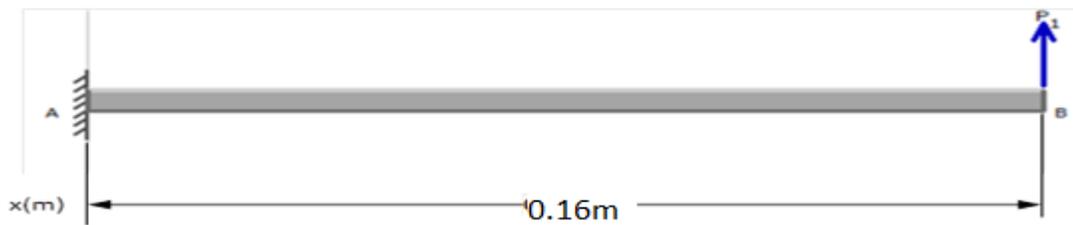


Figura 90. Cargas de la primera sección del eje

Realizando el análisis en de las reacciones en el punto A

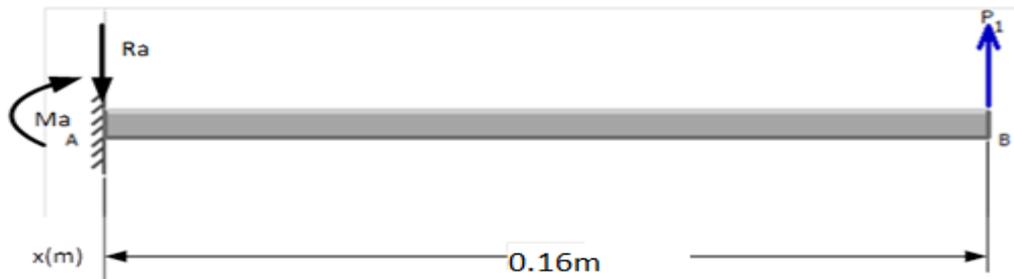


Figura 91. Adición de fuerza cortante y momento flector

Haciendo uso de la Ecuación 01, se obtiene el cálculo del momento en A:

$$M_A = 1.08 \text{ N.m}$$

Haciendo uso de la Ecuación 02, se obtiene el cálculo de la reacción en A:

$$R_A = 6.78 \text{ N}$$

Mediante la utilización del software MDSolids 4.0 se graficará el diagrama de fuerza cortante y momento flector.

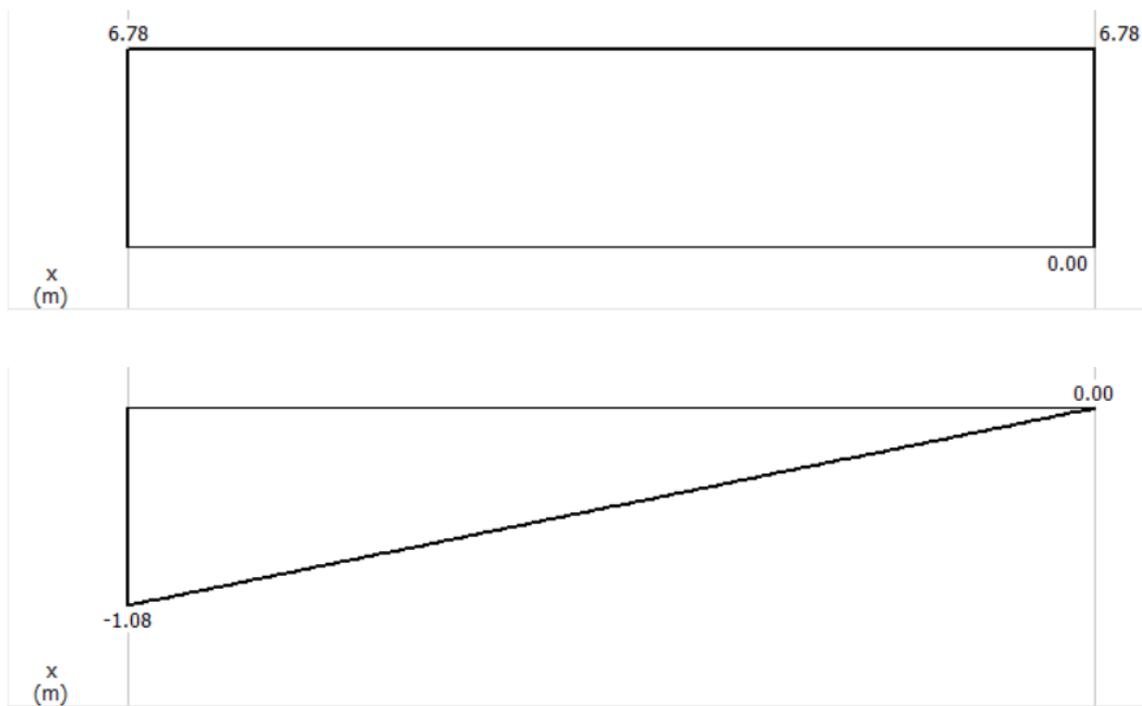


Figura 92. Diagramas de fuerza cortante y momento flector

Diseño estático

Para realizar el diseño por resistencia estática se considerarán los siguientes parámetros, teniendo en cuenta que el eje está sometido a esfuerzos

por flexión y torsión, que se debe seleccionar un acero que sea comercializable en nuestro medio.

Material: Acero SAE 1020 CD $S_y = 390 \text{ MPa}$ [Anexo 2]

Factor de seguridad: 1.5

Calculando el esfuerzo máximo por flexión, por medio de la ecuación 03:

$$\sigma = \frac{11}{d^3}$$

Calculando el esfuerzo máximo por torsión, por medio de la ecuación 23:

$$\tau = \frac{2.2}{d^3}$$

Para determinar el diámetro del eje se empleará la teoría de Von mises, a través de la ecuación 24, esta teoría es la más recomendada para estos tipos de casos debido a que toma en cuenta los factores más importantes como la ductilidad de los materiales.

$$\sigma' = \frac{11.6}{d^3}$$

Haciendo uso de la ecuación 04, se despeja el valor de diámetro y se obtiene:

$$d = 0.0035 \text{ m} \cong 3.5 \text{ mm}$$

Diseño dinámico

Para realizar el diseño del eje por resistencia a fatiga se considerarán los siguientes parámetros:

Material: Acero SAE 1020 CD [Anexo 2]

Numero de ciclos: 331200

Factor de seguridad: 1.5

Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Resistencia a la tensión $S_{ut} = 470 \text{ MPa}$ para el acero SAE 1020 CD

Haciendo uso de la ecuación 05, se obtiene el límite de resistencia a la fatiga:

$$S'_e = 0.5 S_{ut} = 0.5 (470) = 235 \text{ MPa}$$

Utilizando la ecuación 06, se calcula el límite de resistencia:

$$S_e = 70.5 \text{ MPa}$$

La resistencia a la fatiga se obtuvo a través de la ecuación 07, y utilizando las ecuaciones 08 y 09 se obtuvieron los valores de "a" y "b":

$$a = 2538$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 93.88 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a la fatiga se determina a través de la ecuación 10:

$$d = 0.0057m = 5.7 \text{ mm} \cong 6 \text{ mm}$$

Segunda sección

La longitud de esta sección es de 0.15 m y en uno de sus extremos estará colocada la polea motriz, para este análisis se dividirá la fuerza ejercida por la polea en dos planos diferentes.

Es muy importante recordar que las fuerzas analizadas son las que se calcularon antes de la primera sección, las fuerzas que son ejercidas en la polea motriz.

Plano (x-y)

La fuerza P_1 es igual a F_y mencionada anteriormente

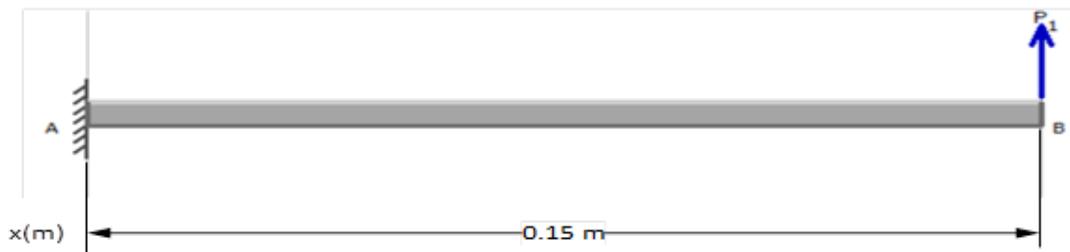


Figura 93. Cargas de la segunda sección del eje en el plano x-y

Realizando el análisis de las reacciones en el punto A

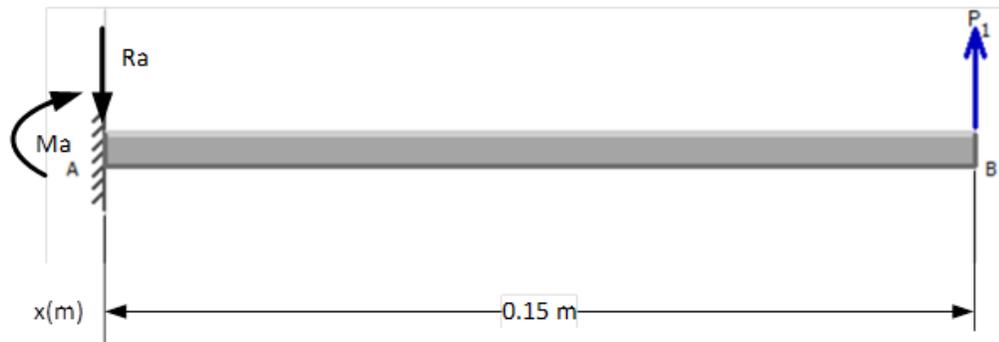


Figura 94. Adición de la fuerza cortante y momento flector

Haciendo uso de la Ecuación 01, se obtiene el cálculo del momento en A:

$$M_A = 0.255 \text{ Nm}$$

Haciendo uso de la Ecuación 02, se obtiene el cálculo de la reacción en A:

$$R_A = 1.7 \text{ N}$$

Mediante la utilización del software MDSolids 4.0 se graficará el diagrama de fuerza cortante y momento flector.

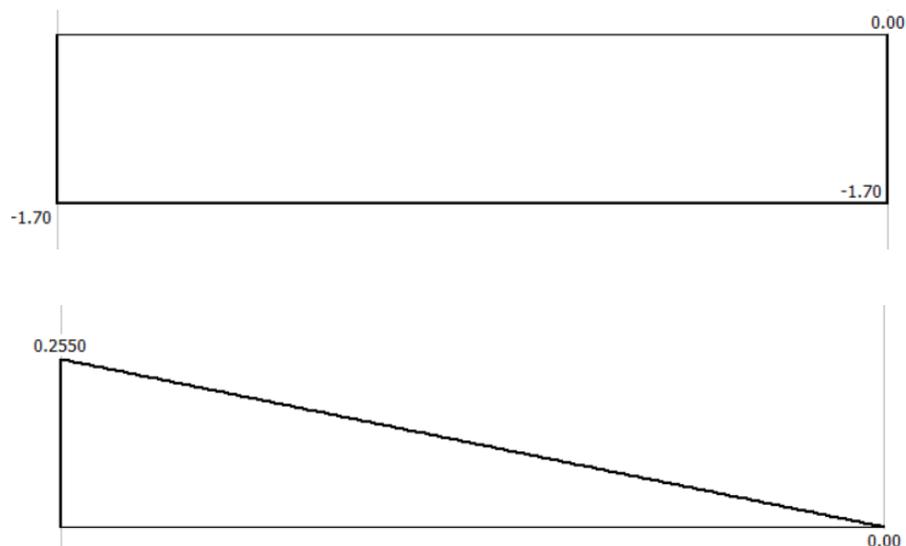


Figura 95. Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el plano x-y

Plano (x-z)

En este caso la fuerza P_1 es la fuerza F_z mencionada anteriormente.

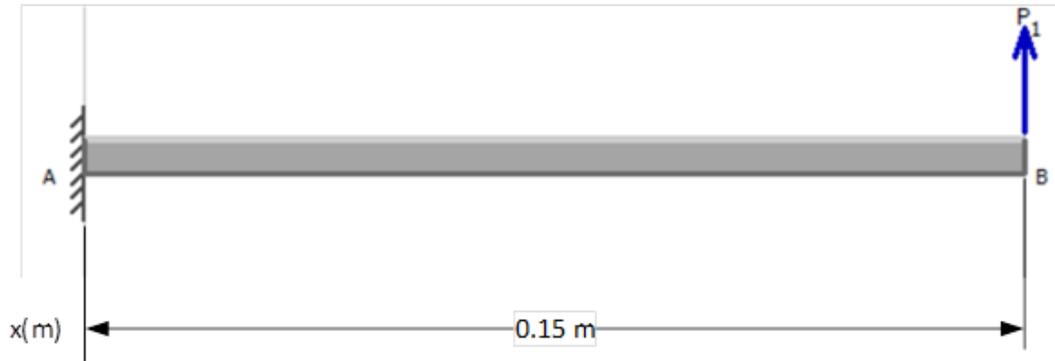


Figura 96. Cargas de la segunda sección del eje en el plano x-z

Realizando el análisis de las reacciones en el punto A

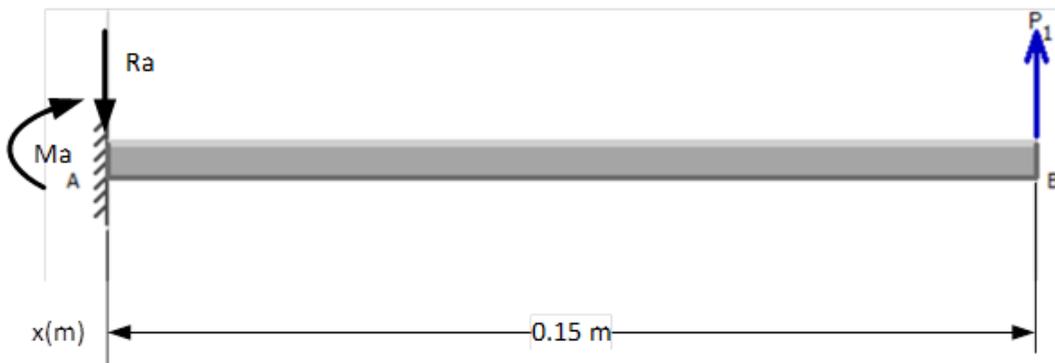


Figura 97. Adición de la fuerza cortante y momento flector

Haciendo uso de la Ecuación 01, se obtiene el cálculo del momento en A:

$$M_A = 0.99 \text{ Nm}$$

Haciendo uso de la Ecuación 02, se obtiene el cálculo de la reacción en A:

$$R_A = 6.6 \text{ N}$$

Mediante la utilización del software MDSolids 4.0 se graficará el diagrama de fuerza cortante y momento flector.

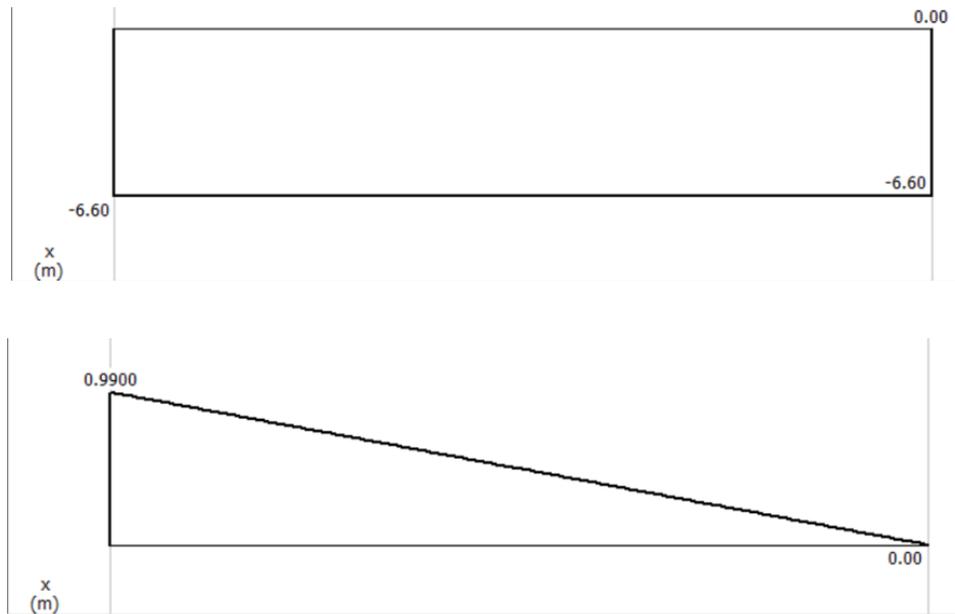


Figura 98. Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el plano x-z

Al obtener las componentes de momento flector de cada uno de los planos, se obtiene el momento flector resultante de estos mismos, mediante la ecuación 26:

$$M_{\max imo} = 0.3 \text{ N.m}$$

Diseño estático

Para realizar el diseño por resistencia estática se considerarán los siguientes parámetros, teniendo en cuenta que el eje está sometido a esfuerzos

por flexión y torsión, por lo que se debe seleccionar un acero que sea comercializable en nuestro medio.

Material: Acero SAE 1020 CD $S_y = 390 \text{ MPa}$ [Anexo 2]

Factor de seguridad: 1.5

Calculando el esfuerzo máximo por flexión, por medio de la ecuación 03:

$$\sigma = \frac{3.18}{d^3}$$

Calculando el esfuerzo máximo por torsión, por medio de la ecuación 23:

$$\tau = \frac{7.00}{d^3}$$

Para determinar el diámetro del eje se empleará la teoría de Von mises a través de la ecuación 24, esta teoría es la más recomendada para estos tipos de casos debido a que toma en cuenta los factores más importantes como la ductilidad de los materiales.

$$\sigma' = \frac{12.5}{d^3}$$

Haciendo uso de la ecuación 04, se despeja el valor de diámetro y obtenemos:

$$d = 0.0036m = 3.6mm \cong 4mm$$

Diseño dinámico

Para realizar el diseño del eje por resistencia a fatiga se considerarán los siguientes parámetros:

Material: Acero SAE 1020 CD [Anexo 2]

Numero de ciclos: 331200

Factor de seguridad: 1.5

Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Resistencia a la tensión $S_{ut} = 470 \text{ MPa}$ para el acero SAE 1020 CD

Haciendo uso de la ecuación 05, se obtiene el límite de resistencia a la fatiga:

$$S'_e = 235 \text{ MPa}$$

Utilizando la ecuación 06, se calculará el límite de resistencia crítico:

$$S_e = 70.5 \text{ MPa}$$

La resistencia a la fatiga se calculó a través de la ecuación 07, y utilizando las ecuaciones 08 y 09 se obtiene los valores de "a" y "b":

$$a = 2538$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 93.88 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a la fatiga se determina a través de la ecuación 10:

$$d = 0.0037m = 3.7mm \cong 4mm$$

El diámetro del eje corresponde a un valor mínimo de 6 mm, sin embargo, por motivos de resistencia estructural y no desperdiciar material, se trabajará con un eje de 22.2 mm (7/8 pulg). Por lo que eje del sistema de giro de envases queda dimensionado de la siguiente manera:

$$D_1 = D_3 = 22.2 \text{ mm} \quad D_2 = 23.2 \text{ mm}$$

$$L_1 = 160 \text{ mm} \quad L_2 = 24 \text{ mm} \quad L_3 = 150 \text{ mm}$$

El diámetro en la longitud 2 varía 1 mm debido a que ese punto posee concentrador de esfuerzos debido al rodamiento.

2.2.2.2 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para el sistema de giro de envase se seleccionará un rodamiento para el eje con las dimensiones antes especificadas. Por lo que el inicio de este análisis es necesario conocer una fuerza ejercida sobre el rodamiento que se describe por medio de la ecuación 11.

El valor de V es igual a 1 debido a que se escogió un rodamiento de pista interna rotatoria, por lo que:

$$F_e = F_R$$

Para el cálculo de esta fuerza axial es necesario analizar nuevamente el eje motriz del sistema de giro de envase. Señalado que la fuerza ejercida en un extremo del eje que es generada debido a la banda en V conectada al motor y la carga distribuida debido a la banda plana en el otro extremo del eje.

Plano x-y

Para el análisis de este plano es necesario recordar la componente de la fuerza generada por la banda V, realizando una sumatoria de fuerza en el eje vertical, tenemos:

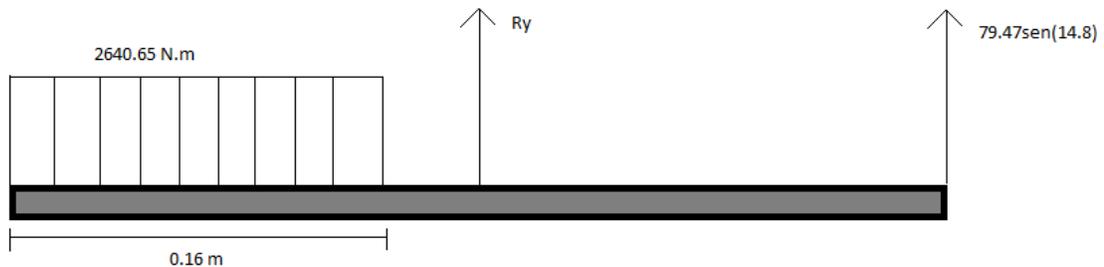


Figura 99. Fuerzas en plano x-y del eje sistema de giro de envase

Haciendo uso de la Ecuación 02, se obtiene el cálculo de la reacción en y:

$$R_y = -403.04 \text{ N}$$

Plano x-z

Este plano es similar al anterior, únicamente cambia la fuerza generada por la banda V debido a que es otra componente de esta fuerza, por lo que:

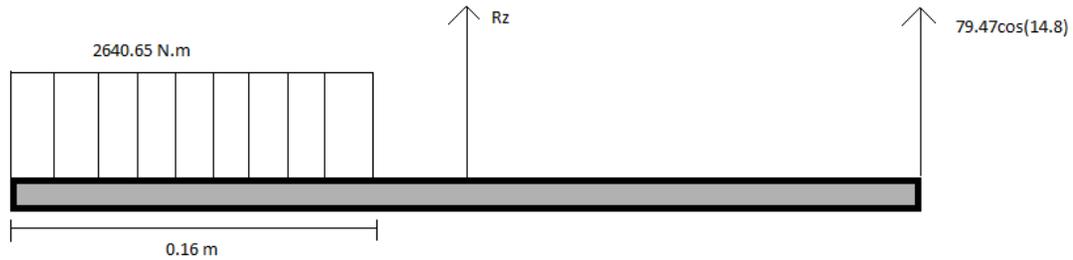


Figura 100. Fuerzas en plano x-z del eje rebobinador

Haciendo uso de la Ecuación 02, se obtiene el cálculo de la reacción en z:

$$R_z = -345.67 \text{ N}$$

Una vez conocida las dos componentes de la fuerza ejercida sobre el rodamiento se procede a calcular la magnitud completa de esta fuerza, por medio de la ecuación 27.

$$F_{\text{Rodamiento}} \cong 531$$

Una vez conocida la fuerza axial sobre el rodamiento se procede a calcular la vida útil del mismo utilizando la ecuación 12, esto depende de las horas de funcionamiento.

$$L_d = 300 \times 10^6 \text{ h}$$

Como último paso se calculará la carga dinámica que soportará el rodamiento, por medio de la ecuación 14.

$$C = 1650 \text{ N} = 370.93 \text{ lb}$$

De tablas [Anexo 4] se obtiene el rodamiento en base a las dimensiones y a la carga dinámica, en este caso se seleccionará el rodamiento 6205 con un diámetro interno de 25 mm, una carga dinámica de 2430 lb y un peso de 0.3 lb (0.063 kg), lo cual soporta la carga del eje del sistema de giro de envases. Sin embargo, el diámetro de dicho rodamiento es mayor al diámetro del eje con el que se trabajará, por lo tanto, se optará por un rodamiento alternativo que cumpla con los parámetros de diámetro y carga calculados, dicho rodamiento es un rodamiento rígido de bola RLS 7-2RS1, SKF [Anexo 5].

Estos rodamientos estarán colocados sobre bridas las cuales se anclarán a la placa base por medio de pernos hexagonales de diámetro 1/4 pulg x 2 pulg inoxidable con rosca ordinaria.

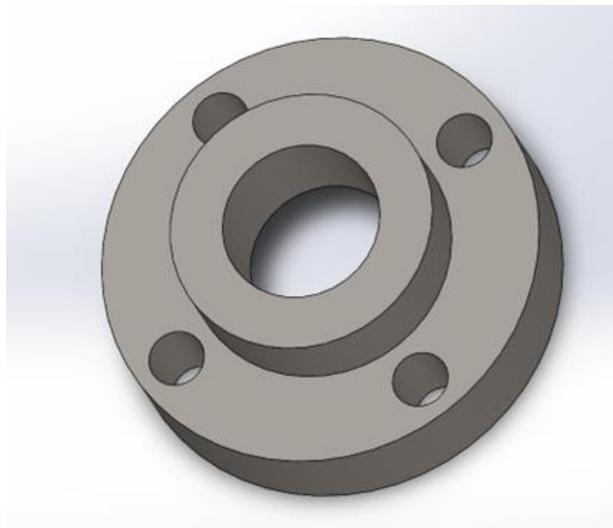


Figura 101. Brida del sistema de giro de envases

2.2.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS RODILLOS

El sistema de giro de envase cuenta con dos rodillos, entre ellos se colocará una banda plana, que es la encargada de hacer girar las botellas para colocar correctamente la etiqueta, los dos rodillos tienen las mismas dimensiones generales.

El primer rodillo es el motriz el cual se distingue por que estará en uno de los extremos del eje motriz, este es el encargado del movimiento de conjunto rodillo banda, mientras que el otro rodillo es el impulsado y simplemente está conectado a un eje fijo que estará recibiendo el movimiento del eje motriz, juntos estos rodillos son una parte fundamental para que la anexión de la etiqueta se haga de una manera uniforme.

Ya que estos rodillos no tienen una forma de diseño específico, se limitará a dimensionar y seleccionar el material para estos.

El largo de estos rodillos debe ser iguales a los ejes que los mueven, siempre y el diámetro interior debe ser igual al del eje, el diámetro exterior no tiene un proceso exacto, pero deben de ser tal para que exista una tensión en la banda capaz de hacer girar las botellas. Por disponibilidad de mercado se seleccionó un diámetro de 72.6 mm.

Es importante mencionar que los rodillos deben hacerles diferentes espacios especiales para completar su funcionamiento como espacios para la cuña que se le colocan y para otros dispositivos como unas bridas sujetadoras y

un soporte tensor. El material del que se harán ambos rodillos es el Nailon 6/10 el cual es un polímero industrial ya que es muy resistente a la corrosión y por qué una de sus aplicaciones es la de rodillos en la industria.

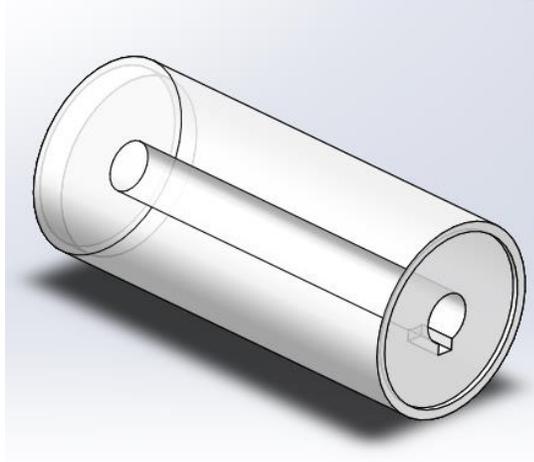


Figura 102. Rodillo motriz

Ambos rodillos poseen unas geometrías complejas, pero se pueden definir como sus cotas más importantes las siguientes:

$$D_{int} = 22.2 \text{ mm} \quad D_{ext} = 76.2 \text{ mm} \quad L = 160 \text{ mm}$$

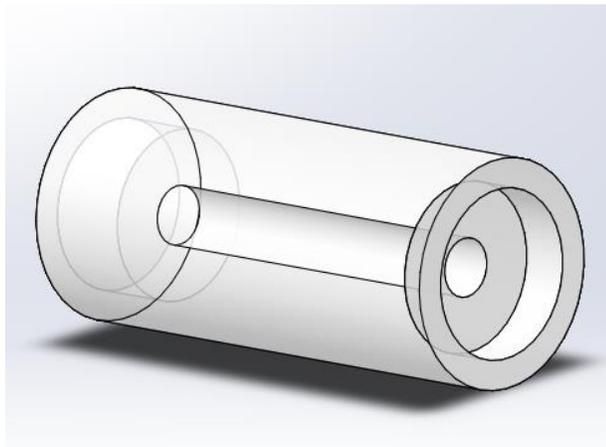


Figura 103. Rodillo impulsado

2.2.2.4 DIMENSIONAMIENTO DE LAS POLEAS

Las poleas del sistema de giro de envases fueron dimensionadas con los mismos criterios que las poleas del sistema rebobinador.

La polea conducida es aquella que está conectada al eje fijo y sus diámetros son:

$$D_{ext} = 127 \text{ mm}$$

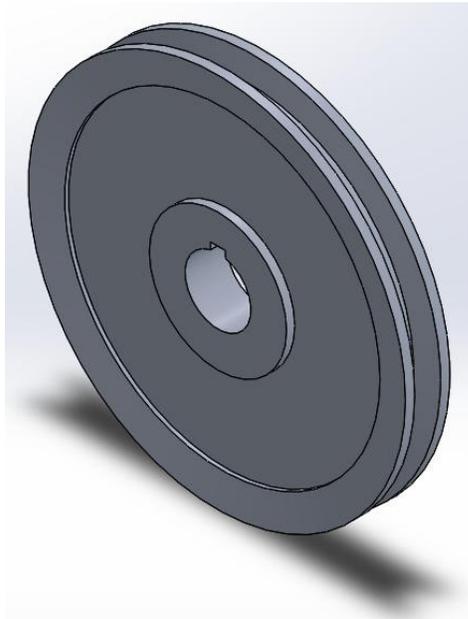


Figura 104. Polea impulsada del sistema giro de envases

A la polea que está conectada al motor, se le dio el nombre de polea motriz, este tiene las siguientes dimensiones:

$$D_{\text{externo}} = 50.8 \text{ mm}$$

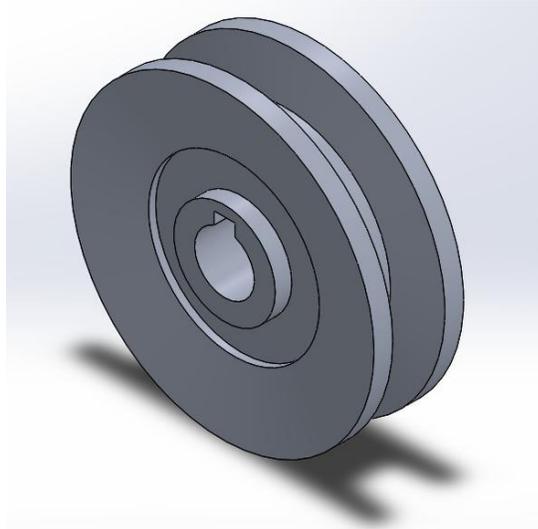


Figura 105. Polea motriz del sistema giro de envases

2.2.2.5 CÁLCULO DE LAS INERCIAS DEL SISTEMA

Para este apartado es muy importante explicar que todo el diseño de las piezas fue realizado con la ayuda de un programa de dibujo 3D, en específico SolidWorks, este programa brinda la facilidad de conocer las inercias de todas las piezas una vez definido el material, pero, para un mejor entendimiento del proceso, no se seleccionará la inercia de todas las piezas, se procederá a tomar del programa la masa y en algunos casos, si la pieza tiene una geometría muy complicada, tomar directamente la inercia.

Eje del sistema de giro de envase

Se analizará como un solo eje con un solo diámetro y una sola longitud, el material de este elemento será acero SAE 1020 laminado en frío cuya densidad es $\rho = 7870 \text{ kg/m}^3$

La masa se obtendrá del programa SolidWorks y el diámetro es el obtenido anteriormente:

$$m = 0.1739 \text{ kg}$$

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

Conociendo la masa y las dimensiones se puede calcular la inercia del eje por medio de la ecuación 20:

$$I_{EJE \text{ MOTRIZ}} = 4.13 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2$$

Rodillo motriz

De igual manera la masa es obtenida del programa SolidWorks mientras que los diámetros son los mencionados anteriormente:

$$m = 0.755 \text{ kg}$$

$$D_{ext} = 0.07 \text{ m} \quad D_{int} = 0.022 \text{ m}$$

Ahora conociendo las dimensiones y la masa se puede calcular la inercia del rodillo motriz, por medio de la ecuación 22:

$$I_{RODRILLO \text{ MOTRIZ}} = 5.08 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

Rodillo impulsado

De igual manera la masa es obtenida del programa SolidWorks mientras que los diámetros son los mencionados anteriormente:

$$m = 0.700 \text{ kg}$$

$$D_{ext} = 0.07 \text{ m} \quad D_{int} = 0.022 \text{ m}$$

Ahora conociendo las dimensiones y la masa se puede calcular la inercia del rodillo impulsado, por medio de la ecuación 22:

$$I_{RODRILLO \text{ IMPULSADO}} = 4.71 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

Polea motriz

Para esta pieza es muy importante tener en cuenta que debido a la geometría de esta es imposible considerarla como un cilindro con hueco, ya que tienen otros orificios que sirven para acoplar otros elementos como los rodamientos, es por este motivo que se toma la inercia directamente que proporciona el programa SolidWorks de la pieza con respecto al centro de la pieza, así pues:

$$I_{POLEA \text{ MOTRIZ}} = 0.01245 \text{ kg m}^2$$

Polea impulsada

Esta pieza es el mismo caso que la polea motriz, por lo que se procede a presentar la inercia que calcula SolidWorks, con respecto al eje central de la polea.

$$I_{POLEA\ IMPULSADA} = 2.705 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2$$

2.2.2.6 SELECCIÓN DE MOTOR

Para seleccionar los motores que se ocuparán es fundamental conocer el torque de arranque, aquel que debe vencer el motor para iniciar el movimiento, para ello es necesario auxiliarnos del siguiente esquema:

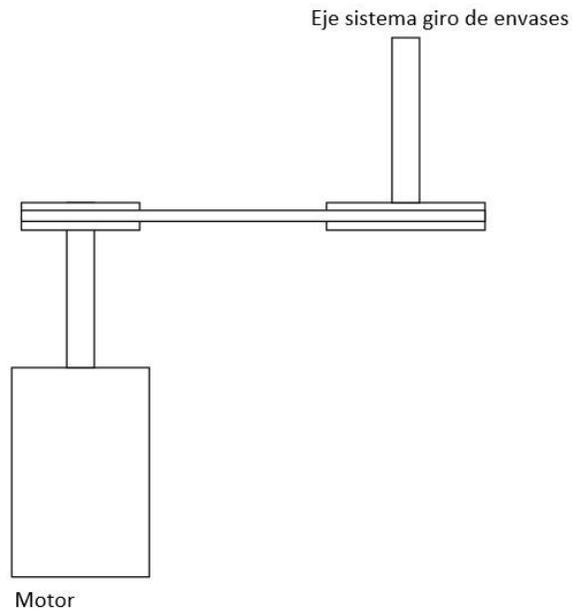


Figura 106. Transmisión del sistema de giro de envase

Las velocidades de los elementos, tanto motor como máquina, son parámetros de diseño, es por esto que estos valores fueron seleccionados en concordancia con otras máquinas etiquetadoras del mercado gracias a la investigación de campo, estas velocidades son adecuadas para una colocación exitosa de la etiqueta con las menores fallas posibles.

$$v_{motor} = 200 \text{ rpm}$$

$$v_{maquina1} = 80 \text{ rpm}$$

Estas velocidades brindan una relación de velocidades calculada en base a la ecuación 28.

$$N = \frac{2}{5}$$

Otro dato importante para tomar en cuenta es la eficiencia del sistema de transmisión de potencia, en este caso se utilizó un sistema de transmisión de bandas V, la eficiencia de este sistema es:

$$e = 90\% = 0.90$$

El último dato importante que hay que retomar es el torque generado por el sistema de giro de envase, esto sería el torque calculado en el diseño del eje motriz, a través de la ecuación 35:

$$T_f = 5.046 \text{ Nm}$$

Torque nominal

El torque nominal el cual es el exigido por el sistema de giro de envases, dicho valor es modificado debido al sistema de transmisión calculada a partir de la ecuación 29:

$$T_n = 2.24 \text{ N.m} = 1.65 \text{ lbf.pie}$$

Torque de inercias

Se procederá a calcular las inercias correspondientes a cada sección del esquema, tanto la inercia del primer segmento, únicamente la polea conectada al motor, la inercia de la segunda sección compuesta por: inercia de la polea conectada al eje, la inercia del eje mismo y la inercia de ambos rodillos.

$$I_1 = 2.705 \times 10^{-5} \text{ kg m}^2$$

$$I_2 = 0.01245 + 4.13 \times 10^{-5} + 5.08 \times 10^{-4} + 4.71 \times 10^{-4}$$

$$I_2 = 0.01347 \text{ kg.m}^2$$

Con las inercias obtenidas, se procede a calcular la inercia del sistema de giro de envases por medio de la ecuación 30:

$$I = 2.42 \times 10^{-3}$$

Con la inercia conocida se calculará el torque del motor necesario a través de la ecuación 31 para el arranque del sistema. Un torque es debido a las inercias de cada una de las piezas que componen el sistema

$$T_I = 0.10 \text{ Nm}$$

Para calcular el torque de arranque se sumarán los dos torques calculados anteriormente.

$$T_a = T_n + T_I$$

$$T_a = 2.24 + 0.1$$

$$T_a = 2.34 \text{ Nm} = 1.65 \text{ lbf. pie}$$

Se seleccionará un motor que cumpla con los valores mínimos de torque de arranque anteriormente calculados. Por lo que, según fichas técnicas [Anexo 7] se seleccionó un **motor monofásico BALDOR L3505 de 0.5 HP, 230 V de 1140 rpm.**

El motor estará colocado a la estructura de la máquina a través de pernos hexagonales inoxidables de rosca ordinaria de 1/4 pulg x 2 pulg a través de una placa base colocada a la estructura.

2.2.3 SISTEMA TRANSPORTADOR

El sistema transportador es el encargado de la alimentación de la máquina, es decir, realiza el movimiento de botellas desde el inicio hasta el fin del proceso de etiquetado, para realizar el proceso de movimiento el sistema recibe la botella, la moviliza sobre una banda plana tensada por dos ejes y 4 rodillos. La botella es

dirigida a través de un conjunto de guías regulables para estabilizar la botella y evitar un etiquetado deficiente.

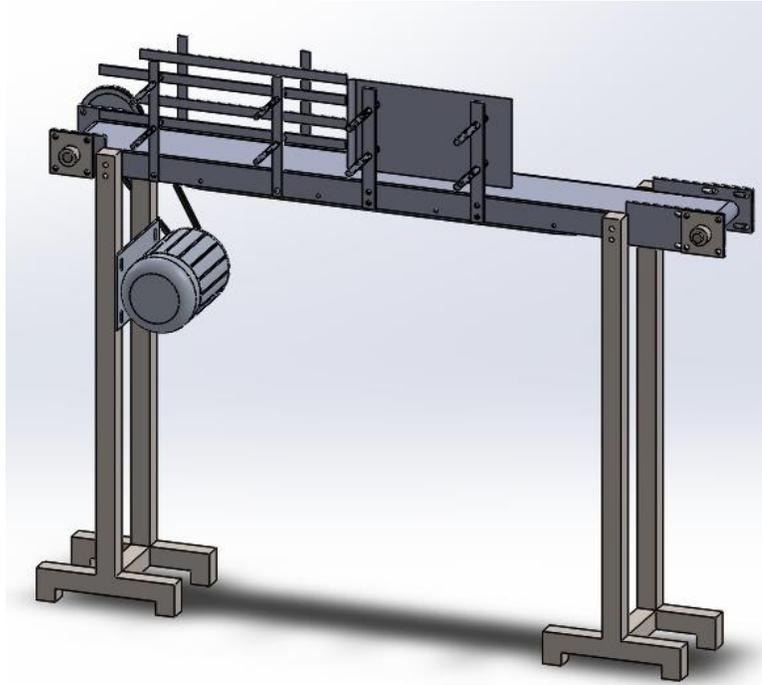


Figura 107. Sistema transportador

Al momento de empezar el proceso de etiquetado este sistema consta de una almohada de lámina con recubrimiento de goma, con varilla roscada para regular la separación entre el sistema giro de envases y la almohada, en base al diámetro de la botella que se quiere etiquetar, dicha almohada se ubica enfrente del sistema giro de envase y se complementan entre ellos; Siendo la almohada la encargada de generar una presión a la botella y así generar un etiquetado uniforme.

Es muy importante mencionar que para el dimensionamiento de todo este sistema se hizo en base a una investigación de campo, esto quiere decir que se

realizaron una serie de cotizaciones y visitas a empresas que distribuyen los elementos que se dimensionaran a continuación; Por lo que muchos de los procesos de diseño serán omitidos y se colocaran dimensiones que fueron proporcionadas por las empresas.

Este sistema se desarrolló de esta manera por dos razones principales; la primera es para tener un acoplamiento al mercado del país de las principales piezas que pueden ser reemplazadas con frecuencia, tales como: bandas planas, rodillos y ejes, etc. El segundo hecho que este tipo de sistemas son comúnmente ensamblados en conjunto y así es como se comercializan, dependiente de muchos factores de diseño.

A continuación, se detalla el diseño y dimensionamiento de cada elemento que contiene el sistema de giro de envase, el cual se divide en las siguientes partes:

- Diseño eje motriz
- Dimensionamiento de rodillos
- Dimensionamiento de poleas
- Dimensionamiento de rodillos guías
- Dimensionamiento de viga en C
- Dimensionamiento de guías fijas
- Dimensionamiento de guías regulables
- Dimensionamiento de soportes

2.2.3.1 DISEÑO DE EJE MOTRIZ

El eje se encarga de transmitir la potencia de los motores a la banda plana para el movimiento de las botellas, a través de un sistema de poleas con banda en V.

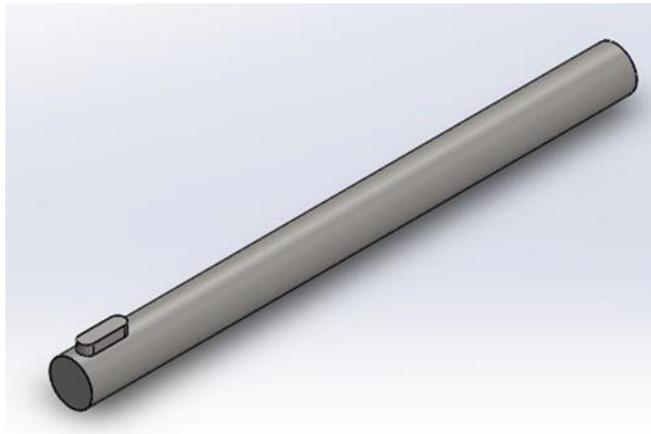


Figura 108. Eje motriz del sistema transportador

El eje motriz es una pieza sólida, la cual se estará sometiendo a dos cargas y estará apoyada en dos puntos. Las cargas que deberá soportar dicho eje son: fuerza puntual generada debido a la polea trasmisora de potencia y la segunda carga será debido a la banda plana encargada de mover las botellas, ambos puntos de apoyo serán las chumaceras que soportan dicho eje. La carga que será soportada es el peso de todas las botellas que estarán sobre la banda al mismo tiempo, debido a factores de tiempos y espacio se estimó que serían 4 botellas serán las que soporta la banda transportadora al mismo tiempo.

Para este análisis se tomó una vista de frontal del sistema transportador, soportando el peso total.

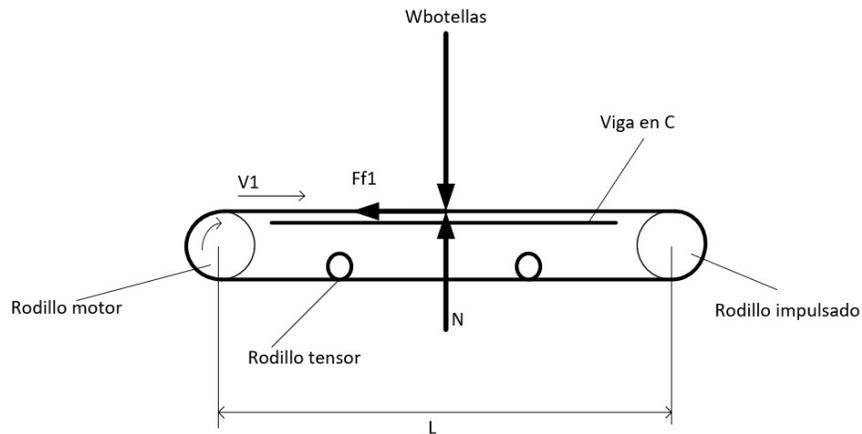


Figura 109. Diagrama de fuerza para el movimiento de botellas

En la figura 109 se observa cómo existe una fuerza de fricción que se genera con el contacto de la banda plana con la viga en C. Para el análisis se tomarán las siguientes consideraciones:

- La Fuerza de fricción de interés es F_{f1} entre la banda y la viga en C.
- El peso total es equivalente al de 4 botellas de 3 litros.

Ya que el peso de una botella es conocido el peso total será:

$$W_{total} = W_{botella} * 4 = 129.103 \text{ N}$$

Conocido el peso total en la banda y conociendo el coeficiente de fricción entre el metal y los materiales tejidos es de 0.35 se puede aplicar la ecuación 33.

$$F_{f1} = 45.18 \text{ N}$$

Conocidas la carga de trabajo a la que será sometida la banda del sistema transportador, se calculará la fuerza de tensión en la banda en V transmisora de

potencia, que parte de la polea impulsada de 127 mm hacia la polea que está conectada a la polea motriz de 50.8 mm.

Haciendo uso de la Ecuación 01, se obtiene la fuerza tangencial:

$$F_t = \frac{45.18 \text{ N} * 0.0381 \text{ m}}{0.0635 \text{ m}} = 27.04 \text{ N}$$

Otro dato importante que se debe rescatar es el torque resultante, para este análisis se utilizó la ecuación 35.

$$T_f = 27.04 \text{ N} * 0.0635 \text{ m} = 1.71 \text{ Nm}$$

Análisis de fuerza cortante y momento flector

Cálculos de las componentes

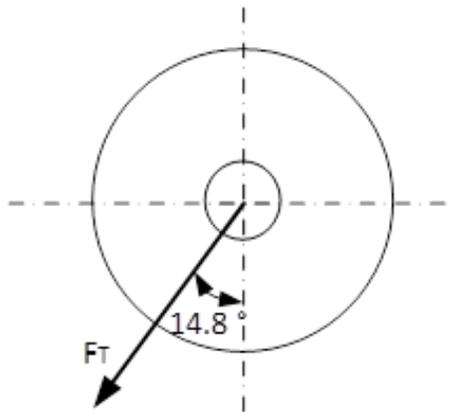


Figura 110. Ángulo de descomposición de la fuerza

Para este análisis es son importantes las tensiones que ejercen las bandas sobre las poleas y por ende sobre el eje, el ángulo de las bandas sobre las poleas

es de 14.8° este brinda las componentes de la fuerza, una sobre el plano z y otro sobre el plano y.

Del análisis anterior se conoce que la fuerza de tensión en las bandas que conectan las poleas es de 27.04 N. La fuerza se puede descomponer en dos planos, el plano xz y xy, Estas componentes se deducen de las componentes del triángulo rectángulo, aplicándoles las siguientes funciones trigonométricas.

$$F_y = F_t * \text{sen}(14.8)$$

$$F_z = F_t * \cos(14.8)$$

La longitud total del eje es de 0.245 m, el primer apoyo se colocó a 0.065m del extremo de la polea, el segundo apoyo se colocó en el extremo opuesto a la polea y la fuerza de fricción calculada anteriormente se colocó en la mitad del rodillo (equidistante de ambos apoyos), únicamente para el plano XZ ya que en ese sentido se dirige la banda.

Plano XZ

La fuerza P_1 es la reacción de la polea en el plano de análisis, P_2 es la reacción F_{r1} generado en la banda.

Mediante la utilización del software MDSolids 4.0 se graficará el diagrama de fuerza cortante y momento flector y encontrar los valores máximos de ambos esfuerzos.

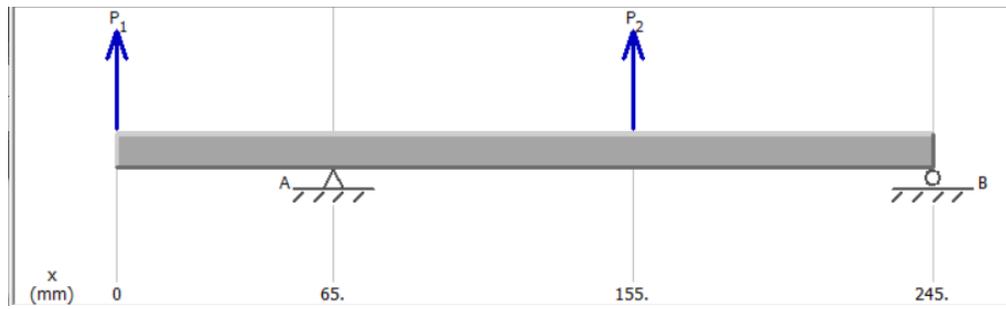


Figura 111. Cargas del plano XZ

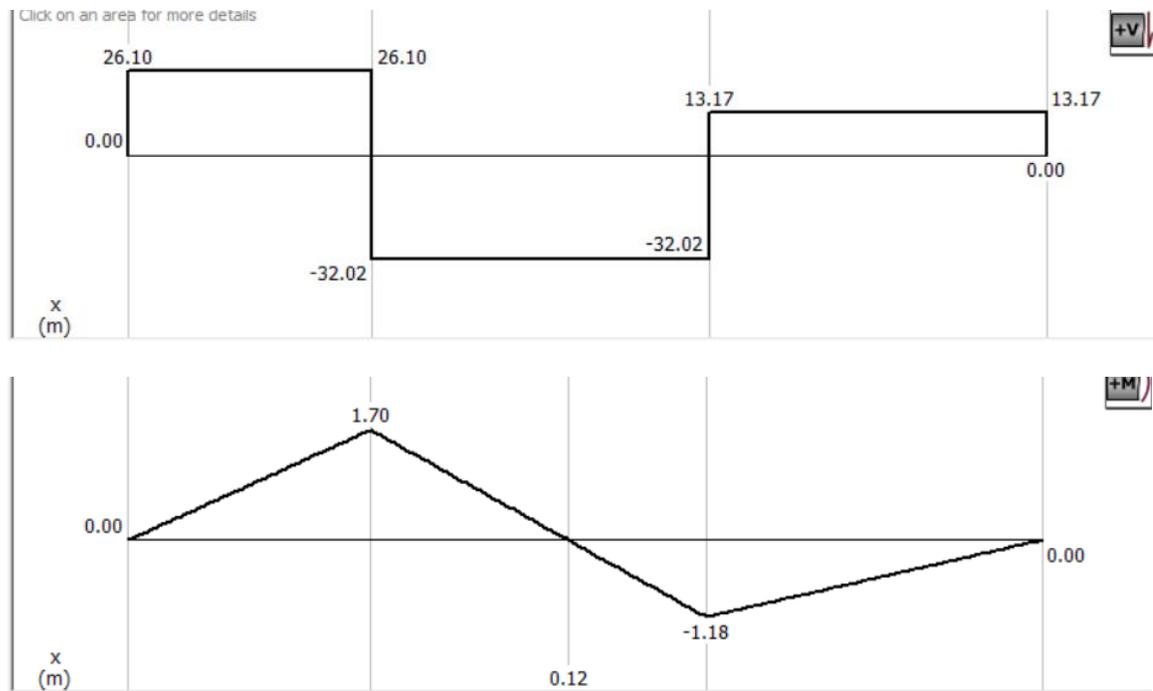


Figura 112. Diagrama de fuerza cortante y momento flector

$$M_A = 1.7 \text{ N.m}$$

$$R_A = 32.02 \text{ N}$$

Plano XY

La fuerza P_1 es la reacción de la polea en el plano de análisis.

Mediante la utilización del software MDSolids 4.0 se graficará el diagrama de fuerza cortante y momento flector y encontrar los valores máximos de ambos esfuerzos.

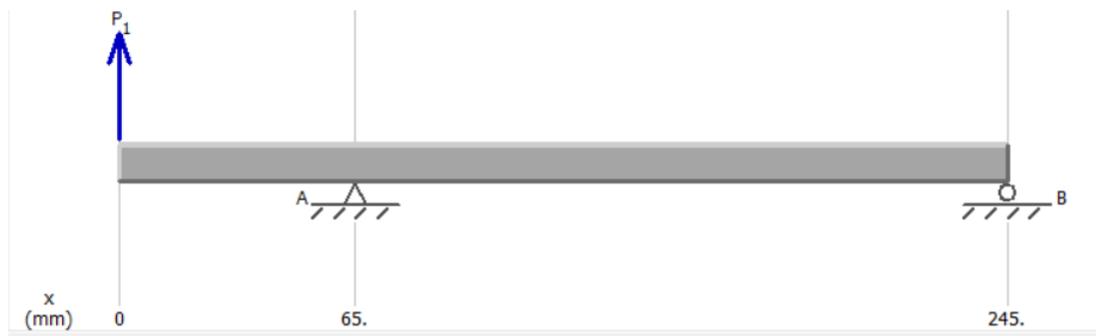


Figura 113. Cargas del plano XY

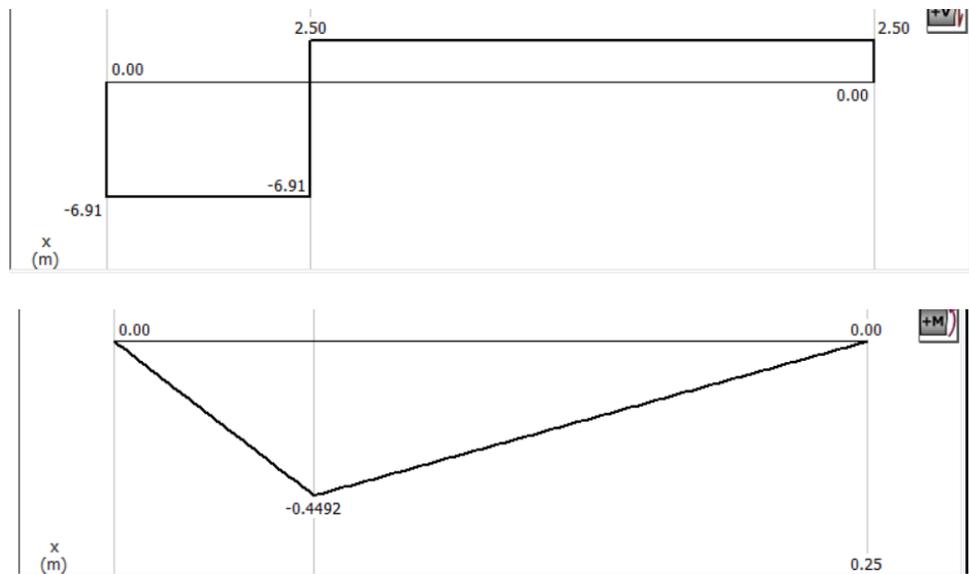


Figura 114. Diagrama de fuerza cortante y momento flector

$$M_A = 0.449 \text{ N.m}$$

$$R_A = 6.91 \text{ N}$$

Al obtener las componentes de momento flector de cada uno de los planos, se obtiene el momento flector resultante de estos mismos, mediante la ecuación 26:

$$M_{\text{maximo}} = 0.84 \text{ N.m}$$

Diseño estático

Para realizar el diseño por resistencia estática se considerarán los siguientes parámetros, teniendo en cuenta que el eje está sometido a esfuerzos por flexión y torsión, por lo que se debe seleccionar un acero que sea comercializable en nuestro medio.

Material: Acero SAE 1020 CD $S_y = 390 \text{ MPa}$ [Anexo 2]

Factor de seguridad: 1.5

Calculando el esfuerzo máximo por flexión, por medio de la ecuación 03:

$$\sigma = \frac{8.64}{d^3}$$

Calculando el esfuerzo máximo por torsión, por medio de la ecuación 23:

$$\tau = \frac{8.74}{d^3}$$

Para determinar el diámetro del eje se empleará la teoría de Von mises a través de la ecuación 24, esta teoría es la más recomendada para estos tipos de casos debido a que toma en cuenta los factores más importantes como la ductilidad de los materiales.

$$\sigma' = \frac{17.43}{d^3}$$

Haciendo uso de la ecuación 04, se despeja el valor de diámetro y obtenemos:

$$d = 0.0040 \text{ m} \cong 4 \text{ mm}$$

Diseño dinámico

Para realizar el diseño del eje por resistencia a fatiga se considerarán los siguientes parámetros:

Material: Acero SAE 1020 CD [Anexo 2]

Numero de ciclos: 331200

Factor de seguridad: 1.5

Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Resistencia a la tensión $S_{ut} = 470 \text{ MPa}$ para el acero SAE 1020 CD

Haciendo uso de la ecuación 05, se obtiene el límite de resistencia a la fatiga:

$$S'_e = 235 \text{ MPa}$$

Utilizando la ecuación 06, se calculará el límite de resistencia:

$$S_e = 70.5 \text{ MPa}$$

La resistencia a la fatiga se calculó a través de la ecuación 07, y utilizando las ecuaciones 08 y 09 se obtiene los valores de “a” y “b”:

$$a = 2538$$

$$b = -0.2594$$

$$S_f = 93.88 \text{ MPa}$$

El diámetro del eje por resistencia a la fatiga se determina a través de la ecuación 10:

$$d = 0.0051m = 5.1mm \cong 6mm$$

El diámetro del eje corresponde a un valor mínimo de 6 mm, sin embargo, por motivos de resistencia estructural y no desperdiciar material, se trabajará con un eje de 19.05 mm. Por lo que eje del sistema de giro de envases queda dimensionado de la siguiente manera:

$$**D_1 = 19.05 mm**$$

$$**L_1 = 245 mm**$$

2.2.3.2 DIMENSIONAMIENTO DE RODILLOS

El sistema transportador cuenta con dos rodillos, entre los cuales se colocará una banda plana; Las botellas se conducirán a través de las guías fijas y móviles hasta llevarlas al sistema de giro de envase.

Cabe mencionar que los dos rodillos tienen las mismas dimensiones generales. El largo de estos rodillos debe ser iguales al de los ejes que los mueven y el diámetro interior debe ser igual al de cada eje, el diámetro exterior de los rodillos debe de ser iguales ya que estarán en contacto con la banda transportadora.

El material del que se harán ambos rodillos es el Nailon 6/10 el cual es un polímero industrial ya que es muy resistente a la corrosión, debido a esto su aplicación es un muy común en la industria. Ambos rodillos cuentan, en sus geometrías, con espacio y cuñas para lograr la transmisión de potencia de una manera eficiente.

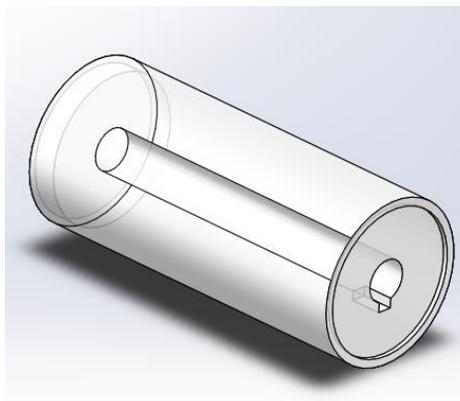


Figura 115. Rodillo motriz del sistema transportador

Ambos rodillos poseen unas geometrías complejas, pero se pueden definir como sus cotas más importantes las siguientes:

$$D_{int} = 19.05 \text{ mm} \quad D_{ext} = 76.2 \text{ mm} \quad L = 135 \text{ mm}$$

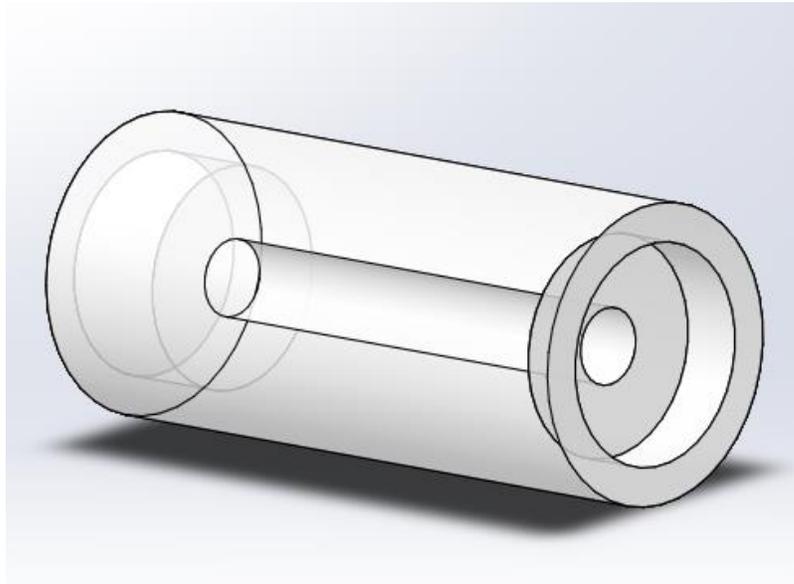


Figura 116. Rodillo impulsado del sistema transportador

2.2.3.3 DIMENSIONAMIENTO DE POLEAS

Para el dimensionamiento de poleas del sistema transportador, se tomarán las mismas dimensiones que las del sistema rebobinador y el sistema giro de envases, ya que estas trabajarán bajo parámetros de diseño similares.

La polea conducida es aquella que está conectada al eje fijo y sus diámetros son:

$$D_{ext} = 127 \text{ mm}$$

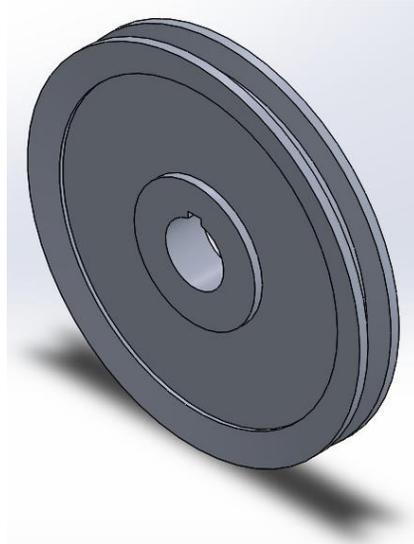


Figura 117. Polea impulsada del sistema transportador

A la polea que está conectada al motor, se le dio el nombre de polea motriz, este tiene las siguientes dimensiones:

$$D_{ext} = 76.2 \text{ mm}$$

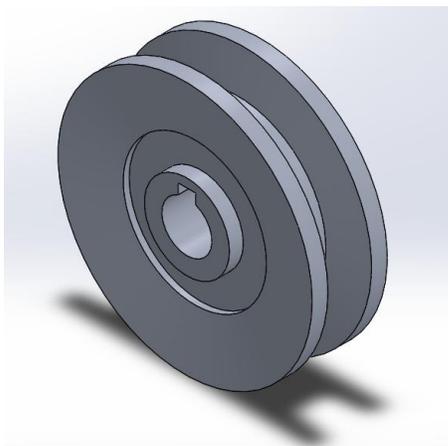


Figura 118. Polea motriz del sistema transportador

2.2.3.4 DIMENSIONAMIENTO DE VIGA EN C

El diseño estructural consiste en seleccionar perfiles o tubos estructurales adecuados, para albergar todos equipos con los que debe contar la banda transportadora para su correcto funcionamiento.

Los elementos que estarán directamente en la viga son los siguiente:

- Botellas a etiquetar
- Guías fijas
- Guías regulables
- Almohada
- Rodillos guías
- Ejes de rodillos guías

Además de soportar la carga de otros elementos que componen al sistema transportador tales como:

- Polea motriz
- Chumaceras
- Eje motriz
- Eje conducido
- Soportes de la almohada
- Soportes de las guías fijas y regulables

La viga es a base de un perfil en C para evitar que se flexione debido a la carga que presenta. Además de tener en cuenta las perforaciones que lleva para anclar todos los elementos a ella.

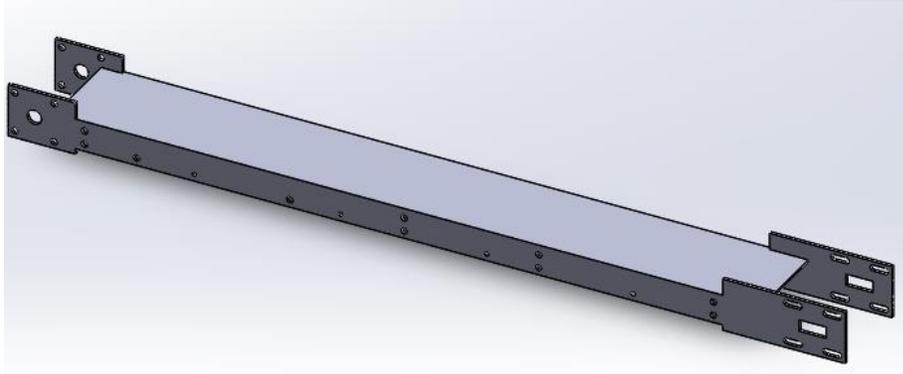


Figura 119. Viga principal



Figura 120. Vista lateral de viga principal

La viga está formada del perfil en C y de las bases para soportar el eje motriz y el eje conducido.

Con sus respectivas medidas para las chumaceras.

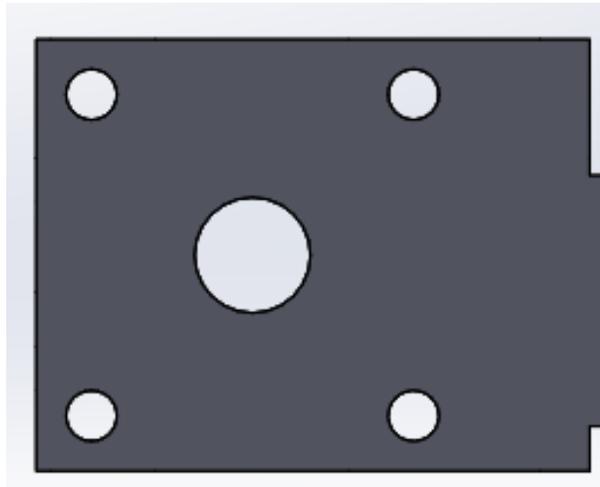


Figura 121. Placa soporte de eje motriz

Esta placa contiene las chumaceras, los rodamientos del eje motriz, en el cual a su vez tiene en un extremo la polea encargada de transmitir la potencia del motor hacia el sistema.

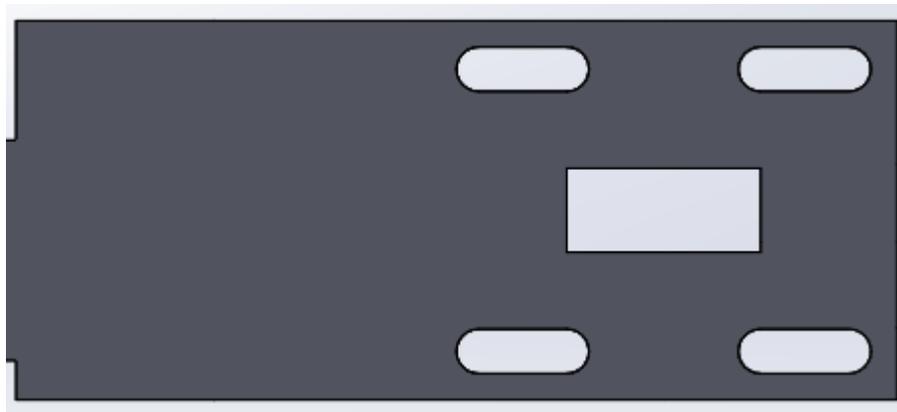


Figura 122. Placa soporte de eje conducido

Esta placa soporte es la que contiene las chumaceras, rodamientos y el eje conducido, a diferencia de la placa del eje motriz esta cuenta con una sección la cual permite el ajuste de la tensión de la banda transportadora.

El perfil en C en la cara frontal contiene un proceso de taladrado para realizar las perforaciones con el objetivo de anclar las bases de la almohada y de las guías fijas y regulables.



Figura 123. Vista frontal de viga principal

Contiene tres tipos de perforaciones, de las cuales la primera consta de ocho perforaciones de 10.08 mm de diámetro para anclar mediante pernos arandelas y tuercas la estructura del sistema transportador.



Figura 124. Perforaciones para estructura

Las siguientes perforaciones son cuatro de 10.08 mm de diámetro para anclar las bases de la almohada.



Figura 125. Perforaciones para almohada

El otro tipo de perforaciones consta de cuatro agujeros, dos en el frente del perfil y los otros dos por la parte de atrás del perfil.

En la parte trasera del perfil contiene el anclaje de las bases para las guías fijas del sistema transportador. En la parte frontal del perfil contiene el anclaje de las bases para las guías regulables de dicho sistema.

Y por último las perforaciones para colocar los ejes de los rodillos guías de la banda transportadora, los cuales constan de un diámetro de 6.76 mm.

2.3.3.5 DIMENSIONAMIENTO DE ALMOHADA

La almohada es una placa rectangular en donde se van a apoyar los envases en el momento en que son ubicadas las etiquetas. Esta ejerce presión a la botella contra el sistema giro de envases el cual es el que hace girar a la botella, dicha almohada se ajusta según el diámetro que tenga la botella a etiquetar por medio de varillas roscadas, fijadas en una base que está anclada a la viga principal del sistema transportador.

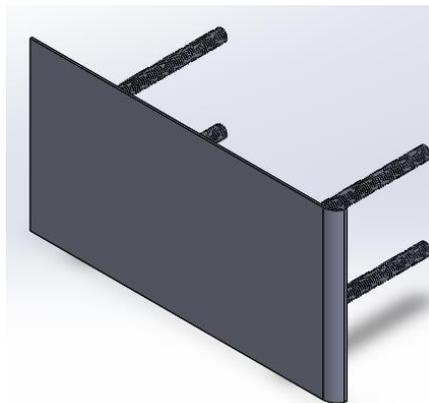


Figura 126. Almohada

El diseño de este elemento del sistema transportador se ha seleccionado teniendo en cuenta el peso de la lámina que se utilizará, con una pequeña curva en el extremo por donde inicia el proceso de etiquetado tal como lo muestra la figura 127.



Figura 127. Sección en planta de almohada

La sujeción en las bases es por medio de tuercas en cada una de las varillas roscadas, además dicha almohada cuenta con un recubrimiento de goma para evitar deslizamiento entre la misma y la botella.

Peso de la placa rectangular

Para calcular el peso de la placa rectangular se considerarán las dimensiones de la placa en base al tamaño de botellas estándares y de la banda que compone al sistema giro de envases, de tal manera que el contacto entre la botella y esta misma, permita un giro uniforme para adquirir la calidad de adherencia en la etiqueta y que además se pueda obtener un etiquetado de acuerdo a los requerimientos del producto.

Las dimensiones de esta placa son las siguientes 330 mm x 180 mm x 2.38 mm.

Para el cálculo del peso se utilizará la ecuación:

$$W = \frac{L \times A \times e \times 7.85}{10^6} \times 9.81 \quad (\text{Ec. 36})$$

Donde:

“W” es el peso total de la placa rectangular expresada en N.

“L” es la longitud de la placa expresada en mm.

“A” es el ancho de la placa expresada en mm.

“e” es el espesor de la placa expresada en mm.

Sustituyendo los datos de la placa a través de la ecuación 36 obtenemos:

$$W = 10.88 \text{ N}$$

Este valor servirá para determinar el peso que soportará cada varilla, dado que el sistema de sujeción está compuesto por cuatro varillas roscadas.

El peso en cada varilla roscada se determinará dividiendo el valor del peso total entre cuatro, presentado de la siguiente manera:

$$W_v = \frac{W}{4} \quad (\text{Ec. 37})$$

Donde,

“W_v” es el peso en cada varilla roscada expresada en N.

“W” es el peso total de la placa rectangular expresada en N.

$$W_v = 2.72 \text{ N}$$

Determinando así que el peso que soportará cada varilla es de 2.72 Newton, valor que se utilizará para calcular el diámetro de la varilla roscada.

Como los cuatro brazos son de las mismas dimensiones, el diseño se realizará a un solo brazo considerando la longitud máxima del mismo. El brazo se analizará como una viga en voladizo con una carga puntual en el extremo.

La carga puntual será W_v (P_1).

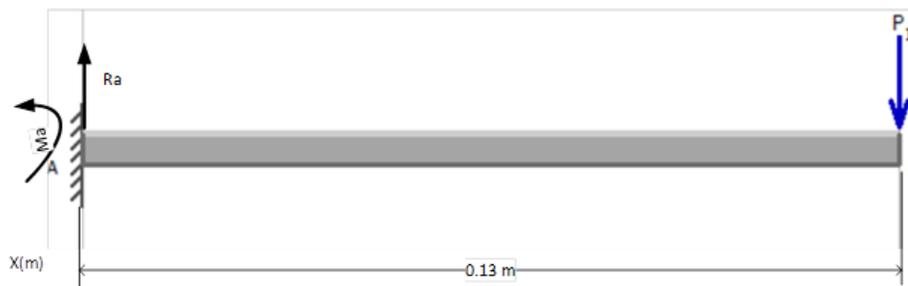


Figura 128. Brazo en voladizo de la almohada

En base a la viga dibujada se deben encontrar las reacciones en A, a partir de la ecuación 01 y 02.

$$M_A = 0.3536 \text{ N.m}$$

$$R_A = P_1 = 2.72 \text{ N}$$

Ahora que se tienen las reacciones en cada punto, se procede a realizar el diagrama de fuerza cortante y momento flector por medio del software MDSolids 4.0.

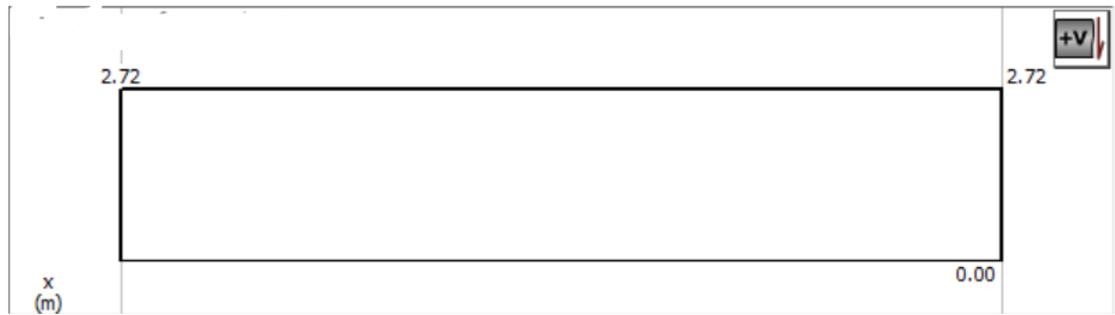


Figura 129. Diagrama de fuerza cortante del brazo de la almohada

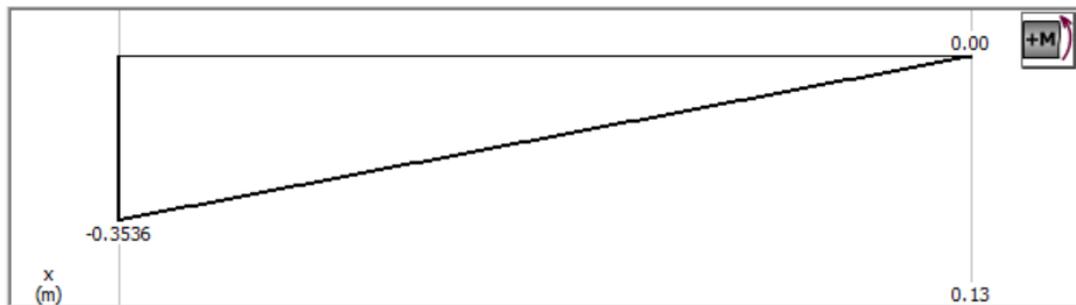


Figura 130. Diagrama de momento flector del brazo de la almohada

Para calcular el diámetro de la varilla se debe considerar un factor de seguridad de 5.

Esfuerzo máximo por flexión

Calculando el esfuerzo máximo por flexión, por medio de la ecuación 03:

$$\sigma = \frac{3.6}{d^3}$$

Por análisis de cargas estáticas y factor de seguridad

Haciendo uso de la ecuación 04, se despeja el valor de diámetro y se obtiene:

$$d = \sqrt[3]{\frac{3.6 n}{S_y}}$$

Para el S_y se considerará el material ASTM A 36 con un valor de 250 MPa.

$$d = \sqrt[3]{\frac{3.6(5)}{250 \times 10^6}} = 4.16 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Luego de haber determinado el diámetro del brazo y viendo la disponibilidad de ejes roscados comercializables en el medio, se seleccionó una varilla roscada 7.93 mm (5/16 pulg) con la finalidad de poder regular la distancia, ya que esta depende del diámetro de la botella que se va a etiquetar.

2.3.3.6 DIMENSIONAMIENTO DE GUÍAS FIJAS

Durante el recorrido que tendrá la botella por toda la banda transportadora, deberá seguir una trayectoria sobre una línea fija, es decir, que no se mueva por lo ancho de la banda. Para esto el sistema transportador cuenta con un sistema de guías, encargados precisamente de que la botella avance en línea recta hasta entrar directamente al proceso de etiquetado en el sistema de giro de envases.

El sistema consta de guías fijas y guías regulables, por lo cual se definirá en esta sección las guías fijas.



Figura 131. Fragmento de guía fija

El sistema posee dos guías fijas considerando que la máquina puede etiquetar botellas cilíndricas con capacidades de volumen diferente y estas guías deben ser capaces de ajustarse a cualquier altura de botella.

Su sistema de sujeción es por medio de tuercas, acopladas en una longitud corta de varilla roscada, que a su vez se acoplan a una base proveniente de la viga principal.



Figura 132. Base de las guías

El material del cual están fabricadas consta de una platina de 1/8 pulg x 1/2 pulg de acero inoxidable ASIS 304 con una longitud de 420mm.

Quedando el sistema fijo de la siguiente manera.



Figura 133. Guías fijas

2.3.3.7 DIMENSIONAMIENTO DE GUÍAS REGULABLES

Las guías de envases son las encargadas de proporcionar estabilidad a las botellas en su camino hacia el sistema giro de envases, estas evitarán que las botellas se derramen; dichas guías son las responsables de que las botellas se introduzcan en orden hacia la etapa de etiquetado, ambas guías estarán hechas de una platina de 1/8 pulg x 1/2 pulg y 500 mm de longitud total.

Las platinas están fijadas a través de varillas roscadas, esto con el fin de poder ser regulables, dependiendo de las dimensiones de las botellas que se quieren etiquetar, los diámetros de dichas varillas serán críticos al momento de

soportar las guías, es por esta razón que se procederá a diseñar el diámetro mínimo necesario para dichas varillas roscadas.

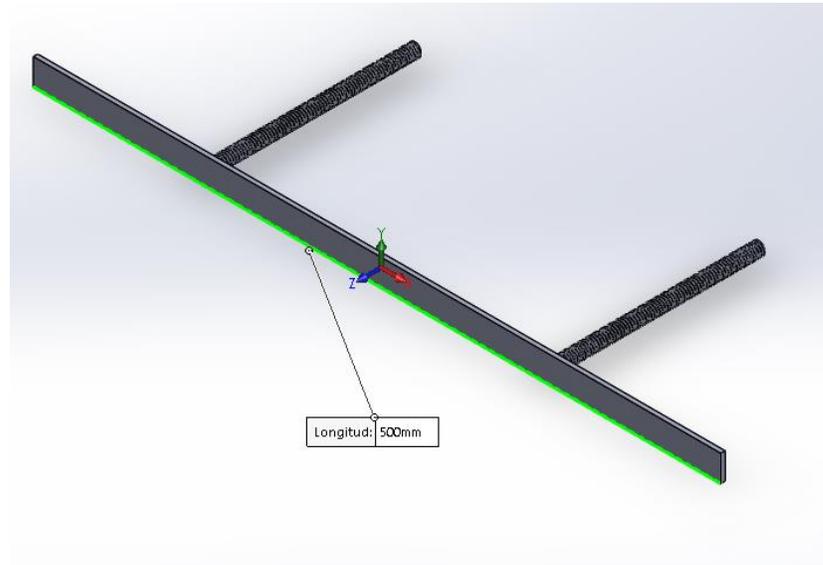


Figura 134. Guía regulable

De igual manera que los sistemas anteriores, se medirá el peso total de las platinas para poder calcular el diámetro de las varillas roscadas que serán necesarias en la máquina para una fijación correcta.

Sustituyendo los datos de la platina aplicando la ecuación 36 se obtiene:

$$W = 2.61 \text{ N}$$

Dando un peso en Newton de 2.61, este peso será soportado por dos varillas, como se muestra en la Figura 134, es importante conocer el valor que soportará cada varilla, es por eso por lo que el valor se dividirá entre la cantidad de piezas de sujeción así:

$$Wv = \frac{W}{2} \tag{Ec. 38}$$

Donde:

“ W_v ” es el peso en cada varilla roscada expresada en N.

“ W ” es el peso total de la placa rectangular expresada en N.

$$W_v = \frac{2.61}{2}$$

$$W_v = 1.30 \text{ N}$$

Para el análisis se considerará el peso de una sola varilla y que dicha viga se tomará como una viga en voladizo con una carga puntual en su extremo.

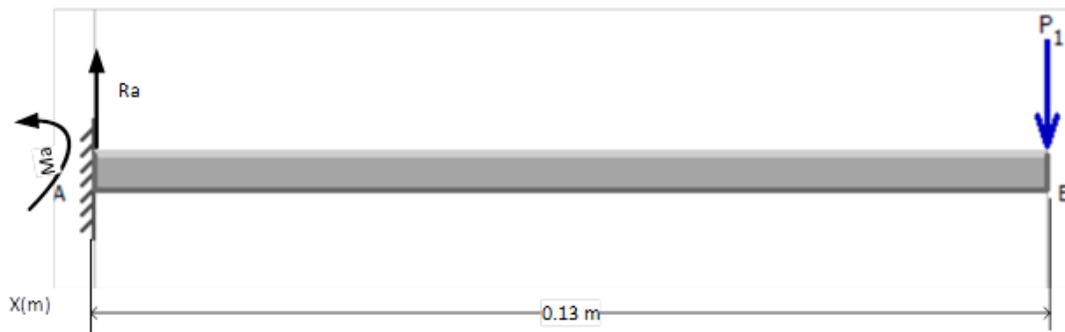


Figura 135. Varilla en voladizo de la guía regulable

En base a la viga dibujada se encontrarán las reacciones en A, a partir de la ecuación 01 y 02.

$$M_A = 0.169 \text{ N.m}$$

$$R_A = P1 = 1.3 \text{ N}$$

Al tener las reacciones en cada punto se procede a realizar el diagrama de fuerza cortante y momento flector por medio del software MDSolids 4.0.

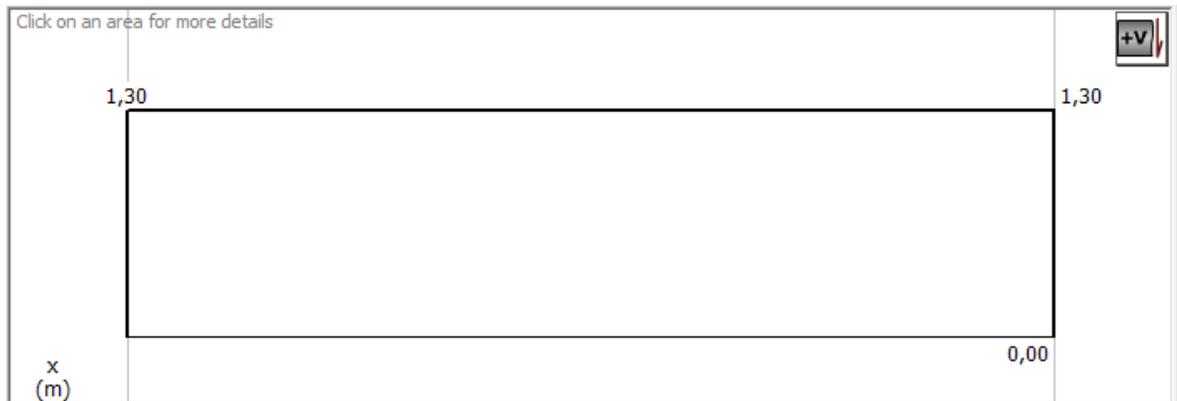


Figura 136. Diagrama de fuerza cortante de la varilla

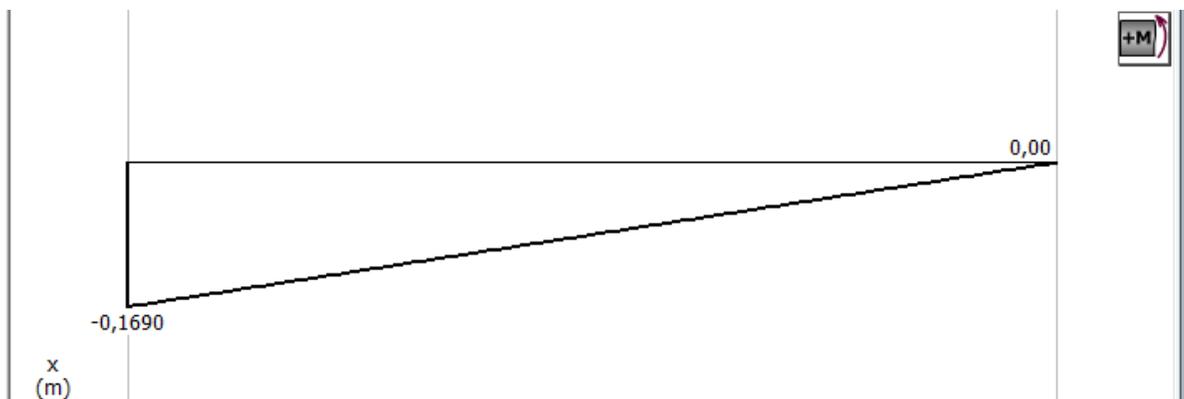


Figura 137. Diagrama de momento flector de la varilla

Para calcular el diámetro de la varilla se considerará un factor de seguridad de 5.

Esfuerzo máximo por flexión

Calculando el esfuerzo máximo por flexión, por medio de la ecuación 03:

$$\sigma = \frac{1.72}{d^3}$$

Por análisis de cargas estáticas y factor de seguridad

Haciendo uso de la ecuación 04, se despeja el valor de diámetro y se obtiene:

$$d = \sqrt[3]{\frac{1.72 * n}{S_y}}$$

Para el S_y se considerará el material acero inoxidable AISI 304 con un valor de 235 MPa.

$$d = \sqrt[3]{\frac{3.6(5)}{250 \times 10^6}} = 3.3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Para la selección de varilla, se seleccionará la misma que para la almohada por cuestiones de practicidad y de mantener los mismos estándares en el diseño de la máquina, partiendo del hecho que la varilla de 7.93 mm (5/16 pulg) es más que suficiente para soportar el peso de la guía.

Las bases de las guías son exactamente iguales que las de las guías fijas, tomando unas dimensiones de 1/8 pulg x 1/2 pulg ASTM A-36 y una longitud de 420 mm.

Quedando el sistema regulable de la siguiente manera:

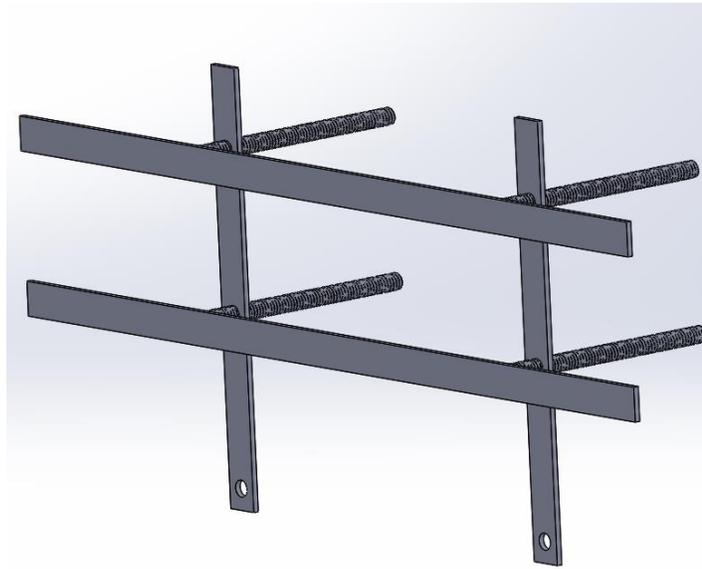


Figura 138. Guías regulables

2.3.3.8 DIMENSIONAMIENTO DE SOPORTES

Los soportes de la máquina son la parte donde descansará todo el peso ejercido por el sistema transportador de envases, incluida la viga principal, motor y poleas, es por esto que debe ser una selección de perfiles lo suficientemente fuertes para soportar dicha carga. Es importante mencionar que cada uno de estos soportes se ubican en los extremos de la viga para sostener correctamente todo el peso ejercido por la misma.

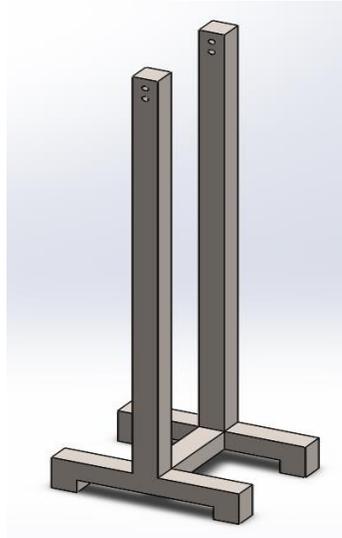


Figura 139. Soporte izquierdo

Ambos soportes tienen una forma similar con la salvedad de que el segundo soporte tiene un recorte en uno de sus soportes inferiores, esto debido a que se acople con la base de la mesa.

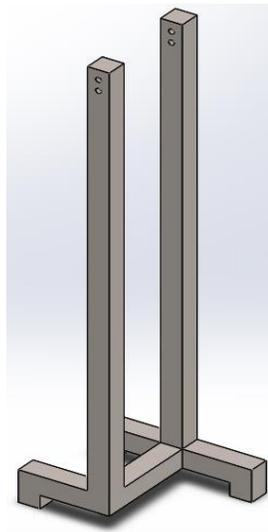


Figura 140. Soporte derecho

Ambas piezas estarán soldadas en sus respectivas zonas, además de una serie de perforaciones en su parte superior para lograr la sujeción con la viga principal y darles soporte a todos sus partes.

2.2.4 ESTRUCTURA

La estructura de la máquina etiquetadora es la base de todos los componentes y sistemas que este comprende, como lo son la banda transportadora, sistema dispensador de etiquetas y sistema giro de envases. A dichas estructura se le acoplarán láminas de acero inoxidable, de calibre 22, 0.8 mm de espesor a sus alrededores, para así cubrir los componentes internos que llevara la máquina, como sistemas de control, motores, poleas, etc.

Dicha estructura está constituida por tubo negro cuadrado de 1 1/2 pulg, chapa 16. Se seleccionó este material debido a su bajo precio y disponibilidad en el mercado, considerando que este cumpla con las propiedades mecánicas requeridas para su selección.

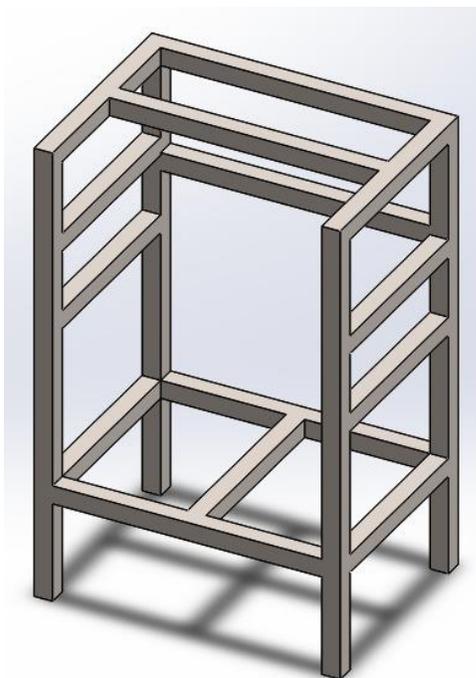


Figura 141. Estructura de la máquina

En la parte superior de la estructura, se encuentra la placa base, la cual es de acero inoxidable AISI 304 con 4 mm de espesor. En esta base se encuentra instalado el sistema dispensador de etiquetas junto con el sistema de giro de botellas.

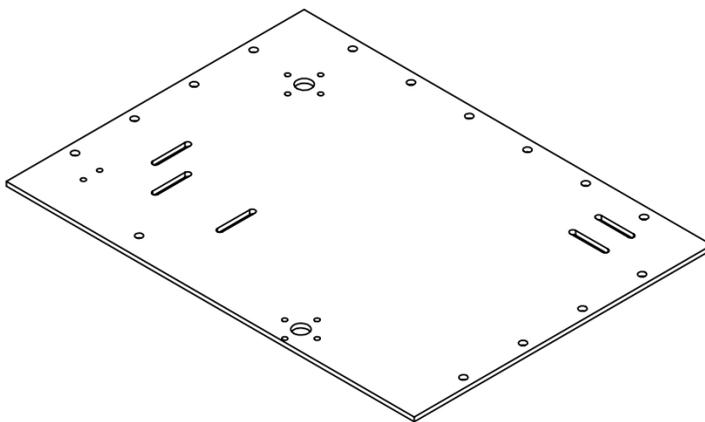


Figura 142. Placa base

3. PROPUESTA DE DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control de la máquina etiquetadora de botellas es el encargado de accionar dicha máquina, así como controlar los parámetros de funcionamiento y el proceso de etiquetado y detener la máquina ya sea por haber cumplido la producción o en el caso de alguna falla o desabastecimiento de material, en este caso ya sea etiqueta o falta de botellas, este procedimiento de control se hace a través de un dispositivo, que para este caso es un PLC (controlador lógico programable), el cual consta de diversas partes que permiten controlar movimientos o acciones a través de los parámetros de funcionamiento.

La máquina etiquetadora de botellas se controlará a partir de la señal enviada por sensores, los cuales indicarán el abastecimiento de botellas y del rollo de etiquetas, estas señales se analizarán dentro del CPU del controlador para poder enviar el accionamiento de los motores de los sistemas que constituyen la máquina etiquetadora.

Este sistema permitirá que la máquina sea eficiente en producción ya que está diseñada para que el producto final cumpla los estándares de calidad, tomando en cuenta el posicionamiento correcto y nivelado de la etiqueta.

Para el sistema de control se utilizan diferentes dispositivos los cuales se detallan a continuación:

3.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL

- PLC (Controlador Lógico Programable)

Este elemento es el más importante del sistema de control ya que el almacena la secuencia de los movimientos y señales de entrada al sistema para que ejecute el proceso de etiquetado.

Considerando las variables que el sistema de control de la máquina etiquetadora va a procesar, se seleccionó un PLC el cual en su módulo tenga la cantidad de entradas y salidas que se necesitarán.

Para este sistema se tienen las siguientes entradas y salidas:

Entradas:

- Accionamiento de la máquina.
- Apagado de la máquina.
- Paro de emergencia.
- Sensor de botellas.
- Sensor de etiquetas.

Salidas:

- Variador de frecuencia de motor de sistema de giro de envases.
- Variador de frecuencia de motor de sistema rebobinador.

- Variador de frecuencia de motor de banda transportadora.

Por lo que se controla cinco entradas y tres salidas, en base a este análisis de variables se selecciona un PLC S7-1200 del cual se muestran sus características.

CPU S7-1200

La CPU S7-1200 incorpora en una carcasa compacta un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y de salida que conforman un potente Micro-PLC. Tras haber cargado el programa en el S7-1200, éste contendrá la lógica necesaria para supervisar y controlar los aparatos de entrada y salida de la aplicación.

La CPU combina los siguientes elementos, además de otros, en una caja compacta para crear un controlador potente:

- Microprocesador
- Una fuente de alimentación integrada
- Circuitos de entrada y salida
- PROFINET incorporado
- E/S de Motion de control rápidas

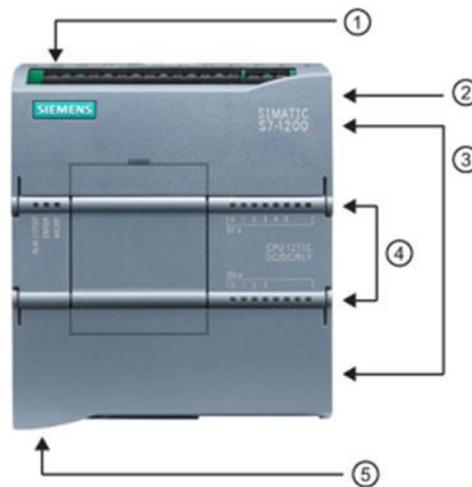


Figura 143. CPU S7-1200 [34]

1. Conector de corriente alterna a 120 V.
2. Ranura para la tarjeta de memoria.
3. Conectores extraíbles para el cableado.
4. LEDs de estado para las E/S integradas.
5. Conector PROFINET.

Existen diferentes modelos de CPUs S7-1200, que ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones para crear soluciones efectivas de automatización destinadas a numerosas aplicaciones.

Dado que ya se conoce el número de entradas y salidas de nuestra máquina etiquetadora, se selecciona el modelo S7-1214, el cual cumplen con los requerimientos para controlar el sistema.

Para la alimentación eléctrica del PLC se utiliza corriente alterna (AC), la CPU dispone de una fuente de alimentación interna que suministra energía eléctrica a la CPU, los módulos de señales y los módulos de comunicación, así como otros consumidores de 24 V DC.

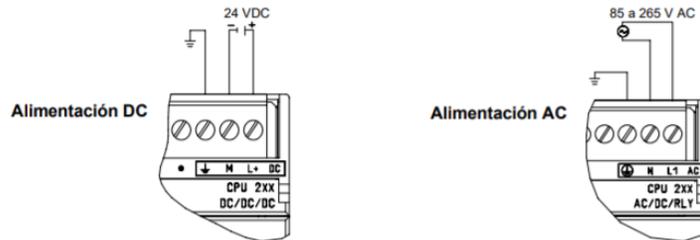


Figura 144. Tipos de alimentación eléctrica para PLC

La programación del PLC se realiza a través de un software del sistema el cual es TIA Portal V16.

Este software puede ser programado en diferentes lenguajes los cuales son:

- KOP (esquema de contactos): El editor KOP visualiza el programa gráficamente, de forma similar a un esquema de circuitos. Los programas KOP hacen que el programa emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez, habilitan condiciones lógicas de salida. Como se muestra en la figura 145.

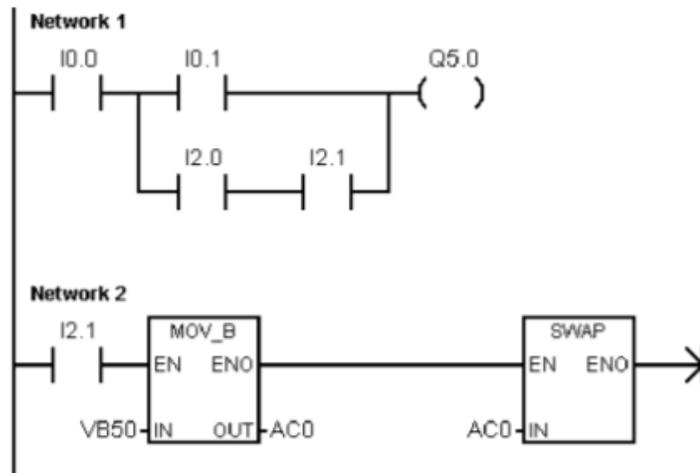


Figura 145. Lenguaje KOP [35]

- FUP: El editor FUP visualiza el programa gráficamente, de forma similar a los circuitos de puertas lógicas. En FUP no existen contactos ni bobinas como en el editor KOP, pero sí hay operaciones equivalentes que se representan en forma de cuadros.

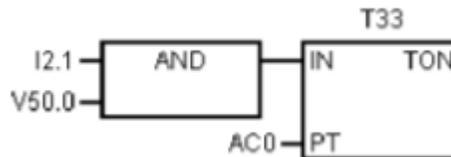


Figura 146. Lenguaje FUP [36]

- SCL (lista de instrucciones): El editor SCL visualiza el programa textualmente. Permite crear programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones. El editor SCL sirve para crear ciertos programas que, de otra forma, no se podrían programar con los editores KOP ni FUP. Ello se debe a que SCL es el lenguaje nativo del S7-1200, a diferencia de los editores gráficos, sujetos a ciertas restricciones para poder dibujar los diagramas correctamente.

```

LD    I0.0    //Leer una entrada
A     I0.1    //AND con otra entrada
=     Q1.0    //Escribir el valor en la salida 1

```

Figura 147. Lenguaje SCL

- Sensor de botella

Para esta parte de la máquina será necesario seleccionar el sensor correcto que vaya de acuerdo con la necesidad de diseño y que cumpla exitosamente la función que se proporciona.

BEN10M-TDT

Es un sensor de tipo detección, del tipo barrera distancia con una fuente de luz LED infrarrojo. Cuenta con un tiempo de respuesta máxima de 1 ms, alimentación entre 12-24 V +10%, el material del cuerpo de ambas piezas es de acrilonitrilo butadieno estireno, haciendo que este sea resistente al calor y evita fallas ante condiciones adversas.



Figura 148. Sensor BEN10M-TDT [37]

- Sensor de etiquetas

El sensor de etiqueta tendrá la función de identificar si la máquina cuenta con un rollo de etiquetas para poner en marcha el equipo, por lo tanto, se hará uso de un sensor óptico el cual medirá el diámetro del rollo, parámetro que ayudara a regular la velocidad a la cual se colocaran las etiquetas.

Para cumplir con las necesidades de los parámetros de diseño y poder adaptarse al diseño del equipo, se seleccionó el siguiente sensor:

KELIER- M18

Es un sensor óptico de tipo difuso, el cual tiene una distancia de detección de 7-30 cm ajustable. De igual manera cuenta con un tiempo de respuesta máxima de 2 ms y trabaja con una alimentación entre 6–36 V.



Figura 149. Sensor de etiqueta KELIER-M18 [38]

MILLTRONICS TASS

El sensor de velocidad de brazo arrastre TASS es un sensor de velocidad compacto de perfil bajo accionado por rueda para cintas de retorno. El TASS

tiene un conjunto rueda de sensor y brazo de arrastre que se mueve a lo largo de la cinta de retorno. La rueda del sensor gira alrededor de un eje fijo en el brazo de arrastre. El interruptor de proximidad interno detecta la rotación de la rueda, generando una señal proporcional a la velocidad de la cinta. La señal de salida se transmite por cable hasta el integrador para calcular la velocidad del producto transportado.

Con un detector de proximidad se detecta el giro de la rueda de cinco radios.



Figura 150. Sensor de velocidad de rotación [39]

- Variadores de frecuencia

Estos elementos tienen la función de controlar la velocidad de los motores instalados, es por eso que son considerados como controladores en el diseño. Es importante mencionar que se colocarán 3 diferentes variadores de frecuencia, uno por cada motor que utiliza la máquina.

Estos dispositivos electrónicos permiten el control completo de motores eléctricos de inducción. Estos elementos son capaces de controlar la velocidad de los motores, sobre-velocidad (es hacerlos girar por encima de la velocidad nominal), par motriz y tensiones de arranque inicial.

Para las necesidades del diseño se selección el siguiente variador de frecuencia:

SINAMICS G110

Este es un variador de frecuencia simple que se ocupa para aplicaciones sencillas como bombas, ventiladores y especialmente sistemas de embalaje. Es un variador de frecuencia con funcionalidad básica compacto que funciona en redes monofásicas de 200 a 240 V, trabaja con control de tensión y frecuencia.

Cuenta con grado de protección IP20 para prevenir cualquier falla por condiciones adversas y admite potencias desde 0.5 HP por lo que es ideal para los motores que se han seleccionado. Además, cuenta con 3 entradas digitales y una analógica y cuenta con 1 salida digital dirigida al motor, suficientes para los propósitos explicados anteriormente.



Figura 151. Variador de frecuencia SINAMICS G110 [40]

VELOCIDAD DEL MOTOR REBOBINADOR

La velocidad con la que el desperdicio es recogido por el sistema rebobinador debe ser constante para garantizar un etiquetado con los requerimientos de calidad.

Dicha velocidad será registrada por el sensor TASS antes especificado. Este elemento está colocado de tal manera que el desperdicio haga girar la rueda de cinco radios mientras el sistema rebobinador lo recoge.

Ya que el diámetro del rollo de desperdicio aumenta mientras más botellas sean etiquetadas, se debe disminuir la velocidad angular del motor de este mismo.

Cuando la velocidad del desperdicio aumenta el voltaje de señal del TASS aumenta, el PLC registra este voltaje, el cual tiene un valor especificado en base

al diámetro de botella que se desea etiquetar, y este mismo dispositivo de control se encarga de modificar la señal al variador de frecuencia para que este disminuya la velocidad angular del motor rebobinador.

De esta forma el desperdicio durante el proceso siempre mantiene su velocidad constante.

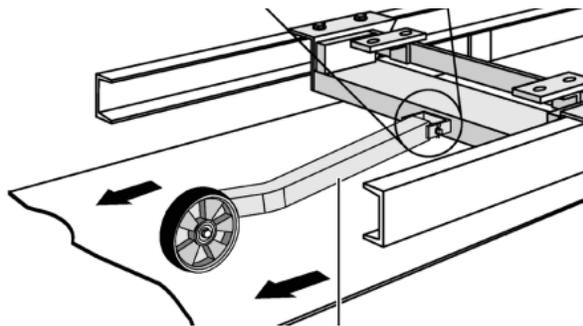


Figura 152. Montaje del sensor TASS [41]

3.2 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL SISTEMA DE CONTROL

Para iniciar el proceso de etiquetado se debe energizar el sistema, el cual se alimentará con 220 V AC para los motores de los diferentes sistemas, para la alimentación del PLC se utilizará un voltaje de 120 V, como se presenta en el siguiente diagrama unifilar:

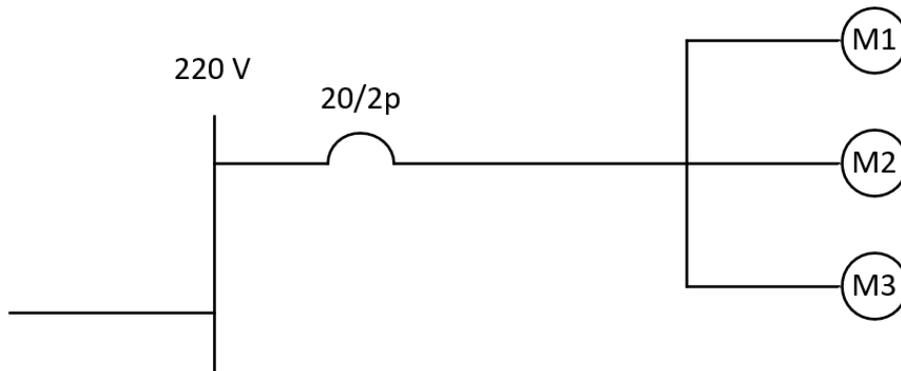


Figura 153. Diagrama unifilar del sistema de control

El cálculo de los alimentadores y protecciones del sistema se tomará en base a la corriente de 3 motores monofásicos de 1/2 hp conectados en paralelo, siendo estos de arranque secuencial.

Para el cálculo de las protecciones y alimentadores, se considerarán factores de utilizaciones en las corrientes nominales de cada equipo, por lo que sus valores correspondientes se presentan a continuación:

Circuito 1: Motores de arranque secuencial

$$I_{motor} = 4.9 A \text{ [Anexo 10]}$$

Calculando las protecciones de los 3 motores tenemos, considerando un factor de seguridad:

$$I_T = 2I_{motor1} + I_{motor2} + I_{motor3}$$

$$I_T = 2(4.9) + (4.9) + (4.9)$$

$$I_T = 19.6 A$$

Se seleccionará una protección de 20A/2p, y según tablas [Anexo 11] la alimentación del circuito será de 2 # 12 + 1 # 12 AWG THHN.

De igual manera se tomará en consideración los siguientes componentes del sistema eléctrico del equipo de control:

- Contactores

Un contactor está formado por una bobina y unos contactos, que pueden estar abiertos o cerrados, y que hacen de interruptores de apertura y cierre de la corriente en el circuito. En otras palabras, es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos.

Evaluando los distintos componentes en el mercado, se seleccionó el siguiente modelo de contactor.

PACKARD-C230C

Contactor con una de bobina de 208/240. Cuenta con 2 polos a 30 Amperes.



Figura 154. Contactores PACKARD-C230C [42]

- Motores

Los motores son los actuadores principales de la máquina, ya que estos le darán el movimiento a todas las piezas para que el etiquetado sea posible. Los tipos de motores son bastantes y las clasificaciones son igual de extensas, pero, por cuestiones de practicidad y por requerimientos de la máquina, se seleccionarán unos motores que rayan lo básico o lo sencillo debido al poco requerimiento de potencia calculados en capítulos anteriores.

Dichos motores serán controlados por los variadores de frecuencia, mencionados anteriormente, por lo que la complicidad entre estos dos elementos es esencial para un buen funcionamiento. Al igual que los variadores de frecuencia se colocarán 3 motores uno por cada sistema: sistema de giro de envase, sistema rebobinador y sistema transportador.

Motor Eléctrico BALDOR L3505

Este es un motor de la marca Baldor, tiene una potencia de 0.5 HP con una velocidad de salida de 1140 RPM, son motores monofásicos con una carcasa tipo cerrada y con una variabilidad de voltaje entre 115/230 V, con un factor de servicio de 1.25. Este tipo de motores son ideales trabajar con pequeñas cargas como equipos de embalajes y otras aplicaciones que requerían cantidades mínimas de potencias al igual que bajas revoluciones en la salida.



Figura 155. Motor eléctrico modelo L3505 [43]

3.3 SECUENCIA DE ETIQUETADO

Una vez este alimentada eléctricamente la máquina se tendrá el control de la botonera de esta misma.

El proceso de etiquetado inicia censando en el sistema desbobinador para asegurarse de la presencia de etiquetas, si no hay etiquetas el sistema de la banda transportadora no inicia su función, si hay etiquetas se procede a dar paso a que la banda transportadora comience a funcionar, esto con un temporizador, ya que si al cabo de unos segundos si el sensor de botellas no censa la presencia de ellas el sistema debe detenerse.

Si hay presencia de botellas la banda transportadora sigue con su funcionamiento, la botella pasa a través de la placa separadora de etiquetas y desperdicio, se adhiere una pestaña de la etiqueta a la botella y luego llega al

sistema giro de envases el cual se encarga de rotar la botella y por la presión ejercida por la banda, la etiqueta se adhiere a la botella completamente y esta sale del sistema ya etiquetada.

El sistema rebobinador y el de giro de envases se activan luego de que los dos sensores, el de botellas y el de etiquetas, hayan censado.

3.3.1 CIRCUITO DE CONTROL

Toda la secuencia de etiquetado es controlada por una serie de elementos (actuadores, controladores, fuentes de energía, etc.), colocados de manera tal que pueda cumplir las tareas especificadas. Cabe mencionar que se ocupó la ayuda del programa CADeSIMU, se decantó por este programa por la variedad de elementos que permite ocupar, principalmente por los variadores y sensores que ofrece.

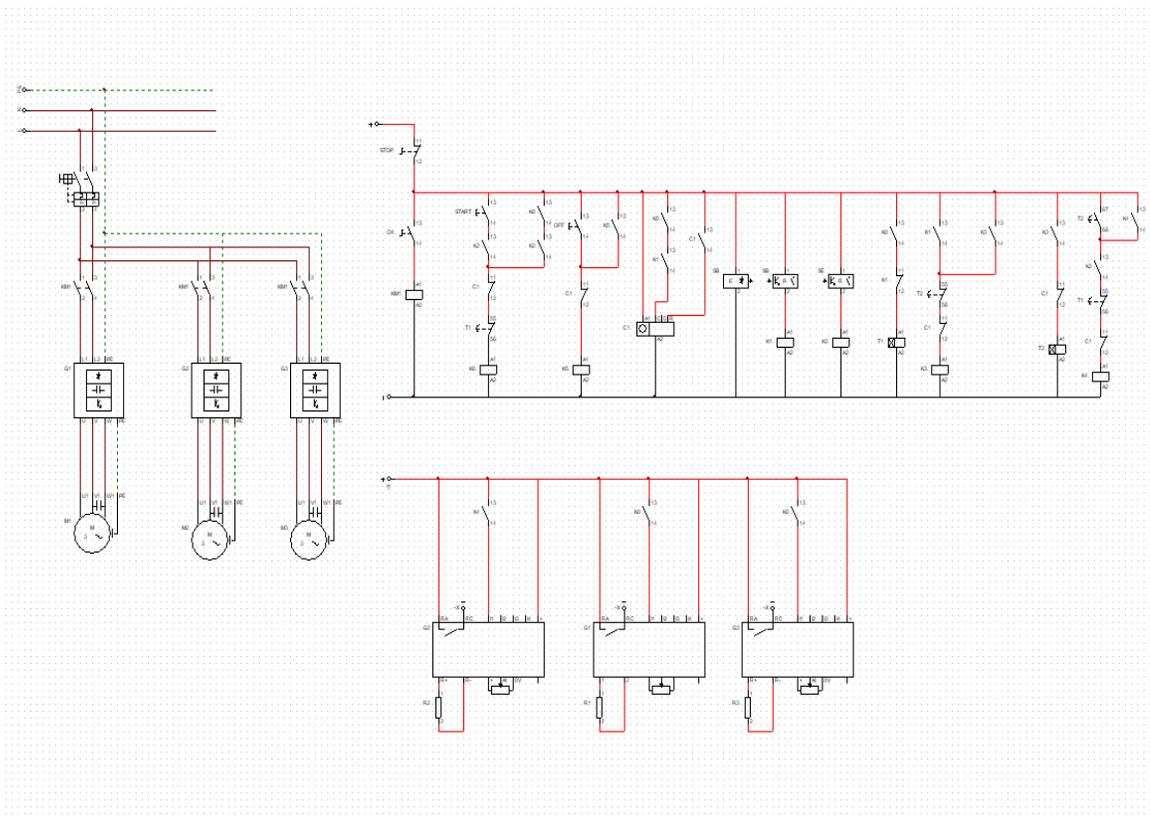


Figura 156. Circuito de control del sistema

Por cuestiones de facilidad y temas didácticos, el circuito completo de control se separó en 5 subdivisiones que cumplen tareas específicas, estas 5 subdivisiones son:

- Diagrama de potencia
- Conexión de controladores
- Diagramas de circuito de arranque
- Diagrama de circuito de apagado
- Diagrama de control.

Diagrama de potencia

Esta sección del circuito es la parte donde se energizará toda la máquina y donde se colocarán los actuadores más importantes, los motores. Para la parte eléctrica es necesario seleccionar sus respectivos accesorios para que la máquina quede debidamente funcional y protegida.

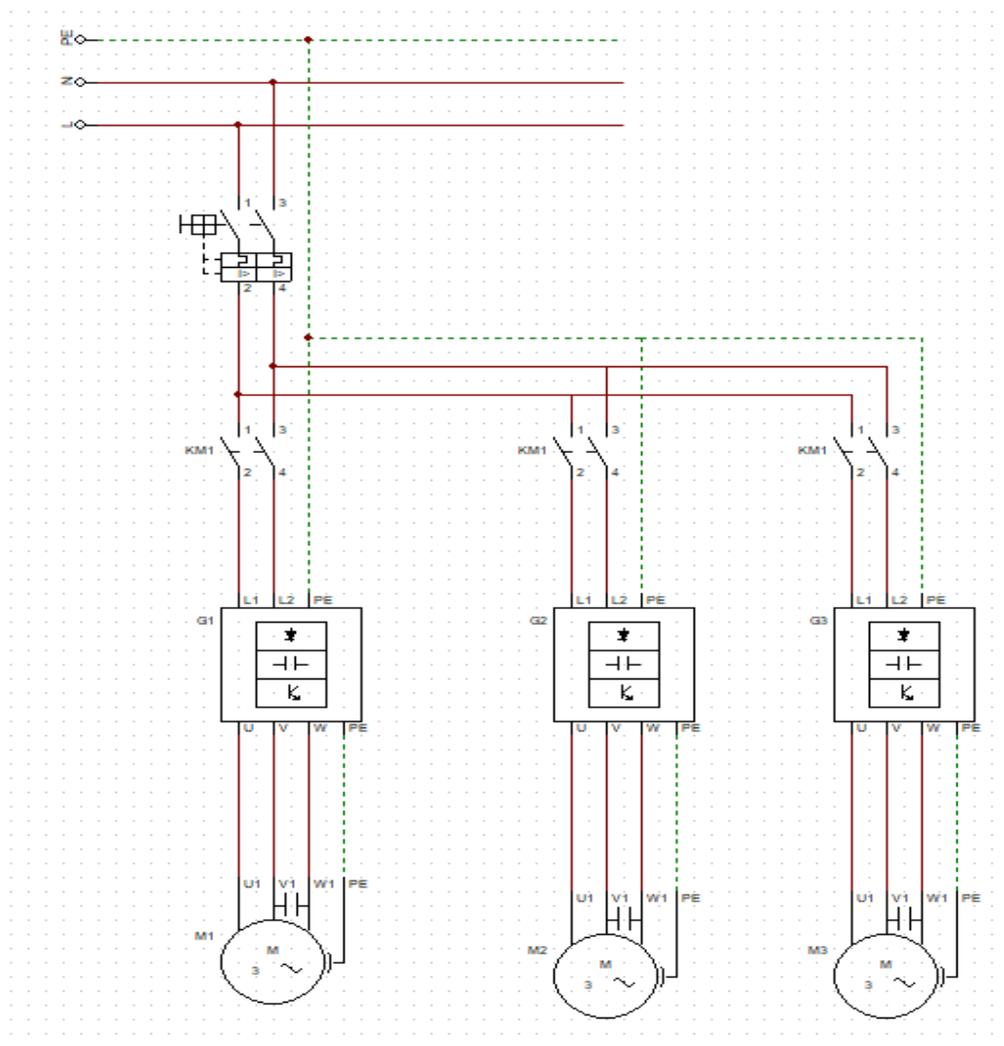


Figura 157. Diagrama de potencia del sistema

En la parte eléctrica se seleccionó que la máquina será alimentada por un sistema monofásico a 220 V con su respectivo cable de protección o tierra, el motivo de la selección es por la facilidad de encontrar conexiones monofásicas y como no se conoce la ubicación en la que estará la máquina, se decantó por la opción más fácil de encontrar en la red nacional. Para la parte de protección se seleccionó un breaker o interruptor anterior a todos los elementos, posteriormente se colocarán los contactores, uno por motor, que serán los encargados de accionar y frenar los motores, seguido de sus respectivos variadores de frecuencia por motor, para modificar las velocidades, y por último los actuadores que serían los motores anteriormente seleccionados.

Conexión de los variadores de frecuencia

Una de las partes más importante para el funcionamiento de la máquina es controlar con exactitud la velocidad de cada uno de los sistemas de la máquina, es por este motivo que en cada motor se colocará su respectivo controlador de frecuencia, elemento que permite modificar las velocidades, pero para cada uno de estos variadores es necesario un controlador.

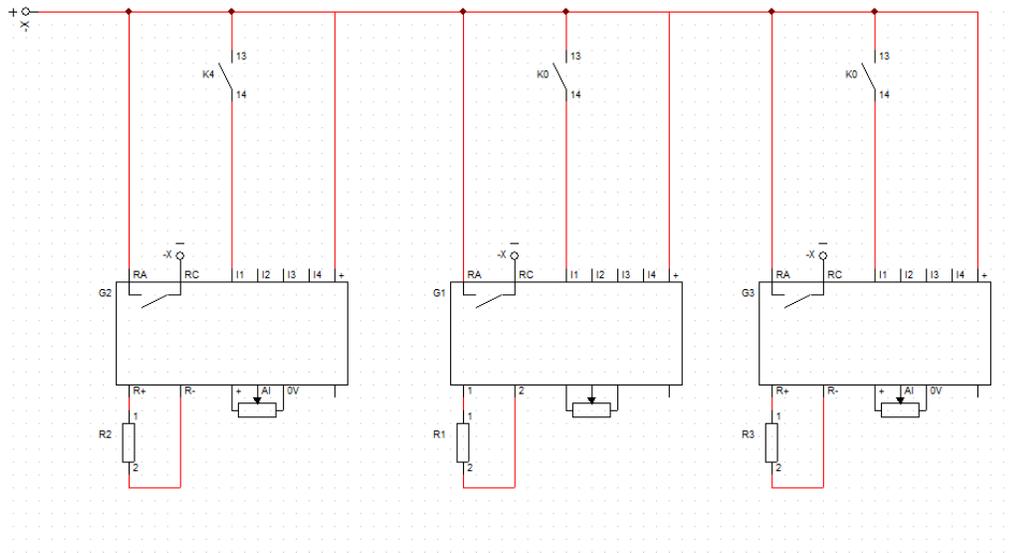


Figura 158. Conexión de los variadores de frecuencia en el programa CADeSIMU

Dependiendo del tipo de variador y del modelo que trae incorporado su controlador, puede ser una pantalla táctil o análoga, independientemente de este detalle por cuestión del programa utilizado, los controladores estarán conectados a 24 V los cuales poseen la capacidad de programar diferentes velocidades y de igual manera permitir la inversión de giro, pero solo se ocupará la primera opción donde se encenderá y se programará a una sola velocidad de funcionamiento. Cada uno de los controladores se le colocará contactos que serán controlados por otra parte del sistema.

Diagrama del circuito de arranque

Esta parte del circuito es aquella que permite empezar el funcionamiento de la máquina de manera óptima y que quede lista para todas sus opciones de apagado, puede ser apagado normal o apagado de emergencia.

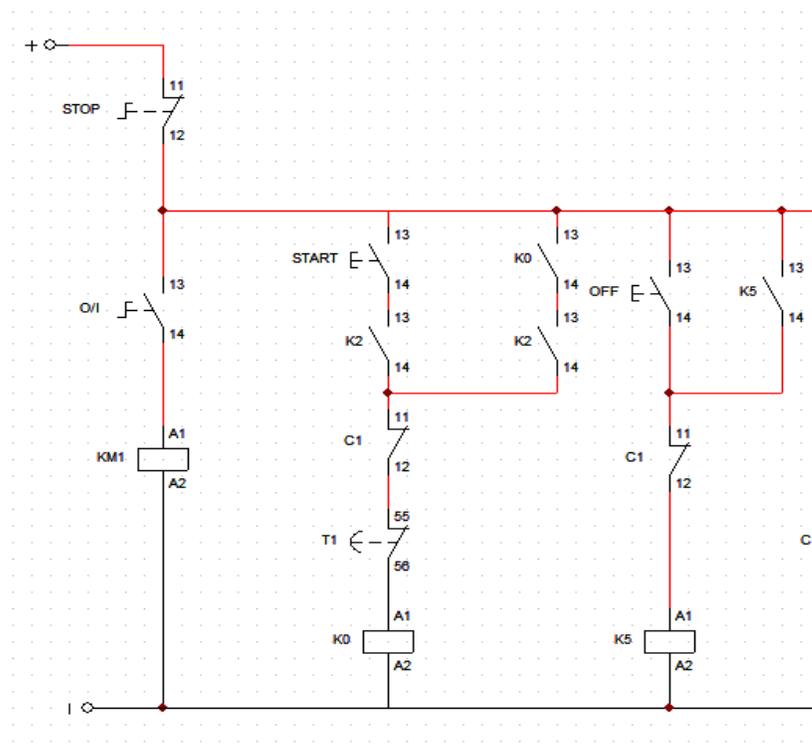


Figura 159. Diagrama de arranque

Los interruptores accionados manualmente que conforman esta parte del circuito son:

- Interruptor “ON”: Para accionar el mecanismo del primer paso es necesario accionar este interruptor, la condición es que los breakers están abiertos, una vez accionado este interruptor permite accionar los contactores que darán paso a la corriente para los variadores.
- Interruptor “START”: Para empezar el movimiento de la banda transportadora y el sistema de giro de envase es necesario que el sensor de etiquetas identifique la existencia de etiquetas. Posterior al inicio de

movimiento, el sensor de botellas empezará el movimiento del sistema rebobinador, comenzando con el proceso completo.

- Interruptor “STOP”: Este elemento es el que acciona el paro de emergencia, este paro de toda la máquina es necesario por norma de seguridad ante cualquier emergencia, este interruptor está normalmente cerrado, al momento de accionarlo se cortaría toda la energía para el sistema de control, apagando los contactores y así todos los elementos de la máquina.

Diagrama del circuito de apagado

Este segmento es el más sencillo y es el encargado de detener la máquina de manera correcta, es decir que ninguna botella quede en medio del proceso de etiquetado, por lo que toda botella que pase por el sensor termine etiquetada sin quedar atascada a medias en el sistema de giro de envase, esto se logra apagando primero el sistema rebobinador y dejando funcionar el sistema de giro de envase y la banda transportadora para que las botellas con etiqueta terminen el proceso. En el caso que quede alguna botella sin etiqueta se retira manualmente.

- Contador ascendente: Otro elemento importante en un contador ascendente el cual estará seteado para dejar pasar solo un número específico de botellas, ya que cuenta los pulsos de sensor de botellas.

Diagrama de control

Todo lo que no está incorporado en los anteriores segmentos, viene siendo parte del diagrama de control, este es la parte más fundamental del circuito. Para esta parte se conforma por los dos sensores utilizados, relés, temporizadores y varios interruptores. Los componentes más relevantes de este segmento son:

- Sensor de etiqueta (SE): Ya seleccionado anteriormente, es el encargado de confirmar la disponibilidad de etiquetas, si cumple la condición le dará paso de corriente al circuito de encendido.
- Sensor de botella (SB): Una vez la máquina comienza el temporizador, se reiniciará con cada botella contada y aparte dará paso a las dos últimas ramificaciones que son las encargadas de accionar el motor del sistema rebobinar cuando las condiciones son las óptimas.

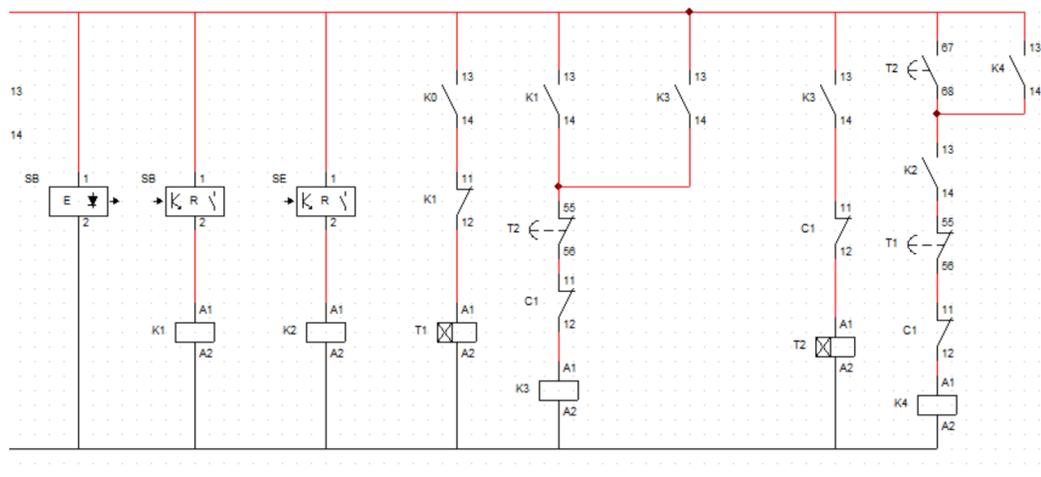


Figura 161. Diagrama de control

Está claro que cada uno de los componentes no explicados anteriormente, tiene su propia función que se activará, o desactivará, dependiendo de cada situación, si no cuenta con botella y etiqueta o si uno de estos dos elementos no está y el otro sí, las posibilidades son muy variadas y se ha previsto con cada una de ellas, por cuestiones de practicidad no se explicará cada uno ya que el funcionamiento del circuito de control se mostró anteriormente.

También es importante mencionar que este diagrama de control es una guía para la programación que se llevará a cabo del PLC, es por ello que todos los relés, temporizadores y otros elementos son reemplazados por el lenguaje en el que se programa.

3.4 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Para poder hacer la programación del controlador se necesita identificar las variables de entradas y salidas para asignar un puerto del PLC a cada una. Las entradas y salidas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7. Variables de entrada y salida

Nombre	Dirección	Descripción
START	I0.0	Inicio de etiquetado
ON	I0.1	Paso de energía
OFF	I0.2	Fin de etiquetado
STOP	I0.3	Paro de emergencia
SB	I0.4	Sensor de botellas
SE	I0.5	Sensor de etiquetas
KM1	M0.0	Relé de los contactores
K0	M0.1	Relé 0
K1	M0.2	Relé 1
K2	M0.3	Relé 2
K3	M0.4	Relé 3
K4	M0.5	Relé 4
K5	M0.6	Relé 5
K6	M0.7	Relé 6
K7	M1.0	Relé 7
K8	M1.1	Relé 8
MRE	Q1.2	Motor sistema rebobinador
MGE	Q1.3	Motor sistema giro de envases
MBT	Q1.4	Motor de banda transportadora

De esta manera se definen los parámetros que la programación utilizará, cabe recalcar que el lenguaje utilizado para dicha programación es KOP.

Con relación al circuito explicado, se han agregado dos relés además de los que ya tenía el anterior, esto se utilizará como salida de los temporizadores, y estos son K6 y K7.

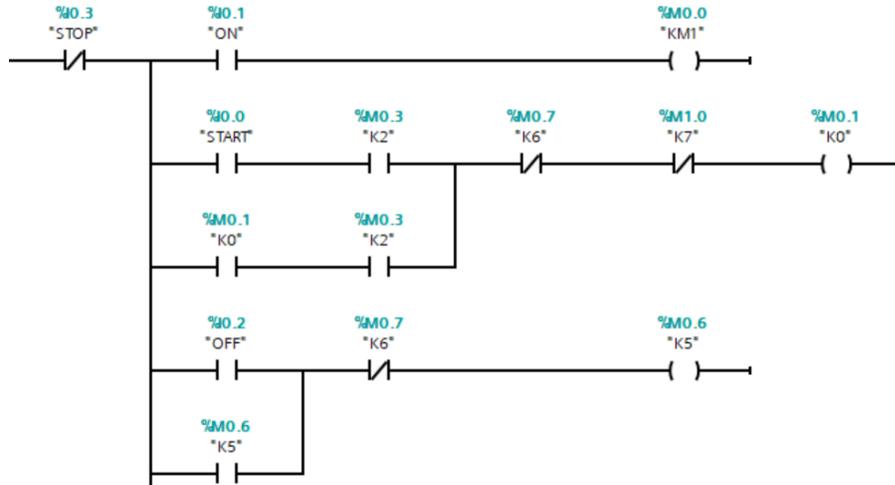


Figura 162. Circuito de control en lenguaje KOP (1/4)

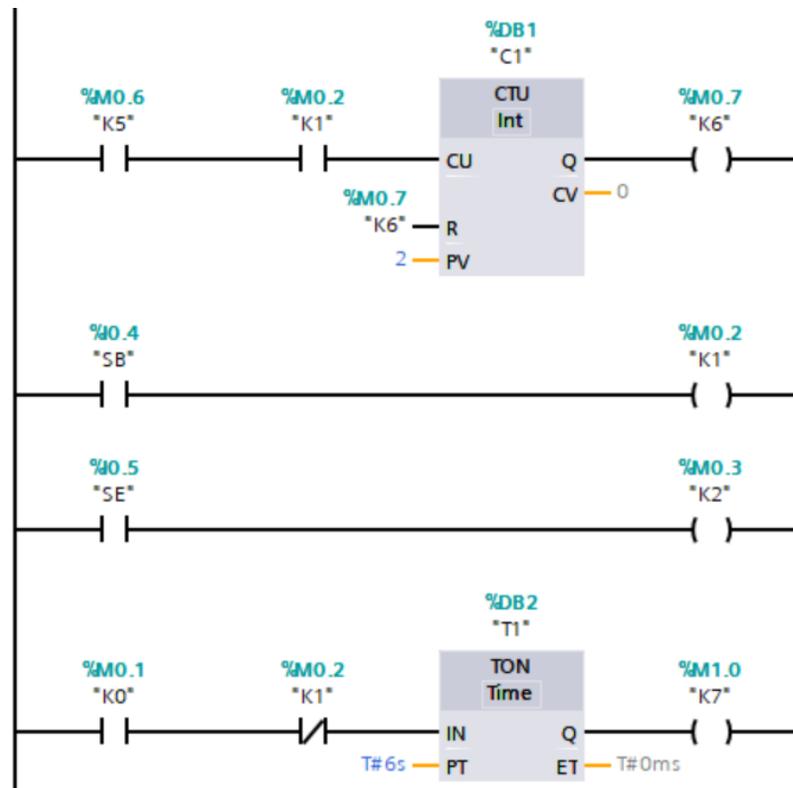


Figura 163. Circuito de control en lenguaje KOP (2/4)

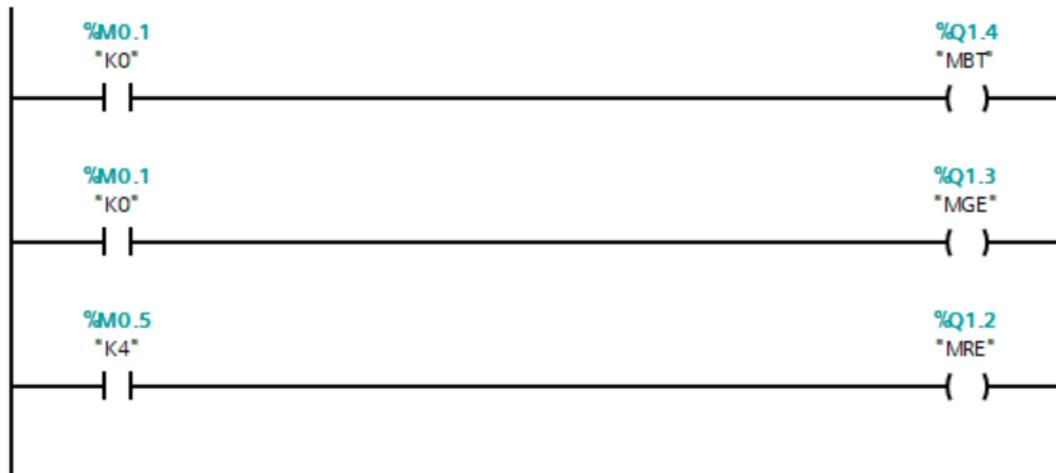


Figura 164. Circuito de control en lenguaje KOP (3/4)

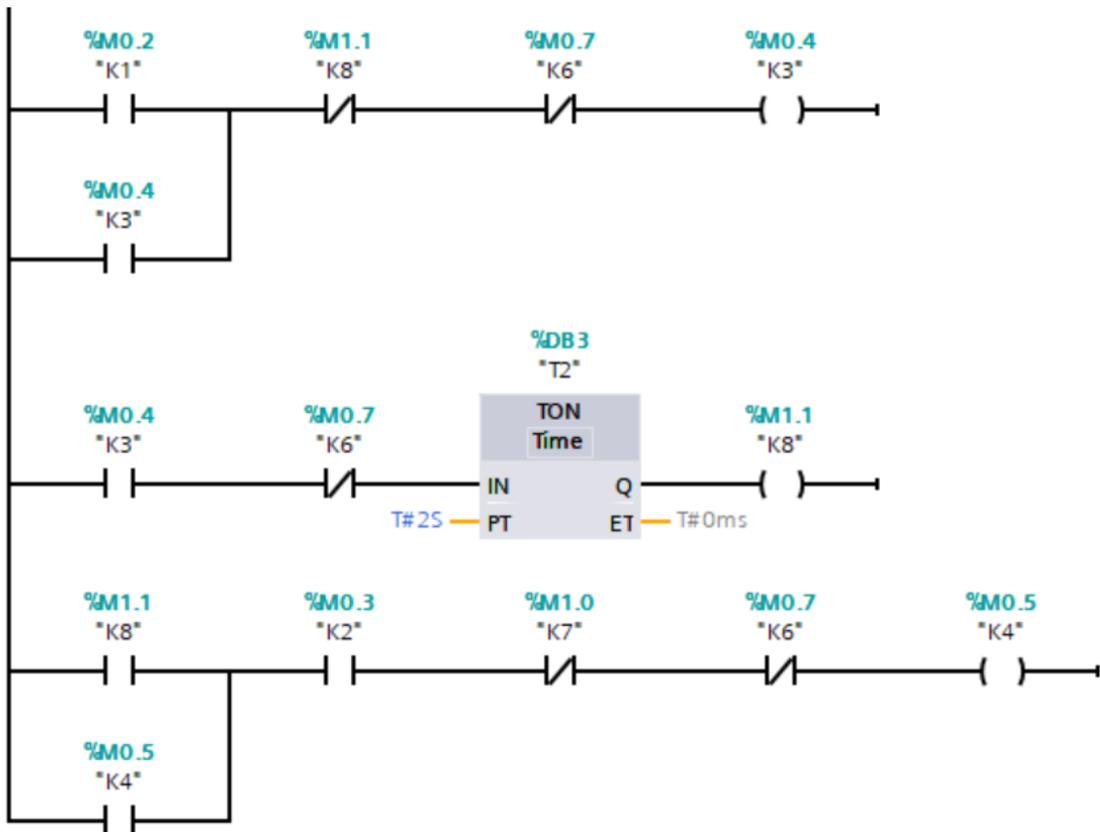


Figura 165. Circuito de control en lenguaje KOP (4/4)

4. ANÁLISIS DE COSTOS

En el siguiente capítulo se presentará de una manera ordenada y detallada el análisis de costos en los que se puede incurrir en la fabricación de la máquina etiquetadora automática para las PYMES. En este análisis se verán involucrados costos económicos referentes a materiales, servicios profesionales, así como otros gastos que se pueden proveer en este tipo de servicios.

Algunos de los principales problemas con el análisis fueron la enorme cantidad de variaciones de precios de un solo componente, la falta de conocimientos de empresas distribuidoras de ciertos componentes, muchos productos fuera de existencia dentro de la frontera nacional.

Es muy importante volver a remarcar que debido a que este es un proyecto dedicado para las PYMES, las cotizaciones fueron realizadas en muchas empresas nacionales dentro de lo posible, adicional a este motivo también se encuentra el intento de ahorrar los costos de envíos relacionas a ciertos componentes.

4.1 COSTOS DIRECTOS

Estos se pueden entender como los costos inequívocamente relacionados a los productos para lograr calcular el precio unitario de la máquina, en este caso se pueden tomar como costos directos a todos los materiales que se adquirirán para la construcción de la máquina.

A continuación, se presentarán las partidas de todos los elementos necesarios para la fabricación de la máquina, separados por sistemas. Dicha partidas cuentan con los elementos mínimos necesarios de la fabricación de la máquina, para que se pueda obtener precios más cercanos a la realidad.

Tabla 8. Partida del sistema rebobinador

PRESUPUESTO DE MATERIALES					
Sistema rebobinador					
COD. PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Polea impulsada	1	u	\$ 30.75	\$ 30.75
2	Banda V A 36	1	u	\$ 12.00	\$ 12.00
3	Polea motriz	1	u	\$ 11.00	\$ 11.00
4	Brida 7/8 pulg	2	u	\$ 32.00	\$ 64.00
5	Rodamiento RLS7-2RS	2	u	\$ 10.00	\$ 20.00
6	Plywood pino 4 x 8 pies 3/16 pulg	1	u	\$ 23.00	\$ 23.00
7	Tubo de Nylon \varnothing 3 pulg (porta desperdicio)	1	u	\$ 25.00	\$ 25.00
8	Perno hexagonal 1/4 x 2 pulg, inoxidable rosca ordinaria	8	u	\$ 0.65	\$ 5.20
9	Tuerca Hexagonal rosca ordinaria G5 1/4 pulg	8	u	\$ 0.06	\$ 0.48
10	Arandela de presión 1/4 pulg	8	u	\$ 0.04	\$ 0.32
11	Arandela plana 1/4 pulg	8	u	\$ 0.14	\$ 1.12

Tabla 9. Partida de la estructura

PRESUPUESTO DE MATERIALES					
Estructura					
COD. PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Hierro negro Tubo cuadrado 1 1/2 pulg chapa 16, 6 m	2	u	\$ 19.50	\$ 39.00
2	Lámina de acero AISI 1020 espesor 1/4 pulg, 4 x 8 pie	1	u	\$ 325.00	\$ 325.00
3	Lámina de acero inoxidable, calibre 22, 0.8 mm, 2x1 m	2	u	\$ 99.00	\$ 198.00
5	Acero inoxidable AISI 304 Varilla sólida redonda ϕ 7/8 pulg x 6 m	1	u	\$ 106.00	\$ 106.00
6	Electrodo para acero al carbono AWS E6013 3/32 pulg	3	lb	\$ 1.25	\$ 3.75
7	Thinner	1	gal	\$ 8.50	\$ 8.50
8	Builders Base Anticorrosivo 4000	0.5	gal	\$ 28.50	\$ 14.25
9	Perno hexagonal 3/8 x 2 pulg, inoxidable rosca ordinaria	14	u	\$ 0.30	\$ 4.20
10	Tuerca Hexagonal rosca ordinaria G5 3/8 pulg	14	u	\$ 0.12	\$ 1.68
11	Arandela de presión 3/8 pulg	14	u	\$ 0.10	\$ 1.40
12	Arandela plana 3/8 pulg	14	u	\$ 0.20	\$ 2.80
13	Tubo estructural redondo 7/8 pulg x 1.5 mm	1	u	\$ 7.40	\$ 7.40
14	Perno hexagonal 1/4 x 1/2 pulg, inoxidable rosca ordinaria	6	u	\$ 0.32	\$ 1.92
15	Arandela plana 1/4 pulg	6	u	\$ 0.14	\$ 0.84
16	Perno cabeza plana 3/16 x 1/2 pulg	2	u	\$ 0.06	\$ 0.12
17	Tuerca ordinaria zincada 3/16 pulg	2	u	\$ 0.05	\$ 0.10
18	Arandela plana 3/16 pulg	2	u	\$ 0.05	\$ 0.10

Tabla 10. Partida del sistema de giro de envases

PRESUPUESTO DE MATERIALES					
Sistema giro de envase					
COD. PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Polea impulsada	1	u	\$ 30.75	\$ 30.75
3	Polea motriz	1	u	\$ 11.00	\$ 11.00
4	Banda V A 36	1	u	\$ 12.00	\$ 12.00
6	Bridas 7/8 pulg	2	u	\$ 32.00	\$ 64.00
7	Rodamiento RLS7-2RS	2	u	\$ 10.00	\$ 20.00
8	Tubo de Nylon \varnothing 3 pulg (Rodillo motriz)	1	u	\$ 25.00	\$ 25.00
9	Banda plana Habasit de 0.7 x 0.16 x 0.025 m en PVC, material color verde para transporte general	1	u	\$ 90.00	\$ 90.00
10	Tubo de Nylon \varnothing 3 pulg (Rodillo impulsado)	1	u	\$ 25.00	\$ 25.00
11	Perno hexagonal 1/4 x 2 pulg, inoxidable rosca ordinaria	8	u	\$ 0.65	\$ 5.20
12	Tuerca Hexagonal rosca ordinaria G5 1/4 pulg	8	u	\$ 0.06	\$ 0.48
13	Arandelas de presión 1/4 pulg	8	u	\$ 0.04	\$ 0.32
14	Arandela plana 1/4 pulg	8	u	\$ 0.14	\$ 1.12
15	Perno hexagonal 1/4 x 1/2 pulg, inoxidable rosca ordinaria	1	u	\$ 0.32	\$ 0.32

Tabla 11. Partida del sistema transportador

PRESUPUESTO DE MATERIALES					
Sistema transportador					
COD. PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Platina 1/8 x 1/2 pulg, ASTM 36	1	u	\$ 3.65	\$ 3.65
2	Perno hexagonal 1/4 x 2 pulg, inoxidable rosca ordinaria	12	u	\$ 0.65	\$ 7.80
3	Tuerca Hexagonal rosca ordinaria G5 1/4 pulg	28	u	\$ 0.06	\$ 1.68
4	Arandela de presión 1/4 pulg	28	u	\$ 0.04	\$ 1.12
5	Arandela plana 1/4 pulg	28	u	\$ 0.14	\$ 3.92
6	Polea impulsada	1	u	\$ 30.75	\$ 30.75
7	Banda V A 36	1	u	\$ 12.00	\$ 12.00
8	Polea motriz	1	u	\$ 11.00	\$ 11.00
9	Rodamiento rls6 – 2RS	4	u	\$ 10.00	\$ 40.00
10	Lámina de hierro negro 2.38 mm de espesor	1	u	\$ 110.00	\$ 110.00
11	Banda plana Habasit de 2 x 0.3 x 0.025 m en PVC, material color verde para transporte general	1	u	\$ 180.00	\$ 180.00
12	Tubo de Nylon \varnothing 7/8 pulg (Rodillos guías)	4	u	\$ 7.50	\$ 30.00
13	Tubo de Nylon \varnothing 3 pulg (Rodillo impulsado)	2	u	\$ 25.00	\$ 50.00
14	Polín C 6 x 2 pulg, 3 mm	1	u	\$ 50.90	\$ 50.90
15	Bridas 3/4 pulg	4	u	\$ 28.00	\$ 112.00
16	Acero inoxidable AISI 304 Varilla solida redonda \varnothing 3/4 pulg, 12 pulg	2	u	\$ 25.00	\$ 50.00
17	Perno hexagonal 1/4 x 1/2 pulg, inoxidable rosca ordinaria	16	u	\$ 0.32	\$ 5.12
18	Perno hexagonal 3/8 x 1 pulg, inoxidable rosca ordinaria	8	u	\$ 1.10	\$ 8.80
19	Tuerca Hexagonal rosca ordinaria G5 3/8 pulg	8	u	\$ 0.12	\$ 0.96
20	Arandela de presión 3/8 pulg	8	u	\$ 0.10	\$ 0.80
21	Arandela plana 3/8 pulg	8	u	\$ 0.20	\$ 1.60
22	Tuerca Hexagonal rosca ordinaria G5 5/8 pulg	20	u	\$ 0.50	\$ 10.00
23	Arandela plana inoxidable 5/8 pulg	20	u	\$ 0.70	\$ 14.00

Tabla 12. Partida del sistema desbobinador

PRESUPUESTO DE MATERIALES					
Sistema desbobinador					
COD. PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Tubo de acero AISI 1020 1/4 pulg	1	u	\$ 18.50	\$ 18.50
2	Varilla 1/2 pulg, lisa ASTM A-36	1	u	\$ 8.95	\$ 8.95
3	Tubo cuadrado 1 1/4 pulg chapa 16 ASTM A500	1	u	\$ 17.90	\$ 17.90
4	Electrodo para acero al carbono AWS E6013 3/32 pulg	3	lb	\$ 1.25	\$ 3.75
5	Tubo de Nylon \varnothing 3 pulg (Rodillo desbobinador)	1	u	\$ 25.00	\$ 25.00
6	Bridas 7/8 pulg	2	u	\$ 32.00	\$ 64.00
7	Rodamiento RLS7-2RS	2	u	\$ 10.00	\$ 20.00
8	Perno hexagonal 1/4 x 2 pulg, inoxidable rosca ordinaria	4	u	\$ 1.36	\$ 5.44
9	Tuerca Hexagonal rosca ordinaria G5 1/4 pulg	5	u	\$ 0.36	\$ 1.80
10	Arandela de presión 1/4 pulg	4	u	\$ 0.04	\$ 0.16
11	Arandela plana 1/4 pulg	9	u	\$ 0.14	\$ 1.26
12	Perno hexagonal 1/4 x 1 1/2 pulg inoxidable rosca ordinaria	3	u	\$ 0.10	\$ 0.30
13	Perno hexagonal 1/4 x 3/4 pulg inoxidable rosca ordinaria	2	u	\$ 0.10	\$ 0.20
14	Varilla roscada 5/16 pulg x 1 m zincada	2	u	\$ 1.75	\$ 3.50
14	Ángulo de hierro 1 1/4 x 1/4 pulg	1	u	\$ 38.15	\$ 38.15

Tabla 13. Partida del sistema de control

PRESUPUESTO DE MATERIALES					
Sistema de control					
COD. PART	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PLC serie CPU S7-1200 24 V DC	1	u	\$ 282.00	\$ 282.00
2	Sensor de tipo detección BEN10M-TDT	1	u	\$ 60.00	\$ 60.00
3	Sensor óptico KELIER	1	u	\$ 98.00	\$ 98.00
4	Variador de frecuencia Sinamics G110	3	u	\$ 400.00	\$1,200.00
5	Protección termomagnética,20A/1P, General electric	1	u	\$ 17.00	\$ 17.00
6	Cable eléctrico Vulcan TSJ 3x12	4	m	\$ 2.55	\$ 10.20
7	Contactador Packard-C230C	3	u	\$ 13.62	\$ 40.86
9	Motores eléctrico AO SMITH, 1 HP	3	u	\$ 320.00	\$ 960.00
10	Protección termomagnética, 20A/ 2P, General electric	1	u	\$ 15.00	\$ 15.00
11	Cable eléctrico TFF 16	6	m	\$ 0.33	\$ 1.98
12	Cable eléctrico Vulcan TSJ 2x14	4	m	\$ 1.13	\$ 4.52
13	Cable eléctrico THHN #14	4	m	\$ 0.45	\$ 1.80
14	Caja térmica, 4 circuitos	1	u	\$ 18.50	\$ 18.50
15	Toma para extensión macho 50A 250VAC	1	u	\$ 3.80	\$ 3.80
16	Cincho plástico UL, 4 pulg, 4.8 mm	20	u	\$ 0.03	\$ 0.60
17	Pulsador rojo tipo hongo NC, rojo	1	u	\$ 10.50	\$ 10.50
18	Pulsador verde metálico NA, verde	1	u	\$ 8.30	\$ 8.30
19	Riel din para bornes y automatós	1	u	\$ 5.50	\$ 5.50
20	Sensores de velocidad Milltronics TASS	1	u	\$541.73	\$541.73

El precio total de todos los materiales necesario para la fabricación de la máquina asciende a **\$ 5,355.59 dólares estadounidenses**, en esto están incluidos todos los sistemas antes expuestos, así como todas las piezas adicionales necesarias para la fabricación y el funcionamiento de la máquina.

4.2 COSTOS FIJOS

Los costos fijos se pueden interpretar aquellos que no varían en ninguna circunstancia, es decir, sin importar factores ajenos al proyecto, a diferencia de materiales donde se pueden cambiar de proveedor de marcas o que no exista la pieza en el país. El costo de la mano de obra por fabricar piezas y la máquina en sí se acuerda una vez con una sola empresa, enfocada en estructuras metálicas o metal mecánicas, es por este motivo que sin importar si se quisiera producir una, dos o más máquinas, ese sería un costo fijo que será cancelado por el servicio de mano de obra.

Tabla 14. Costos de mano de obra por sistema

1.0 SISTEMA DE TRANSMISIÓN				
COD. PART	Elemento	Descripción	Horas	PRECIO TOTAL
1.1	Sistema giro de envasas	Fabricación de ejes, conexión del sistema de transmisión, soporte de motor e instalación.	10.00	\$150.00
1.2	Sistema desbobinador	Fabricación de ejes, platos sostenedores, conexión del sistema de transmisión e instalación.	10.00	\$150.00
1.3	Sistema rebobinador	Fabricación de ejes, conexión del sistema de transmisión, soporte de motor, soporte de etiquetas e instalación.	10.00	\$150.00
1.4	Instalación de la banda transportadora	Fabricación de los ejes, soportes, vigas principales almohada chasis, conexión del sistema de transmisión e instalación.	25.00	\$400.00
2.0 SISTEMA DE CONTROL				
COD. PART	Elemento	Descripción	Horas	PRECIO TOTAL
2.1	Elaboración del sistema de control	Toda la instalación de las piezas del sistema de control, así como su calibración y puesta en funcionamiento.	8.00	\$80.00
3.0 ESTRUCTURA				
COD. PART	Elemento	Descripción	Horas	PRECIO TOTAL
3.1	Estructura metálica	Construcción de las bases, de sensores, de la placa, de los ejes guías y del cajón.	15.00	\$330.00

El valor total de los costos directos asciende a **1100 dólares estadounidenses**, este es valor total estimado el cual se acordó con una sola empresa, en base a horas hombre trabajadas, se esperaría no existieran retrasos o contrata tiempos que pueden modificar esta cifra.

4.3 COSTOS INDIRECTOS

En este tipo de costos se colocan todos esos costos no relacionados explícitamente a la fabricación de la máquina, cualquier gasto o pago adicional que se diera fuera de lo anteriormente explicado puede caer en esta categoría, algunos ejemplos de estos costos pueden ser gasolina para transporte, asesoramiento en alguna parte del trabajo, gastos imprevistos, etc. Es muy acertado tener un fondo apartado únicamente a costos inesperados.

Tabla 15. Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS	COSTO
Gastos inesperados	\$200.00

El costo total de la máquina será la suma de todos los costos involucrados expuestos anteriormente. La suma de los 3 tipos de gastos toma un valor de **6,685.29 dólares estadounidenses**. Es muy importante aclarar que este es un costo estimado el cual está sujeto a precios del mercado, así como la empresa que se contraría para los servicios de mano de obra.

CONCLUSIONES

- El costo de fabricar una máquina de esta naturaleza se eleva considerablemente debido a la parte del sistema de control, esto quiere decir que en este sistema existen una serie de componentes que, comparado con los otros materiales, tienen un costo considerablemente elevado, lamentablemente no existe forma de reducir estos costos ya que estos componentes son fundamentales para el funcionamiento automatizado de la máquina.
- Los elementos mecánicos de los cuales está compuesta la máquina etiquetadora pueden fabricarse con materiales disponibles en el país al igual que los procesos de manufactura, ya que se cuenta con la herramienta y tecnología necesaria.
- El tipo de máquina etiquetadora para la propuesta de diseño es lineal, ya que esta, a comparación de otras, consta de una fácil adaptabilidad a las líneas de producción de otras etapas de envasado de botellas, tales como limpieza, llenado, taponado, etc. Además de una fácil instalación y menor utilización de espacio.
- Se presentaron los planos de los sistemas individuales de los que está compuesta la máquina etiquetadora y elementos que contiene cada uno para facilitar la fabricación de estos. Dichos planos tienen como finalidad proporcionar el ensamble adecuado de cada sistema, así como una mejor comprensión del mismo.

- Se optó por utilizar variadores de frecuencia para controlar las velocidades de los motores, ya que cuentan con una velocidad nominal establecida de fábrica y la propuesta de diseño requiere de una variación de velocidades según el tipo de botella y producción requerida por el consumidor final.

REFERENCIAS

- Etiquetadora industrial - Productos. (2020). Dosimur.
<https://dosimur.com/catalogo-c/etiquetadoras/>
- Etiquetadoras autoadhesivas rotativas Agrovin Modelo ET-R - Almacenaje y logística - Etiquetadoras autoadhesivas rotativas. (2020). interempresa.net.
<https://www.interempresas.net/Logistica/FeriaVirtual/Producto-Etiquetadoras-autoadhesivas-rotativas-Agrovin-Modelo-ET-R-153821.html>
- Etiquetadoras automáticas semiautomáticas todos los sectores y formatos. (2020). CDA USA. <https://cda-usa.com/es/etiquetadoras-automaticas-semi-automaticas/>
- Guía técnica AINIA de envase y embalaje Etiquetadoras. (s. f.). Ainia.
<http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wn/etiquetadoras?OpenDocument>
- Incremento de la productividad en el etiquetado
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0541_MI.pdf
- Jonathan Giovanny Herrera Guachamin. (2016, febrero). Actualización del sistema de control automática de la etiquetadora de frasco Bausch Strobel del área de penicilinas de laboratorio Life (TFG). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12394/1/UPS%20-%20ST002214.pdf>

- Motor de corriente directa. (2022, enero 16). Industrias GSL.
<https://industriassgsl.com/blogs/automatizacion/motor-de-corriente-directa>
- Motor paso a paso: cuándo y por qué utilizarlo. (2019, 16 julio). clr.es.
<https://clr.es/blog/es/motor-paso-a-paso-cuando-utilizarlo/>
- Revista ElectroIndustria - Controladores eficientes para la industria inteligente. (2016, diciembre). Electroindustria.
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2942&xit=controlador-es-eficientes-para-la-industria-inteligente>
- Richard GT. Budynas y J. Keith Nisbett. DISEÑO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY. Editorial McGraw Hill Book Co, 9° edición en español. 2012 México.
- Robert L. Mott. DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS. Editorial Prentice Hill 2° edición en español. 1992 México.
- Salazar, C. (2021, 16 marzo). Tipos de sensores y sus aplicaciones. Industrias GSL. <https://www.industriassgsl.com/blog/post/tipos-de-sensores-y-sus-aplicaciones>
- Sistema de control - Automatización y control. (s. f.). Automatización y control. Recuperado 12 de julio de 2021, de <https://sites.google.com/site/automatizacionycontrol4/automatizacion/sistema-de-control>

- ¿Qué es un servomotor y cuándo se utiliza? (2019, 15 noviembre). clr.es.
<https://clr.es/blog/es/servomotor-cuando-se-utiliza/>
- [1] PHARMATECH. (s. f.). (Junio de 2014) pharm-equipment. Obtenido de tipos máquinas de lavado:
http://pharm-equipment.es/., de http://pharm-equipment.es/big_img.html?etw_path=http://pharm-equipment.es/1-1-ultrasonic-bottle-washing-machine.html&big_etw_img=product/1-1-1b.jpg
- [2] shop9. (2020). LLENADORAS | FOGG FILLER.
Shop9.Onlinesale2022.Ru. Obtenido de Maquina llenadoras de botellas:
<https://shop9.onlinesale2022.ru/content?c=maquina%20para%20fabricar%20botellas%20de%20vidrio&id=19>
- [3] shop53002. (2019). Embotellar, un trabajo que se toma en serio.
Shop53002.Lemaprod.Com. Obtenida de Maquinas de tapado de botellas:
<https://shop53002.lemaproduct.com/content?c=maquina%20para%20embotellar%20agua&id=36>
- [4] TECNOLOGIA PARA ETIQUETADO TERMOENCOGIBLE / AGUA DE ALOE VERA TELIOS ALOE ZERO TELIOS NUTRITION GROUP. (s. f.).
<https://Cyberspaceandtime.Com/>. Obtenido de Maquina etiquetadora semiautomática:
https://cyberspaceandtime.com/rk4ZCV_njl8y5SUTIsFQ.video+related
- [5] CDa USA. (s. f.). Ninette 1 - Semi-automatic labeling machine for all cylindrical products. Obtenido de maquina etiquetadora automatica :

- <https://cda-usa.com/automatic-semi-automatic-labeling-machines/ninette-1/>
- [6] CDa USA. (s. f.-a). Ninette 1 - Semi-automatic labeling machine for all cylindrical products. Obtenido de Maquina etiquetadora automática:
<https://cda-usa.com/automatic-semi-automatic-labeling-machines/ninette-1/>
- [7] Ramelie. (2018a, mayo 28). RAMELIE, filling and packaging machines in Lebanon. Obtenido de Maquina etiquetadora modular:
<https://ramelie.com/product/panther/>
- [8] Welbel, J. (2012, 15 agosto). Labeling equipment speeds ahead. Beverage Industry. Obtenida de Maquina etiquetadora modular:
<https://www.bevindustry.com/articles/85708-labeling-equipment-speeds-ahead>
- [9] Ermini, F. E. (2012). Fiorello Ermini - Vendita ed Assistenza Sistemi di Etichettatura e Codifica. Obtenida de Maquina etiquetadora lineal:
<http://www.ermi-fiorello.it/typography.php?codcat=7c6059033f93e53b0ca797f4b81ea998&codscat=9dc80b444a63c5a9f31d6aa2b4589200>
- [10] Thompson, J. R. (2021, 8 mayo). BELT CONVEYOR. 911Metallurgist. Obtenida de mineral processing laboratory equipment:
<https://www.911metallurgist.com/equipment/belt-conveyors/>

- [11] Leeres Förderband. (2014, 6 mayo). Dreamstime.com. Obtenida de banda transportadora de goma: <https://de.dreamstime.com/lizenzfreie-stockfotos-leeres-f%C3%B6rderband-image40254048>
- [12] productos y servicios – Navas Bandas y Cintas Transportadoras S.L. (2020). Navas Bandas y Cintas Transportadoras S.L. Obtenidas de bandas transportadora de pvc: <https://shop6.onlinesale2022.ru/content?c=bandas%20transportadoras%20de%20pvc&id=40>
- [13] Eurobelt. (s. f.). Cinta transportadora modular. Afher Eurobelt - Perforada / de Polipropileno / Industrial. Obtenida de cinta transportadora modular <https://www.directindustry.es/prod/afher-eurobelt/product-26750-740889.html>
- [14] BTYS Bandas, Transportadores y Servicios. (2021, 29 agosto). Transportadores. BTYS. Obtenida de Banda transportadora de teflón y silicona: <https://bandasytransportadores.com.mx/transportadores/>
- [15] Bandas metálicas en acero inoxidable. (2022). Mebum. Obtenida de Bandas transportadora de malla metálica: <https://mebum.com.co/transportadoras-conveyors/bandas-metalicas/>
- [16] ¿Por que un motor de corriente alterna se utiliza mas? (s. f.). roydisa. Obtenida de motor de corriente alterna <https://www.roydisa.es/archivos/2996>

- [17] Compañía Levantina de Reductores S.L. (2017, 13 noviembre). Regulación de velocidad en motor de corriente continua. Obtenida de motores de corriente directa:
<http://www.mootio-components.com/blog/es/regulacion-velocidad-motor-corriente-continua/>
- [18] Compañía levantina de reductores. (s. f.). Motor paso a paso: cuando y por qué© utilizarlo. CLR. Obtenida de motor paso a paso:
<https://clr.es/blog/es/motor-paso-a-paso-cuando-utilizarlo/>
- [19] Qué es un Servomotor y para qué sirve. (2022, 4 enero). aula21 | Formación para la Industria. Obtenida de servomotor para la industria:
<https://www.cursosaula21.com/que-es-un-servomotor/>
- [20] Toshiba International Corporation. (s. f.-b). Type 1 Light. Obtenido de controladores PLC:
<https://www.toshiba.com/tic/other-products/plcs/type1-light>
- [21] sistema de control - Automatización y control. (s. f.). Automatización y control. Obtenido de controladores CDS de:
<https://sites.google.com/site/automatizacionycontrol4/automatizacion/sistema-de-control>
- [22] Controladores Híbridos. (s. f.). Obtenido de Controladores Híbridos:
<https://controladores-hibridos.com/>
- [23] ¿Qué es un PAC? (2017). ¿Que Es Un PAC? Obtenido de controlador PAC:

http://www.logicelectronics.net/PRODUCTOS_BECKHOFF_QueEsPac.html

- [24] Okih, E. (2021, 3 febrero). Safety Instrumented Systems vs Basic Process Control Systems. The Automation Blog. Obtenido de Controlador PCS: <https://theautomationblog.com/safety-instrumented-systems-vs-basic-process-control-systems/>
- [25] GmbH, K. M. (s. f.). Sensores resistivos compactos (RTD). KROHNE Messtechnik GmbH. Obtenida de sensores resistivos; <https://krohne.com/es/productos/medida-de-temperatura/sensores-de-temperatura/sensores-resistivos-compactos-rtd>
- [26] Valero, A. (2014). Programando el sensor de luz en bitbloq. DIWO. Obtenida de sensor foto resistivo: <http://diwo.bq.com/el-sensor-de-luz/>
- [27] Sensores inductivos Leuze - Metalmecánica - Sensores inductivos. (s. f.). Metalmecánica. Obtenida de sensores conductivos: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Sensores-inductivos-Leuze-Electronic-58364.html>
- [28] Sensors - Proximity Sensors Manufacturer from Dadra. (2022). IndiaMART.Com. Obtenido de sensores capacitivos: <https://www.indiamart.com/kkautomation/electronic-hooter.html>
- [29] Soriano Pascual, F. (2020, noviembre). Análisis por elementos finitos de piezoeléctricos para la recolección de energía undimotriz. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR

D'ENGINYERIA DEL DISSENY. Obtenido de sensor piezoeléctricos
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/159094/Soriano%20-%20An%C3%A1lisis%20por%20elementos%20finitos%20de%20piezoel%C3%A9ctricos%20para%20la%20recolecci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20undimo...pdf?sequence=1>

- [30] Connect2india. (2020). laser beam sensors. Obtenido de sensor óptico:
<https://connect2india.com/Shree-Automation-&-Controls/3054117/products/laser-beam-sensors/213050214>
- [31] Tres nuevas familias de sensores ultrasónicos. (2013, junio). Interempresas. Obtenida de sensores ultrasónicos:
https://www.interempresas.net/Componentes_Mecanicos/Articulos/110228-Tres-nuevas-familias-de-sensores-ultrasonicos.html
- [32] ASM POSIHALL Multi-Turn Optical Encoders From: ASM Sensors. (2017, 26 enero). OEM Off-Highway. Obtenida de Sensor codificador de posición: <https://www.oemoffhighway.com/electronics/sensors/rotary-encoder/product/20850236/asm-sensors-asm-posihall-multiturn-optical-encoders>
- [33] Orozco, G. M. G. (2020, 18 febrero). Fallas en el sensor de temperatura ECT | Pruebaderuta.com. Pruebaderuta.com Obtenida de sensor de temperatura <https://www.pruebaderuta.com/fallas-en-el-sensor-de-temperatura-ect.php>
- [34] 6ES7211-1HE40-0XB0 | Siemens Simatic S7-1200 - CPU 1211C | PLC-City @ 421.75 EUR. (s. f.). PLC CITY. Obtenida de CPU S7-1200

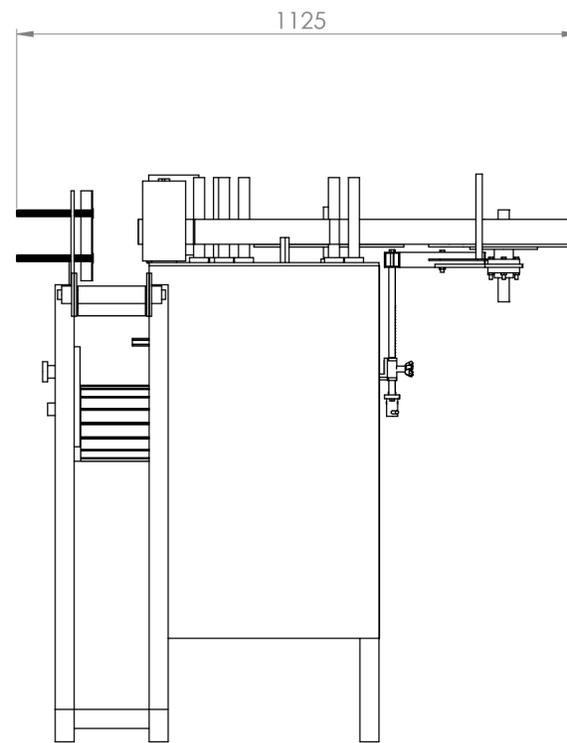
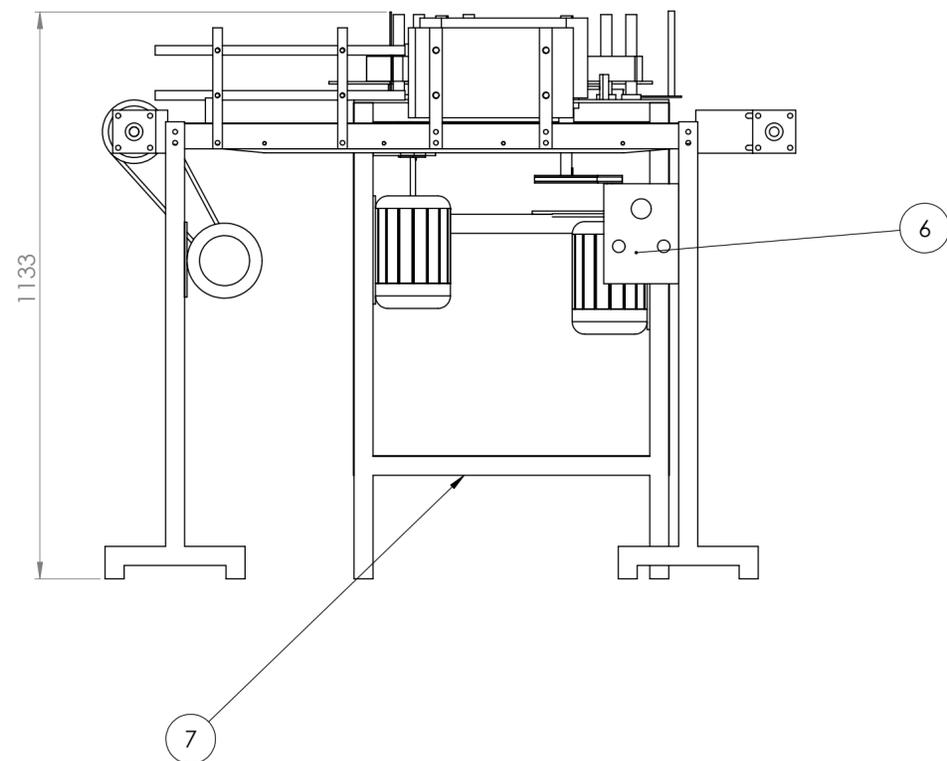
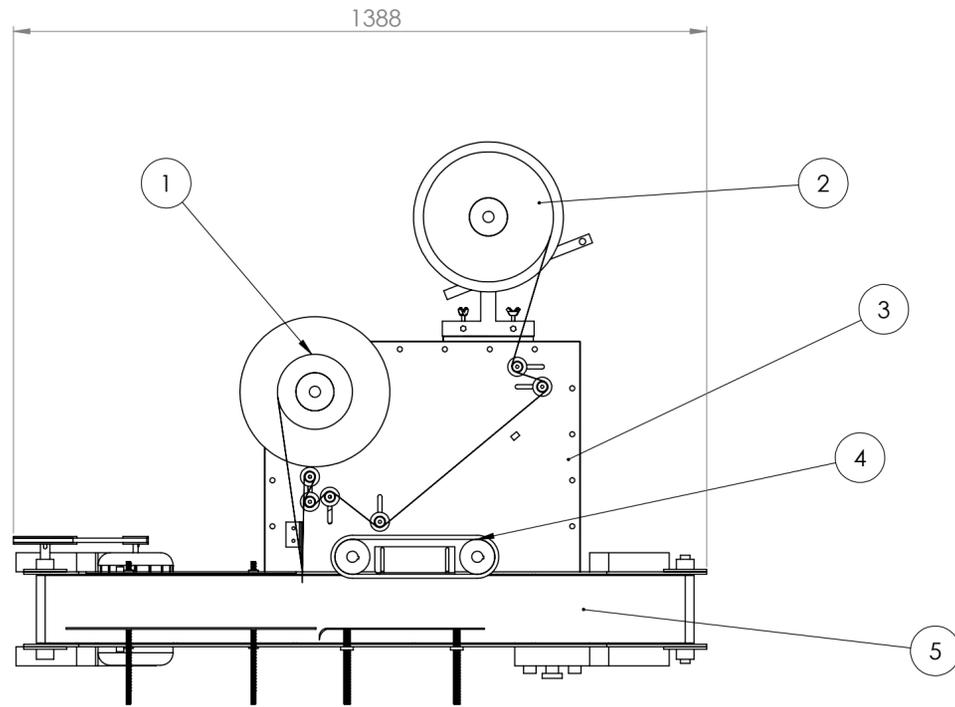
<https://www.plc-city.com/shop/es/siemens-simatic-s7-1200-cpu-1211c/6es7211-1he40-0xb0.html>

- [35] Torres, K. I. A. (s. f.). LENGUAJE KOP. Prezi.Com. Obtenida de Lenguaje KOP: <https://prezi.com/y9zfqttub1f-/lenguaje-kop/>
- [36] Editar instrucciones FUP en el Área de instrucciones. (s. f.). Obtenida de Lenguaje FUP:
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/Step7/paginas/contenido/step7/7/2.9.5.1.6.htm>
- [37] BEN10M-TFR. (s. f.). Autonics USA. Obtenida de Sensor BEN10M-TDT: https://www.autonicsonline.com/product/product&product_id=756&search=BEN10M-TFR
- [38] laser sensor - Buy laser sensor with free shipping on AliExpress. (s. f.). Obtenido de Sensor de etiqueta:
<https://www.aliexpress.com/w/wholesale-laser-sensor.html>
- [39] Milltronics TASS - Sensor de velocidad de rotación by Siemens Process Instrumentation | DirectIndustry. (s. f.). DirectIndustry - El marketplace B2B de la industria: sensores, automatismos, motores, bombas, manipulación, embalajes, etc.
<https://www.directindustry.es/prod/siemens-process-instrumentation/product-18343-1243243.html>
- [40] Variadores de Velocidad | SIEMENS. (2022). Inmaelectro. Obtenido de Variador de frecuencia SINAMICS G110:
<http://www.inmaelectro.com/productos/siemens/variadores-de-velocidad/>

- [41] Sensores de velocidad Milltronics TASS, Instrucciones de servicio. (julio de 2018). SIEMENS.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/631/109764631/att_1004369/v1/A5E48659005-AAes_TASS_OI_es-ES.pdf
- [42] OEM Packard C230C. (s. f.). Ebay.
<https://www.ebay.com/itm/401988618962>
<https://www.aliexpress.com/w/wholesale-laser-sensor.html>
- [43] L3505. (s. f.). Obtenido de Motor eléctrico modelo L3505:
[https://www.baldor.com/catalog/L3505#tab="performance"](https://www.baldor.com/catalog/L3505#tab=)

ANEXO A. PLANOS

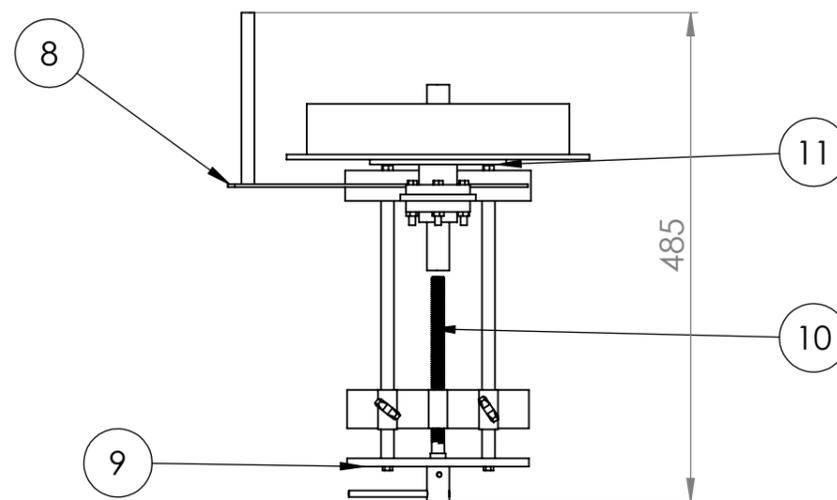
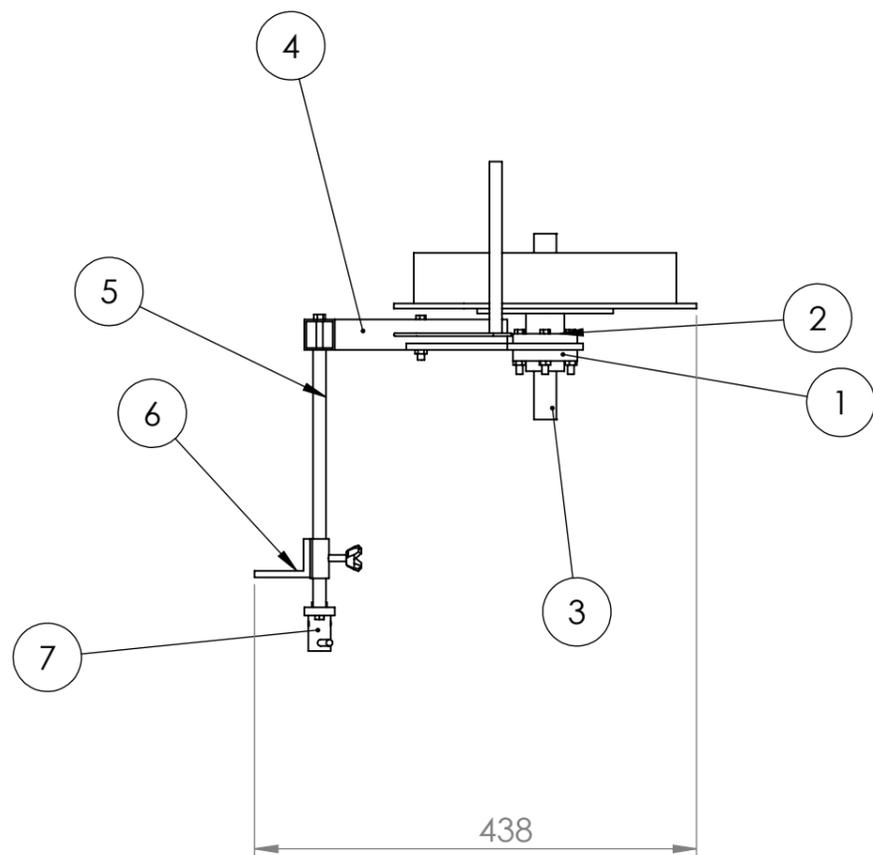
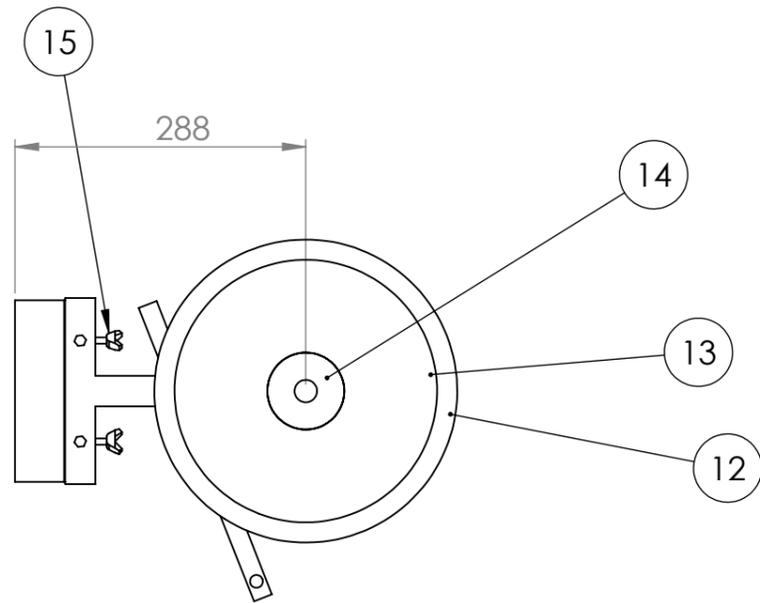
PLANOS



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
7	Mesa metálica	1
6	Botonera	1
5	Sistema transportador	1
4	Sistema giro de envases	1
3	Placa base	1
2	Sistema desbobinador	1
1	Sistema rebobinador	1

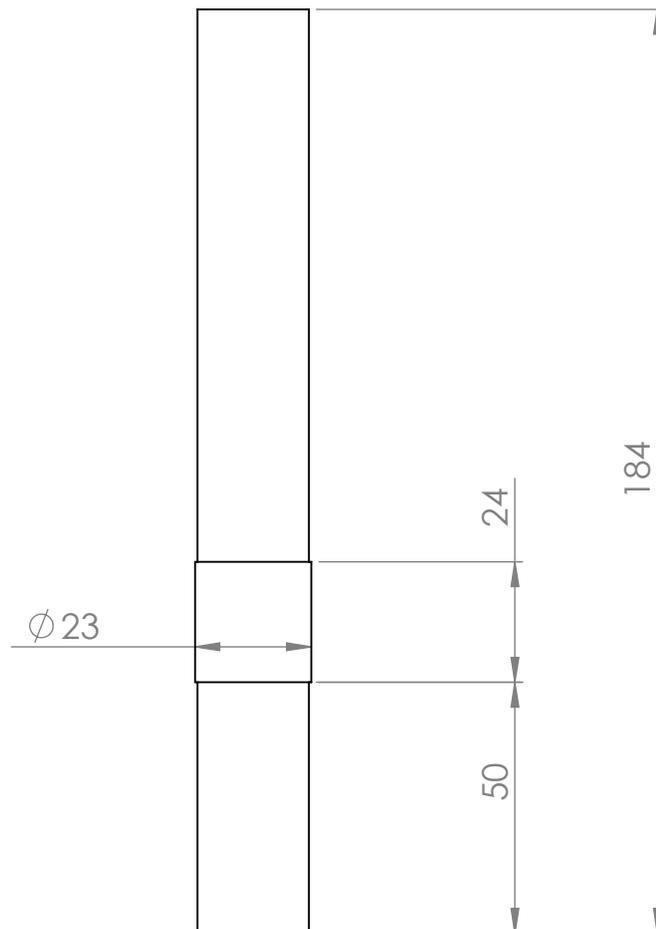
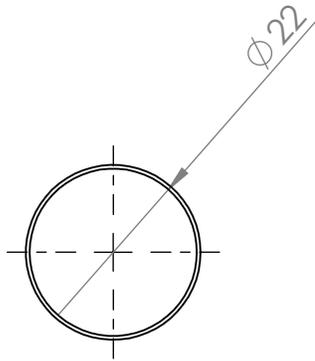
Cotas: mm	Nombres	Fecha	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA Planode conjunto
Dibujado	Ricardo Rodriguez	22/3/2022	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022	
ESCALA : 1:10	NOMBRE : MAQUINA ETIQUETADORA		Trabajo de graduación



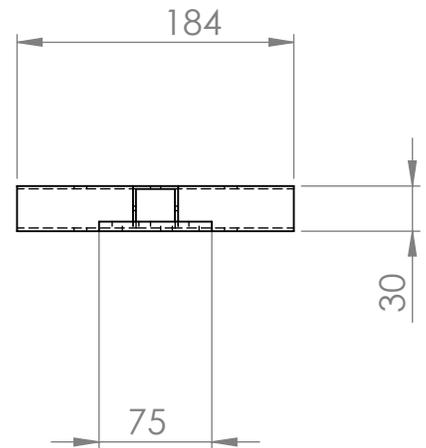
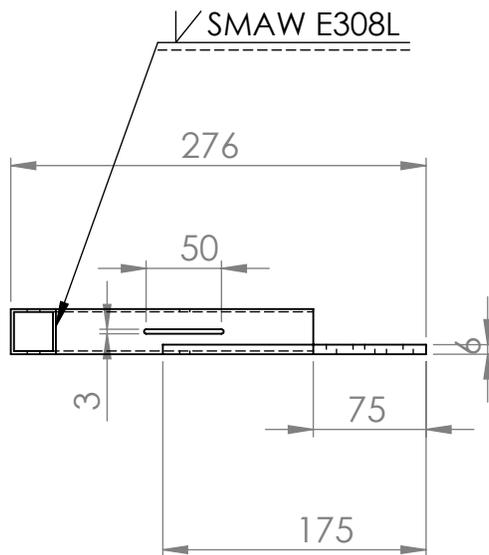
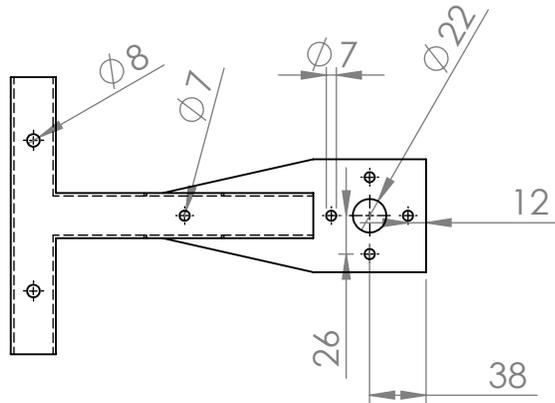


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
15	Tornillo mariposa	2
14	Porta etiquetas	1
13	Rollo de etiquetas	1
12	Plato soporte de etiquetas	1
11	Refuerzo plato soporte	1
10	Tornillo regulador	1
9	Base soporte regulador	1
8	Brazo halador	1
7	Base palanca	1
6	Soporte sistema desbobinador	1
5	Guías	2
4	Brazo soporte de etiquetas	1
3	Eje desbobinador	1
2	Brida superior SD	1
1	Brida inferior SD	1

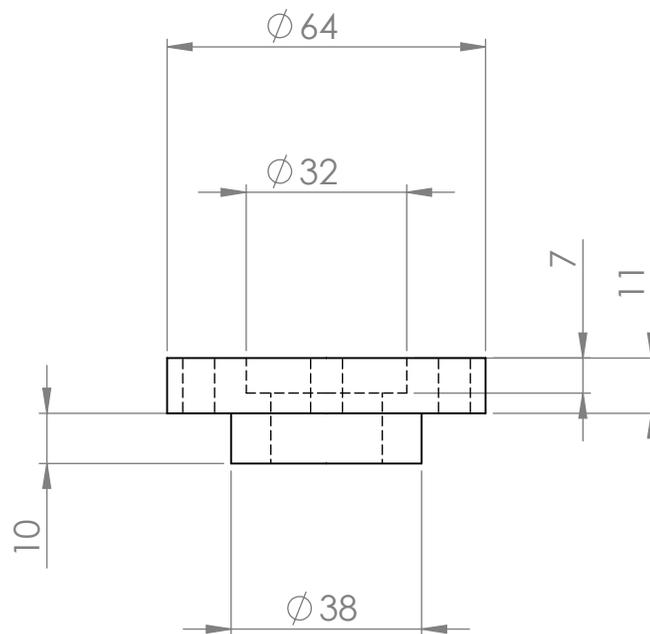
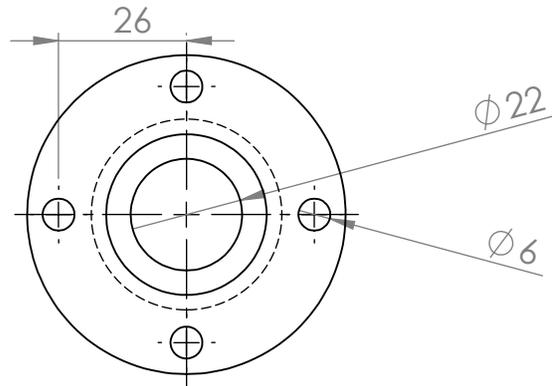
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022		
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	26/04/2022		Plano subconjunto A
ESCALA : 1:7	NOMBRE : SISTEMA DESBOBINADOR			Trabajo de graduacion



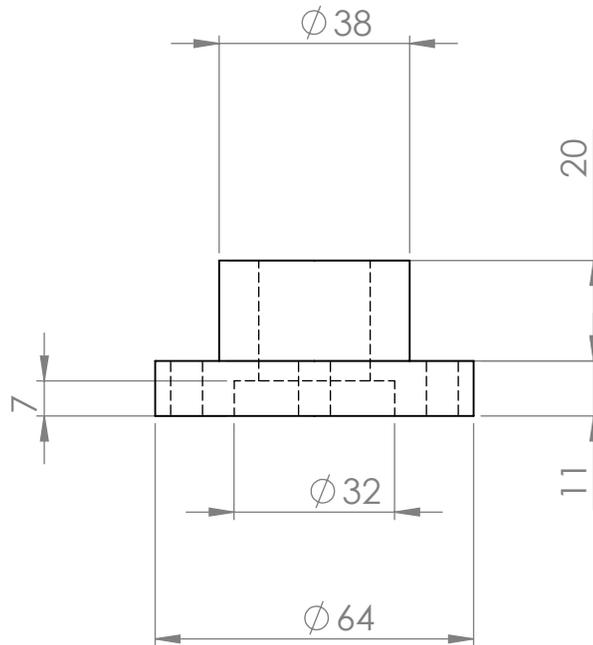
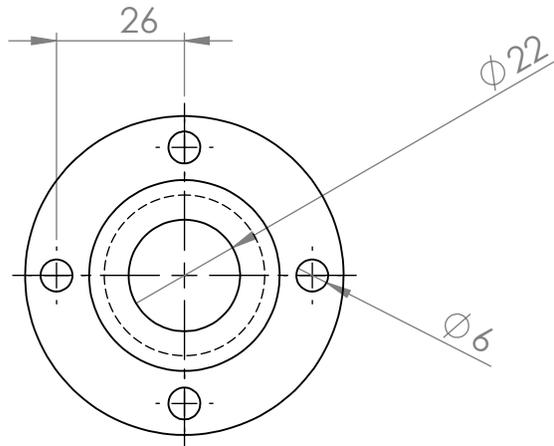
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	AISI 304	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-1
ESCALA : 1:1.5	NOMBRE : EJE DESBOBINADOR			Trabajo de graduacion



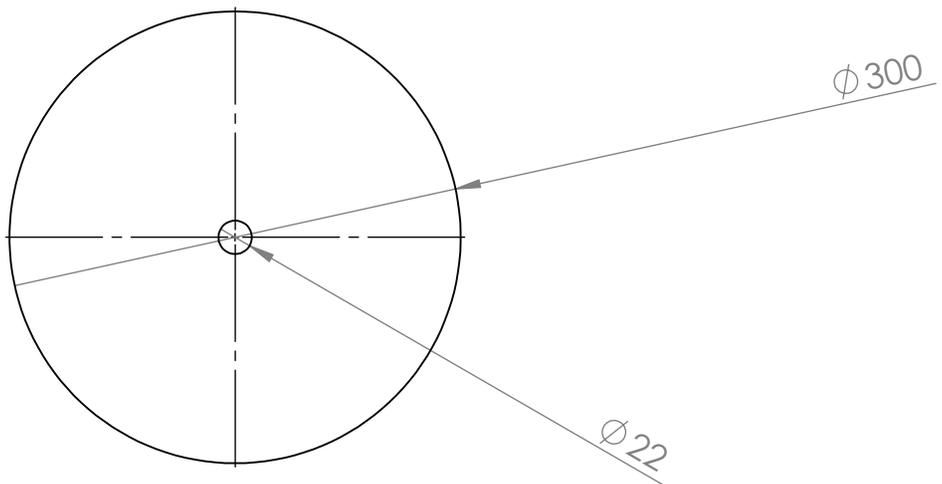
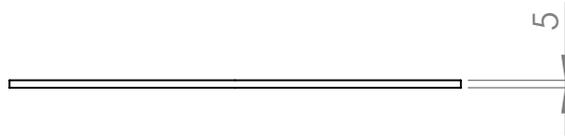
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	ASTM A-500	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-2
ESCALA : 1:5	NOMBRE : BRAZO SOPORTE			Trabajo de graduacion



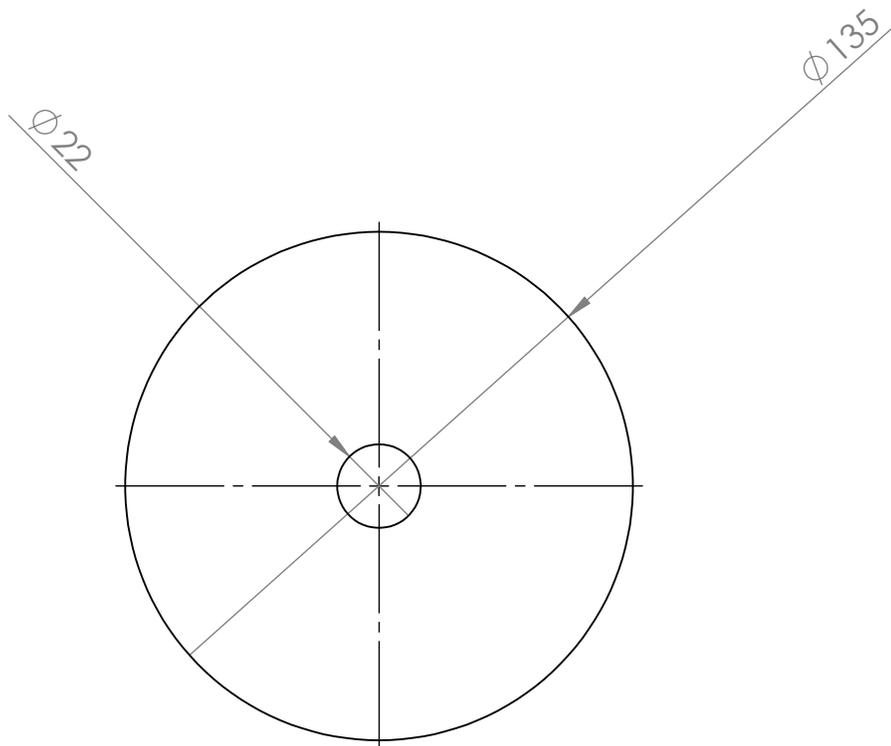
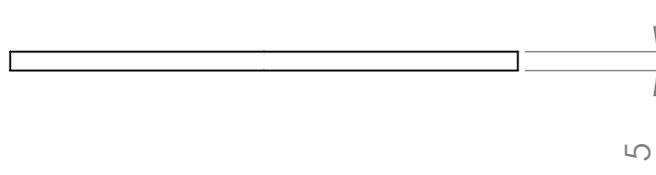
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	Hierro fundido	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-3
ESCALA : 1:1.5	NOMBRE : BRIDA INFERIOR SD			Trabajo de graduacion



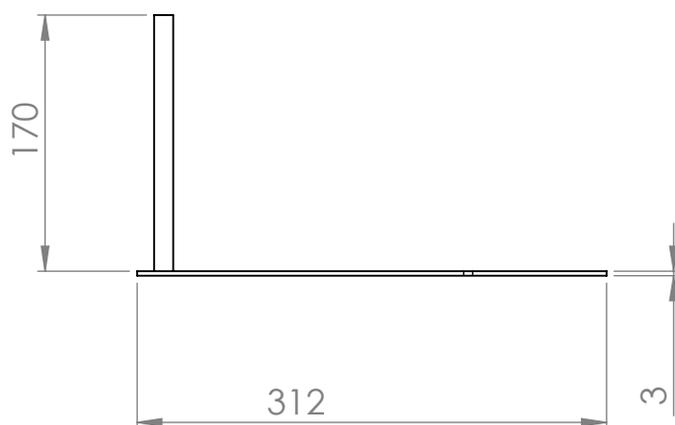
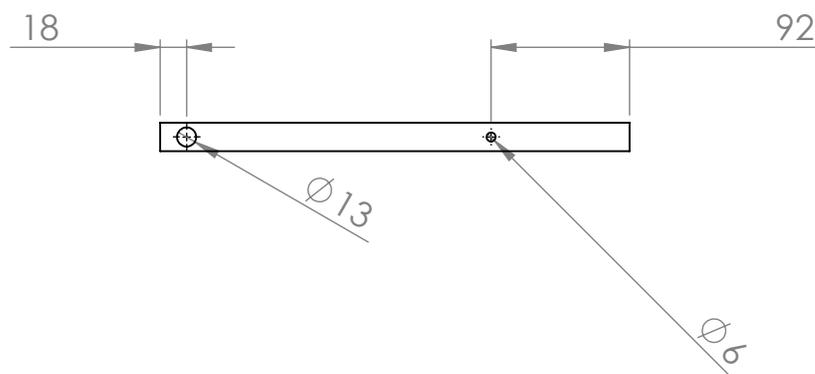
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	Hierro fundido	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-4
ESCALA : 1:1.5	NOMBRE : BRIDA SUPERIOR SD			Trabajo de graduacion



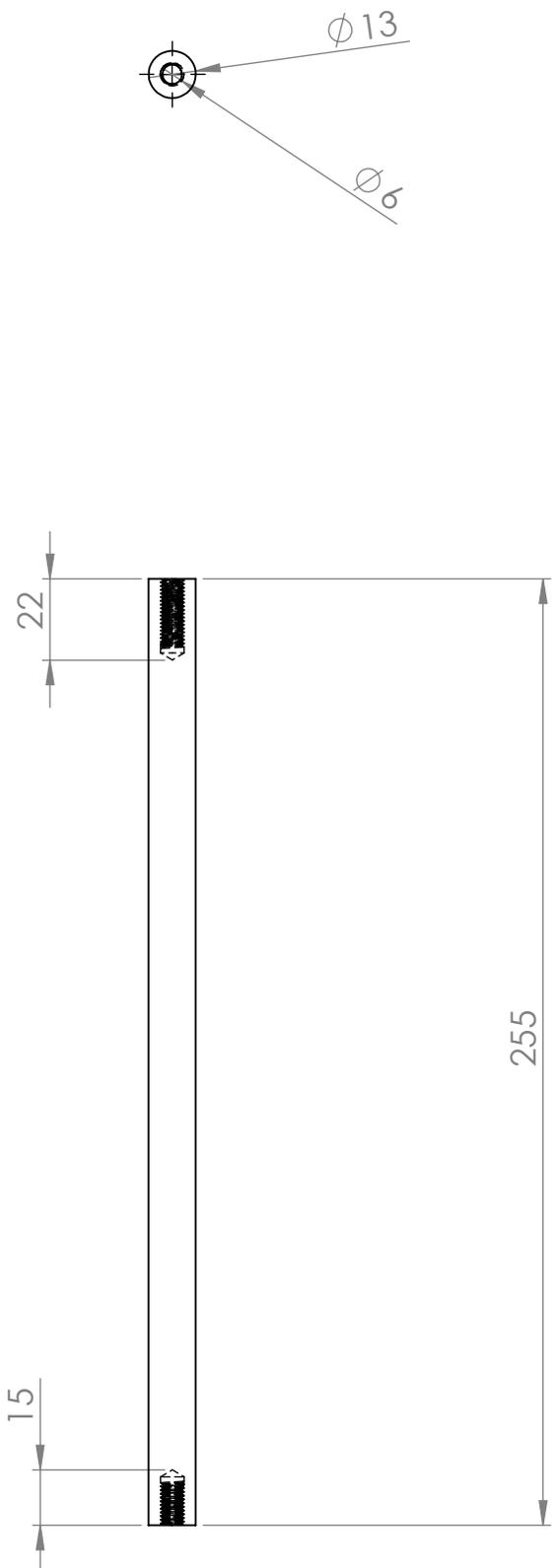
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	Nylon	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-5
ESCALA : 1:5	NOMBRE : PLATO SOPORTE DE ETIQUETAS			Trabajo de graduacion



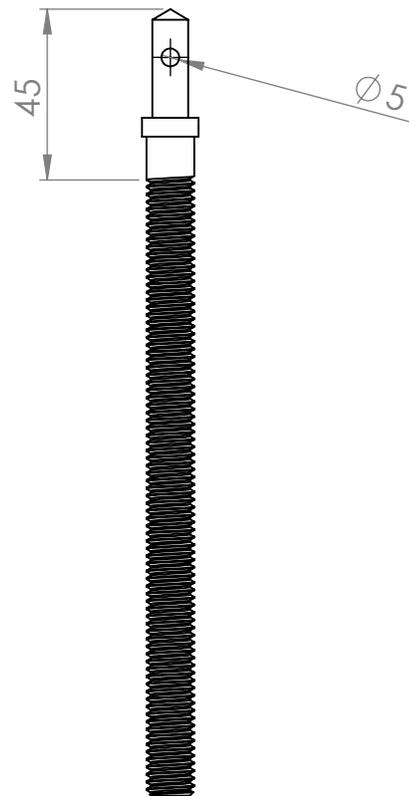
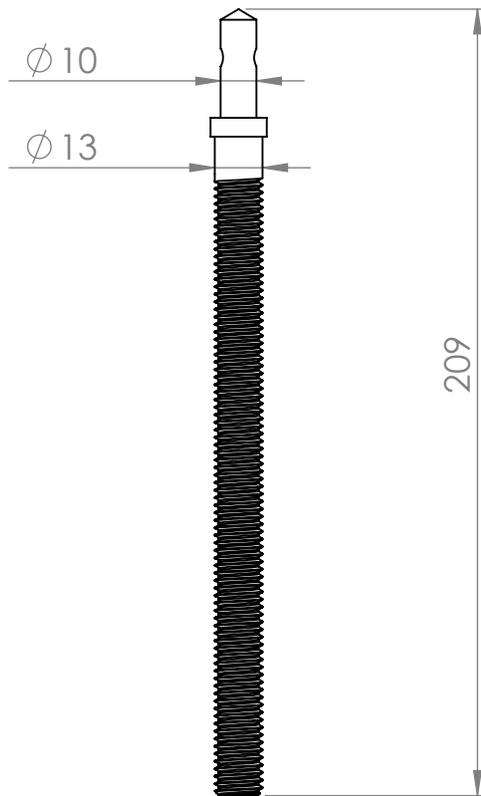
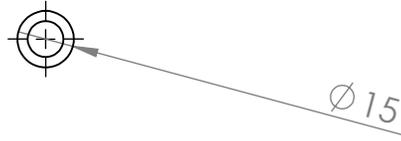
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	Nylon	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-6
ESCALA : 1:2	NOMBRE : REFUERZO PLATO SOPORTE			Trabajo de graduacion



Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	ASTM A-36	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-7
ESCALA : 1:5	NOMBRE : BRAZO HALADOR			Trabajo de graduacion

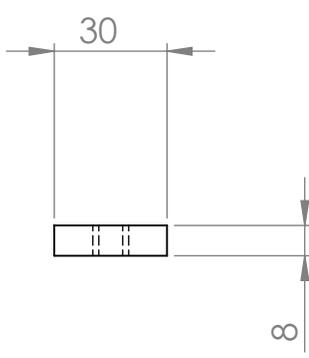
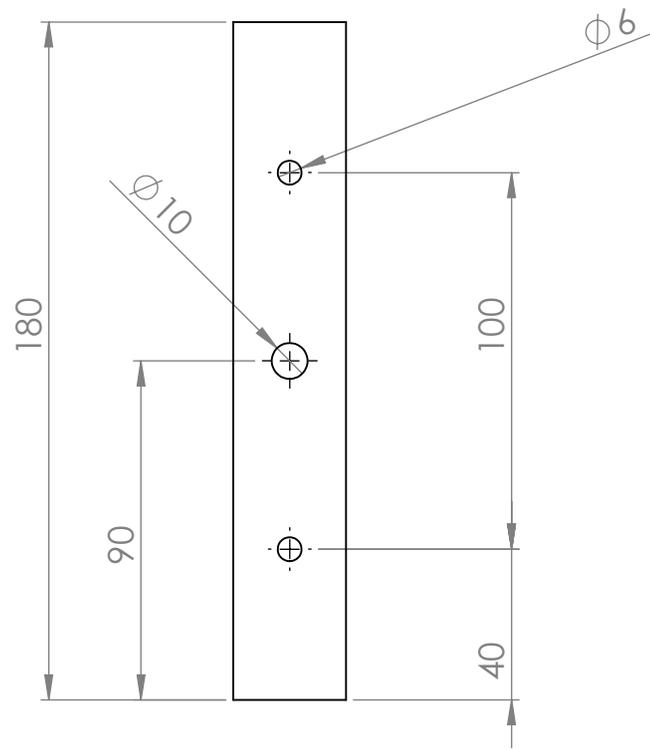


Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	ASTM A-36	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-8
ESCALA : 1:2	NOMBRE : GUIAS			Trabajo de graduacion

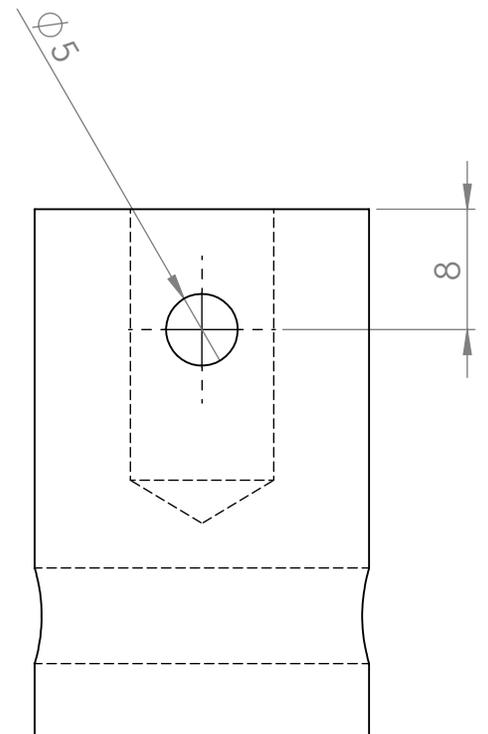
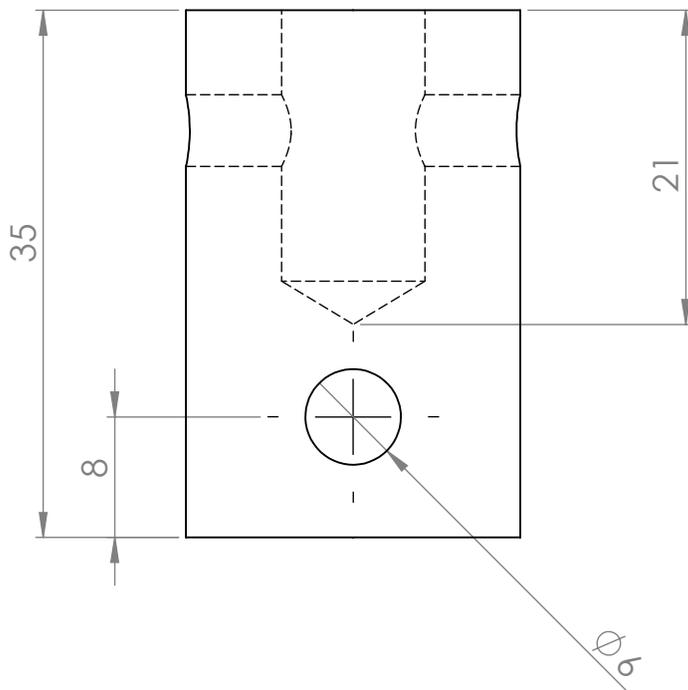
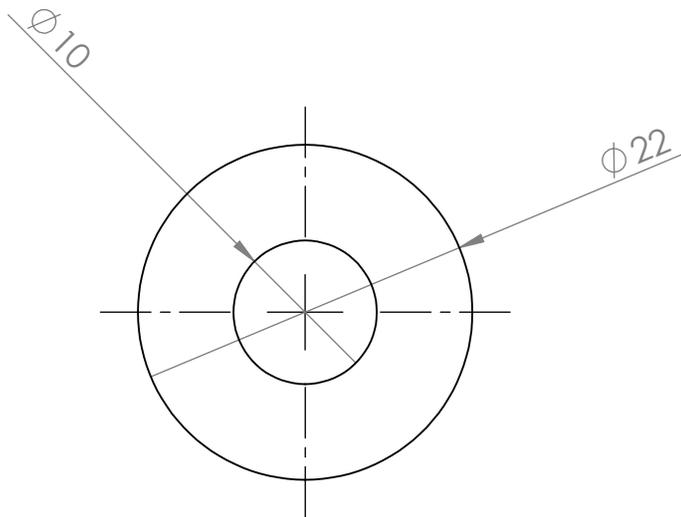


Rosca M14 x 2.0

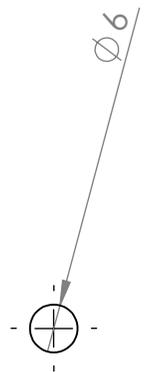
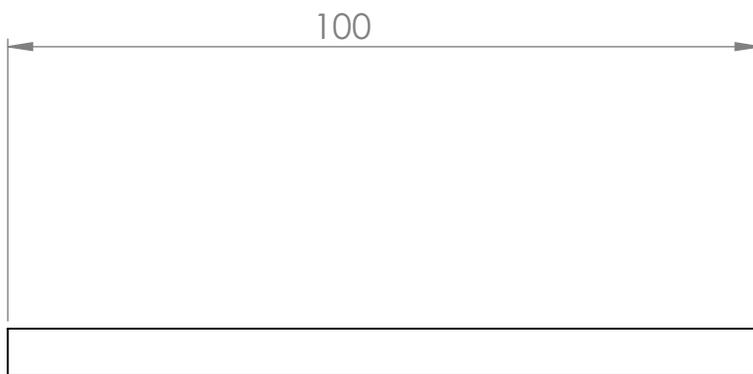
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodríguez	31/03/2022	AISI 1020	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-9
ESCALA : 1:2	NOMBRE : TORNILLO REGULADOR			Trabajo de graduacion



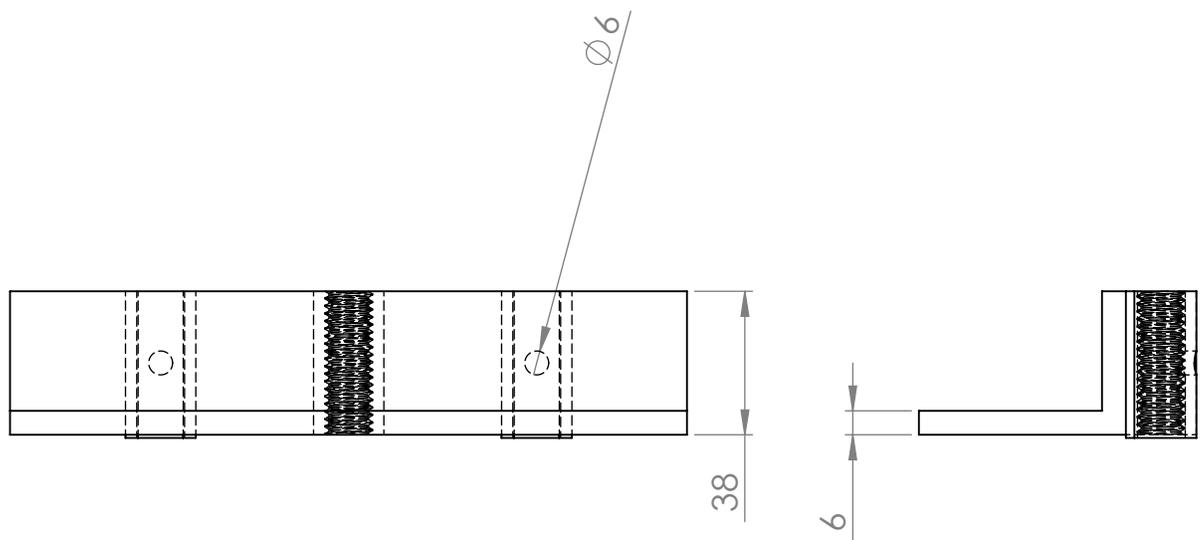
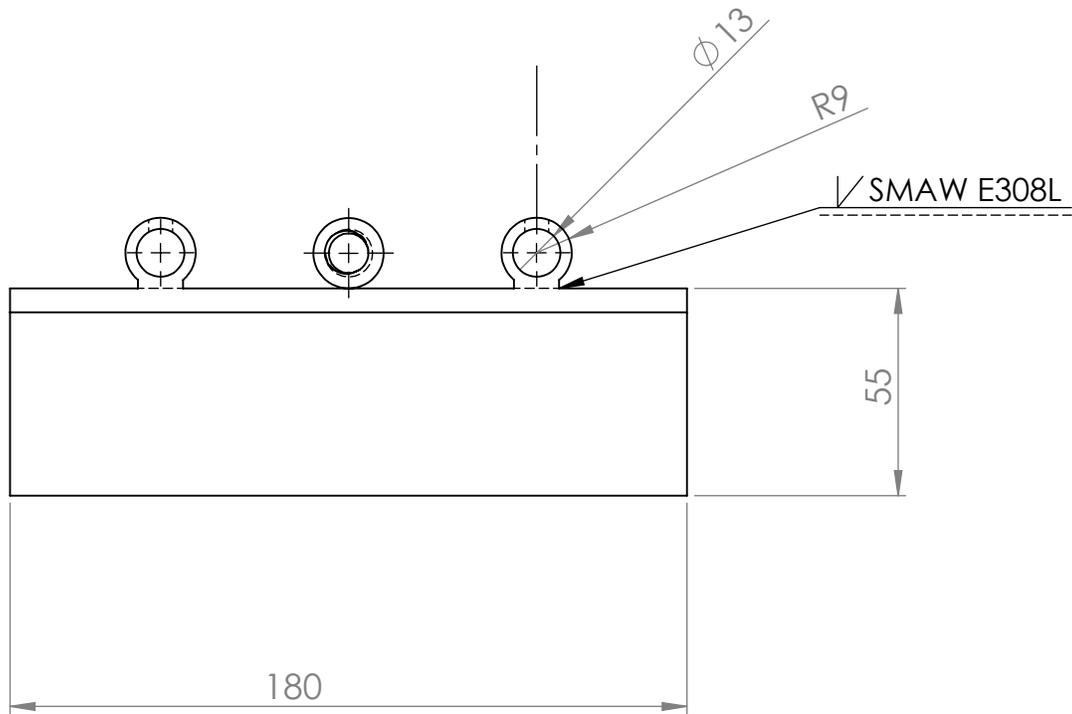
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	AISI 1020	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-10
ESCALA : 1:2	NOMBRE : BASE SOPORTE REGULADOR			Trabajo de graduacion



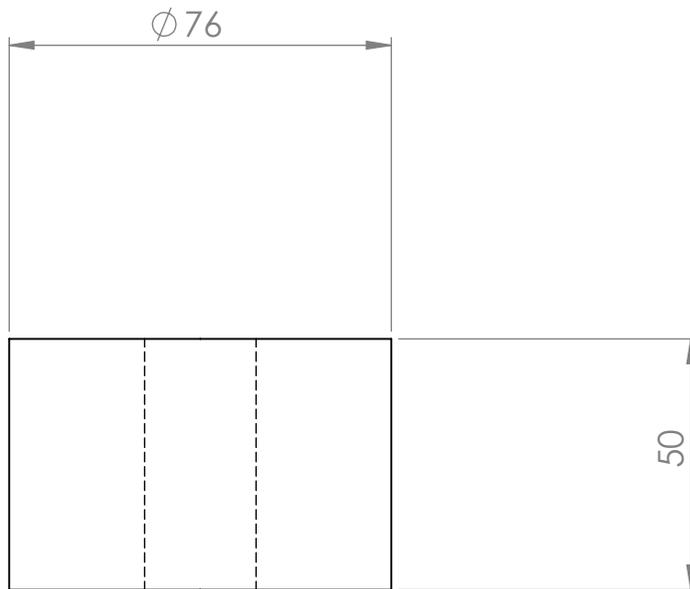
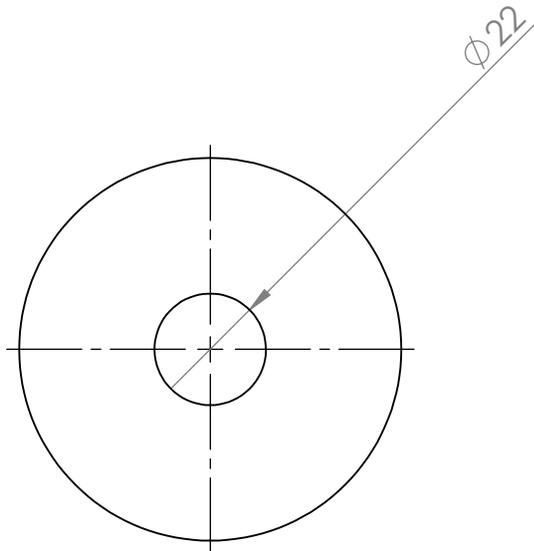
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	AISI 304	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-11
ESCALA : 2:1	NOMBRE : Base palanca			Trabajo de graduacion



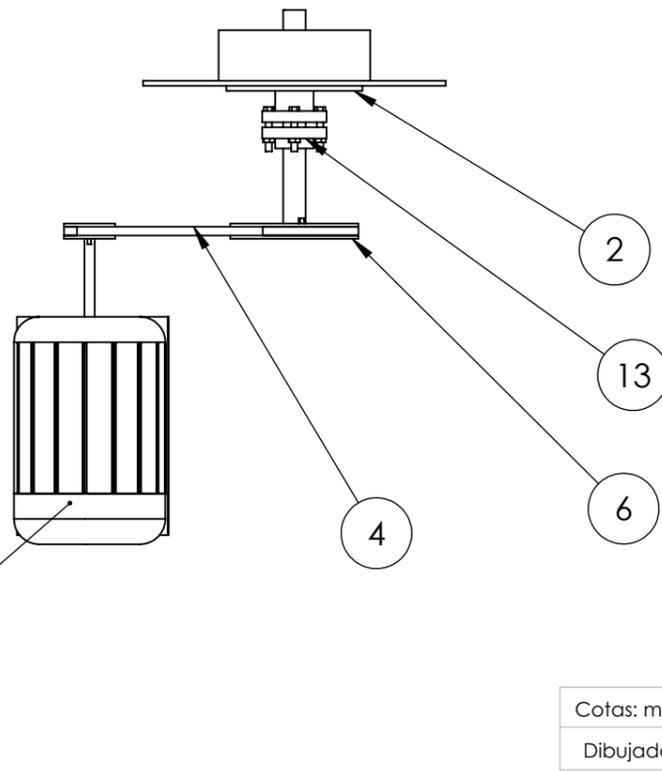
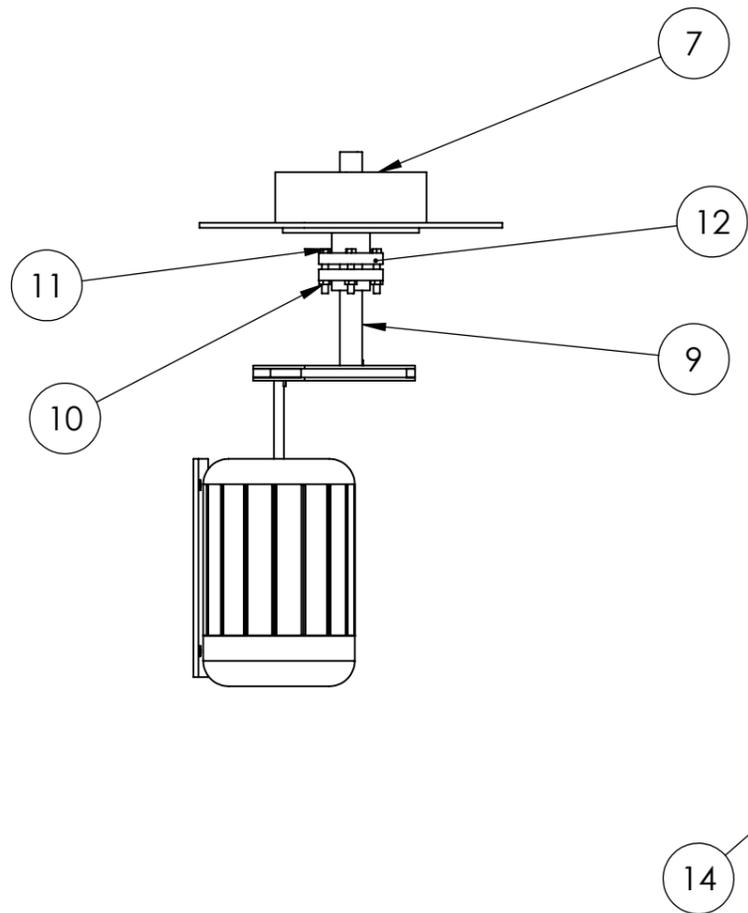
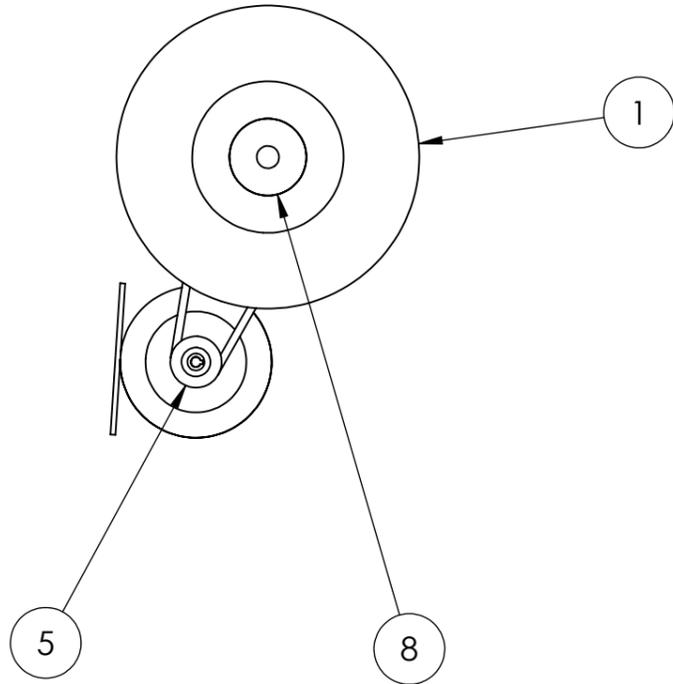
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	AISI 1020	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-12
ESCALA : 1:1	NOMBRE : PALANCA			Trabajo de graduacion



Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	ASTM A-36	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-13
ESCALA : 1:2	NOMBRE : BASE SISTEMA DESBOBINADOR			Trabajo de graduacion

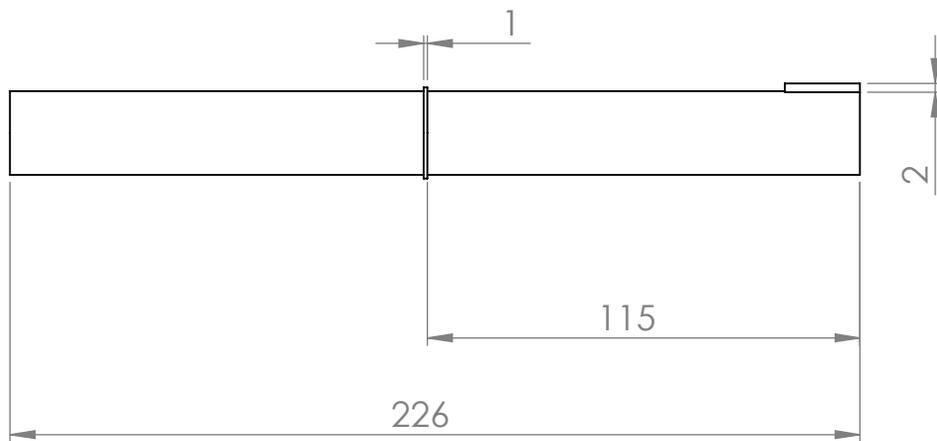
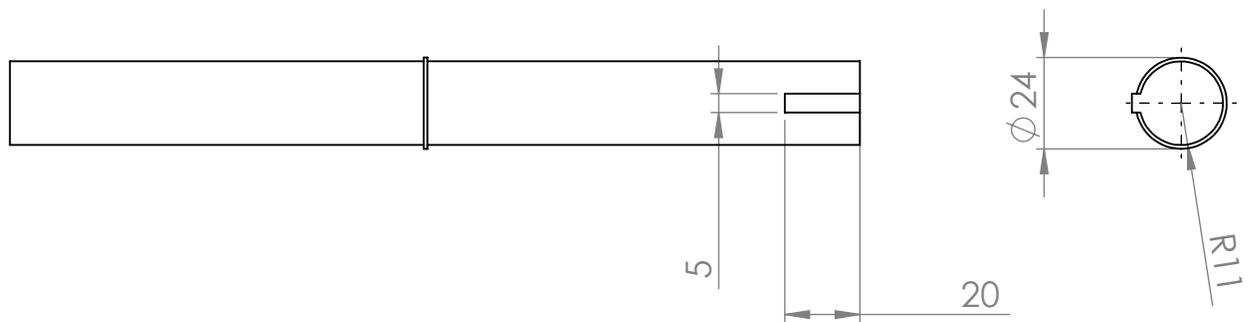


Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	Nylon	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle A 1-14
ESCALA : 1:1.5	NOMBRE : PORTA ETIQUETAS			Trabajo de graduacion

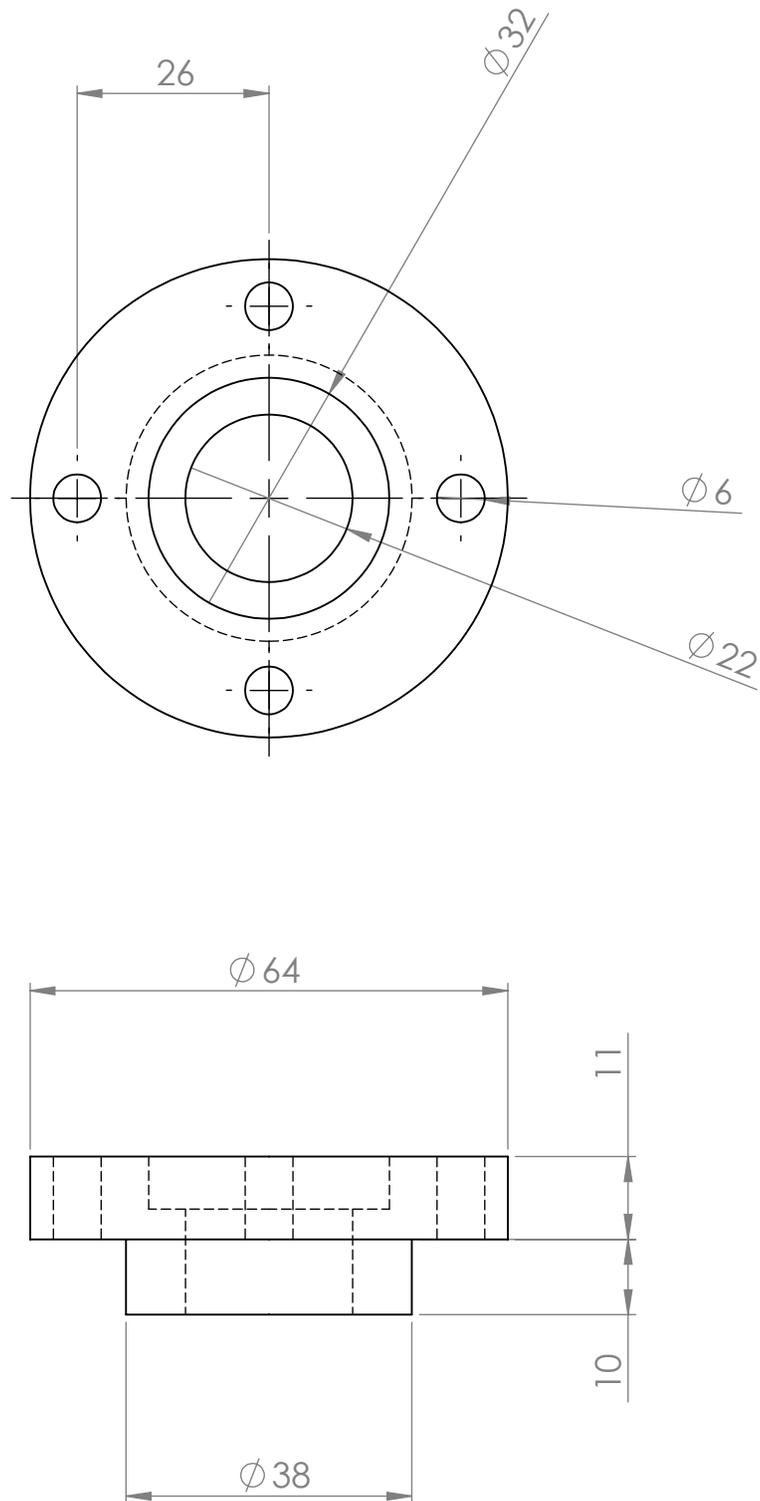


N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	CANTIDAD
14	Motor	1
13	Brida inferior SR	1
12	Brida superior SR	1
11	Perno de bridas	4
10	Tuerca	4
9	Eje rebobinador	1
8	Porta desperdicio	1
7	Rollo de desperdicio	1
6	Polea 5 pulg	1
5	Polea 2 pulg	1
4	Banda de transmision	1
2	Refuerzo plato soporte	1
1	Plato soporte de etiquetas	1

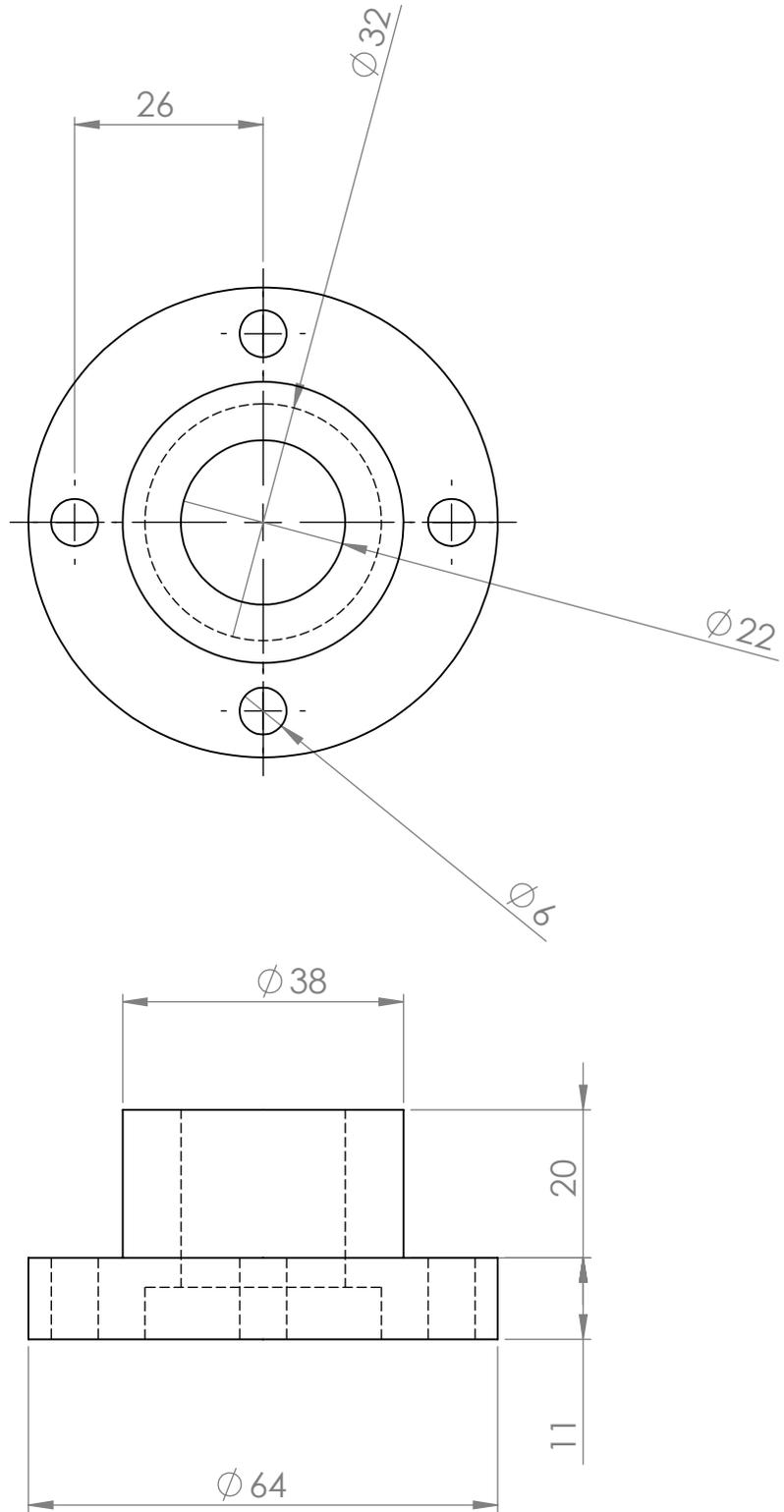
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Mario Ortez Castro	31/03/2022		
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano subconjunto B
ESCALA : 1:7	NOMBRE : SISTEMA REBOBINADOR			Trabajo de graduacion



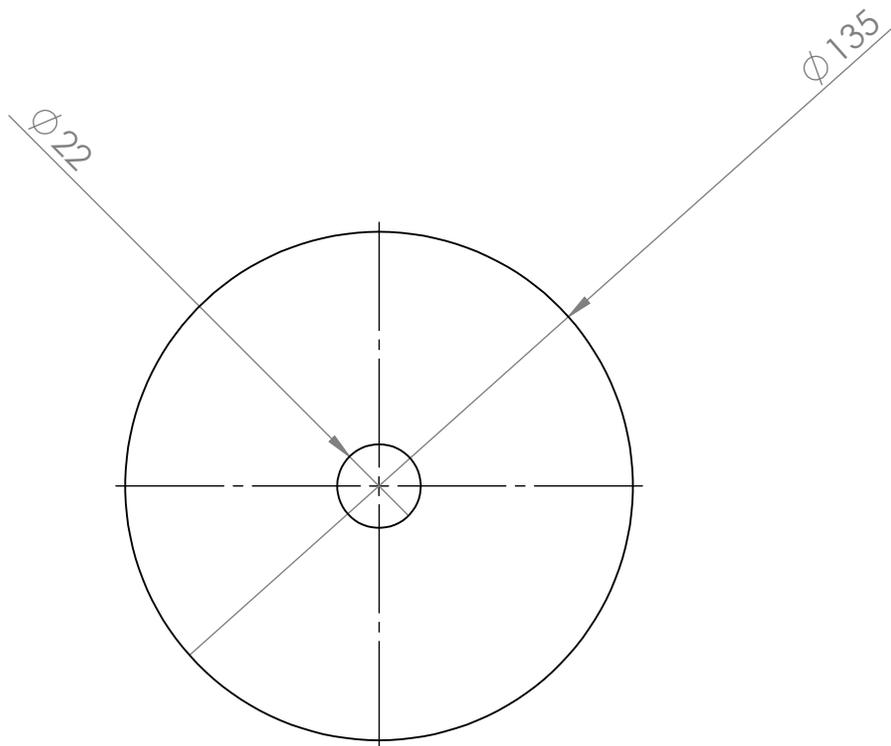
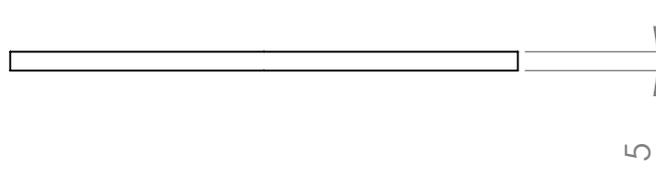
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Mario Ortez Castro	01/04/2022	AISI 304	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle B 1-1
ESCALA : 1:2	NOMBRE : EJE REBOBINADOR			Trabajo de graduacion



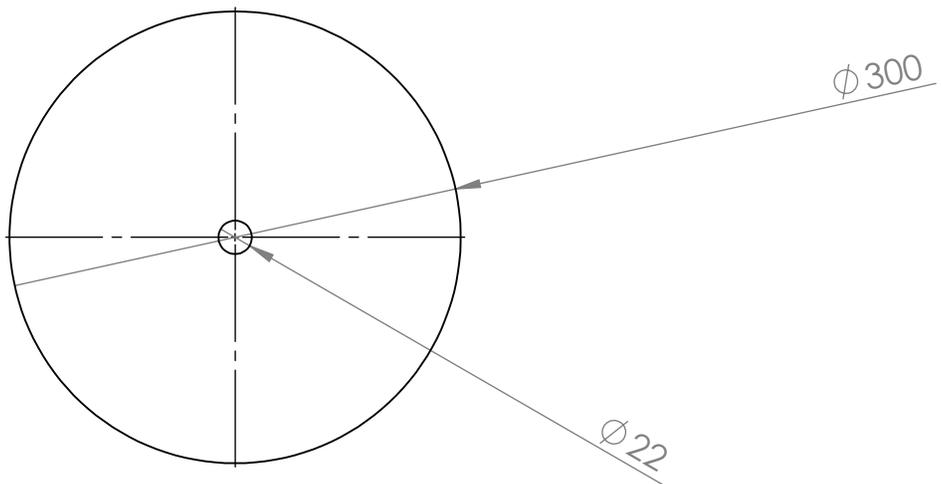
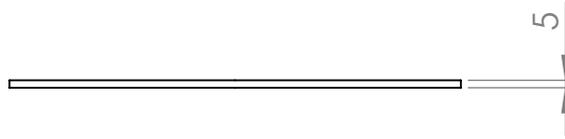
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Mario Ortez Castro	01/04/2022	Hierro fundido	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle B 1-2
ESCALA : 1:1	NOMBRE : BRIDA INFERIOR SR			Trabajo de graduacion



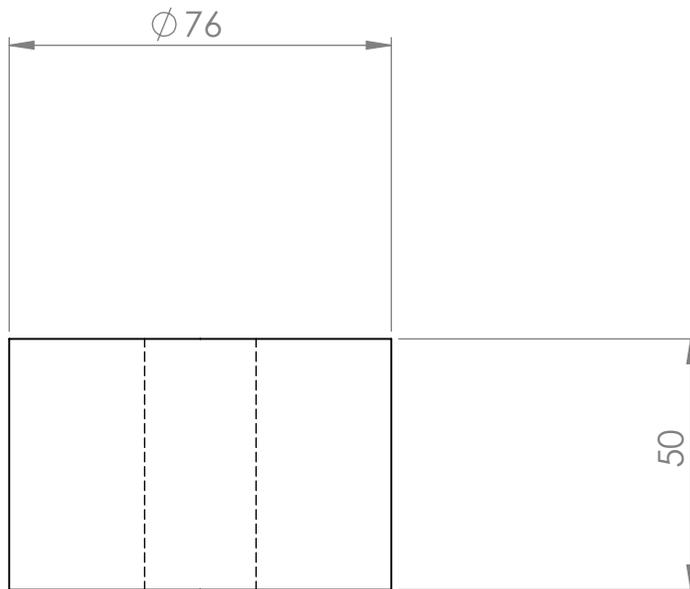
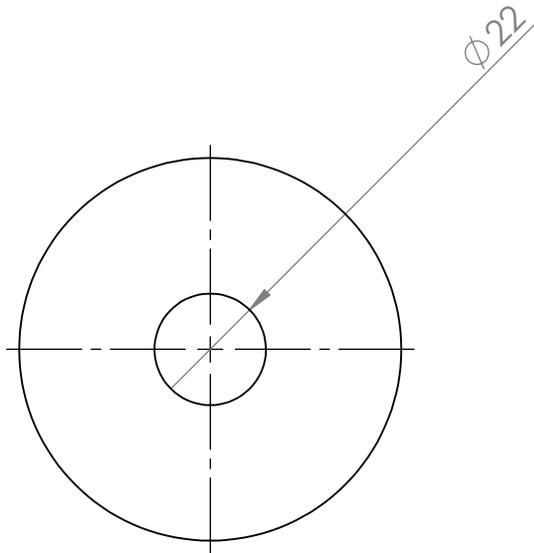
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Mario Ortez Castro	01/04/2022	Hierro fundido	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle B 1-3
ESCALA : 1:1	NOMBRE : BRIDA SUPERIOR SR			Trabajo de graduacion



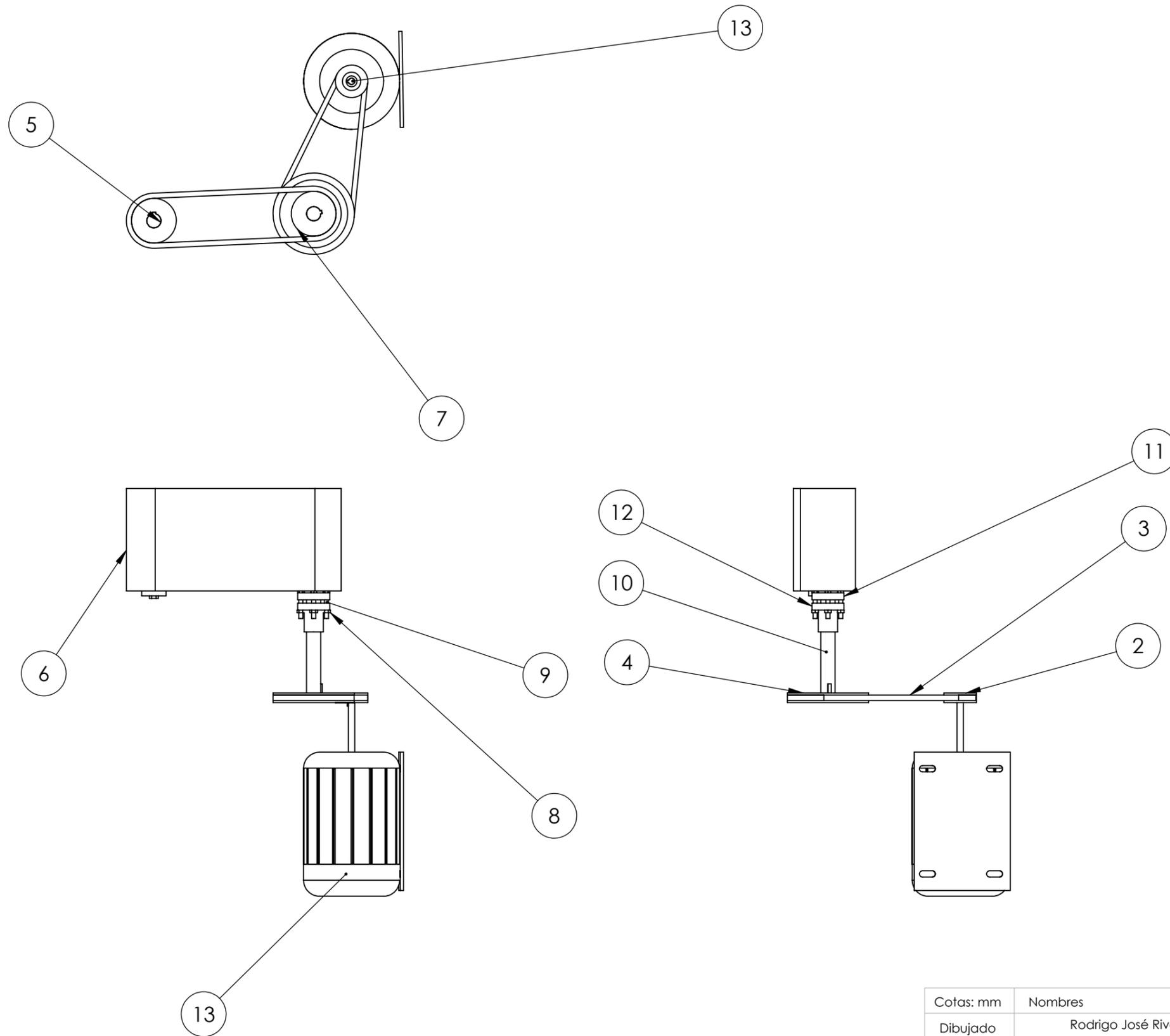
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	Nylon	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle B 1-4
ESCALA : 1:2	NOMBRE : REFUERZO PLATO SOPORTE			Trabajo de graduacion



Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	Nylon	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle B 1-5
ESCALA : 1:5	NOMBRE : PLATO SOPORTE DE DESPERDICIO			Trabajo de graduacion

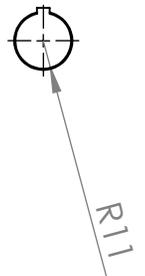
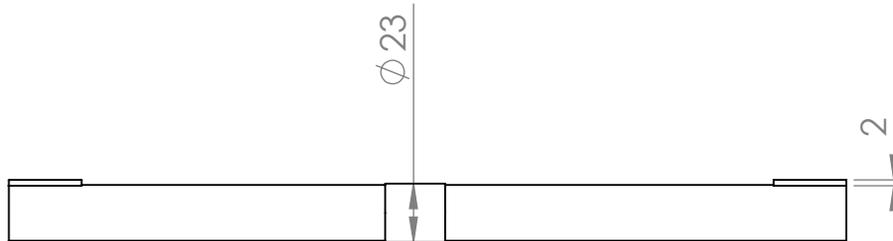
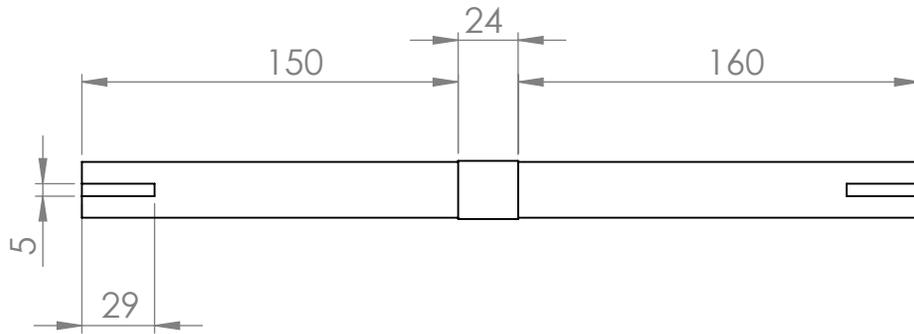


Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	31/03/2022	Nylon	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle B 1-6
ESCALA : 1:1.5	NOMBRE : PORTA DESPERDICIO			Trabajo de graduacion

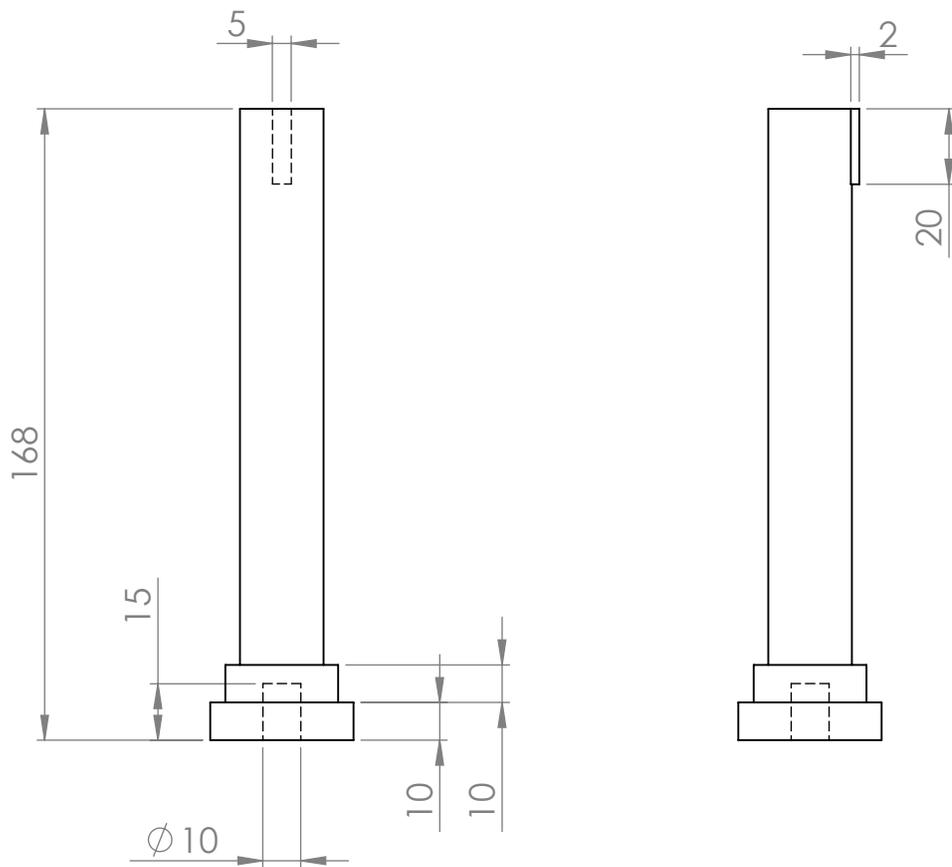
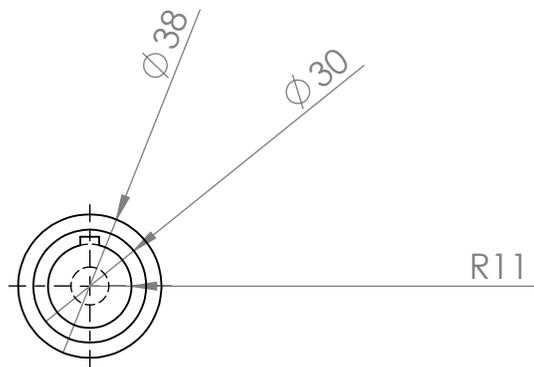


ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
13	Motor	1
12	Brida inferior SGE	1
11	Brida superior SGE	1
10	Eje sistema giro de envases	1
9	Perno de bridas	4
8	Tuerca	4
7	Rodillo motriz	2
6	Banda SGE	1
5	Eje fijo SGE	1
4	Polea 5 pulg	1
3	Banda de transmision	1
2	Polea 2 pulg	1
13	cojinete	1

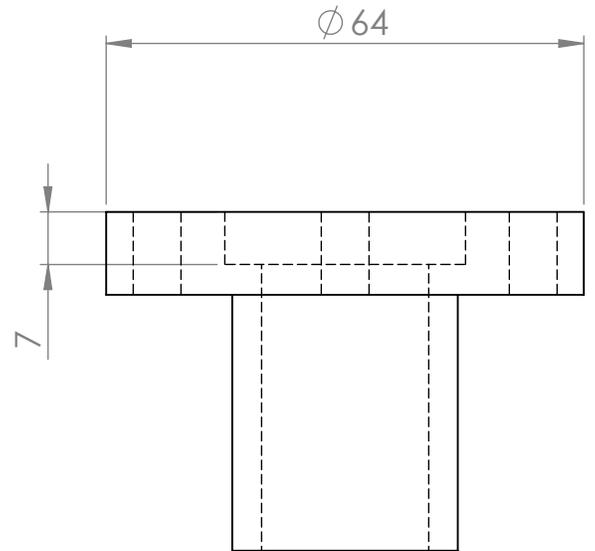
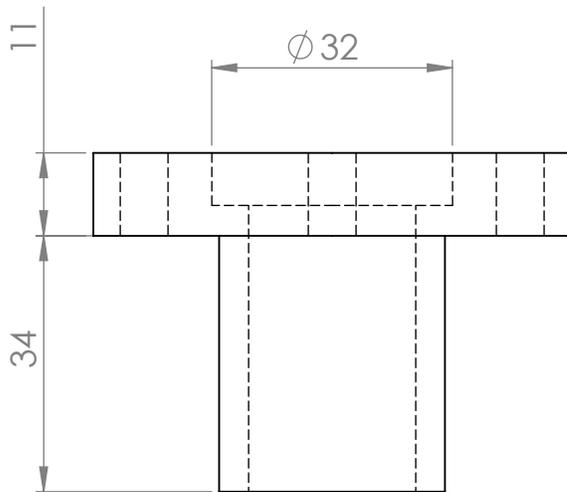
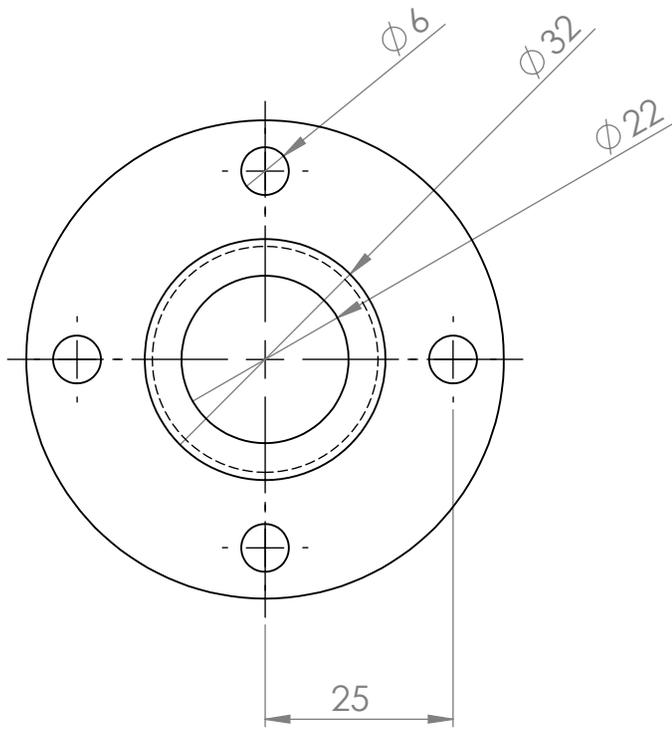
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Rodrigo José Rivas	31/03/2022		
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		
ESCALA : 1:7				Plano subconjunto C
NOMBRE : SISTEMA GIRO DE ENVASE				Trabajo de graduacion



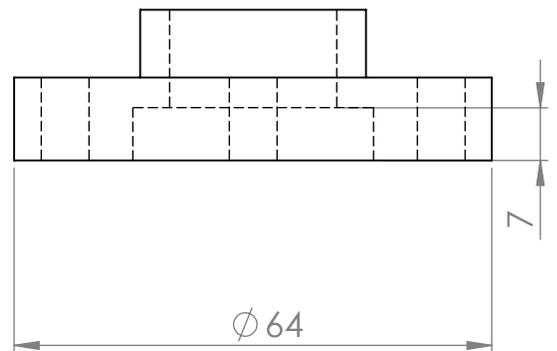
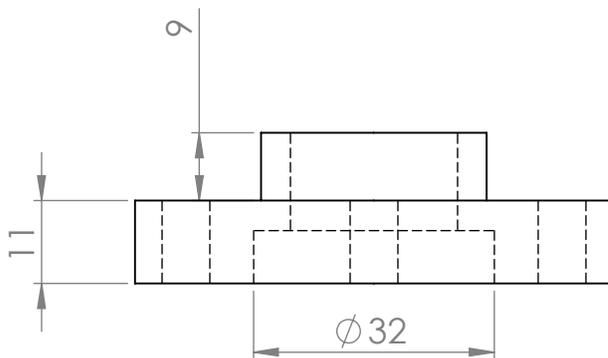
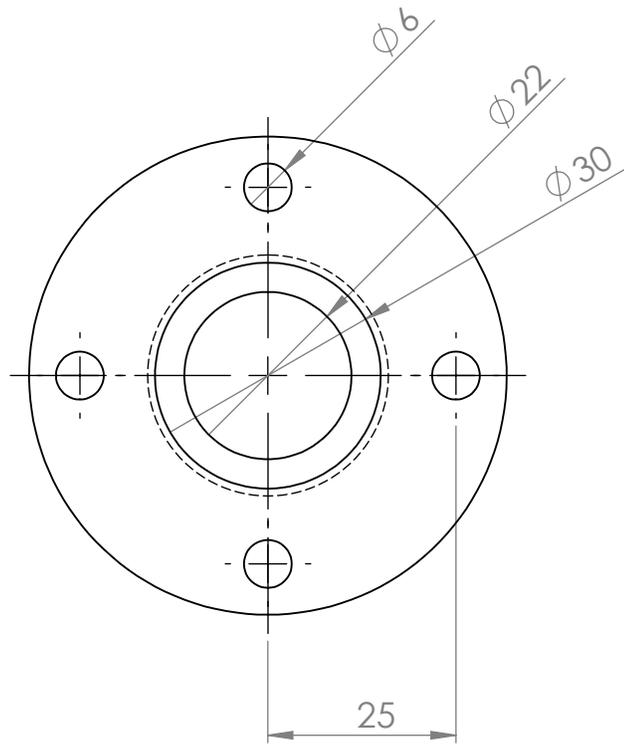
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Rodrigo Rivas	07/04/2022	AISI 304	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle C 1-1
ESCALA : 1:3	NOMBRE : EJE MOTRIZ SGE			Trabajo de graduacion



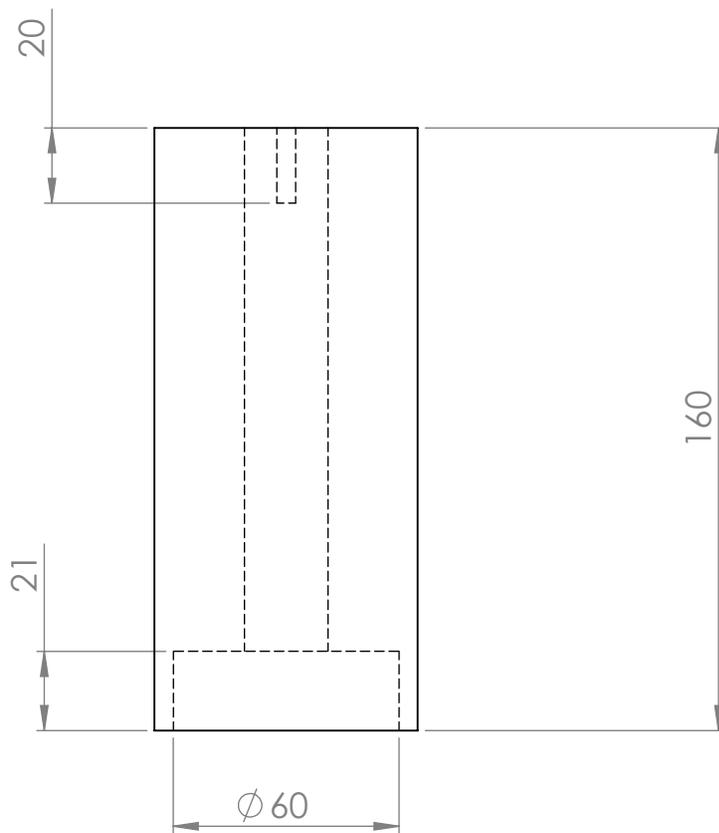
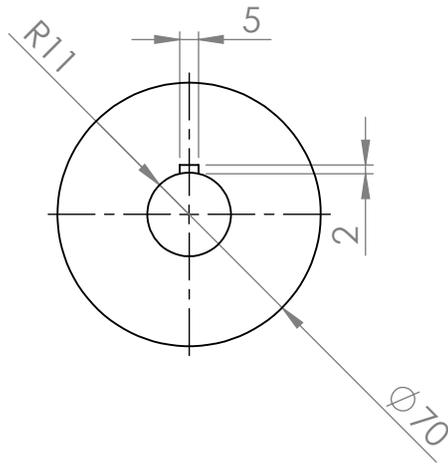
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Rodrigo Rivas	07/04/2022	AISI 304	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle C 1-2
ESCALA : 1:2	NOMBRE : EJE FIJO SGE			Trabajo de graduacion



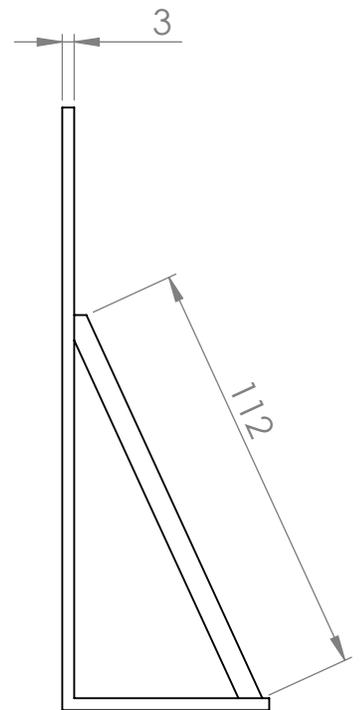
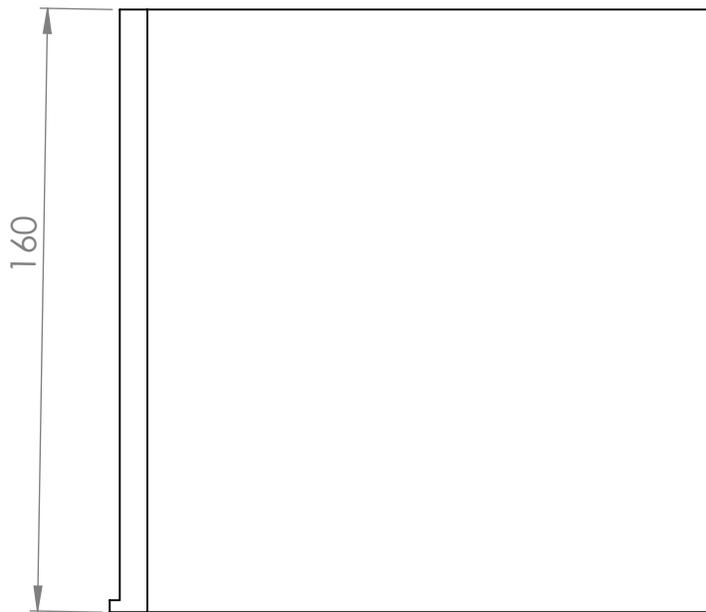
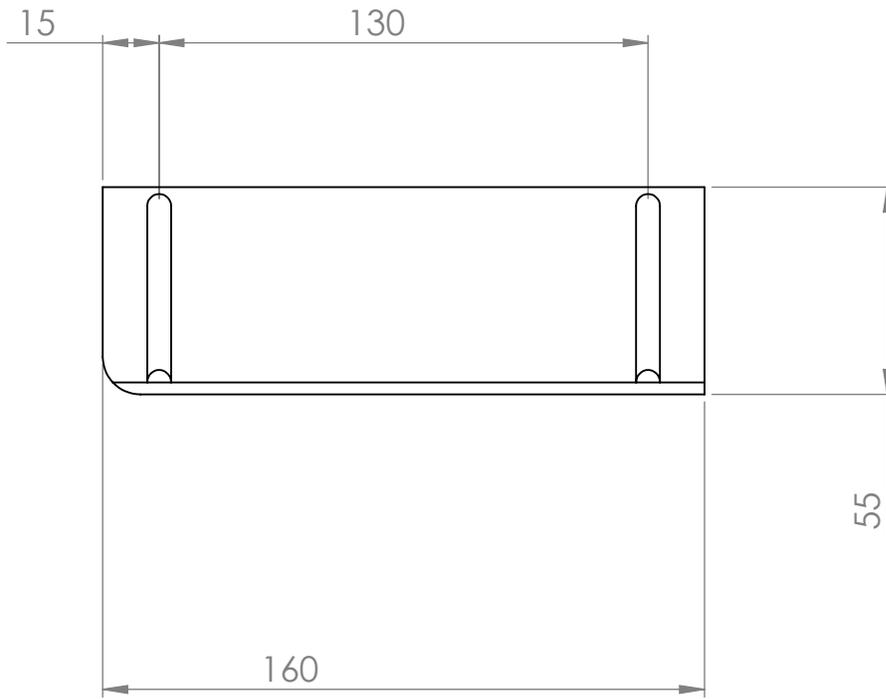
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Rodrigo Rivas	07/04/2022	Hierro Fundido	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle C 1-3
ESCALA : 1:1	NOMBRE : BRIDA INFERIOR SGE			Trabajo de graduacion



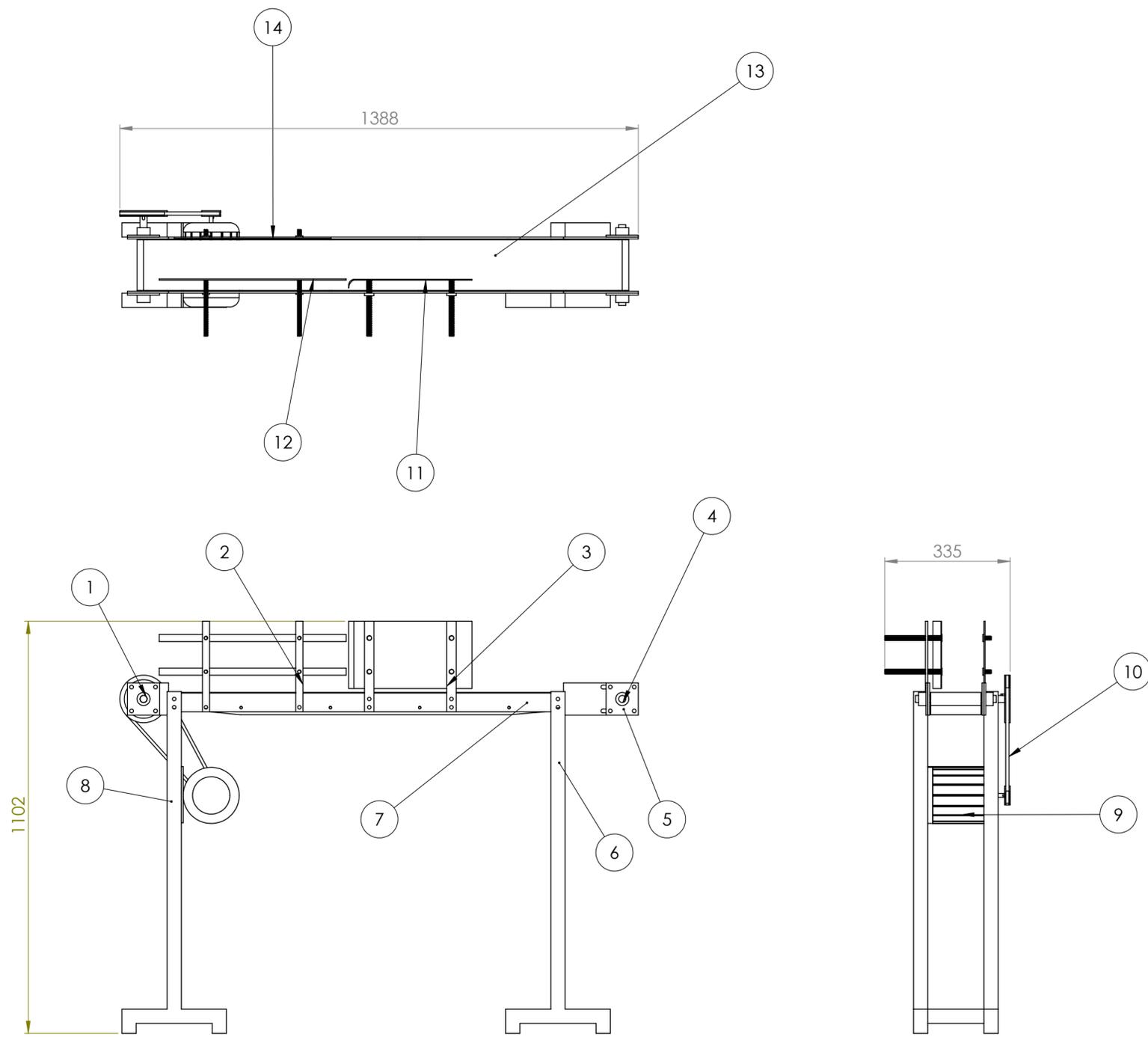
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Rodrigo Rivas	07/04/2022	Hierro Fundido	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle C 1-4
ESCALA : 1:1	NOMBRE : BRIDA SUPERIOR SGE			Trabajo de graduacion



Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Rodrigo Rivas	07/04/2022	Nylon	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle C 1-5
ESCALA : 1:2	NOMBRE : RODILLO MOTRIZ			Trabajo de graduacion



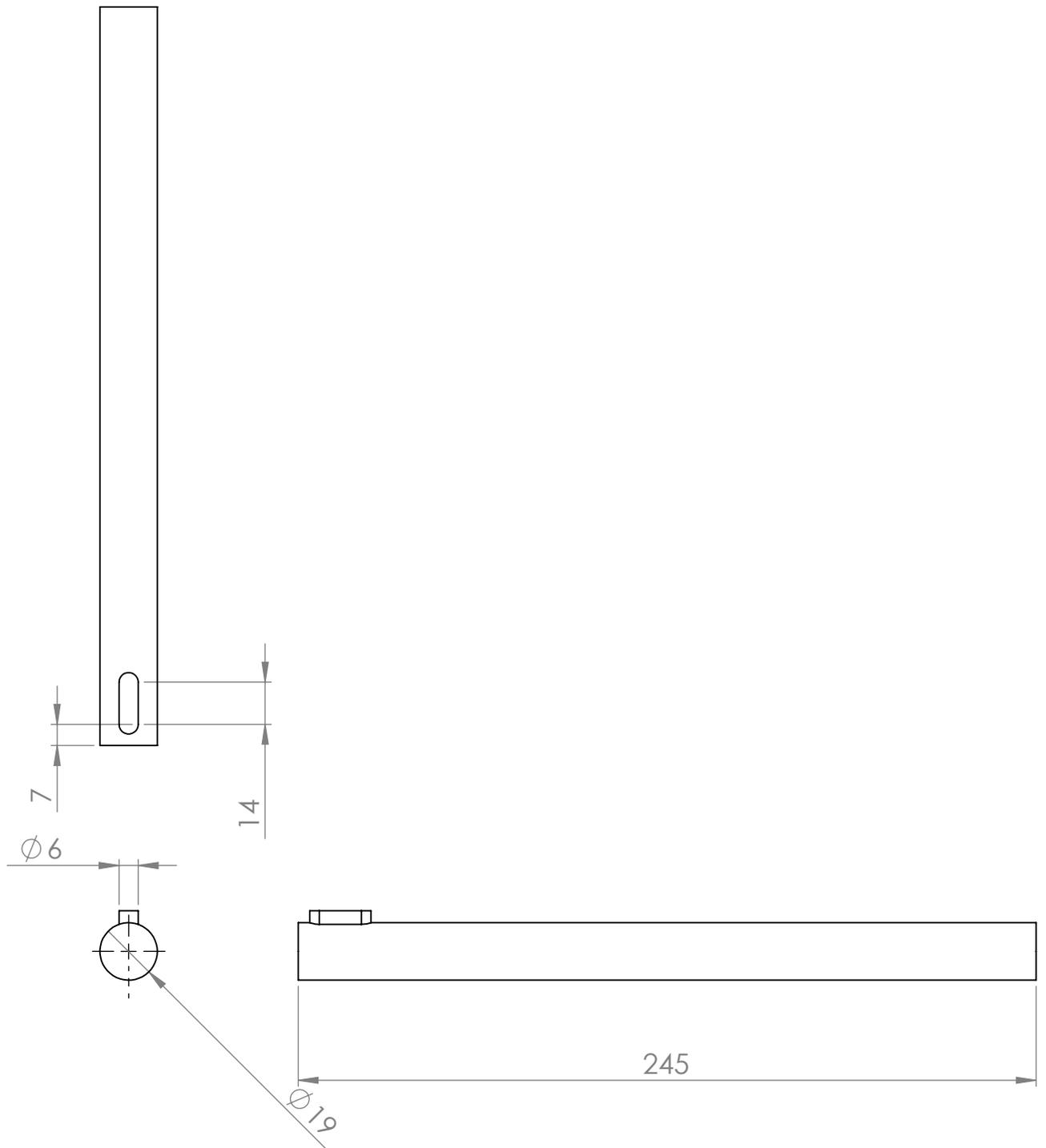
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Rodrigo Rivas	07/04/2022	ASTM A-36	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle C 1-6
ESCALA : 1:2	NOMBRE : LÁMINA REFUERZO			Trabajo de graduacion



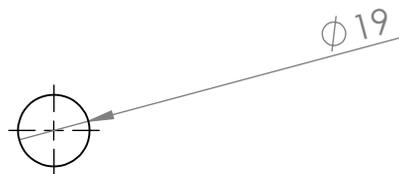
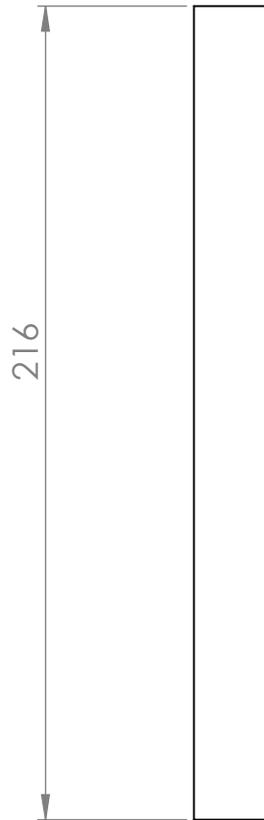
N.º DE ELEMENTO	NOMBRE	CANTIDAD
14	Guia fija	2
13	banda transportadora	1
12	Guia regulable	2
11	Almohada	1
10	Banda de transmision transpo	1
9	Motor	1
8	Soporte 1	1
7	Viga	1
6	soporte 2	1
5	brida eje impulsado	4
4	eje impulsado	1
3	soporte almohada	2
2	soportes guías	4
1	eje motriz	1

Cotas: mm	Nombres	Fecha	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	09/04/2022	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022	
ESCALA : 1:10			NOMBRE : SISTEMA TRANSPORTADOR
			Plano subconjunto D Trabajo de graduación

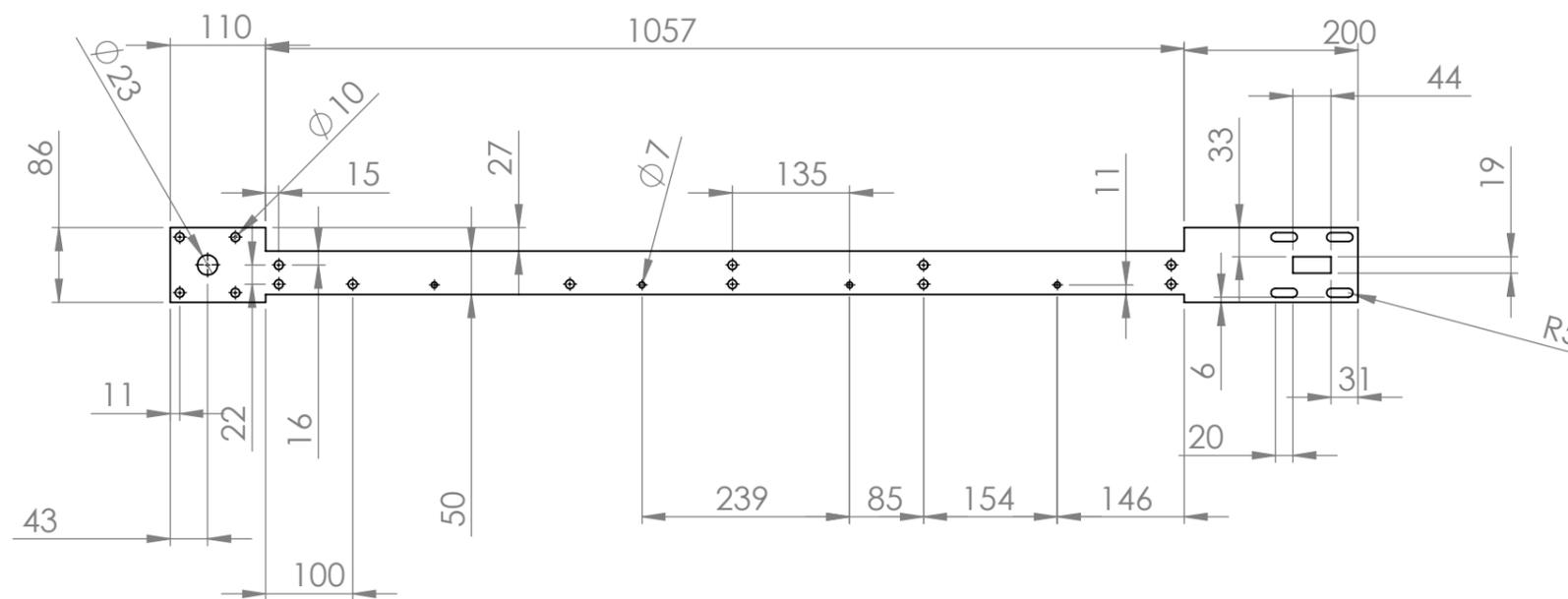




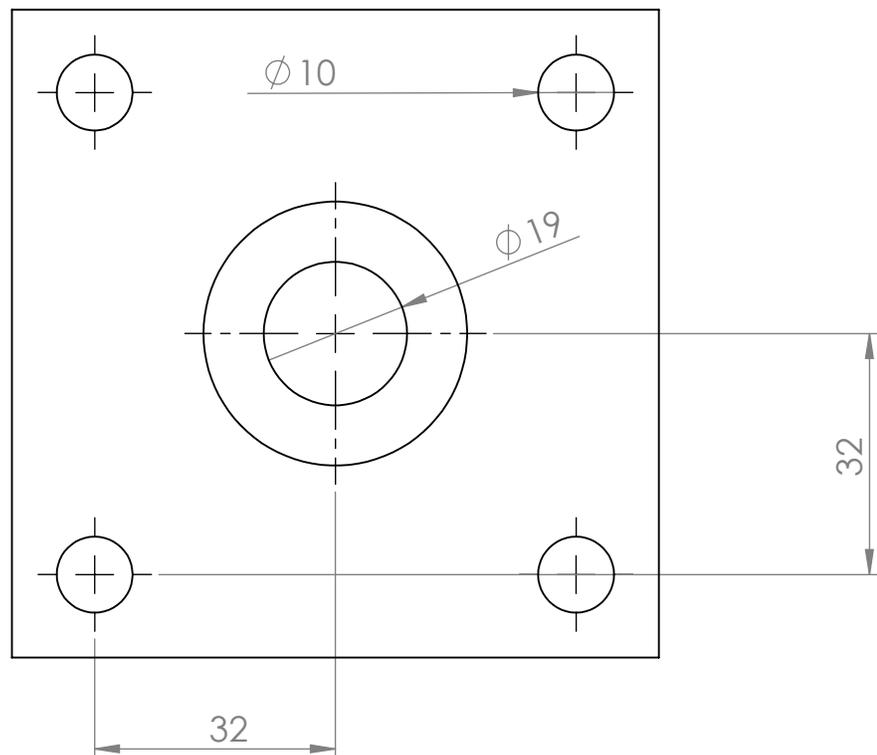
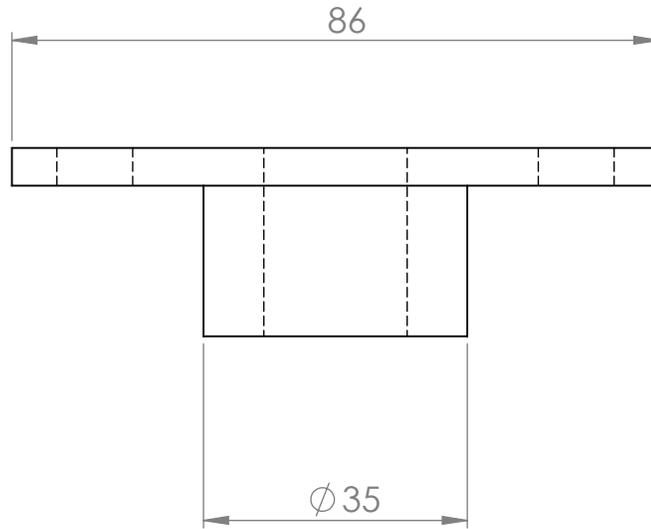
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	09/04/2022	AISI 304	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle D 1-1
ESCALA : 1:2	NOMBRE : EJE MOTRIZ ST			Trabajo de graduacion



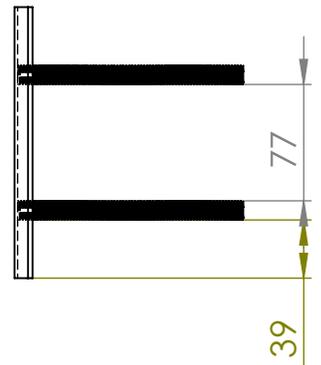
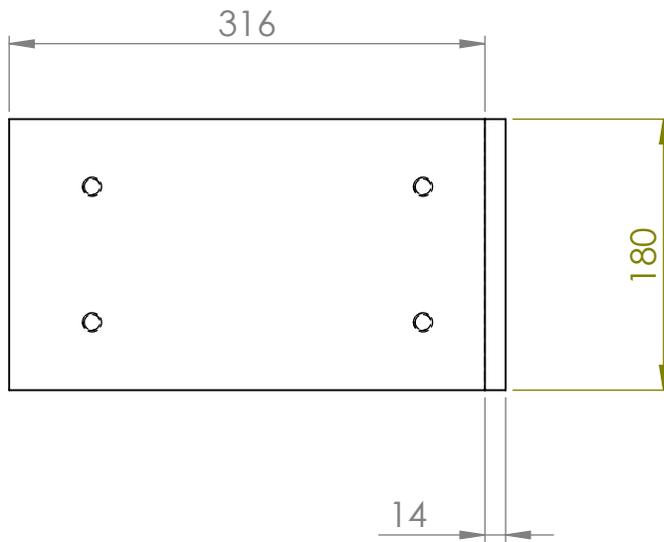
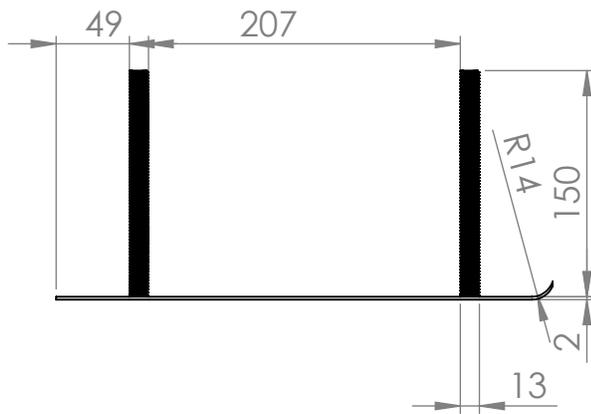
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Mario Ortez Castro	09/04/2022	AISI 304	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle D 1-2
ESCALA : 1:2	NOMBRE : EJE IMPULSADO			Trabajo de graduacion



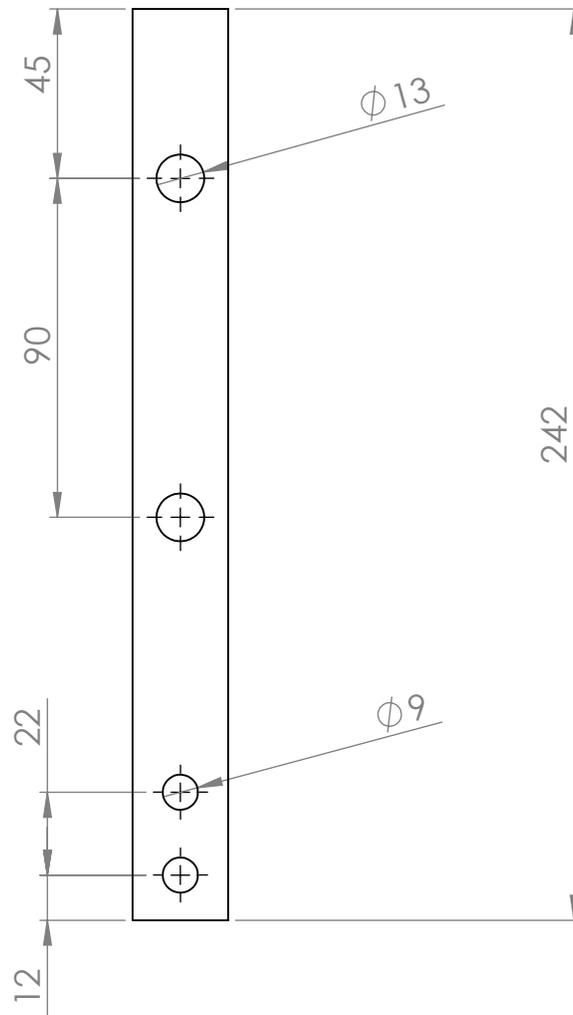
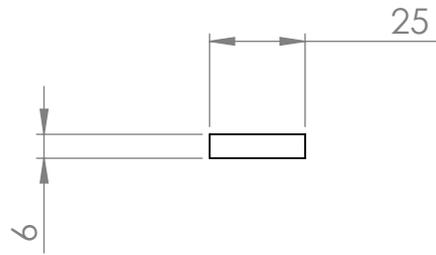
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Rodrigo Rivas	09/04/2022	Hierro negro	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle D 1-3
ESCALA : 1:8	NOMBRE : VIGA			Trabajo de graduacion
				



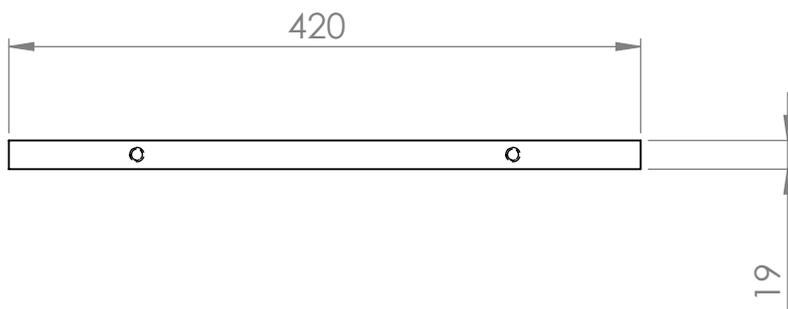
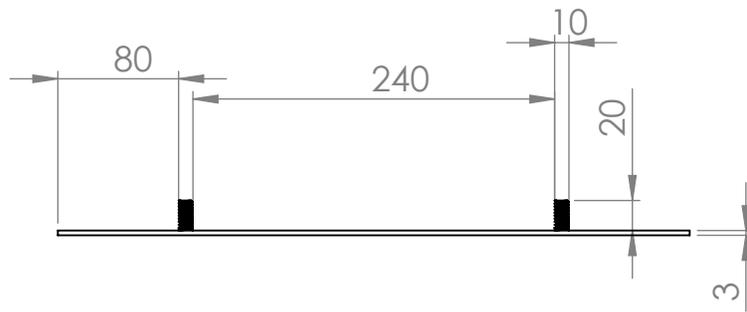
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Mario Ortez Castro	09/04/2022	Hierro fundido	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle D 1-4
ESCALA : 1:1	NOMBRE : BRIDA ST			Trabajo de graduacion



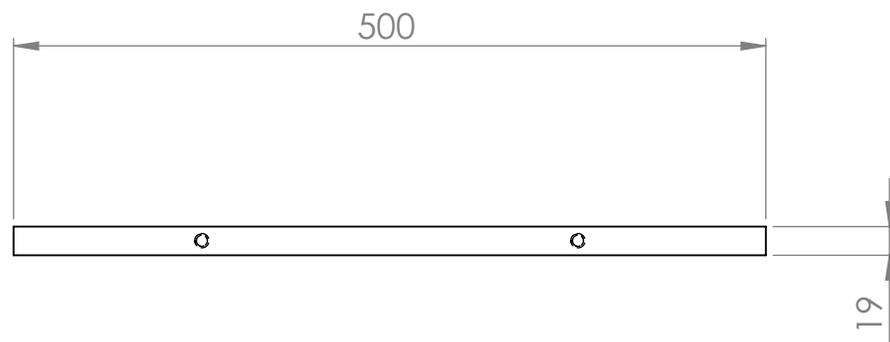
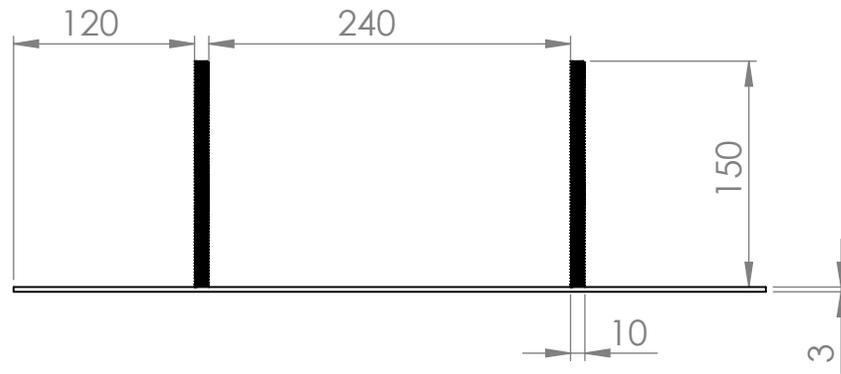
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Rodrigo Rivas	11/04/2022	Hierro negro	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle D 1-5
ESCALA : 1:5	NOMBRE : ALMOHADA	Trabajo de graduacion		



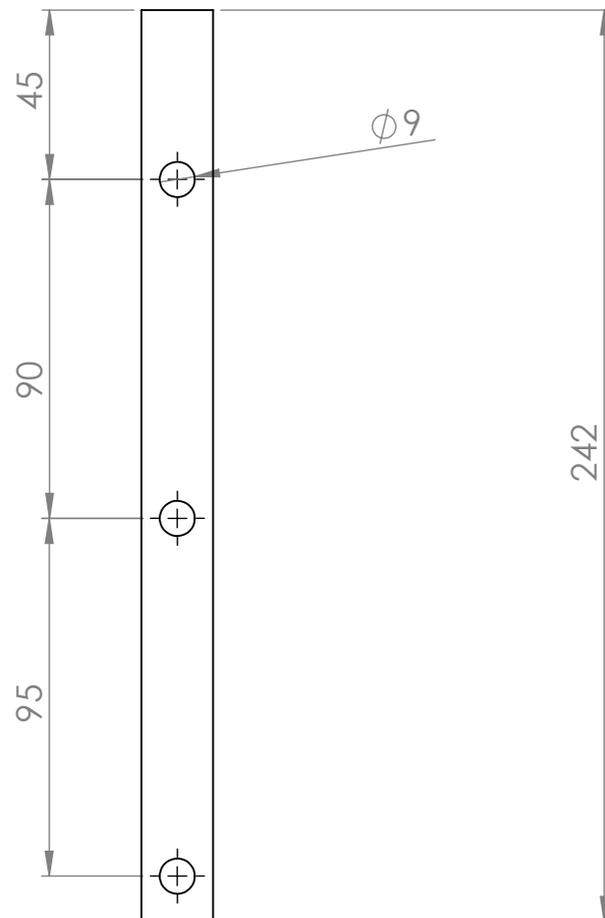
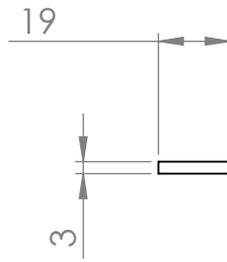
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	11/04/2022	ASTM A 36	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle D 1-6
ESCALA : 1:2	NOMBRE : SOPORTE DE ALMOHADA			Trabajo de graduacion



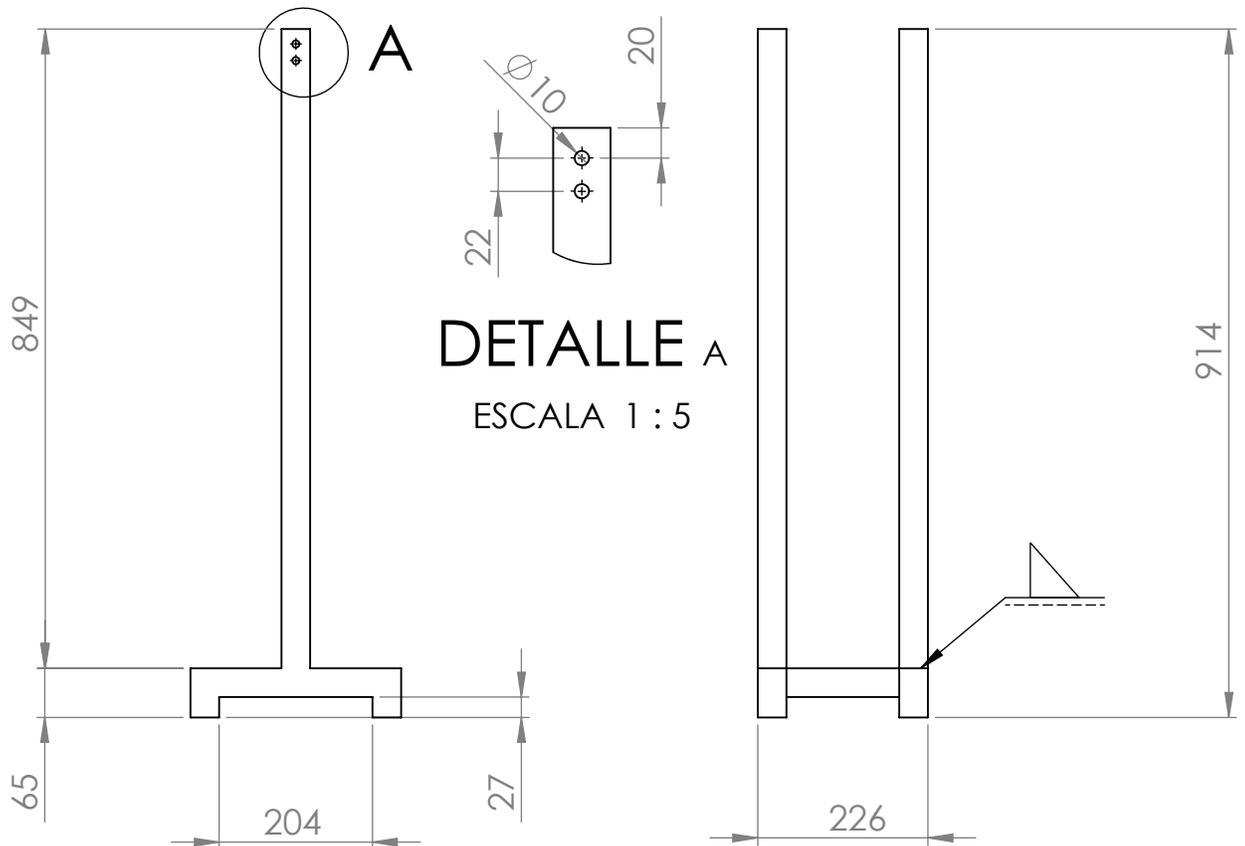
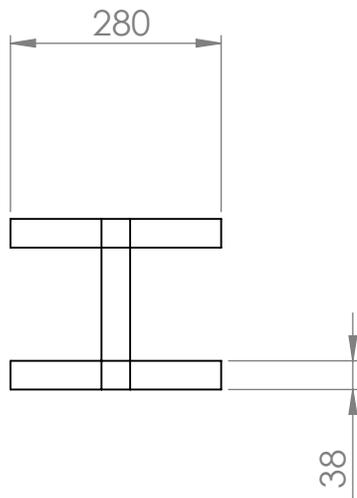
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	11/04/2022	ASTM A 36	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle D 1-7
ESCALA : 1:5	NOMBRE : GUIA FIJA			Trabajo de graduacion



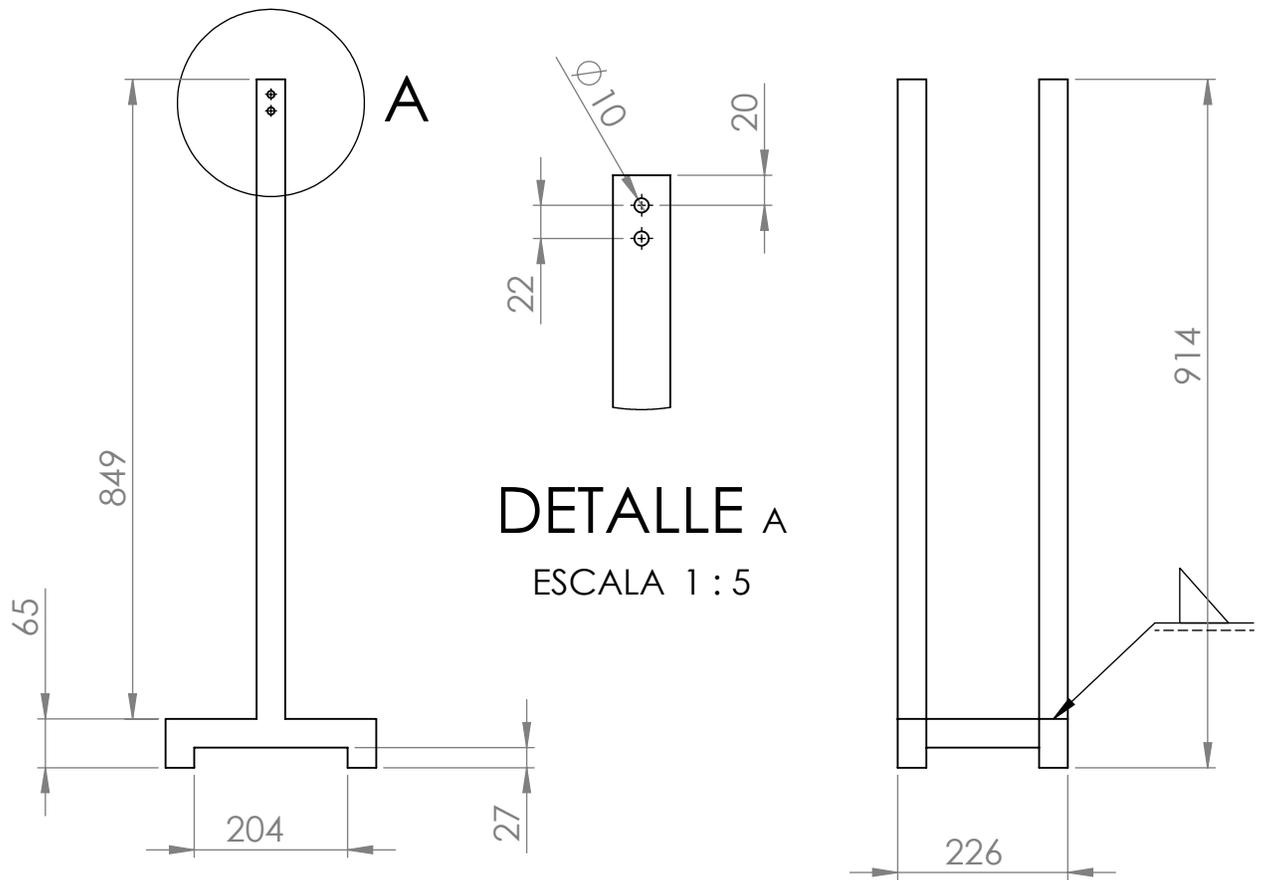
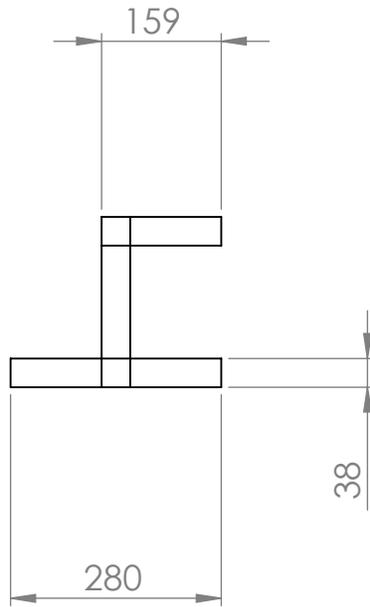
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	11/04/2022	ASTM A 36	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle D 1-8
ESCALA : 1:5	NOMBRE : GUIA REGULABLE			Trabajo de graduacion



Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	11/04/2022	ASTM A 36	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle D 1-9
ESCALA : 1:2	NOMBRE : SOPORTE DE GUIAS			Trabajo de graduacion

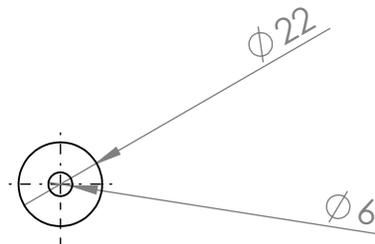
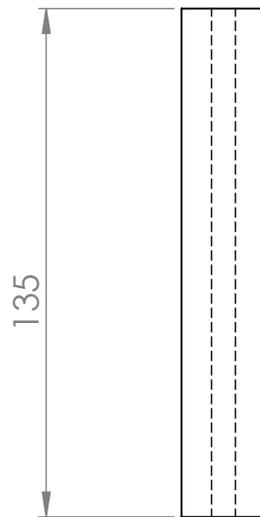


Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Mario Ortez Castro	12/04/2022	Hierro negro	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		
ESCALA : 1:10	NOMBRE : SOPORTE DEL SISTEMA 1			Plano de detalle D 1-10
				Trabajo de graduacion

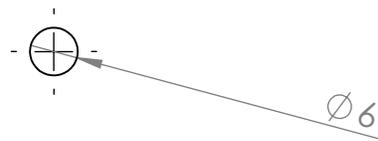
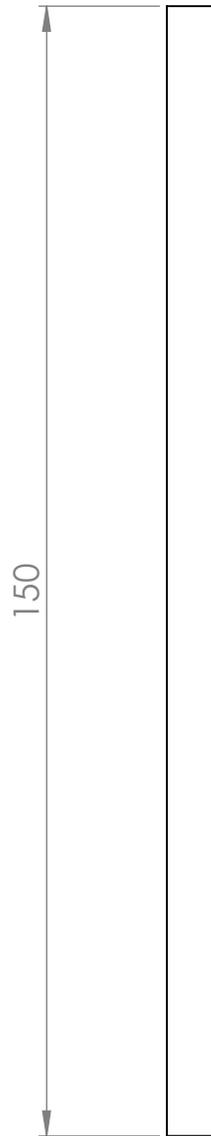


DETALLE A
ESCALA 1 : 5

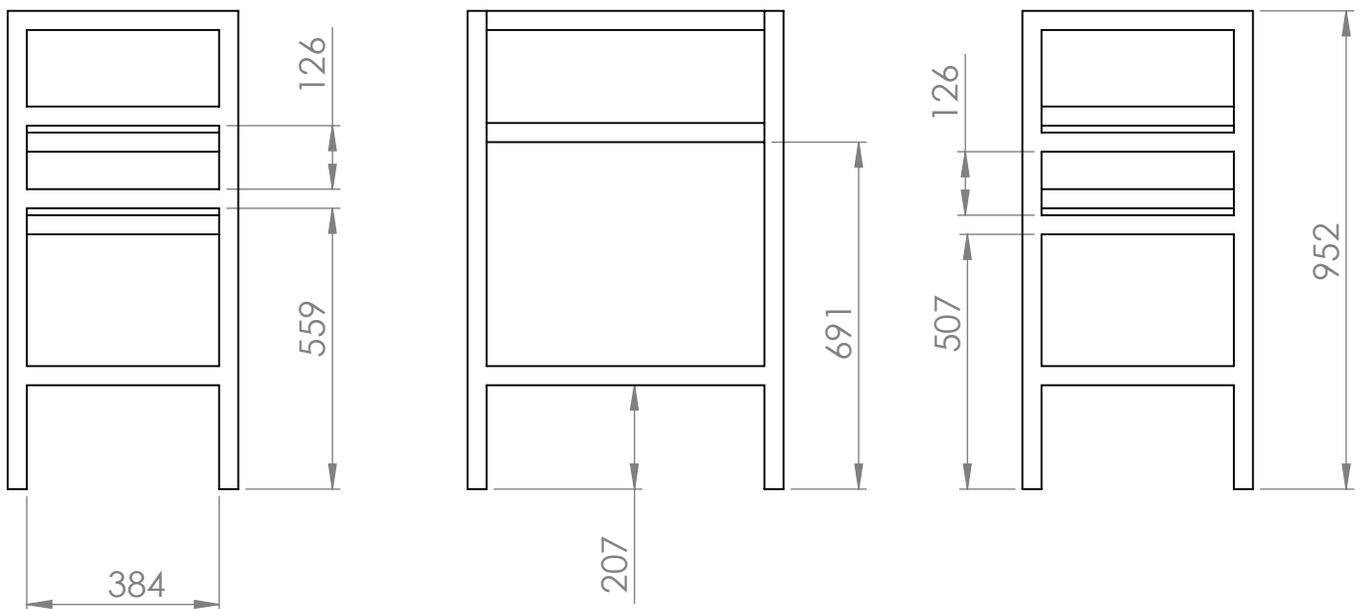
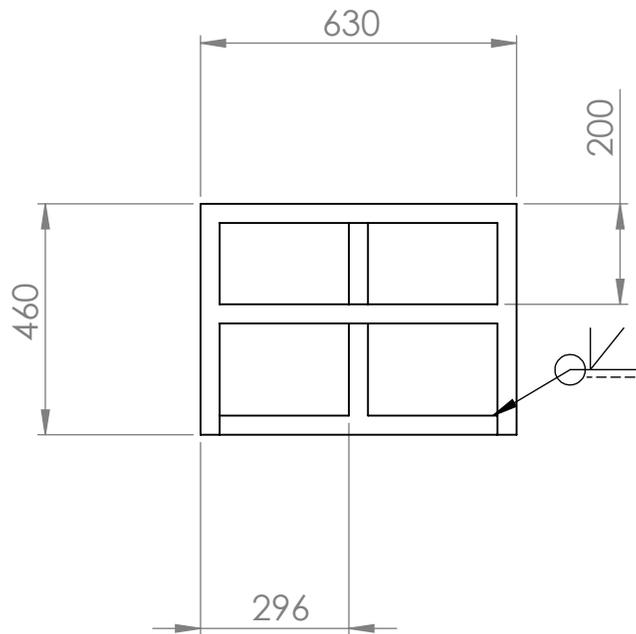
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Mario Ortez Castro	12/04/2022	Hierro negro	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		
ESCALA : 1:10	NOMBRE : SOPORTE DEL SISTEMA 2			Plano de detalle D 1-11
				Trabajo de graduacion



Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	09/04/2022	Nylon	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle D 1-12
ESCALA : 1:2	NOMBRE : RODILLO GUIA			Trabajo de graduacion

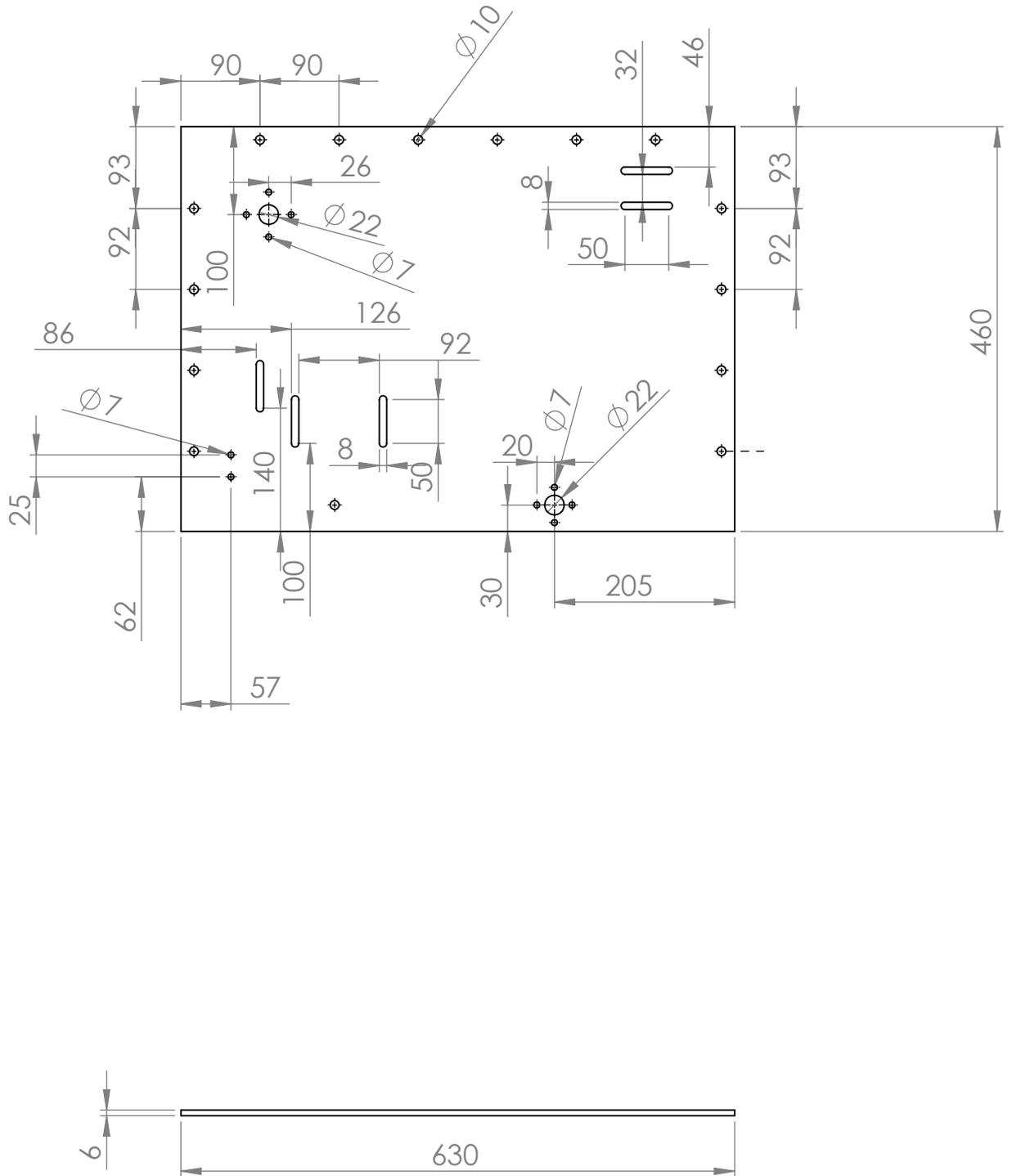


Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Rodrigo Rivas	09/04/2022	AISI 1020	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle D 1-13
ESCALA : 1:1	NOMBRE : EJE GUIA			Trabajo de graduacion

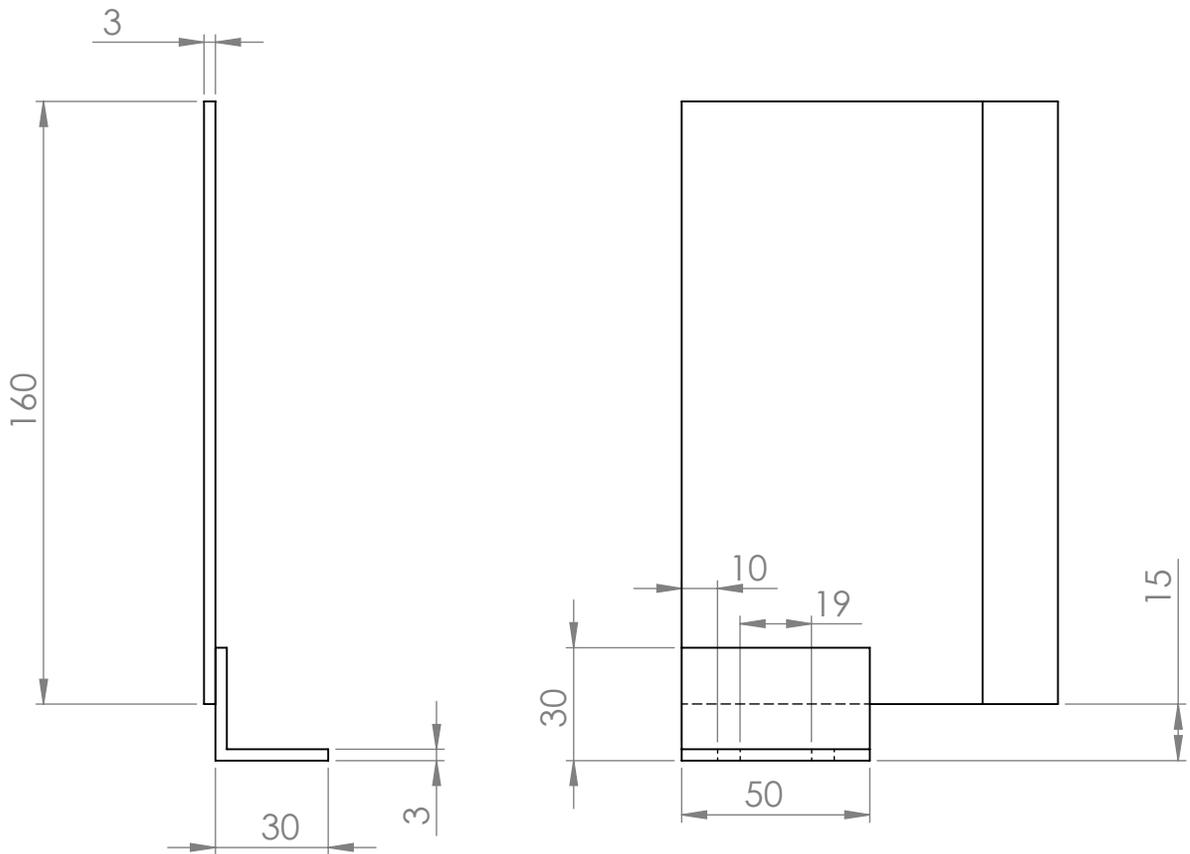
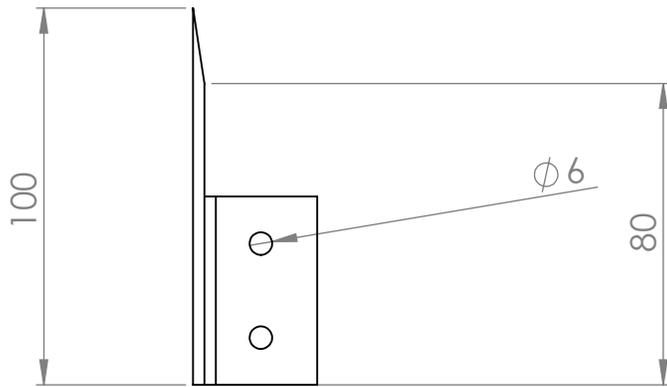


Tubo cuadrado hierro negro 1 1/2" chapa No. 16

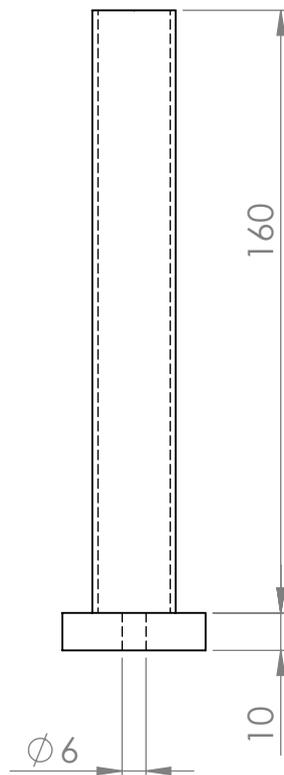
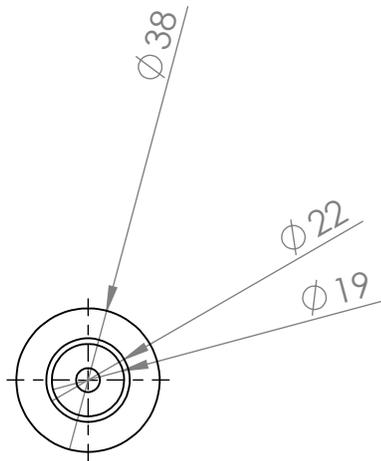
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	02/04/2022	Hierro negro	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		
ESCALA : 1:15	NOMBRE : MESA	Trabajo de graduacion		



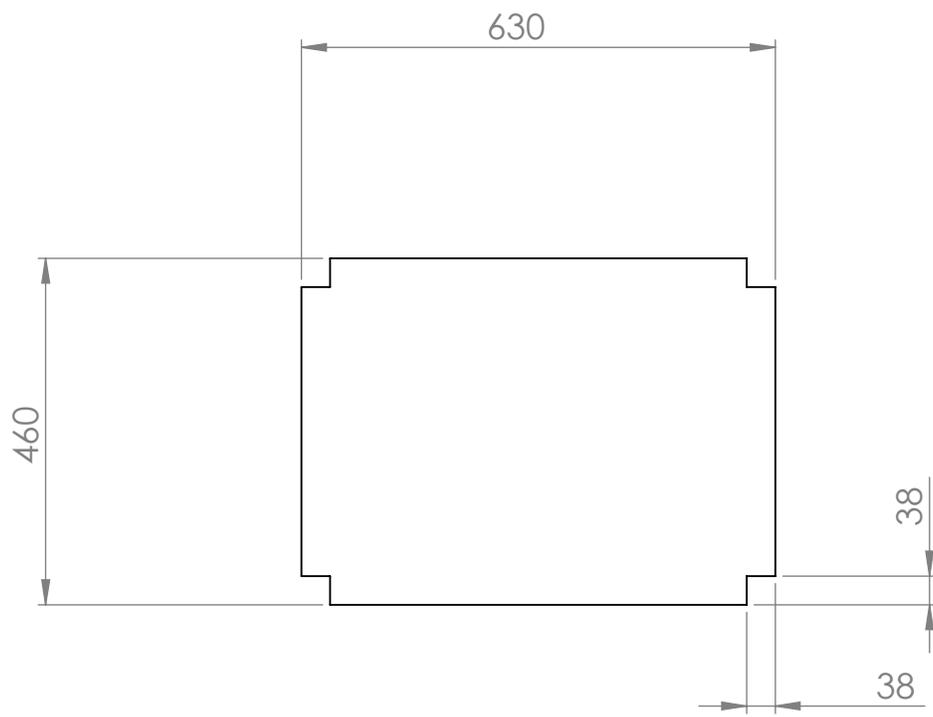
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	02/04/2022	AISI 1020	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle E 1-2
ESCALA : 1:7	NOMBRE : PLACA BASE			Trabajo de graduacion



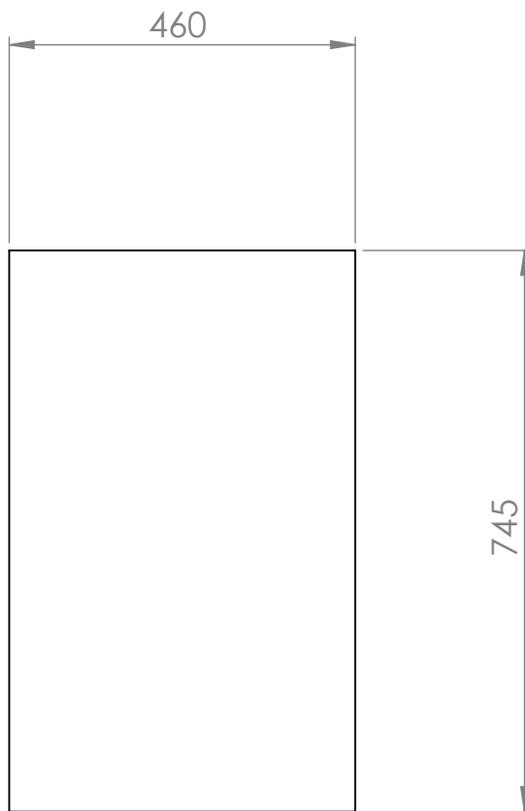
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	02/04/2022	AISI 1020	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle E 1-3
ESCALA : 1:2	NOMBRE : PLACA SEPARADORA			Trabajo de graduacion



Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	02/04/2022	ASTM A-36	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle E 1-4
ESCALA : 1:2	NOMBRE : RODILLO GUIA			Trabajo de graduacion



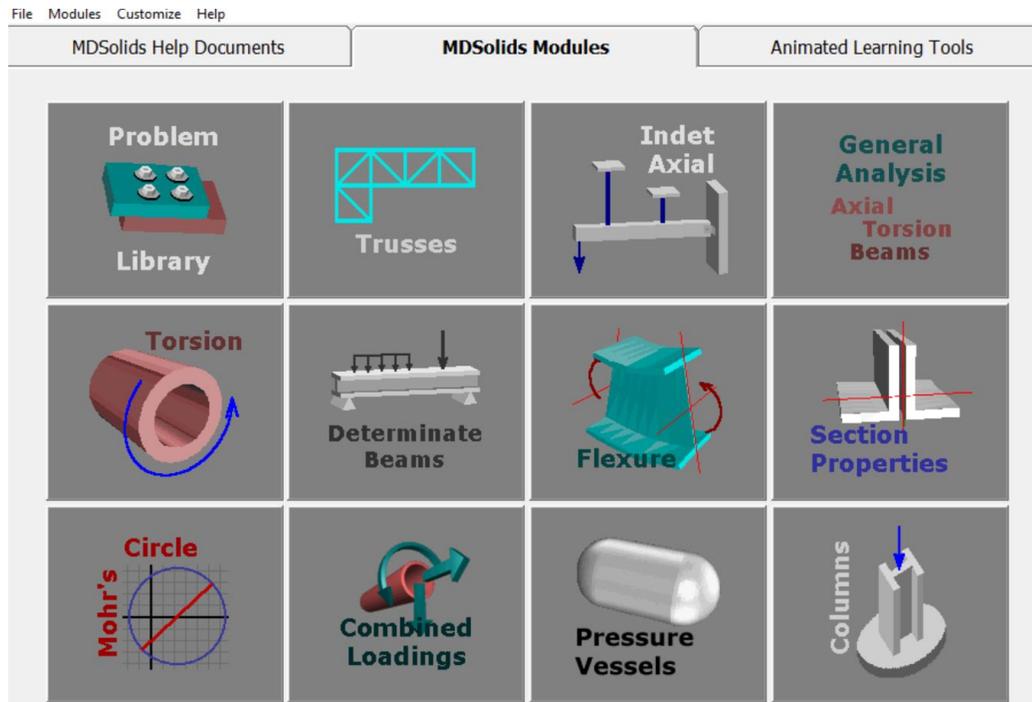
Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	02/04/2022	AISI 304	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle E 1-5
ESCALA : 1:10	NOMBRE : BASE SISTEMA DE CONTROL			Trabajo de graduacion



Cotas: mm	Nombres	Fecha	Material	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA
Dibujado	Ricardo Rodriguez	02/04/2022	AISI 304	
Comprobado	Ing. Rigoberto Velasquez	23/05/2022		Plano de detalle E 1-6
ESCALA : 1:10	NOMBRE : CUBIERTA LATERAL			Trabajo de graduacion

ANEXO B. TABLAS

Anexo B1. Software para simulación de cargas en los ejes de la maquina etiquetadora MDSolidis 4.0



Anexo B2. Propiedades de acero laminados en caliente y estirados en frío.

Tabla A-20

Resistencias determinísticas mínimas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD). [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ($\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ pulg.). Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación.] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Anexo B3. Duración de rodamientos según su aplicación.

TABLA 14-4 Duración recomendada para rodamientos

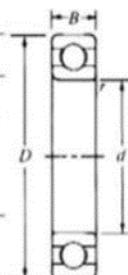
Aplicación	Duración de diseño L_{10} , h
Electrodomésticos	1000-2000
Motores de aviación	1000-4000
Automotores	1500-5000
Equipo agrícola	3000-6000
Elevadores, ventiladores industriales, transmisiones de usos múltiples	8000-15 000
Motores eléctricos, sopladores industriales, máquinas industriales en general	20 000-30 000
Bombas y compresores	40 000-60 000
Equipo crítico en funcionamiento durante 24 h	100 000-200 000

Anexo B4. Selección de rodamientos de bola y ranura profunda.

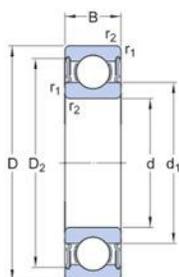
TABLA 14-3 Datos para seleccionar rodamientos de una hilera de bolas y ranura profunda, tipo Conrad

A. Series 6200

Número de rodamiento	Dimensiones nominales del rodamiento							Diámetro de escalón preferido		Peso del rodamiento	Capacidad básica de carga estática C_o	Capacidad básica de carga dinámica C
	d		D		B		r^a	Eje	Caja			
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	pulg	pulg	pulg			
6200	10	0.3937	30	1.1811	9	0.3543	0.024	0.500	0.984	0.07	520	885
6201	12	0.4724	32	1.2598	10	0.3937	0.024	0.578	1.063	0.08	675	1180
6202	15	0.5906	35	1.3780	11	0.4331	0.024	0.703	1.181	0.10	790	1320
6203	17	0.6693	40	1.5748	12	0.4724	0.024	0.787	1.380	0.14	1010	1660
6204	20	0.7874	47	1.8504	14	0.5512	0.039	0.969	1.614	0.23	1400	2210
6205	25	0.9843	52	2.0472	15	0.5906	0.039	1.172	1.811	0.29	1610	2430
6206	30	1.1811	62	2.4409	16	0.6299	0.039	1.406	2.205	0.44	2320	3350
6207	35	1.3780	72	2.8346	17	0.6693	0.039	1.614	2.559	0.64	3150	4450
6208	40	1.5748	80	3.1496	18	0.7087	0.039	1.811	2.874	0.82	3650	5050
6209	45	1.7717	85	3.3465	19	0.7480	0.039	2.008	3.071	0.89	4150	5650
6210	50	1.9685	90	3.5433	20	0.7874	0.039	2.205	3.268	1.02	4650	6050
6211	55	2.1654	100	3.9370	21	0.8268	0.059	2.441	3.602	1.36	5850	7500
6212	60	2.3622	110	4.3307	22	0.8661	0.059	2.717	3.996	1.73	7250	9050
6213	65	2.5591	120	4.7244	23	0.9055	0.059	2.913	4.390	2.18	8000	9900
6214	70	2.7559	125	4.9213	24	0.9449	0.059	3.110	4.587	2.31	8800	10 800
6215	75	2.9528	130	5.1181	25	0.9843	0.059	3.307	4.783	2.64	9700	11 400
6216	80	3.1496	140	5.5118	26	1.0236	0.079	3.504	5.118	3.09	10 500	12 600
6217	85	3.3465	150	5.9055	28	1.1024	0.079	3.740	5.512	3.97	12 300	14 600
6218	90	3.5433	160	6.2992	30	1.1811	0.079	3.937	5.906	4.74	14 200	16 600
6219	95	3.7402	170	6.6929	32	1.2598	0.079	4.213	6.220	5.73	16 300	18 800
6220	100	3.9370	180	7.0866	34	1.3386	0.079	4.409	6.614	6.94	18 600	21 100
6221	105	4.1339	190	7.4803	36	1.4173	0.079	4.606	7.008	8.15	20 900	23 000
6222	110	4.3307	200	7.8740	38	1.4961	0.079	4.803	7.402	9.59	23 400	24 900
6224	120	4.7244	215	8.4646	40	1.5748	0.079	5.197	7.992	11.4	26 200	26 900



Anexo B5. Dimensiones del rodamiento RLS7-2RS



DIMENSIONES

d	22.225 mm	Diámetro del agujero
D	50.8 mm	Diámetro exterior
B	14.288 mm	Ancho
d_1	≈ 32.2 mm	Diámetro del resalte
D_2	≈ 44 mm	Diámetro de rebaje
$r_{1,2}$	min. 1.6 mm	Dimensión del chaflán

Anexo B6. Propiedades del acero ASTM A-36 proporcionadas por solidworks.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	200000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	79300	N/mm ²
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	400	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	250	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica		W/(m·K)
Calor específico		J/(kg·K)

Anexo B7. Especificaciones técnicas BALDOR L3505 de 0.5 HP, 230 V de 1140 rpm.

Performance at 230 V, 60 Hz, 0.5 hp

Typical performance; not guaranteed values.

General Characteristics

Full Load Torque	0 LB-FT	Start Configuration	DOL
No-Load Current	0 A	Break-Down Torque	4.88 LB-FT
Line-Line Res. @ 25° C	4.9379 Ohms A Ph / 2.7993 Ohms B Ph	Pull-Up Torque	4.01 LB-FT
Temp. Rise @ Rated Load	65° C	Locked-Rotor Torque	6.91 LB-FT
Temp. Rise @ S.F. Load	91° C	Starting Current	21.6 A

Anexo B8. Catálogo de bandas planas

Tipo	Cobertura superior			Núcleo de tracción	Cobertura de abajo			Espesor total		Diámetro mínimo	Tracción al 1%	Carga de rotura	Resistencia temperatura	
	material	color	coef. fricción sobre acero		material	color	coef. fricción sobre acero	[mm]	[kg/m ²]					
CORREAS CON NÚCLEO DE TRACCIÓN EN POLIÉSTER														
T-E 10/20	elastómero	●	0,7	poliéster	elastómero	●	0,7	2,2	2,5	25	10,0	90	-20	70
T-E 30/30	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,0	3,5	50	30,0	250	-20	70
DG-E 10/30	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,0	3,5	30	10,0	90	-20	70
DG-E 10/40	"	●	0,7	"	"	●	0,7	4,0	5,0	40	10,0	90	-20	70
Serie T														
T0	elastómero	●	0,7	poliamida	elastómero	●	0,7	1,4	1,5	20	2,0	80	0	100
T1	"	●	0,7	"	"	●	0,7	1,7	1,8	25	5,0	200	0	100
T1R	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,1	2,3	25	5,0	200	0	100
T2	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,3	2,6	60	7,5	300	0	100
T2R	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,2	3,6	75	7,5	300	0	100
T3	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,6	2,8	100	10,0	400	0	100
T3R	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,4	3,7	100	10,0	400	0	100
T4	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,1	3,4	150	15,0	600	0	100
T4R	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,9	4,5	150	15,0	600	0	100
T4S	"	●	0,7	"	"	●	0,7	5,1	5,9	150	15,0	600	0	100
T1-T	elastómero	●	0,7	poliamida	elastómero	●	0,7	1,8	2,1	25	5,0	200	0	100
T2-T	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,7	3,1	60	7,5	300	0	100
T3-OE	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,7	3,0	90	10,0	400	0	100
T3-T	"	●	0,7	"	"	●	0,7	2,9	3,4	100	10,0	400	0	100
T4-T	"	●	0,7	"	"	●	0,7	3,4	3,7	150	15,0	600	0	100

Anexo B9. Características técnicas del PLC

Función		CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C	CPU 1217C
Dimensiones físicas (mm)		90 x 100 x 75		110 x 100 x 75	130 x 100 x 75	150 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	50 KB	75 KB	100 KB	125 KB	150 KB
	Carga	1 MB	2 MB	4 MB		
	Remanente	10 KB				
E/S locales integradas	Digital	6 entradas/ 4 salidas	8 entradas/ 6 salidas	14 entradas/ 10 salidas		
	Analógico	2 entradas			2 entradas/2 salidas	
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas (I)	1024 bytes				
	Salidas (Q)	1024 bytes				
Área de marcas (M)		4096 bytes		8192 bytes		
Ampliación con módulo de señales (SM)		Ninguna	2	8		
Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)		1				
Módulo de comunicación (CM) (ampliación en el lado izquierdo)		3				
Contadores rápidos	Total	Se han configurado un máximo de 6 para usar cualquier entrada integrada o de SB.				
	1 MHz	-				De Ib.2 a Ib.5
	100/180 kHz	De Ia.0 a Ia.5				
	30/120 kHz	--	De Ia.6 a Ia.7	De Ia.6 a Ib.5		De Ia.6 a Ib.1
	200 kHz ³					
Salidas pulsadas ²	Total	Se han configurado un máximo de 4 para usar cualquier salida integrada o de SB				
	1 MHz	-				De Qa.0 a Qa.3
	100 kHz	De Qa.0 a Qa.3				
	20 kHz	-	De Qa.4 a Qa.5	De Qa.4 a Qb.1		-
Memory Card		SIMATIC Memory Card (opcional)				
Registros (Data logs)	Número	Como máximo 8 abiertos a la vez.				
	Tamaño	500 MB por registro o limitado por la memoria de carga máxima disponible				
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real		20 días tip./12 días mín. a 40 °C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)				
Puerto de comunicación Ethernet PROFINET		1			2	
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales		2.3 µs/instrucción				
Velocidad de ejecución booleana		0.08 µs/instrucción				

Anexo B10. Corriente para motores monofásicos de corriente alterna.

Tabla 430.248 Corrientes de plena carga en amperes para motores monofásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corriente de plena carga corresponden a motores que funcionan a la velocidad usual y motores con características normales de par. Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts y de 220 a 240 volts.

Caballos de fuerza	115 volts	200 volts	208 volts	230 volts
$\frac{1}{6}$	4.4	2.5	2.4	2.2
$\frac{1}{4}$	5.8	3.3	3.2	2.9
$\frac{1}{3}$	7.2	4.1	4.0	3.6
$\frac{1}{2}$	9.8	5.6	5.4	4.9
$\frac{3}{4}$	13.8	7.9	7.6	6.9
1	16	9.2	8.8	8.0
$1\frac{1}{2}$	20	11.5	11.0	10
2	24	13.8	13.2	12
3	34	19.6	18.7	17
5	56	32.2	30.8	28
$7\frac{1}{2}$	80	46.0	44.0	40
10	100	57.5	55.0	50

Anexo B11. Corriente permisible en la selección de alimentadores eléctricos.

Tabla 310.16 Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 volts y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F).

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310.13(A)]						Calibre AWG o kcmil
	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	
	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14*	20	20	25	—	—	—	—
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500