

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



**DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL
LAVADO DE ENVASES DE PET**

PRESENTADO POR:

LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA

RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ

MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE DE 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

M.Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL :

Lic. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

M.Sc. e Ing. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA

SECRETARIO :

Arq. RAÚL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR :

M.Sc. e Ing. GUSTAVO SALOMÓN TORRES RÍOS LAZO

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 :

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL
LAVADO DE ENVASES DE PET**

Presentado por :

**LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA
RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ
MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA**

Docente Asesor :

Ing. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ

San Salvador, diciembre de 2025

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

Ing. RIGOBERTO VELÁSQUEZ PAZ

Tribunal Calificador:

F. _____

Dr. y M.Sc. Jonathan Antonio Berríos Ortiz

F. _____

Ing. Francisco Alfredo De León Torres

F. _____

Ing. Rigoberto Velásquez Paz

DEDICATORIA

A mi madre Patricia, por el esfuerzo que ha dedicado a mi formación, por quien soy como persona y a quien dedicaré todos mis logros, tanto personales como profesionales.

A mi familia y amigos, por su apoyo incondicional, quienes siempre han brindado un soporte donde aliviar los momentos más difíciles durante este proceso.

Luis Carpio

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso y a la Virgen María, por ser mi guía constante, mi refugio en los momentos de incertidumbre y por no apartarse nunca de mi lado. Su presencia ha sido luz en cada paso de este camino.

A mis padres, René Alberto Galindo Ascensio y Silvia Eliseth Hernández de Galindo, por su amor incondicional y su apoyo incansable. A pesar de las dificultades económicas, de salud y personales, nunca dejaron de creer en mí. Este logro es tan suyo como mío.

A mis abuelos: Edith Ascencio de Galindo, Santos Galindo, Argelia Díaz y, en especial, a la memoria de Ana Esther Ascencio y Mario Hernández, cuyo legado de amor y sabiduría permanece vivo en mi corazón.

A mis seres queridos y amistades que han estado presentes en los momentos más difíciles de mi vida. A quienes me han acompañado desde mi infancia, y en particular a los miembros del Ministerio de Encuentros Conyugales, así como a las familias Coello, Hernández, Cañas y Reyes, por ser ejemplo de fe, valores y bondad.

Esta dedicatoria es para todos ustedes, con profunda gratitud y cariño.

René Galindo

DEDICATORIA

A mi abuelo Ovidio, quien ya no está con nosotros, pero sé que está orgulloso desde el primer día de Universidad.

A mi familia y amigos que siempre estuvieron pendientes y en todo el proceso brindaron apoyo y ánimos en los momentos más difíciles.

Marlon Borja

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, cuyo esfuerzo ha generado significativamente un crecimiento como persona y como profesional.

A mis buenos amigos: Daniel, Marlon, Marín, Raúl, René y Roberto. Con quienes compartí agradables experiencias en mi etapa como estudiante y que sin su apoyo no hubiera sido posible este proceso.

A mis compañeros y asesor de trabajo de graduación, por su esfuerzo en sacar adelante el proyecto, que, sin el valioso aporte de cada uno, no habría sido posible este documento.

A María de los Ángeles, quien me ha dado su apoyo incondicional y también se ha convertido en pilar fundamental en mi crecimiento personal.

A la Universidad de El Salvador, por permitirme y brindarme el conocimiento adquirido, por el proceso de formación y por los buenos momentos vividos como estudiante.

Luis Carpio

AGRADECIMIENTOS

Con profunda gratitud y emoción, me detengo en este momento tan significativo para expresar mi sincero agradecimiento a quienes han sido parte esencial de este largo y desafiante camino. Culminar esta etapa de mi vida no habría sido posible sin el amor, el apoyo y la guía de personas que, desde distintos lugares, me impulsaron a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mis queridos padres y hermanos, gracias por ser mi refugio, mi base y mi inspiración constante. Su sacrificio silencioso, sus palabras de aliento y su amor incondicional han sido el motor que me impulsó a no rendirme. Cada logro mío es también de ustedes.

A mi amada Clide Sánchez, gracias por tu amor paciente, tu compañía constante y tu fe inquebrantable en mí. En los días grises, fuiste luz; en los momentos de duda, fuiste certeza. Tu presencia ha sido un regalo invaluable en este proceso.

A mis amigos Omar, Marlon y Moisés, gracias por ser compañeros de vida y no solo de camino académico. Su amistad sincera, su apoyo desinteresado y las incontables horas compartidas entre libros, bromas y desahogos fueron una parte esencial de esta travesía.

A mi asesor, el ingeniero Rigoberto Velásquez Paz, mi más profundo agradecimiento por su guía, su paciencia y su compromiso. Su orientación no solo enriqueció mi formación académica, sino que también me inspiró a ser mejor profesional y mejor persona.

Y por sobre todas las cosas, gracias a Dios. Porque en el silencio, en las dudas, en los fracasos y en los logros, siempre estuviste ahí. Sin tu presencia constante, esta meta no habría sido posible.

René Galindo

AGRADECIMIENTOS

A mis padres que me apoyaron y animaron a seguir en todo el camino escolar y universitario, eternamente agradecido.

A los buenos amigos que me dejó la etapa universitaria y estuvieron siempre a la disposición de compartir su conocimiento Daniel, Luis, Roberto, Marín, Raúl, René, Julio, Miguel y Omar. Que en todas las reuniones de estudio hicieron que las risas nunca faltarán.

A mi amada Dayana, que siempre me dio ánimos y me brindó su apoyo incondicional.

A mis hermanos, primos y amigos de infancia que siempre de una u otra manera me apoyaron.

Marlon Borja.

DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES DE PET

Estudiantes: Brs. Luis Miguel Carpio Guevara, René Alberto Galindo Hernández,
Marlon Josué Rivera Borja.

Docente Asesor: Ing. Rigoberto Velásquez Paz
Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería y Arquitectura

RESUMEN

Se desarrolla la propuesta de diseño de una máquina automática para el lavado de envases de PET, con fines didácticos. El aumento significativo en el uso de envases plásticos, particularmente aquellos fabricados con tereftalato de polietileno (PET), ha generado una necesidad imperante de implementar soluciones eficientes y sostenibles para su limpieza y posterior reutilización. En este contexto, el diseño de una máquina automática representa una alternativa tecnológica que contribuye a mejorar la productividad de los procesos, reducir el impacto ambiental y optimizar el uso de recursos en actividades relacionadas con el reciclaje y reacondicionamiento de materiales. Para su desarrollo, se integraron conceptos fundamentales de diseño de elementos de máquinas, mecánica de fluidos, resistencia de materiales, procesos de fabricación y sistemas de automatización, sustentados en una revisión bibliográfica exhaustiva. El diseño de la máquina se fundamenta en las características específicas del producto a lavar, siendo sus dimensiones, geometría y resistencia mecánica variables clave en la definición de los parámetros técnicos del sistema. A partir de estos criterios, se procedió a la selección y diseño de los distintos componentes mecánicos que conforman el sistema, incluyendo el motor, los elementos hidráulicos y los dispositivos de control. Finalmente, se llevó a cabo un análisis de factibilidad económica con el objetivo de evaluar la viabilidad de fabricación de la máquina propuesta, considerando aspectos técnicos, financieros y operativos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1 MARCO TEÓRICO	2
1.1 TIPOS DE LAVADORA DE ENVASES	2
1.1.1 LAVADORA DE ENVASES POR CHORRO.....	2
1.1.2 LAVADORA DE ENVASES POR INMERSIÓN	3
1.1.3 LAVADORAS DE ENVASES ULTRASÓNICAS	3
1.1.4 LAVADORA DE ENVASES POR AIRE COMPRIMIDO	4
1.2 VENTAJAS DE MÁQUINAS DE LAVADO	4
1.2.1 LAVADORA DE ENVASES POR CHORRO.....	4
1.2.2 LAVADORA DE ENVASES POR INMERSIÓN	5
1.2.3 LAVADORA DE ENVASES ULTRASÓNICA.....	5
1.2.4 LAVADORA DE ENVASES POR AIRE COMPRIMIDO	5
1.3 MÁQUINA DE LAVADO DE ENVASES	6
1.4 SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO	6
1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO	7
1.4.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO	7
1.5 SISTEMA NEUMÁTICO	12
1.5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO.....	12
1.5.2 COMPONENTES DEL SISTEMA NEUMÁTICO	13
1.6 SISTEMA HIDRÁULICO	16
1.6.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	17
1.6.2 COMPONENTES DEL SISTEMA.....	17
1.7 SISTEMA DE TRANSPORTE	20
1.7.1 DESCRIPCIÓN DE SISTEMA.....	21
1.7.2 COMPONENTES DEL SISTEMA.....	21
1.8 BANCADA.....	27
2 DISEÑO DE MÁQUINA DE LAVADO DE ENVASES	30
2.1 SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA MÁQUINA DE LAVADO.....	30
2.2 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE BANDA TRANSPORTADORA	34
2.2.1 CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN DE BANDA TRANSPORTADORA...	37
2.3 CÁLCULO DEL TIEMPO PARA EL PROCESO DE LAVADO	44
2.4 SELECCIÓN DE MATERIALES DE LA LAVADORA DE ENVASES PET	47
2.5 DISEÑO EN ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA MÁQUINA.....	49
2.5.1 ESPECIFICACIONES DE LOS ENVASES.....	49
2.5.2 CADENA DE BANDA TRANSPORTADORA.....	50
2.5.3 EJE DE BANDA TRANSPORTADORA	52
2.5.4 ACOPLÉ PARA MOTOR Y EJE	55
2.5.5 SELECCIÓN DEL MOTOR PASO A PASO	57
2.5.5.1 TORQUE RESISTIVO	57
2.5.5.2 TORQUE DE ACELERACIÓN	58
2.5.5.3 TORQUE DEL MOTOR.....	58

2.5.6	ANÁLISIS DE ELEMENTOS MECÁNICOS PRINCIPALES	59
2.5.6.1	ANÁLISIS DE FATIGA PARA EL EJE.....	59
2.5.6.2	SELECCIÓN DE CHUMACERAS	66
2.5.6.3	SELECCIÓN DE PERNOS	67
2.5.6.4	SELECCIÓN DE PERNO DE NIVELACIÓN	67
2.6	DISEÑO DE SISTEMA HIDRÁULICO.....	68
2.6.1	VELOCIDAD DEL LÍQUIDO A LA SALIDA DEL INYECTOR	69
2.6.1.1	ÁREA TRANSVERSAL DE LOS INYECTORES	70
2.6.2	CÁLCULO DE FUERZA PARA INYECCIÓN.....	72
2.6.3	CAUDAL Y CARGA DINÁMICA DE LA BOMBA	75
2.6.3.1	DIMENSIONAMIENTO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	77
2.7	CÁLCULO PARA LA ALTURA DEL SISTEMA DE BOMBEO.....	79
2.8	SELECCIÓN DE BOMBA.....	83
2.8.1	CÁLCULO DE LA VELOCIDAD.....	85
2.9	SELECCIÓN DE TANQUE HIDRONEUMÁTICO.....	87
2.9.1	DISEÑO DE TANQUE HIDRONEUMÁTICO	89
2.10	SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO.....	93
2.10.1	SELECCIÓN DE LOS ACTUADORES NEUMÁTICOS	93
2.10.2	SELECCIÓN DE LAS VÁLVULAS NEUMÁTICAS	96
2.10.3	SELECCIÓN DE RACORES	99
2.10.4	SELECCIÓN DE LA MANGUERA.....	99
2.10.5	SELECCIÓN DE LOS SILENCIADORES DE ESCAPE	99
2.10.6	CÁLCULO DE CONSUMO DE AIRE DE LA MÁQUINA DE LAVADO ..	100
2.10.7	ACUMULADOR DE AIRE.....	102
2.10.8	SELECCIÓN DEL COMPRESOR	103
2.10.9	CONEXIÓN NEUMÁTICA ACTUADORES-VÁLVULAS	104
2.11	CIRCUITO DE CONTROL ELÉCTRICO	105
2.11.1	DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL ELÉCTRICO.....	105
2.11.2	DIAGRAMA DE CONTROL ELÉCTRICO LÓGICA DE RELÉS	108
2.11.3	DIAGRAMA LADDER O DE ESCALERA	112
2.11.4	SISTEMA DE CONTROL DEL MOTOR PASO A PASO	118
3	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y COSTOS	122
3.1	COSTOS DIRECTOS	123
3.1.1	COSTO MATERIALES DE ESTRUCTURA.....	123
3.1.2	COSTO MATERIALES DE BANDA TRANSPORTADORA	124
3.1.3	COSTO MATERIALES DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....	124
3.1.4	COSTO MATERIALES DEL SISTEMA NEUMÁTICO	125
3.1.5	COSTO MATERIALES DEL SISTEMA DE CONTROL	126
3.1.6	COSTO MATERIALES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN.....	128
3.1.7	COSTOS DE MANO DE OBRA.....	128
3.2	COSTOS INDIRECTOS.....	130
3.3	COSTO TOTAL DE LA LAVADORA DE ENVASES	130
	CONCLUSIONES.....	132

BIBLIOGRAFÍA	133
ANEXOS	137
ANEXO A: DOCUMENTOS DE REFERENCIA PARA SELECCIÓN Y DISEÑO...	137
ANEXO B: PLANOS DE FABRICACIÓN	151

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.

- a_B : Aceleración de la banda
- a_{B1} : Aceleración para envase de 250 ml
- a_{B2} : Aceleración de envase de 3 L
- $a_{Bdeslizamiento1}$: Aceleración de deslizamiento para envase de 250 ml
- $a_{Bdeslizamiento2}$: Aceleración de deslizamiento para envase de 3 L
- $a_{Bvolteo1}$: Aceleración de volteo para envase de 250 ml
- $a_{Bvolteo2}$: Aceleración de volteo para envase de 3 L
- a_{ch} : Ancho de cuñero
- A_A : Área de salida del manifold
- A_C : Área de entrada del manifold
- $A_{acilindro}$: Área de la sección del émbolo en el avance
- A_{ent} : Área transversal de la entrada de la boquilla
- $A_{lateral}$: Área de orificios laterales del inyector
- $A_{rcilindro}$: Área de sección del émbolo en el retorno
- A_{salida} : Área de orificio superior del inyector
- $A_{total salida}$: Área total de las salidas del inyector
- B_p : Ancho de la catarina
- BT1: Relé de accionamiento de la banda transportadora
- c_b : Distancia entre centros de la banda
- C: Factor de carga dinámica
- Cv : Coeficiente de flujo o capacidad de flujo
- CT1: Cuenta la cantidad de envases que van ingresando a la mordaza
- D_{ap} : Diámetro para acople para eje conductor
- D_{eje1} : Diámetro de eje conductor
- D_{eje2} : Diámetro de eje conducido

- D_{intA} : Diámetro interno de la salida del manifold
- D_{intC} : Diámetro interno de la entrada del manifold
- D_p : Diámetro de la catarina
- D_C : Diámetro del émbolo
- D_v : Diámetro del vástago
- D_1 : Diámetro envase de 250 ml
- D_2 : Diámetro envase de 250 ml
- D_2 : Diámetro envase de 3 L
- e_{ch} : Profundidad de cuñero
- e_f : Perdidas por fugas del 10%
- f_q : Relación de caudales de la bomba y del sistema
- F_{N1} : Fuerza normal para envase de 250 ml
- F_{N2} : Fuerza normal para envase de 3 L
- F_{Tp} : Fuerza que genera el torque del motor en el eje
- F_e : Carga equivalente para cada cojinete
- F_f : Fuerza de rozamiento entre la banda y la guía
- F_{iny} : Fuerza con la que el inyector expulsa el líquido de enjuague
- F_R : Fuerza de reacción
- F_{s1} : Fuerza de fricción para envase de 250 ml
- F_{s2} : Fuerza de fricción para envase de 3 L
- F_{sg} : Fuerza de fricción que realizan las mordazas mediante la goma antideslizante
- g : Gravedad
- h_a : Profundidad del acople donde se instala el eje conductor
- h_b : Profundidad del acople donde se instala el eje del motor
- h_{fluido} : Altura máxima que puede alcanzar líquido que expulsa el inyector
- h_1 : Altura envase de 250 ml

- h_2 : Altura envase de 3 L
- H_B : Altura de la bomba
- H_f : Pérdidas primarias de las tuberías y mangueras del sistema
- H_k : Pérdidas secundarias
- H_{ps} : Pérdida del sistema
- H_{ps} : Pérdidas del sistema
- I_A : Inercia del acople
- $I_{Econducido}$: Inercia del eje conducido
- $I_{Econductor}$: Inercia para eje conductor
- I_P : Inercia la placa de cadena
- I_c : Inercia de las catarinas
- I_m : Inercia del motor
- I_{ptotal} : Inercia total de las placas que conforman la cadena
- I_w : Inercia de la carga
- INICIO**: Pulsador que da inicio a la secuencia
- JET1**: Relé de conmutación de válvula de paso de los inyectores
- k : Factor del tipo de cojinete
- K_a : Factor de modificación por la condición superficial
- K_b : Factor de modificación por el tamaño
- K_c : Factor de modificación por la carga
- K_d : Factor de modificación por la temperatura
- K_e : Factor de confiabilidad o efectos diversos
- K_f : Concentrador por fatiga
- K_t : Concentrador de esfuerzo teórico
- K1, K2, K3**: Relé de ciclo continuo
- L_1 : Longitud de eje conductor
- L_2 : Longitud de eje conducido

L_{ap} : Longitud eje acople para eje conductor
 L_c : Longitud de la cadena
 L_d : Vida útil para la máquina industrial
 L_{ch} : Longitud para cuñero
 $L_{pñ}$: Longitud de contacto de ambos piñones
 L_v : Carrera
 $\frac{m_c}{m^2}$: Masa de la cadena/banda por metro cuadrado
 $\frac{m_c}{m}$: Masa de la cadena/banda por metro lineal
 m_1 : Masa para envase de 250 ml
 m_2 : Masa para envase de 3 L
 m_B : Masa del envase de 3 L
 m_c : Masa de la cadena
 m_w : Masa de toda la carga
 M_{R1} : Primer momento críticos según diagrama de momento cortante
 M_{R2} : Segundo momento críticos según diagrama de momento cortante
 M_{R3} : Tercer momento críticos según diagrama de momento cortante
 M_a : Masa del acople donde se instala el eje conductor
 M_b : Masa del acople donde se instala el eje del motor
 n : Velocidad en rpm
 N_c : Número de ciclos
 N_e : Número de eslabones
 N_{iny} : Número de inyectores
 p_c : Paso de la cadena
 P_{abs} : Presión del sistema
 P_{atm} : Presión atmosférica

- PE : Parada de emergencia
- P_m : Potencia del motor
- P_{mR} : Potencia del motor real
- P_{max} : Presión máxima del tanque hidroneumático
- P_{min} : Presión mínima del tanque cuando está vacío
- P_1 : Presión del sistema en condiciones iniciales (tanque)
- P_2 : Presión a la salida del sistema (salida del inyector)
- q : Índice de sensibilidad a la entalla
- Q_{CT} : Consumo de aire incluyendo las pérdidas del sistema
- Q_b : Caudal de bomba
- Q_c : Consumo de aire del cilindro A
- Q_{c1} : Consumo total de 4 cilindros
- Q_s : Caudal del sistema
- Q_u : Caudal unitario para lavar los envases
- r_1 : Radio de filete para eje conductor
- $R_{aexterno}$: Radio externo del acople donde se instala el eje conductor
- $R_{ainterno}$: Radio interno del acople donde se instala el eje conductor
- R_{ax} : Fuerza de reacción que genera el cojinete A en la coordenada X
- R_{ay} : Fuerza de reacción que genera el cojinete A en la coordenada Y
- $R_{bexterno}$: Radio externo del acople donde se instala el eje del motor
- $R_{binterno}$: Radio interno del acople donde se instala el eje del motor
- R_{bx} : Fuerza de reacción que genera el cojinete B en la coordenada X
- R_{by} : Fuerza de reacción que genera el cojinete B en la coordenada Y
- S_f : Factor de seguridad

S_n :	Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso
S'_n :	Límite de resistencia a la fatiga
S_{ut} :	Esfuerzo último de tensión
SENSOR:	Sensor óptico que detecta si está entrando un envase a la mordaza
t_a :	Tiempo de aceleración
t_{acn} :	Tiempo de accionamiento de los componentes neumáticos
t_b :	Tiempo en que la bomba pasa encendida
$t_{entrada}$:	Tiempo que tomará cada envase para entrar en la cámara de lavado
t_i :	Tiempo del intervalo de operación
t_{lv} :	Tiempo de lavado
t_n :	Tiempo en que la bomba pasara apagada
t_T :	Tiempo total del ciclo de lavado
TEMP1:	Temporizador de tiempo de encendido de los inyectores
TEMP2:	Temporizador que se encarga de detener el ciclo para que salgan los envases lavados
T_R :	Torque de resistencia o par necesario para mover la carga
T_a :	Torque de aceleración
T_{aR} :	Torque de aceleración real
T_m :	Torque del motor
T_{mR} :	Torque del motor real
v_A :	Velocidad del fluido que entra al inyector o la velocidad que sale del manifold
v_C :	Velocidad con la que el fluido entran en el manifold
v_b :	Velocidad final de los envases
$v_{salida\ iny}$:	Velocidad que el fluido entra a la salida del inyector
v_1 :	Velocidad del sistema en condiciones iniciales

- V: Factor de rotación
- V_B : Volumen del envase a lavar
- V_a : Volumen del acople donde se instala el eje conductor
- V_{aire} : Volumen de aire del cilindro
- V_b : Volumen del acople donde se instala el eje del motor
- $V_{cilindro}$: Volumen total del cilindro doble efecto
- V_{ef} : Volumen efectivo del tanque
- V_{rem} : Volumen remanente del tanque
- V_{total} : Volumen total del tanque
- V_{ut} : Volumen útil del tanque hidroneumático
- W_B : Peso del envase de 3 L
- W_{B1} : Peso de envase de 250 ml
- W_{B2} : Peso de envase de 3 L
- W_{B2} : Peso de envase de 3 L
- W_{BT} : Peso máximo que soporta la banda transportadora
- W_c : Peso total de la cadena
- x_a : Distancia de recorrido de los envases hasta la etapa de lavado
- x_b : Ancho de banda
- z_1 : Altura del sistema en condiciones iniciales (tanque)
- z_2 : Atura donde el líquido sale de los inyectores
- μ_s : Coeficiente de fricción estático del plástico
- μ_{s1} : Coeficiente de rozamiento entre la cadena y la guía
- μ_{sili} : Coeficiente de fricción de la goma antideslizante Silicona
- ρ_{E1} : Densidad para eje conductor y conducido
- ρ_a : Densidad del agua
- ρ_p : Densidad del piñón
- σ_{R1} : Esfuerzo del primer momento crítico

- σ_{R2} : Esfuerzo del segundo momento crítico
- σ_{R3} : Esfuerzo del tercer momento crítico
- σ_{ea} : Esfuerzos alternantes
- σ_{em} : Esfuerzos medios
- τ : Esfuerzo cortante debido al torque de motor eléctrico
- ω : Velocidad angular

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Lavado de envases por chorro.....	2
Fig. 1.2 Lavadora de envases por inmersión.....	3
Fig. 1.3 Lavadora de envases por ultrasonido.....	3
Fig. 1.4 Lavadora de envases por aire comprimido.....	4
Fig. 1.5 Sistemas principales de máquina lavadora de envases.....	6
Fig. 1.6 Controladores lógicos programables.....	8
Fig. 1.7 Actuadores eléctricos. Motor paso a paso y motor rotativo.....	9
Fig. 1.8 Diferentes tipos de actuadores neumáticos.....	10
Fig. 1.9 Sensor de presión.....	11
Fig. 1.10 Diferentes tipos de actuadores eléctricos.....	11
Fig. 1.11 Acumulador de aire.....	14
Fig. 1.12 Electroválvulas de simple y doble efecto.....	14
Fig. 1.13 Actuadores neumáticos.....	15
Fig. 1.14 Filtración, regulación y lubricador.....	15
Fig. 1.15 Diferentes mangueras de aire.....	16
Fig. 1.16 Bomba centrífuga.....	17
Fig. 1.17 Tanque hidroneumático.....	18
Fig. 1.18 Manguera de agua.....	18
Fig. 1.19 Válvula de mariposa.....	19
Fig. 1.20 Válvula Check.....	20
Fig. 1.21 Banda transportadora usada en la minería.....	20
Fig. 1.22 Tipos de banda transportadora.....	21
Fig. 1.23 Transportadora de banda.....	22
Fig. 1.24 Transportadora modular.....	23
Fig. 1.25 Transportadora de rodillos.....	24
Fig. 1.26 Tipos de motor eléctrico.....	24
Fig. 1.27 Motor paso a paso.....	25
Fig. 1.28 Motor síncrono.....	26
Fig. 1.29 Tensores.....	26
Fig. 1.30 Acoples mecánicos.....	27
Fig. 1.31 Guías y perfiles de banda transportadora.....	28
Fig. 1.32 Bancada.....	29
Fig. 2.1 Línea de producción.....	30
Fig. 2.2 Banda de placas articuladas.....	31
Fig. 2.3 Boquilla.....	32
Fig. 2.4 Sistema de distribución por bombeo.....	33
Fig. 2.5 Sistema de distribución y tanque hidroneumático.....	34
Fig. 2.6 Distancia entre centros de la banda transportadora.....	35
Fig. 2.7 Distancia de recorrido para la entrada y cámara de lavado.....	36
Fig. 2.8 Altura de banda transportadora.....	37

Fig. 2.9 Velocidad de banda transportadora.	37
Fig. 2.10 Diagrama de cuerpo libre para envase de 250 ml.	38
Fig. 2.11 Diagrama de cuerpo libre para envase de 250 ml.	40
Fig. 2.12 Diagrama de cuerpo libre para envase de 3 L.	41
Fig. 2.13 Diagrama de cuerpo libre para envase de 3 L.	42
Fig. 2.14 Dimensiones de eje conductor.	53
Fig. 2.15 Dimensiones de eje conducido.	54
Fig. 2.16 Acople flexible.	56
Fig. 2.17 Dimensiones de acople flexible.	56
Fig. 2.18 Diagrama de fuerzas para eje conductor.	60
Fig. 2.19 Análisis de diagrama de fuerzas para eje conductor.	61
Fig. 2.20 Diagrama de fuerza cortante y momento flector para eje conductor.	62
Fig. 2.21 Diagrama de sistema hidráulico.	69
Fig. 2.22 Área de orificios laterales del inyector.	70
Fig. 2.23 Área de orificio superior.	71
Fig. 2.24 Área de entrada del inyector.	72
Fig. 2.25 Diagrama de cuerpo libre.	74
Fig. 2.26 Diagrama de cuerpo libre.	77
Fig. 2.27 Corte manifold de distribución.	79
Fig. 2.28 Representación de sistema hidráulico.	80
Fig. 2.29 Referencia del inyector para ecuación de continuidad.	85
Fig. 2.30 Diagrama de velocidades para el manifold.	86
Fig. 2.31 Sistema hidráulico.	88
Fig. 2.32 Dimensión de cilindro seleccionado A y B.	94
Fig. 2.33 Dimensión de cilindro seleccionado C.	95
Fig. 2.34 Válvula neumática seleccionada.	97
Fig. 2.35 Manifold neumática seleccionada.	98
Fig. 2.36 Silenciadores seleccionados.	99
Fig. 2.37 Representación de cilindro neumático.	100
Fig. 2.38 Compresora de aire 3 galones, 1 hp.	103
Fig. 2.39 Diagrama de sistema neumático.	105
Fig. 2.40 Diagrama de sistema neumático.	108
Fig. 2.41 Circuito de control eléctrico.	109
Fig. 2.42 Circuito de control eléctrico para contadores y temporizador.	109
Fig. 2.43 Circuito de control eléctrico banda transportadora e inyectores.	110
Fig. 2.44 Circuito de control eléctrico para sistema de emergencia y reset.	111
Fig. 2.45 Circuito de control eléctrico para válvulas solenoides.	111
Fig. 2.46 Variables de programa Ladder.	113
Fig. 2.47 Diagrama eléctrico de motor paso a paso con PLC y driver.	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos para análisis de velocidad.....	38
Tabla 2.2 Resultados de análisis de aceleración y fuerza de fricción.	39
Tabla 2.3 Datos para análisis de velocidad.....	41
Tabla 2.4 Resultados de análisis de aceleración y fuerza de fricción.	42
Tabla 2.5 Comparación de los resultados de aceleración.....	43
Tabla 2.6 Datos a considerar en el análisis de movimiento.	44
Tabla 2.7 Materiales de banda transportadora.....	48
Tabla 2.8 Datos de la cadena de placas articuladas.	50
Tabla 2.9 Datos de la catarina de la cadena.	51
Tabla 2.10 Resultado de análisis del peso de cadena.	52
Tabla 2.11 Datos de dimensiones de eje de transmisión.	54
Tabla 2.12 Datos de dimensiones de eje de transmisión.	55
Tabla 2.13 Resultados del análisis para el torque resistivo.....	58
Tabla 2.14 Resultados de análisis para el torque de aceleración.	58
Tabla 2.15 Resultados de análisis para el motor.	59
Tabla 2.16 Concentradores de esfuerzos.	64
Tabla 2.17 Factores de análisis de fatiga para el eje.	65
Tabla 2.18 Selección de pernos y sus propiedades.	67
Tabla 2.19 Selección de perno de nivelación y sus propiedades.....	68
Tabla 2.20 Propiedades para calcular la velocidad del motor.	73
Tabla 2.21 Cálculo de las fuerzas ejercidas en la botella.....	73
Tabla 2.22 Resultados de velocidades.....	75
Tabla 2.23 Valores para el lavado de los envases.	76
Tabla 2.24 Tiempo de lavado de cada envase según su capacidad.	77
Tabla 2.25 Datos de entada para el cálculo de pérdidas.	82
Tabla 2.26 Pérdidas secundaria de los accesorios.	82
Tabla 2.27 Resultados de las pérdidas totales.....	83
Tabla 2.28 Resultados de las pérdidas totales.....	84
Tabla 2.29 Datos técnicos de bomba periférica.	84
Tabla 2.30 Tabla de áreas transversales de los inyectores y velocidad de salida.	85
Tabla 2.31 Tabla de áreas transversales de los inyectores y velocidades de manifold.	87
Tabla 2.32 Datos técnicos de tanque hidroneumático.	92
Tabla 2.33 Datos técnicos de actuadores neumáticos A y B.	94
Tabla 2.34 Datos técnicos de actuador neumático C.	95
Tabla 2.35 Datos técnicos de motor neumático.	96
Tabla 2.36 Especificaciones de válvulas electroneumáticas.....	98
Tabla 2.37 Datos técnicos manguera 4 mm de la marca Parker PE.....	99
Tabla 2.38 Datos de cilindro a y b para análisis de consumo de aire.	100
Tabla 2.39 Datos técnicos del compresor.	103
Tabla 2.40 Definición de las marcas de finales de carrera y solenoides.	104

Tabla 2.41 Secuencia de funcionamiento.	106
Tabla 2.42 Definición de los elementos del circuito eléctrico.	112
Tabla 2.43 Datos del motor paso a paso.....	119
Tabla 2.44 Datos técnicos del driver SH-750 de la marca SIHONG.	119
Tabla 2.45 Descripción de pines entrada y salida	120
Tabla 2.46 Especificaciones del sensor QS18VP6LPQ5 de la marca BANNER.....	120
Tabla 3.1 Costo de materiales para la estructura.....	123
Tabla 3.2 Costo de materiales para la banda transportadora.	124
Tabla 3.3 Costo materiales del sistema hidráulico.	125
Tabla 3.4 Costo materiales del sistema neumático.	126
Tabla 3.5 Costo materiales del sistema de control.....	127
Tabla 3.6 Costo materiales del sistema de inyección.	128
Tabla 3.7 Costos de mano de obra.	129
Tabla 3.8 Costos indirectos.....	130
Tabla 3.9 Costos totales.....	131

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito proponer el diseño de una máquina automática lavadora de envases PET de bajo costo, orientada a facilitar procesos de higienización antes del llenado de líquidos aptos para el consumo humano. Esta propuesta se fundamenta en principios de diseño mecánico, automatización y selección eficiente de materiales y componentes, con un enfoque en la viabilidad técnica y económica de su fabricación local.

Se detallan los diferentes tipos de máquinas lavadoras de botellas automáticas que se utilizan en la industria, según su capacidad de lavado por unidad de tiempo, el consumo eléctrico y el consumo de elementos detergentes. Se explicará el funcionamiento y las ventajas de cada una de ellas; además, se mencionarán los distintos sistemas que componen la máquina lavadora de envases, y se desglosará y describirá cada uno de los componentes que conforman dichos sistemas.

Asimismo, se plantea una metodología basada en la recopilación bibliográfica sobre técnicas de lavado industrial de envases plásticos, seguida del diseño de subsistemas específicos como el mecanismo de transporte, posicionamiento y sujeción de envases, así como el sistema de inyección de agentes de limpieza mediante líquidos de enjuagues para enjuague de estos. Asimismo, se propone el diseño de un sistema de control que regule las operaciones de la máquina de forma automática. Finalmente, se realiza un análisis de costos de fabricación local, considerando criterios de accesibilidad y selección de materiales disponibles en el entorno nacional.

Este trabajo busca aportar una alternativa funcional, accesible y adaptable, que contribuya tanto al desarrollo tecnológico como a la sostenibilidad ambiental mediante el fomento del reciclaje eficiente del PET.

1 MARCO TEÓRICO

Esta propuesta de diseño arranca con un repaso teórico a través de los distintos tipos de lavadores de envases, los diferentes sistemas de la lavadora, para poner en contexto al lector de lo que se estará retomando en el diseño en el próximo capítulo.

1.1 TIPOS DE LAVADORA DE ENVASES

Existen diferentes tipos de lavadoras de botellas y la selección de estas dependerá de la necesidad de la industria donde se instalará. Se realizará una breve recopilación de las más comunes dentro de la industria.

1.1.1 LAVADORA DE ENVASES POR CHORRO

Esta lavadora utiliza chorros de agua a alta presión, también puede emplear agentes químicos que, en combinación eliminan la suciedad de las botellas. Estas máquinas pueden ser lineales o rotativas y contar con diferentes etapas de lavado, dependiendo de los fluidos a utilizar. Su capacidad de lavado oscila entre 100 y 1000 envases por hora, según Aquatech BM, distribuidora de estas lavadoras.



Fig. 1.1 Lavado de envases por chorro.

1.1.2 LAVADORA DE ENVASES POR INMERSIÓN

En esta máquina, los envases se sumergen en los líquidos destinados a la limpieza de suciedad. Estas lavadoras pueden clasificarse como estáticas o con movimientos giratorios.

La capacidad de lavado dependerá del tamaño del equipo, el volumen y diseño de los envases, tomando de referencia envases de 500 ml estas máquinas están diseñadas para poder surtir desde 7000 hasta 30000 unidades por hora, según datos de SIDEL que es una de las compañías referentes en la fabricación de lavadoras de botellas.

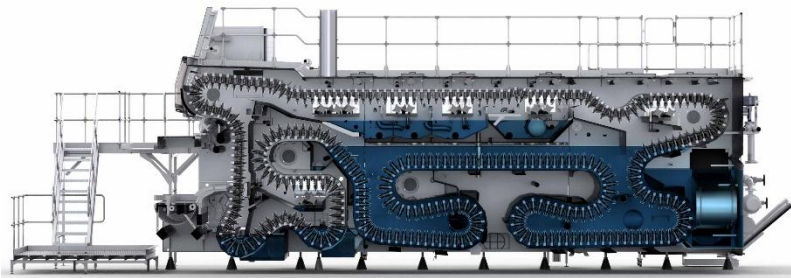


Fig. 1.2 Lavadora de envases por inmersión.

1.1.3 LAVADORAS DE ENVASES ULTRASÓNICAS

Este equipo utiliza ondas ultrasónicas de alta frecuencia, encargadas de desintegrar la suciedad y contaminantes al interior de los envases. Estas lavadoras cuentan con una capacidad media de producción de 1200 a 2400 envases por hora, de acuerdo a los datos de Shangai HighQuality Machinery Equipment Co. Ltd.



Fig. 1.3 Lavadora de envases por ultrasonido.

1.1.4 LAVADORA DE ENVASES POR AIRE COMPRIMIDO

En ellas se utilizan chorros de aire comprimido para limpiar y secar los envases. Estos equipos están diseñados para alcanzar una capacidad de producción entre 4000 y 5000 envases por hora. Esto dependerá de la configuración de la máquina. Datos proporcionados por Shangai HighQuality Machinery Equipment Co. Ltd, facilitadora de estas máquinas lavadoras.



Fig. 1.4 Lavadora de envases por aire comprimido.

1.2 VENTAJAS DE MÁQUINAS DE LAVADO

El proceso de selección de estas máquinas va a depender de las necesidades específicas de la empresa donde se vaya a instalar. Para esto, se puede enumerar algunas ventajas de cada máquina para poder seleccionar de acuerdo con cada necesidad.

1.2.1 LAVADORA DE ENVASES POR CHORRO

- Alta velocidad de producción. Con estas máquinas se puede alcanzar elevados niveles de rendimiento, ideal para entornos de alta demanda.
- Flexibilidad. Se puede adaptar a distintos tipos y tamaños de botellas mediante ajuste de los cabezales de lavado.

- Limpieza eficiente. Con los chorros a alta presión resultan efectivos para eliminar la suciedad y partículas adheridas a las paredes del envase.

1.2.2 LAVADORA DE ENVASES POR INMERSIÓN

- Limpieza profunda. Al sumergirse completamente en líquidos de enjuague, los envases reciben una limpieza más completa, incluso en áreas de difícil acceso.
- Ahorro de agua. Requieren menos agua en comparación con lavadoras de chorro, ya que el líquido puede recircularse.

1.2.3 LAVADORA DE ENVASES ULTRASÓNICA

- Limpieza delicada. Con la alta tecnología del ultrasonido se puede limpiar de manera más eficiente las áreas más pequeñas y delicadas de los envases.
- Versatilidad. Puede emplearse con diferentes tipos de botellas, incluidos aquellos con formas y geometrías complejas.

1.2.4 LAVADORA DE ENVASES POR AIRE COMPRIMIDO

- Ahorro de agua. Al utilizar aire en lugar de agua para la limpieza interna de los envases, se reduce significativamente el consumo hídrico, lo cual es beneficioso tanto económica como ecológicamente.
- Menor generación de residuos líquidos. No se generan aguas residuales que deban ser tratadas, lo que reduce costos de tratamiento y contaminación.

1.3 MÁQUINA DE LAVADO DE ENVASES

En este apartado se desarrollarán todas las partes que integran la máquina de lavado de envases que se desea diseñar en esta investigación de manera que también se conozcan todos los elementos que conforman la máquina. Por fines de visualización se muestra en la figura 1.5 una lavadora de envases de referencia a fin de lograr identificar los sistemas o las partes más importantes de la máquina lavadora.



Fig. 1.5 Sistemas principales de máquina lavadora de envases.

1.4 SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO

El sistema de control eléctrico es una parte fundamental en la automatización industrial, ya que permite supervisar, regular y coordinar el funcionamiento de diversos equipos dentro de un proceso productivo. En el caso de las bandas transportadoras, estos sistemas son esenciales para garantizar un transporte seguro, eficiente y sincronizado de materiales, ajustando variables como la velocidad, el sentido de giro, el arranque y la parada, así como la integración con sensores y otros dispositivos de control.

En entornos industriales, donde el flujo continuo de materiales es clave para mantener la productividad, el sistema de control eléctrico juega un rol determinante.

1.4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO

El sistema de control eléctrico de la máquina lavadora de envases debe encargarse de todos los actuadores y sensores necesarios para las distintas etapas del lavado. Estará basado en un PLC capaz de leer todas las entradas y controlar los actuadores según los tiempos requeridos. Para detectar la presencia de envases se emplearán sensores ópticos, lo que permitirá coordinar adecuadamente el proceso. El movimiento de la banda transportadora se realizará mediante un motor controlado por el PLC mediante una etapa de potencia, el cual deberá cumplir requisitos específicos de torque y velocidad. Además, el sistema incluirá etapas de potencia para accionar cargas mayores, como la bomba de líquido de enjuague y las electroválvulas, junto con protecciones y una fuente de alimentación adecuada al voltaje y corriente del sistema.

1.4.2 COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO

Los componentes de control eléctrico son una parte muy importante en la automatización de cualquier máquina que realice algún proceso automático, este sistema está compuesto por un cerebro que da órdenes a los actuadores e interpreta las lecturas de los sensores para ejecutar las diferentes instrucciones para realizar el proceso que se desee automatizar. A continuación, se hará mención a elementos principales básicos para este sistema:

Controladores lógicos programables.

Para la automatización industrial existen muchas opciones de controladores industriales, que como bien se menciona se seleccionan en función de la cantidad de entradas y salidas, así como la capacidad de memoria y procesamiento.



Fig. 1.6 Controladores lógicos programables.

Los controladores lógicos programables constan de 3 componentes principales:

- Un procesador central (CPU): Este es el cerebro del PLC, donde se ejecuta el programa y se realiza el procesamiento de las señales de entrada y salida.
- Módulos de entrada: Estos realizan la lectura de los diferentes sensores, interruptores y transductores, y las convierten en señales digitales que la CPU puede procesar.
- Módulos de salida: Generan señales de salida que se envían a los actuadores tales como motores, electroválvulas, indicadores.

El PLC se programa utilizando software de programación especializada, utilizando lenguajes de programación basados en lógica de contactos, lenguaje de escalera, instrucciones de lenguaje estructurado o lenguaje de programación de alto nivel. El programa define la lógica de control y las operaciones que el PLC realizar para controlar el proceso de manera adecuada y automática.

Programación utilizando lenguaje de escalera o Ladder: es un lenguaje de programación gráfico, el término Ladder proviene de la apariencia visual de los programas creados con este lenguaje que se asemejan a un diagrama de escalera.

Las rungas en el lenguaje Ladder contienen símbolos gráficos que representan elementos de lógica, como contactos normalmente abiertos (NO), contactos normalmente cerrados (NC), bobinas, temporizadores, contadores, entre otros.

El lenguaje Ladder es especialmente adecuado para representar lógica secuencial y combinatoria de manera visual. Permite programar de manera intuitiva y facilita la comprensión y solución de problemas en sistemas de automatización industrial.

Actuadores.

Los actuadores son dispositivos que convierten una señal de control en una acción física de estos existen varios tipos:

- **Actuadores eléctricos.**

Utilizan motores eléctricos para generar movimiento. Estos son los motores de corriente continua (DC), motores paso a paso y motores de corriente alterna (AC). Los actuadores eléctricos son versátiles, precisos y fáciles de controlar.



Fig. 1.7 Actuadores eléctricos. Motor paso a paso y motor rotativo.

- **Actuadores neumáticos.**

Utilizan aire comprimido para generar movimiento. Los actuadores neumáticos son rápidos y potentes, pueden carecer de la precisión de los actuadores eléctricos.



Fig. 1.8 Diferentes tipos de actuadores neumáticos.

- **Actuadores hidráulicos.**

Utilizan fluido hidráulico presurizado para generar movimiento. Los actuadores hidráulicos son conocidos por su alta potencia y capacidad de carga, y se utilizan en aplicaciones que requieren fuerza y control preciso, como maquinaria pesada, sistemas de dirección de vehículos y ascensores hidráulicos.

Entre los actuadores se puede tener lineales y rotativos son dos tipos de dispositivos que se utilizan para controlar el movimiento de diferentes sistemas, los actuadores rotativos se utilizan para generar movimiento de rotación.

Sensores.

Los sensores son una parte muy importante en los sistemas de control automático, ya que ellos detectan y responden a cambios físicos o químicos en su entorno y los convierten en señales eléctricas que pueden ser leídas e interpretadas por el controlador.

Existen diferentes tipos de sensores, cada uno diseñado para medir o detectar un tipo específico de variable, a continuación, se listan algunos de los más representativos:

- **Sensores de presión.**

La medición y control de la presión en sistemas hidráulicos es esencial para asegurar un funcionamiento seguro y eficiente. Para ello se utilizan sensores de presión que convierten la presión del fluido en señales eléctricas para controladores como PLC o SCADA. Estos sensores pueden basarse en tecnologías piezorresistivas, piezoeléctricas o capacitivas, y se clasifican en relativos, absolutos y diferenciales. Su

incorporación permite proteger equipos, mejorar el control del proceso, detectar fallas y optimizar el uso de energía.



Fig. 1.9 Sensor de presión.

- **Sensores de proximidad.**

Los sensores de proximidad ópticos permiten detectar objetos sin contacto mediante un haz de luz que se refleja en ellos y es captado por un fotodetector. Pueden configurarse en versiones de barrera, retro-reflectivos o difusos, según la aplicación. Sus ventajas incluyen alta velocidad de respuesta, larga vida útil y capacidad para detectar objetos de distintos materiales. Se utilizan en tareas de clasificación, conteo, posicionamiento y seguridad industrial. En general, son elementos fundamentales en la automatización moderna por su precisión, fiabilidad y versatilidad.



Fig. 1.10 Diferentes tipos de actuadores eléctricos.

Además de elementos básicos tales como:

- **Tablero de control eléctrico.**
- **Interruptor termomagnético.**
- **Contactador.**
- **Guardamotor.**
- **Relé térmico.**
- **Fuente eléctrica de 220/24 VDC.**
- **Driver.**
- **Pulsadores y pilotos.**

1.5 SISTEMA NEUMÁTICO

Los sistemas neumáticos, cuyo uso comenzó en el siglo XIX con herramientas accionadas por aire comprimido, se asentaron durante la Revolución Industrial y especialmente a mediados del siglo XX como una tecnología confiable para la automatización. Con el avance de la electrónica y los PLC, la neumática se integró a procesos industriales más precisos y seguros. Actualmente, es esencial en aplicaciones de ensamblaje, empaquetado, transporte y manipulación de materiales, destacando por su versatilidad, rapidez, bajo costo y facilidad de mantenimiento. Su evolución e integración con sistemas digitales la convierten en una tecnología clave dentro de la industria 4.0 y en el desarrollo de fábricas inteligentes y sostenibles.

1.5.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Un sistema neumático utiliza aire comprimido para generar y transmitir energía, permitiendo accionar mecanismos de forma eficiente y confiable. Gracias a su simplicidad y capacidad para producir fuerza y movimiento, se emplea en numerosas aplicaciones industriales. Estos sistemas sustituyen la fuerza humana en procesos

automáticos y son especialmente comunes en la industria alimenticia, ya que el aire, a diferencia del aceite usado en sistemas hidráulicos, no contamina en caso de fugas.

1.5.2 COMPONENTES DEL SISTEMA NEUMÁTICO

El sistema neumático está compuesto por diferentes elementos que en conjunto logran direccionar el flujo de aire, regular la presión, generar y almacenar aire a presión, convertir dicha presión ya sea en movimientos lineales o rotativos.

Un sistema neumático típico consta de los siguientes componentes:

Compresor.

La función de un compresor es tomar aire atmosférico y comprimirlo a alta presión para su próxima utilización, este componente puede ser accionado por un motor eléctrico o un motor de combustión interna.

Existen varios tipos de compresores neumáticos utilizados para distintas aplicaciones, por ejemplo:

- **Compresores de pistón.**
- **Compresores de tornillo.**
- **Compresores de paletas.**
- **Compresores de diafragma.**

Acumulador de aire.

El tanque pulmón en un sistema neumático almacena aire comprimido para asegurar una reserva constante y estable. Funciona como amortiguador de presión, reduciendo las variaciones generadas por el compresor y mejorando la continuidad del suministro. Además, ayuda a aumentar la eficiencia del sistema al disminuir los ciclos de encendido del compresor y favorece la separación de humedad y partículas, mejorando la calidad del aire utilizado en los equipos neumáticos.

En resumen, el tanque pulmón en un sistema neumático tiene como finalidades principales:

- Almacenamiento y reserva de aire comprimido.
- Estabilización de la presión en la red.
- Optimización energética al reducir el trabajo del compresor.
- Mejora de la calidad del aire, al permitir la eliminación de condensados e impurezas.



Fig. 1.11 Acumulador de aire.

Válvulas.

Las válvulas se utilizan para controlar el flujo de aire en el sistema, existen varios tipos de válvulas de control direccional, las válvulas de control de presión y las válvulas de control de caudal.



Fig. 1.12 Electroválvulas de simple y doble efecto.

Actuadores neumáticos.

Son dispositivos que convierten la energía del aire comprimido en movimiento lineal o rotatorio. Los actuadores neumáticos más comunes son los cilindros y los motores neumáticos. Los cilindros neumáticos utilizan el aire comprimido para desplazar un pistón linealmente, generando fuerza y movimiento. Los motores neumáticos convierten la energía del aire comprimido en movimiento rotatorio.



Fig. 1.13 Actuadores neumáticos.

Filtros, reguladores y lubricadores (FRL).

Estos componentes se utilizan para limpiar, regular y lubricar el aire comprimido antes de que llegue a los actuadores y válvulas. Los filtros eliminan partículas y humedad del aire, mientras que los reguladores ajustan la presión del aire y los lubricadores añaden aceite para lubricar los componentes del sistema.



Fig. 1.14 Filtración, regulación y lubricador.

Tubos y mangueras.

Son utilizados para transportar el aire comprimido desde el compresor hasta los componentes del sistema, como los actuadores y las válvulas. Los tubos y mangueras deben ser adecuadamente dimensionados y conectados para asegurar un flujo de aire eficiente y sin fugas.



Fig. 1.15 Diferentes mangueras de aire.

Accesorios neumáticos.

Los accesorios neumáticos son indispensables en un sistema de automatización industrial, ya que sin ellos no se podría realizar la conexión a los demás elementos que conforman la máquina.

- **Racores.**
- **Silenciadores.**

1.6 SISTEMA HIDRÁULICO

La hidráulica tiene sus orígenes en civilizaciones antiguas que desarrollaron canales y sistemas de riego, y fue impulsada por aportes de figuras como Arquímedes y Leonardo da Vinci. Tras la Revolución Industrial y durante el siglo XX, la hidráulica evolucionó hasta integrarse en la automatización industrial. Hoy es esencial en aplicaciones que requieren gran fuerza y precisión, como prensas, maquinaria de construcción y sistemas de manufactura. Con la incorporación de sensores y PLC, estos sistemas han alcanzado mayores niveles de control y eficiencia. Una aplicación importante es en máquinas automáticas de lavado de botellas, donde la hidráulica

permite sujetar, posicionar y mover envases con precisión, garantizando calidad e higiene incluso a altas velocidades de producción.

1.6.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La relevancia de los sistemas hidráulicos en la automatización industrial radica en su capacidad para combinar potencia, control y confiabilidad en entornos de producción continua. En el caso específico de las máquinas de lavado de botellas, su integración con sistemas neumáticos y electrónicos ha permitido desarrollar equipos más eficientes, seguros y adaptados a las exigencias de la industria 4.0, contribuyendo al aumento de la productividad y al cumplimiento de normas de calidad e inocuidad.

A continuación, un detalle de los elementos que componen el sistema.

1.6.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

Bomba.

El sistema de bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que transforma energía mecánica cinética de presión a un fluido, también utiliza una serie de impulsores rotativos para aumentar la presión y el caudal de un líquido. Está compuesta por un rotor, un estator y una carcasa. Las bombas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde los sistemas de suministro de agua potable hasta el control de la temperatura en los procesos industriales.



Fig. 1.16 Bomba centrífuga.

Tanque hidroneumático.

El tanque hidroneumático es un depósito que se utiliza para almacenar agua y aire a presión en una instalación de suministro de agua. Este elemento estabiliza la presión del agua del sistema, proporciona una reserva de agua en el caso de un fallo en el suministro, reduce el desgaste y el mantenimiento del sistema del bombeo.



Fig. 1.17 Tanque hidroneumático.

Mangueras.

Las mangueras de agua son uno de los tipos más utilizados de mangueras industriales. Sus funciones principales son tres: la aspiración de agua, la descarga de agua y la conducción de agua. Según el sector en el que se utilice, es posible que sea necesario que los materiales de estas mangueras impidan la congelación del agua, si hace mucho frío, o soporten altísimas temperaturas. Por ello, existen mangueras de agua preparadas para transportar agua desde los $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los más de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Fig. 1.18 Manguera de agua.

Válvula de mariposa.

Este tipo de válvulas se utilizan para regular el flujo de un fluido a través de una tubería. Entre los elementos que conforman esta válvula está un disco circular, que pivota sobre un eje el cual se encuentra en el centro del disco, el disco de la válvula se puede girar hasta los 90° lo que permite un control preciso del fluido. La válvula de mariposa se utiliza para controlar el caudal del fluido de manera de ella sea capaz de abrir y cerrar el paso de fluido o para regular el flujo que pasa por el sistema.



Fig. 1.19 Válvula de mariposa.

Válvula antirretorno.

La válvula de antirretorno es un tipo de válvula diseñada para permitir el paso fluido en una dirección, también realiza el bloqueo en dirección opuesta de manera que el fluido sea incapaz de regresar por la dirección en el cual entro. También se conoce como válvula check o válvula de retención. El funcionamiento principal de este tipo de válvulas es evitar que el fluido retroceda en la tubería o en el sistema hidráulico el cual está instalado, esto para evitar problemas como el golpe de ariete en el sistema, pérdidas de presión, contaminación a los equipos hidráulicos y evita daños a los mismos componentes.



Fig. 1.20 Válvula Check.

1.7 SISTEMA DE TRANSPORTE

Las bandas transportadoras son sistemas fundamentales en la industria para mover materiales de forma eficiente y automatizada. Consisten en una banda sin fin accionada por un motor, cuyo diseño varía según el tipo de carga y las condiciones de trabajo. Surgieron a finales del siglo XIX en sectores como la minería y los puertos, y han evolucionado con nuevos materiales y sistemas de control automatizado. Existen diversos tipos —planas, modulares, de rodillos, magnéticas y metálicas— cada una destinada a aplicaciones específicas según requisitos de resistencia, higiene o temperatura. En la actualidad, continúan innovándose mediante la integración de sensores y sistemas de monitoreo, lo que mejora la precisión, seguridad y eficiencia en los procesos industriales.



Fig. 1.21 Banda transportadora usada en la minería.

1.7.1 DESCRIPCIÓN DE SISTEMA

El sistema de transporte industrial permite mover materiales dentro de una línea de producción de forma eficiente y adaptable a distintas necesidades. Para esta investigación, el diseño considera una cinta tensada colocada sobre dos o más poleas, formando un lazo cerrado que se desplaza continuamente. Una de las poleas se conecta a un motor eléctrico, llamado polea de transmisión, que impulsa la cinta y permite trasladar los materiales de un punto a otro.

1.7.2 COMPONENTES DEL SISTEMA

Bandas transportadoras.

El sistema de banda transportadora es uno de los componentes principales de la máquina de lavado de envases ya que sin ella las botellas no serían capaces de viajar por toda la línea de producción. El mercado ofrece una gran variedad de bandas transportadoras para la automatización. En la figura 1.22 se muestran las más utilizadas en la actualidad.

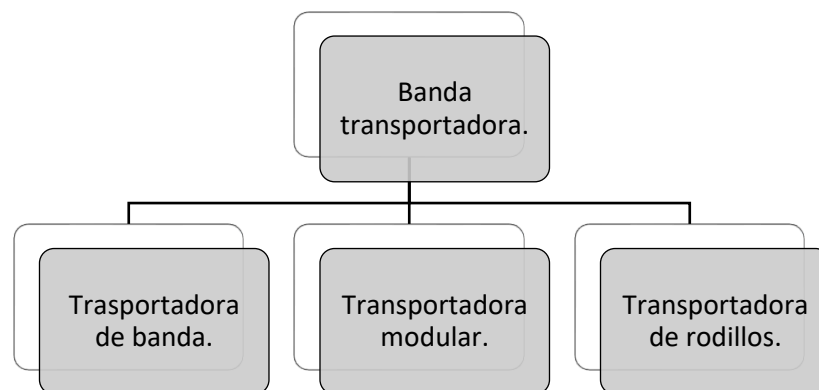


Fig. 1.22 Tipos de banda transportadora.

- **Transportadora de banda.**

Las bandas transportadoras de tipo banda son sistemas ampliamente utilizados en la industria para mover materiales mediante una superficie continua de material flexible que se desplaza sobre rodillos. Se emplean en sectores como el alimenticio, farmacéutico, logístico, minero y de reciclaje para transportar materias primas, alimentar líneas de producción y mover productos o envases. Entre sus ventajas destacan su versatilidad, bajo consumo energético, continuidad en el flujo de trabajo e integración sencilla en sistemas automatizados, incluso en recorridos inclinados o curvos. Sus desventajas incluyen el desgaste de la banda, limitaciones con cargas muy pesadas, necesidad de alineación y requisitos de higiene en aplicaciones alimentarias. En general, son una solución eficiente y adaptable, cuyo rendimiento depende de una correcta selección y mantenimiento.



Fig. 1.23 Transportadora de banda.

- **Transportadora modular.**

Las bandas articuladas o modulares se utilizan en la industria de envasado y embotellado para transportar productos mediante módulos unidos por bisagras que permiten flexibilidad y cambios de dirección. Destacan por su durabilidad, resistencia a la corrosión y adaptabilidad, ya que pueden fabricarse en materiales como polipropileno, acetal, policarbonato, nylon, acero inoxidable o aluminio. Sus desventajas incluyen un

costo inicial más alto, mayor ruido, necesidad de mantenimiento frecuente y requerimiento de estructuras más robustas. En general, son una opción confiable para procesos industriales exigentes, siempre que se consideren las necesidades del sistema y los costos asociados.



Fig. 1.24 Transportadora modular.

- **Transportadora de rodillo.**

Las bandas transportadoras de rodillos están formadas por rodillos paralelos que permiten el movimiento de materiales, ya sea por gravedad o mediante un sistema motorizado. Son ampliamente utilizadas en líneas de producción y logística para almacenamiento, clasificación, empaquetado y transporte de envases, cajas y pallets, debido a su simplicidad, durabilidad y bajo costo operativo. Entre sus ventajas destacan su bajo consumo energético, fácil montaje, adaptabilidad y poco mantenimiento. Sus desventajas incluyen limitaciones para transportar productos pequeños o irregulares, incapacidad de operar en grandes inclinaciones y necesidad de limpieza frecuente en sectores con altos estándares de higiene. En general, son una opción eficiente y económica, siempre que se consideren las características del producto y las condiciones del proceso.



Fig. 1.25 Transportadora de rodillos.

Motor eléctrico.

Un motor es una máquina eléctrica que es capaz de convertir la energía eléctrica en energía mecánica. En el área de la automatización y de la industria se ocupan diferentes tipos de motores eléctricos primordialmente para transmitir el movimiento al sistema de bandas transportadora, en la actualidad los motores más comunes que se encuentran en el mercado son los siguientes mostrados en la figura 1.26.

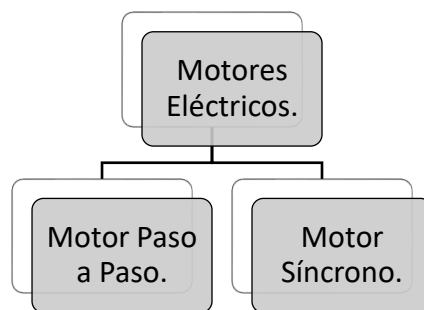


Fig. 1.26 Tipos de motor eléctrico.

- **Motor paso a paso.**

Los motores paso a paso son actuadores eléctricos que convierten señales digitales en movimientos angulares precisos, permitiendo controlar posición y velocidad sin necesidad de retroalimentación. Son muy utilizados en la automatización industrial para tareas como posicionar envases, accionar transportes ligeros, etiquetado,

empaquetado, dosificación y control de válvulas, así como en impresoras 3D y máquinas CNC por su fácil integración con PLC y microcontroladores. Entre sus ventajas destacan su precisión, simplicidad de control, robustez y bajo costo. Sus desventajas incluyen pérdida de par a altas velocidades, riesgo de perder pasos, resonancias y menor eficiencia energética. En conjunto, son una opción económica y precisa para movimientos repetitivos, aunque en aplicaciones más exigentes se prefieren los servomotores.

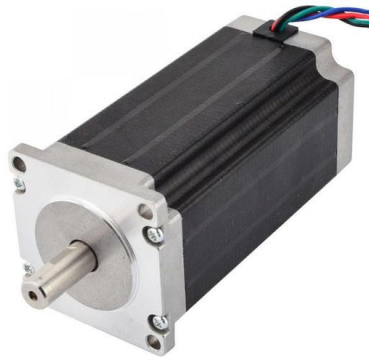


Fig. 1.27 Motor paso a paso.

- **Motor síncrono.**

Los motores síncronos son máquinas de corriente alterna que operan a velocidad constante, determinada por la frecuencia eléctrica y el número de polos, manteniendo sincronía exacta entre el rotor y el campo magnético del estator. Esto los hace ideales para aplicaciones industriales que requieren control preciso de velocidad y posición, como líneas de producción, impresión, transporte continuo, empaque, etiquetado, robots y maquinaria avanzada.

Sus principales ventajas son su velocidad constante, alta eficiencia, capacidad de corregir el factor de potencia, robustez y excelente desempeño en operación continua. Como desventajas presentan mayor costo, necesidad de un sistema de excitación, arranque más complejo y mantenimiento especializado. En conjunto, son una tecnología

clave en la Industria 4.0 por su precisión, confiabilidad e integración con sistemas de control avanzados.



Fig. 1.28 Motor síncrono.

Tensores.

Los tensores son elementos para mantener estirada de manera adecuada una banda transportadora, este componente asegura que la banda este correctamente tensa de manera de evitar los deslizamientos de banda, desgastes anticipados y los deslizamientos. El tensor por lo general está ubicado en un extremo de la banda, específicamente en el extremo de retorno del sistema de transporte.

Entre los beneficios que se dan al tener un tensor en un sistema de transporte es garantizar un funcionamiento eficiente y maximiza la vida útil del sistema.



Fig. 1.29 Tensores.

Acople.

Un acople es un elemento primordial en una máquina, estos dispositivos se utilizan para unir un eje o elementos de la máquina, permitiendo la transmisión de potencia mediante un motor o un mecanismo de potencia. Entre las funciones esenciales que otorga el acople son una conexión segura, sirve como fusible mecánico esto por si ocurre una falla en la máquina el acople pueda soportar las cargas que se dan mediante un paro crítico de manera de protección del mecanismo de transmisión de potencia. Las variables con la que se selecciona un acople están la carga de trabajo, la velocidad, precisión requerida y condiciones del ambiente de trabajo.



Fig. 1.30 Acoples mecánicos.

1.8 BANCADA

Guías y perfiles para producto.

Las guías y perfiles son elementos muy importantes en una banda transportadora, estos accesorios están presentes durante todo el trayecto de la banda y se pueden observar en la parte superior del sistema de transporte. Generalmente estos accesorios están diseñados con el material de polietileno (PE) el cual ofrece las siguientes cualidades.

- Bajo coeficiente de fricción.
- Buena absorción de vibraciones y ruido.

- Alta resistencia al desgaste.
- Alta resistencia química, sin corrosión.
- Incrementan el rendimiento de la máquina.
- Reduce el mantenimiento de sistema de placas o módulos de la banda.
- Alta resistencia dieléctrica.
- Sin absorción de humedad.

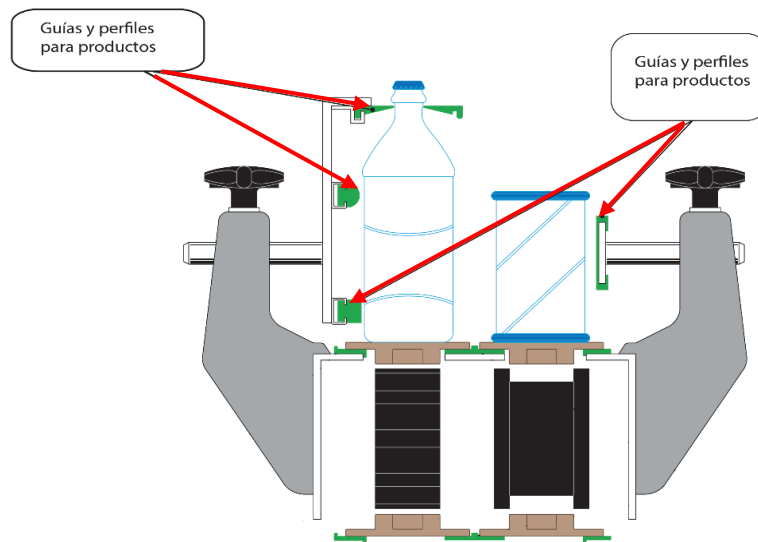


Fig. 1.31 Guías y perfiles de banda transportadora.

Bancada de lavadora.

La bancada es la estructura fija que toda máquina de industria debe tener instalada. Es la base sobre la que se construye la máquina, de ahí que reciba el nombre de base o banco. La principal característica de toda bancada, sin importar el tipo que sea, es su rigidez, algo que hace mención al tipo de materiales con los que se fabrica (deben ser muy resistentes a las altas temperaturas), es un sistema que no puede existir la corrosión en sus componentes, también debe tener la capacidad para soportar las velocidades de los mecanismos que se posicionara en este sistema. Es importante tener en cuenta que, si una bancada tiembla o se mueve mientras se lleva a cabo el

mecanizado, pueden no obtenerse los resultados deseados. Las bancadas son necesarias en las máquinas herramienta debido a las deformaciones de su estructura, que terminarían por condicionar la precisión del mecanizado.



Fig. 1.32 Bancada.

2 DISEÑO DE MÁQUINA DE LAVADO DE ENVASES

El presente capítulo se enfoca en el diseño de una máquina de lavado automático de envases PET; se seleccionarán los componentes y se diseñarán los diferentes mecanismos que conforman la máquina de lavado, el cual corresponde a la etapa de lavado dentro de una línea de envasado en la industria de bebidas.

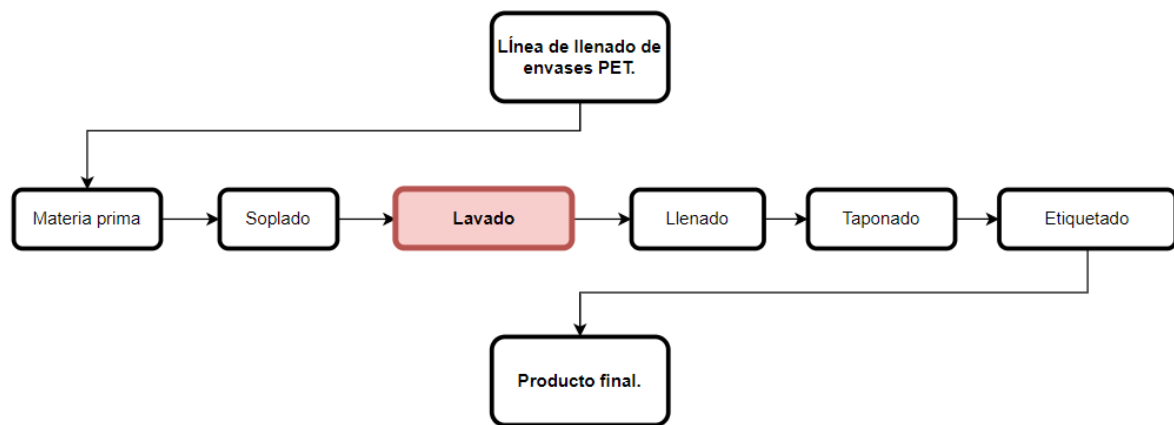


Fig. 2.1 Línea de producción.

2.1 SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA MÁQUINA DE LAVADO

Tipo de lavadora seleccionada: **ENJUAGADORA AUTOMÁTICA LINEAL.**

Se ha decidido diseñar una lavadora automática lineal ya que esta máquina presenta muchas ventajas en comparación con los otros tipos de enjuagadoras de envases, y es capaz de adaptarse a muchos tipos de requerimientos adicionales que le puedan agregar al sistema.

Las ventajas que se pueden encontrar en este tipo de lavadores son las siguientes:

- Tienen un fácil montaje.
- El mecanismo de transmisión de envases se puede adaptar a velocidades de producción alta, moderada y baja.

- Tienen un menor costo en comparación de las máquinas de lavado rotativo.
- Por el tipo de bancada se tiene una facilidad a la hora de la regulación de la altura del sistema de producción.
- Facilidad de lavar diferentes presentaciones o capacidades de envase.

Banda transportadora: **BANDA DE PLACAS ARTICULADAS.**

Se seleccionará una banda transportadora de placas articuladas o también llamada banda modular, esto por las ventajas que ofrecen, las cuales se describen a continuación.

- Poseen la ventaja que no sufren mucha fricción por lo que su desgaste es mínimo.
- Tienen capacidades de auto lubricación que impiden que se pierdan sus propiedades de durabilidad.
- Están compuestas por materiales como poliamida que soporta sustancias abrasivas y así se prolonga su vida útil.
- Tienen una gran resistencia al agua y a las grasas animales y vegetales.
- Son homogéneas, impermeables e imputrescibles.
- Presentan la ventaja que no requieren una tensión inicial en comparación de otros tipos de bandas transportadoras.

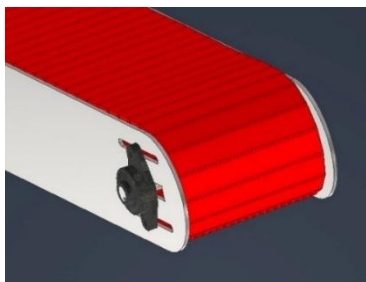


Fig. 2.2 Banda de placas articuladas.

Tipo de lavado seleccionado: **LAVADO VERTICAL POR BOQUILLA (LAVADO POR CHORRO).**

Con una cierta distancia entre las boquillas y la apertura de las botellas, el chorro entra exactamente en las botellas y sigue su movimiento continuo gracias al efecto de la rotación. El flujo en la boquilla se invierte gracias a la rotación continua. De esta manera, la suciedad que podría obstruir la entrada de las boquillas se expulsa en el ciclo siguiente. El chorro se interrumpe cuando la boquilla no está a contacto con el agujero del pistón de junta estanca. Esto significa que las botellas están tratadas sólo internamente. Se suministran filtros de saco manuales para cada bomba de aspersión.

Una boquilla de lavado de botellas que es capaz de lavar botellas que tienen aberturas de diferentes diámetros y que es capaz de lavar botellas que tienen salientes, hendiduras y una sección transversal cuadrada, o similar, con buena eficiencia. La tobera incluye un tubo de chorro central, un primer orificio de chorro que direcciona el flujo de manera vertical, un segundo orificio de chorro que envía el flujo en dirección diagonal hacia arriba en la sección base del tubo de chorro central, y un medio de control de descarga en la sección circunferencial exterior del cuerpo principal de la tobera, debajo de los segundos orificios de chorro.

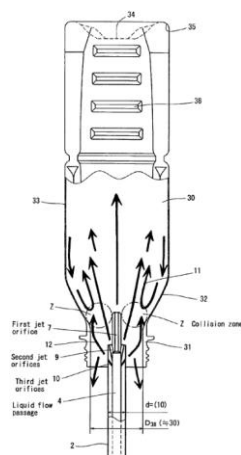


Fig. 2.3 Boquilla.

Sistema para la distribución el líquido de enjuague: **LAVADO POR BOMBA Y TANQUE HIDROSTÁTICO.**

Se considera principalmente una forma de lavado por bomba debido a que este permite obtener lavar las botellas con una eficiencia mayor mediante a las amplias presiones de trabajo del sistema.

Este es un método de lavado efectivo que se utiliza la ayuda externa de una bomba para mover el líquido de enjuague a través de tuberías y mangueras; permitiendo obtener ciertas consideraciones como la presión y el tiempo de lavado a la salida de la boquilla o inyector; efectuando un lavado a los envases mucho rápido, eficiente, ya que la bomba ayuda a vencer todas las pérdidas ocasionadas en los tramos de mangueras y demás accesorios del sistema.

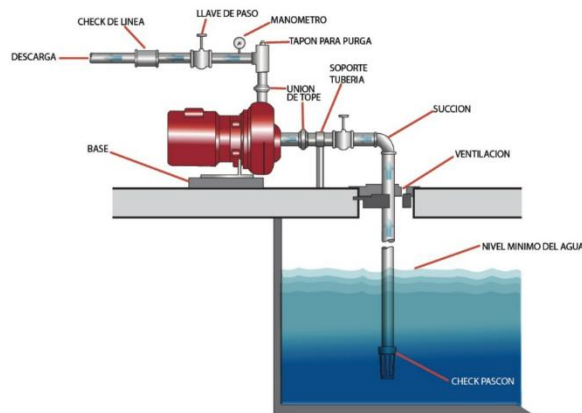


Fig. 2.4 Sistema de distribución por bombeo.

En este sistema se permite almacenar cierta cantidad de volumen del fluido para el lavado correspondiente de los envases, para posteriormente ser entregado a la salida en las boquillas según las condiciones esperadas al referirse a la presión y tiempo de lavado. Permite que la bomba no permanezca encendida por largos tramos de tiempo, lo cual se ve reflejado en un aumento de la vida útil de los componentes hidráulicos, debido a la reducción del sobrecalentamiento en los devanados del motor de la bomba.

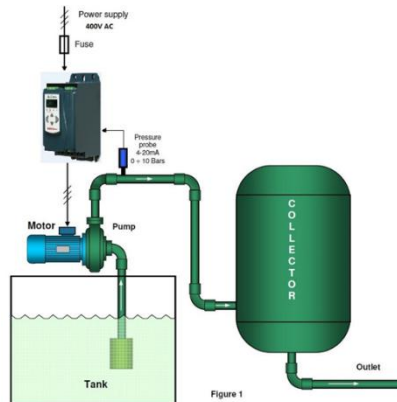


Fig. 2.5 Sistema de distribución y tanque hidroneumático.

Tipo de motor seleccionado: **MOTOR PASO A PASO.**

Los motores paso a paso están diseñados para trabajar con paros y arranques consecutivos, y son utilizados en aplicaciones donde se requiera precisión, además son mucho más económicos en comparación a los servomotores que presentan características similares a los motores paso a paso.

2.2 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE BANDA TRANSPORTADORA

Los parámetros de funcionamiento de la banda transportadora permitirán que la banda trabaje de manera adecuada, con esto se lograra un flujo constante de envases sin sufrir deslizamientos, atascamientos, tiempos muertos que puedan parar la línea de producción.

- Tamaño de envases.

El tamaño de los envases es un parámetro variable, por lo que la máquina se podrá ajustar para hacer el lavado de los diferentes tamaños de envases de PET que se encuentren en el mercado. La máquina lavadora permitirá lavar presentaciones de envases desde 250 ml cuyas dimensiones son de 5 cm de diámetro y una altura de 18.5 cm hasta 3.00 L el cual tendrá un diámetro de 10 cm y la altura de 30 cm.

- Masa de los envases.

Para conocer la masa de los envases se realizó una serie de pruebas de medición por medio de una balanza utilizando los envases que son más comercializados en el mercado. Los resultados de las mediciones arrojan un dato promedio de 20 gramos para la presentación de 250 ml y para los envases de 3 L tendrán una masa de 56 gramos.

- Número de boquillas.

Para el diseño de la máquina de lavado se considerarán un total de 6 boquillas, lo cual proporcionará la capacidad de poder lavar 6 botellas en un ciclo de trabajo.

- Tiempo de aceleración y desaceleración del motor.

El tiempo de aceleración y desaceleración de la banda se estima de 1 segundo para evitar deslizamientos y caídas de los envases. El tiempo de aceleración será igual para cualquier presentación de envase y estos serán programados en el sistema de control.

- Distancia entre centros de la banda.

La distancia entre centros de la banda transportadora, mostrada en la figura 2.6, será aproximadamente de 2300 mm. Esta distancia se obtiene de acuerdo a la geometría de los envases de 3.00 L teniendo un diámetro de 12 cm, esta distancia permite mantener 6 envases en la etapa de lavado y tener 6 envases en la etapa a la entrada de la máquina de lavado, a su vez poder tener 6 envases a la salida de la máquina enjuagadora. Cabe resaltar que se le agrega las dimensiones de 14 cm ya que se contempla las dimensiones de los componentes neumáticos.



Fig. 2.6 Distancia entre centros de la banda trasportadora.

- Distancia de recorrido de los envases hasta la etapa de lavado.

En esta distancia se considerará desde el punto externo de la banda hasta el punto final de la cámara de lavado, figura 2.7. Resaltando que se estará diseñando para varios tipos de botellas esto significa que estas cotas van a variar con respecto al tipo de botella que se está lavando en su momento. Por ejemplo, para botellas de 3.00 L con un diámetro de 12 cm la distancia a recorrer será de 1580 mm.

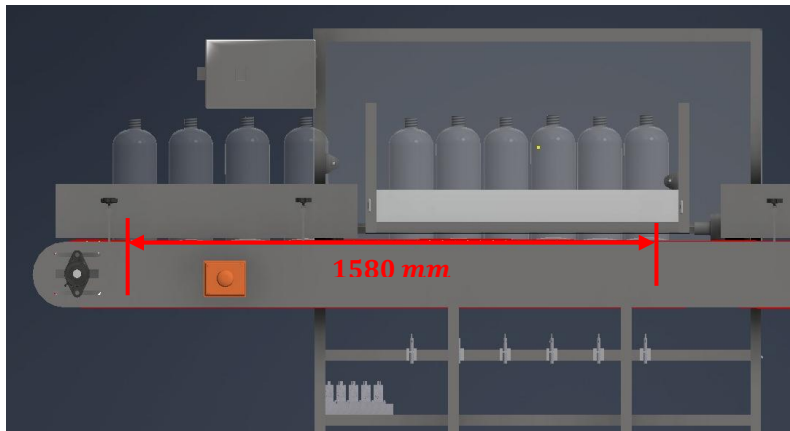


Fig. 2.7 Distancia de recorrido para la entrada y cámara de lavado.

- Distancia de cámara de lavado.

Esta distancia se determina mediante el número de envases a lavar y ya se sabe por los puntos anteriores que se diseña para un envase crítico de 3.00 L con un diámetro de 12 cm, recordando que se lavarán 6 botellas por ciclo de trabajo.

$$\text{distancia de etapa de lavado} = 6 \text{ envases} \times 12 \text{ cm}$$

$$\text{distancia de etapa de lavado} = 72 \text{ cm}$$

- Altura de banda transportadora.

En el caso de la altura de la banda transportadora, mostrado en la figura 2.8, se considera un nivel de superficie de 36 pulgadas que es equivalente a 0.914 m. Este dato también se selecciona porque este proyecto es la continuación de la línea de producción de envases de PET por lo tanto todas las bandas del sistema deben de tener la misma

altura esto es para que no exista ningún inconveniente a la hora que los envases pasan al demás proceso de la línea de producción general.

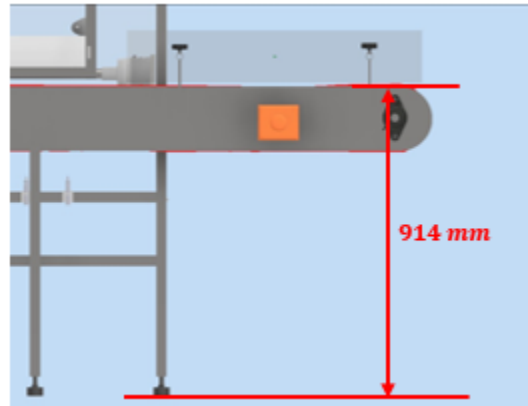


Fig. 2.8 Altura de banda transportadora.

2.2.1 CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN DE BANDA TRANSPORTADORA

En este apartado se calculará la aceleración de la banda transportadora, este parámetro es muy importante ya que si la aceleración de la banda es demasiado alta los envases pueden sufrir problemas de deslizamiento o de volteo, lo que ocasionará atascamientos en la línea de producción.

Para calcular la aceleración de la banda transportadora se realizarán dos análisis, el primero de volteo y el segundo de deslizamiento de los envases, al obtener la aceleración de la banda es correcto afirmar que será la misma que experimentarán los envases y el parámetro crítico se puede producir por volteo o desplazamiento.



Fig. 2.9 Velocidad de banda transportadora.

El análisis de deslizamiento y volteo para los envases de 250 ml., se iniciará partiendo de los datos que se encuentran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Datos para análisis de velocidad.

Datos	
Gravedad (g)	9.81 m/s^2
Masa para envase de 250 ml (m_1)	0.02 kg
Altura de envase h_1	0.185 m
Díámetro de envase D_1	0.05 m
Coefficiente de fricción estático (μ_s)	0.20
Peso de envase de 250 ml	W_{B1}

Calcular peso de envase.

$$W_{B1} = m_1 g$$

$$W_{B1} = (0.02 \text{ kg}) \times (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$W_{B1} = 0.1962 \text{ N}$$

Análisis de deslizamiento.

En la figura 2.10, se muestra el diagrama de cuerpo libre de un envase modelo.

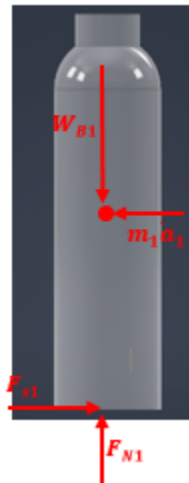


Fig. 2.10 Diagrama de cuerpo libre para envase de 250 ml.

Realizando la sumatoria de fuerzas.

Sumatoria en Y.

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$F_{N1} - W_{B1} = 0$$

$$F_{N1} = W_{B1}$$

Sumatoria en X.

$$+\rightarrow \sum F_x = m_1 a_1$$

$$F_{s1} - m_1 a_1 = 0$$

$$F_{s1} = m_1 a_{B1}$$

Ya que la banda transportadora transmitirá el movimiento hacia la botella es importante conocer la fuerza de fricción que es un valor limitante para mantener los envases de manera estática sobre la banda.

Tabla 2.2 Resultados de análisis de aceleración y fuerza de fricción.

$F_{s1} = \mu_s F_{N1}$	0.0392 N
$a_{Bdestizamiento1} = \frac{F_{s1}}{m_{B1}}$	$1.96 \frac{m}{s^2}$

En la tabla 2.2 se detalla la máxima aceleración que debe de tener la banda para evitar que los envases presenten las condiciones de deslizamiento con respecto a la banda.

Análisis de volteo.

Partiendo de la medida que tienen los envases comerciales del mercado se tomaron las dimensiones promedio de cada muestra disponible y con estos datos se

realizó un diseño 3D para identificar las cotas del centro de la masa y así poder continuar con el estudio de equilibrio de fuerzas del análisis de volteo.

En la figura 2.11, se muestra el diagrama de cuerpo libre de un envase modelo.

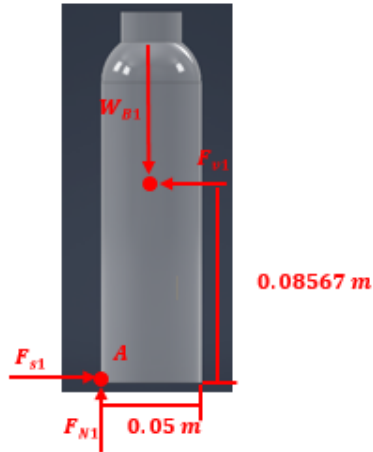


Fig. 2.11 Diagrama de cuerpo libre para envase de 250 ml.

Para el análisis de volteo de los envases se considera una F_v que es la fuerza aplicada al centro de gravedad del envase, siendo así la fuerza que ocasionará que la botella se voltee. Se considerará que en el punto A es el punto más crítico para que el envase de vuelta debido a la inercia y el movimiento que otorga la banda.

Sumatorias de momento en el punto A.

$$\sum M_a = 0$$

$$F_{v1}(0.08567\text{ m}) - W_{B1}(0.025\text{ m}) = 0$$

$$F_{v1} = \frac{(0.1962\text{ N})(0.025\text{ m})}{(0.08567\text{ m})}$$

$$F_{v1} = 0.0572\text{ N}$$

Donde F_v es la fuerza que produce la condición de volteo en el envase.

$$F_{V1} = m_{B1}a_{B1}$$

$$a_{Bvolteo1} = \frac{F_{V1}}{m_{B1}} = \frac{0.0572\text{ N}}{0.02\text{ kg}} = 2.86 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Esta es la aceleración máxima que puede tener la banda para que se den las condiciones de volteo. El análisis de deslizamiento y volteo para los envases de 3 L, se iniciará partiendo de los datos que se encuentran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Datos para análisis de velocidad.

Datos	
Gravedad (g)	9.81 m/s^2
Masa para envase de 3 L (m_2)	0.056 kg
Altura de envase h_2	0.3 m
Díámetro de envase D_2	0.1 m
Coefficiente de fricción estático (μ_s)	0.20
Peso de envase de 3 L	W_{B2}

Calcular peso de envase.

$$W_{B2} = m_2 g$$

$$W_{B2} = (0.056 \text{ kg}) \times (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$W_{B2} = 0.5493 \text{ N}$$

Análisis de deslizamiento.

En la figura 2.12, se muestra el diagrama de cuerpo libre de un envase modelo.

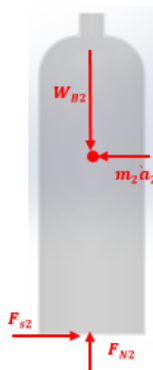


Fig. 2.12 Diagrama de cuerpo libre para envase de 3 L.

Realizando la sumatoria de fuerzas.

Sumatoria en Y.

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$F_{N2} - W_{B2} = 0$$

$$F_{N2} = W_{B2}$$

Sumatoria en X.

$$+\rightarrow \sum F_x = m_2 a_2$$

$$F_{s2} - m_2 a_2 = 0$$

$$F_{s2} = m_2 a_{B2}$$

Cálculo de la aceleración de la banda transportadora y la fuerza de fricción utilizando el método de deslizamiento mostrados en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Resultados de análisis de aceleración y fuerza de fricción.

$F_{s2} = \mu_s F_{N2}$	0.1098 N
$a_{B\text{deslizamiento}2} = \frac{F_{2s}}{m_{B2}}$	$1.9607 \frac{m}{s^2}$

Análisis de volteo.

En la figura 2.13, se muestra el diagrama de cuerpo libre de un envase modelo.

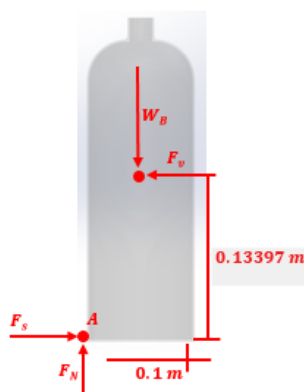


Fig. 2.13 Diagrama de cuerpo libre para envase de 3 L.

Sumatorias de momento en el punto A.

$$\sum M_a = 0$$

$$F_{v2}(0.13397 \text{ m}) - W_{B2}(0.05 \text{ m}) = 0$$

$$F_{v2} = \frac{(0.5493 \text{ N})(0.05 \text{ m})}{(0.13397 \text{ m})}$$

$$F_{v2} = 0.2050 \text{ N}$$

Donde Fv es la fuerza que produce la condición de volteo en el envase.

$$F_{V2} = m_{B2}a_{B2}$$

$$a_{B\text{volteo}2} = \frac{F_{V2}}{m_{B2}} = \frac{0.2050 \text{ N}}{0.056 \text{ kg}} = 3.6607 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 3.7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Comparación de resultados.

De los análisis de deslizamiento y volteo se obtuvieron las aceleraciones con la que los envases sufren ese tipo de fenómenos, para llegar a una conclusión concreta se comparan los resultados que se muestran en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Comparación de los resultados de aceleración.

	Envase de 250 ml	Envase de 3 L
Análisis de deslizamiento ($a_{B\text{deslizamiento}}$)	$1.96 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$1.9607 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Análisis de volteo ($a_{B\text{volteo}}$)	$2.86 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	$3.6607 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Como se puede observar en el cuadro comparativo de aceleración se concluye que los resultados de los análisis realizados al envase de 3 L no es una buena opción ya que si se escoge esos criterios los envases de 250 ml fallarán por deslizamiento y por

volteo. Para realizar los cálculos se trabajará con la botella más pequeña que se puede encontrar en el mercado que será el envase de PET cuyo volumen será de 250 ml. Se selecciona este envase ya que se busca el más crítico y que sea propenso a presentar volteo o deslizamiento cuando está en movimiento mediante la banda transportadora.

Conclusión. La aceleración de la banda no debe de exceder los resultados del análisis de volteo y la del análisis de deslizamiento. Con los criterios anteriores se seleccionará una aceleración para la banda transportadora de:

$$a_B = 0.1 \frac{m}{s^2}$$

Este resultado no es fijo ya que a la hora de realizar la programación de los componentes de la banda estos se podrán regular y adaptar a las necesidades de la línea de producción. Siempre y cuando no se exceda a el valor de aceleración de deslizamiento de $1.96 m/s^2$.

2.3 CÁLCULO DEL TIEMPO PARA EL PROCESO DE LAVADO

Teniendo la aceleración de la banda, se utilizará el análisis del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado para calcular la velocidad final tomando los datos de la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Datos a considerar en el análisis de movimiento.

x_a	1.58 m
a_B	0.1 m/s^2

- Tiempo con velocidad constante.

Este dato es el tiempo en el que los envases se tardan en llegar desde el inicio de la banda hasta detenerse en la cámara de lavado donde se debe de tener una velocidad constante en todo el tramo enjuague hasta su posterior detención, no se considerara la distancia de aceleración del motor.

Calculando velocidad final de los envases:

$$v_b^2 = v_0^2 + 2a_B x_a$$

$$v_b^2 = 0 + 2(0.1)(1.58)$$

$$v_b = \mathbf{0.316\ m/s}$$

Tiempo de recorrido

$$x_a = \frac{(v_b - v_0)}{2} t$$

$$1.58 = \frac{(0.316 - 0)}{2} t$$

$$t = 10\ s$$

Por lo tanto, el tiempo que debe de recorrer los envases de 3.00 L desde un extremo de la banda hasta la posición donde se detendrá para el lavador es de 10 segundos. Este resultado se la asignará el nombre de tiempo de entrada.

$$t_{entrada} = 10\ s$$

- Tiempo de lavado.

En este caso el tiempo de lavado no es un parámetro que esté ligado a la capacidad de los envases que estarán en el proceso de lavado, ya que se busca que todos los tipos de envases tengan un lavado óptimo y eficiente con el fluido de enjuague. Por lo tanto, se asigna un tiempo ideal de 5 segundos para 6 envases de 3.00 L.

$$t_{lv} = 5\ s$$

- Tiempo de accionamiento neumático.

Se estima que en un tiempo de 0.2 segundo para que los actuadores presionen los envases y 1 segundo para realizar el giro de los envases y que estos estén en posición colineal con respecto a los orificios de las boquillas, un segundo adicional para dejar los envases en la banda transportadora, y otros 0.2 segundos para dejar que los cilindros neumáticos coloquen los envases ya lavados en la banda transportadora.

$$t_{acn} = 2.4 \text{ s}$$

- Número de ciclos de lavado.

Para poder determinar este punto se necesita conocer los tiempos que los envases comienzan su viaje desde el inicio de la banda hasta la entrada de la cámara de lavado, el tiempo de lavado y el tiempo en que los envases giran para colocarse en posición correcta para el lavado de estos.

$$t_T = t_{entrada} + t_{lv} + t_{acn}$$

$$t_T = 10 \text{ s} + 5 \text{ s} + 2.4 \text{ s}$$

$$t_T = 17.4 \text{ s}$$

El número de ciclos de lavado por cada minuto es:

$$N_c = \text{número de ciclos} = \frac{60 \text{ s}}{17.4 \text{ s}}$$

$$N_c = \text{número de ciclos} = 3.44 \approx 3 \text{ ciclos por minuto}$$

Esto significa que por cada minuto la máquina realizará 3 veces el ciclo de lavado a 6 envases de 3.00 L, esto equivale a lavar 18 envases en un minuto, y se tendrá una producción de 1080 envases lavados por cada hora transcurrida, considerando 6 boquillas en la cámara de lavado.

2.4 SELECCIÓN DE MATERIALES DE LA LAVADORA DE ENVASES PET

- Banda transportadora.

La banda transportadora estará funcionando en un ambiente húmedo y corrosivo debido a los agentes que se utilizarán para el lavado de los envases, además al estar en contacto con envases que contendrán líquidos para el consumo humano esta no debe necesitar ningún tipo de lubricante; por lo que se deberán seleccionar materiales que sean compatibles con este tipo de ambientes corrosivos. En la tabla 2.7 se muestran algunos materiales.

- Bancada

Ya que la máquina estará expuesta a los líquidos de enjuague utilizados para el lavado de los envases; el material a utilizar en la bancada será el acero inoxidable 316 L ya que por su bajo contenido en carbono es un material que ofrece una buena soldabilidad y son buenos ante ambientes corrosivos, por lo que la selección de este material disminuirá el mantenimiento del chasis de la máquina.

Tabla 2.7 Materiales de banda transportadora.

COMPONENTES.	MATERIAL	VENTAJAS
<p>Placas.</p> 	<p>Acetal.</p>	<p>Material adecuado para un contacto continuo con elementos plásticos, también presenta una ventaja en el peso ya que es un componente liviano y no es un elemento que presenta corrosión.</p>
<p>Sprocket o rueda guía.</p> 	<p>Acetal.</p>	<p>El material adecuado para transmitir movimientos a una banda de acetal ya que presentan poco desgaste en los elementos de contacto y no presenta corrosión.</p>
<p>Eslabón.</p> 	<p>Acetal.</p>	<p>Elemento adecuado para un contacto continuo con elementos plásticos y presentan poco desgaste.</p>
<p>Eje.</p>	<p>Acero inoxidable 316L</p>	<p>Es el material ideal para trabajar en condiciones de humedad y de desgaste.</p>
<p>Guias.</p> 	<p>UHMW</p>	<p>Su mayor ventaja es el deslizamiento que le otorga a los elementos que se desea movilizar.</p>

2.5 DISEÑO EN ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA MÁQUINA

En este apartado se dimensionarán los componentes de la máquina de lavado de envases, se contempla los elementos mecánicos de mayor prioridad como ejes, chumaceras, placas articuladas, sprocket y motor.

2.5.1 ESPECIFICACIONES DE LOS ENVASES

Ahora se presenta los datos de los envases que se ocuparán para realizar el lavado, para determinar el peso se considera que el envase estará vacío en el sistema. Como se mencionó en el capítulo anterior se establece que se estará trabajando con los envases de 3.00 L siendo este el envase con mayor peso que soportará la banda transportadora. Para efectos de cálculo se considerará que el fluido de enjuague dispersado por las boquillas será agua esto es para tener un análisis eficaz con respecto al fluido de trabajo.

- Peso que soportará la banda en todo el proceso.

Para conocer la masa de un envase de 3 L se realizó una serie de pruebas de medición por medio de una balanza utilizando los envases que se comercializan en el mercado. Los resultados de las mediciones arrojan un dato promedio de 56 gramos.

$$m_B = 0.056 \text{ kg}$$

Calcular peso de envase.

$$W_B = m_B g$$

$$W_B = (0.056 \text{ kg}) \times (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$W_B = 0.5493 \text{ N}$$

Se considerará que hay 6 envases entrando a la cámara de lavado, también 6 envases adentro de la cámara de lavado y 6 envases a la salida de la banda

transportadora. Por lo tanto, el peso total que deberá soportar la banda transportadora deberá ser.

$$W_{BT} = 6W_B + 6W_B + 6W_B$$

$$W_{BT} = 9.8874 N$$

2.5.2 CADENA DE BANDA TRANSPORTADORA

En este punto se hablará de todos los componentes que conforman la banda transportadora, como al inicio de esta etapa de diseño se seleccionó una banda articulada o modular por la ventaja que esta otorga a la línea de producción, otro punto importante es que las partes de la banda transportadora ya están previamente diseñadas, se tiene de una variedad de dimensiones y materiales que se puedan adaptar a los requerimientos deseados para satisfacer la necesidad de la producción. Se dejan datos de la banda seleccionada en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Datos de la cadena de placas articuladas.

Datos de cadena de eslabones PCS-25 CERRADA	
Paso (p_c)	25 mm
Ancho de banda (x_b)	200 mm
Masa de la cadena/banda por metro cuadrado ($\frac{m_c}{m^2}$)	7.6 kg/m ²
Masa de la cadena/banda por metro lineal ($\frac{m_c}{m}$)	1.25 kg/m
Temperatura de operación	-45 °C a +93 °C
Resistencia a la tracción (20 °C)	22.464 N/m
Velocidad máxima	Lubricación: 80 m/min, Seco: 50 m/min
Inercia la placa de cadena (I_p)	89125 g * mm ² 0.000089 kg * m ²

- Catarinas de la banda transportadora.

Los datos de la Catarina se establecen según la cadena seleccionada en el anterior punto por lo tanto las propiedades de la Catarina la banda serán las listadas en la tabla 2.9.

Tabla 2.9 Datos de la catarina de la cadena.

Datos de la Catarinas	
Diámetro de la Catarina (D_p)	154 mm
Ancho de la catarina (B_p)	53 mm
Diámetro de eje (D_{eje1})	31.75 mm
Número de dientes	25
Rango de temperatura	0°C a +87.7 °C
Material	Acetal
Densidad del piñón (ρ_p)	$1.41 \text{ g/cm}^3 = 1410 \text{ kg/m}^3$
Inercia de las catarinas (I_c)	$I_c = 2 \left(\frac{1}{2} \pi B_p \rho_p \left(\frac{D_p}{2} \right)^4 \right)$ 0.008253 kg * m²

Ahora con los parámetros de la cadena ya establecidos se dispondrá a realizar los cálculos de la longitud de la banda articulada y de la misma forma conocer cuál es la distancia entre centros de cada Catarina.

Los resultados de este cálculo se muestran en la tabla 2.10:

Tabla 2.10 Resultado de análisis del peso de cadena.

Distancia entre centros de la banda (c_b)		2300 mm
Longitud de contacto de ambos piñones $L_{pñ}$	$L_{pñ} = 2 * \pi * \left(\frac{D_p}{2}\right)$	0.48 m
Longitud de la cadena	$L_c = (2 * 2300 \text{ mm}) + 480 \text{ mm}$	5080 mm
Número de eslabones	$N_e = \frac{L_c}{p_c}$	203
Masa de la cadena	$m_c = L_c * \left(\frac{m_c}{m}\right)$	6.35 kg
Peso total de la cadena	$W_c = m_c g$	62.3 N

Por lo tanto, para conocer la inercia que debe tener toda la banda articula se debe de multiplicar la cantidad de eslabones o placas que se dedujo en la tabla 2.10 y la inercia que otorga el fabricante.

$$I_{ptotal} = N_e I_P$$

$$I_{ptotal} = 0.018091 \text{ kg} * \text{m}^2$$

2.5.3 EJE DE BANDA TRANSPORTADORA

En este apartado se diseñará un componente de suma importancia, que permitirá conectar la banda trasportadora con el motor paso a paso, gracias a estos dos elementos se podrá transmitir potencia y torque necesario a cada uno de los elementos de la banda para poder mover los envases de la línea de producción.

El diámetro del eje en donde se colocará la catarina que será la dimensión más grande de este elemento estará definido por el catálogo donde se seleccionó la banda y la catarina en los puntos anteriores.

De la misma manera se definirá las dimensiones del eje, figura 2.14, tomando en cuenta el acho de la banda, con los componentes de chumaceras, motor, acople y parte donde este atraviesa elementos de la bancada.

- ANALIZANDO EJE CONDUCTOR.

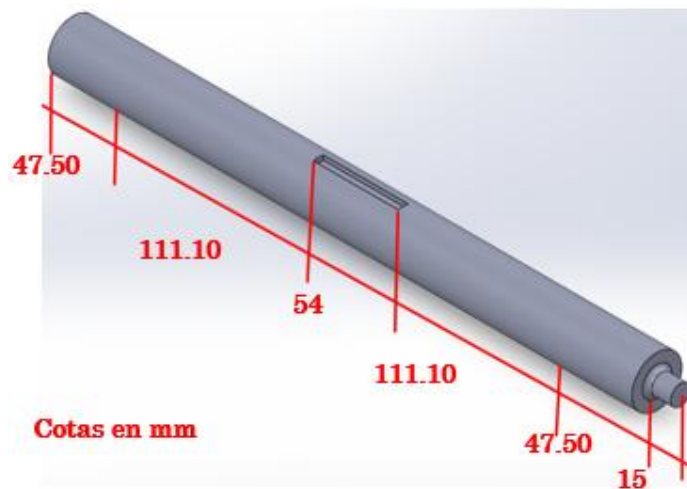


Fig. 2.14 Dimensiones de eje conductor.

En la tabla 2.11 se presentan los datos de los ejes que servirán para determinar otros parámetros de diseño de la banda.

Los ejes serán de acero inoxidable de grado alimenticio ya que este estará en contacto con los líquidos de enjuague y con los envases ya lavados.

Calculando la inercia de los ejes:

$$I_{Econductor} = \frac{1}{2} \pi \rho_E L_1 \left(\frac{D_{eje1}}{2} \right)^4 + \frac{1}{2} \pi \rho_E L_{ap} \left(\frac{D_{ap}}{2} \right)^4$$

$$I_{Econductor} = \frac{1}{2} \pi \rho_E \left[L_1 \left(\frac{D_{eje1}}{2} \right)^4 + L_{ap} \left(\frac{D_{ap}}{2} \right)^4 \right]$$

$$I_{Econductor} = 0.002342 \text{ kg} * \text{m}^2$$

Tabla 2.11 Datos de dimensiones de eje de transmisión.

Datos de ejes de conductor.	
Diámetro de eje (D_{eje1})	31.75 mm
Longitud de eje (L_1)	371.20 mm
Radio de filete (r_1)	3 mm
Longitud para cuñero de acople (L_{ch})	54 mm
Profundidad de cuñero (e_{ch1})	12.70 mm
Ancho de cuñero (a_{ch1})	6.35 mm
Diámetro para acople (D_{ap})	12.70 mm
Longitud eje acople (L_{ap})	12 mm
Material seleccionado	Acero inoxidable de grado alimenticio 316L
Densidad (ρ_E)	$7.9 \text{ g/cm}^3 = 7900 \text{ kg/m}^3$

- ANALIZANDO EJE CONDUCTIDO.

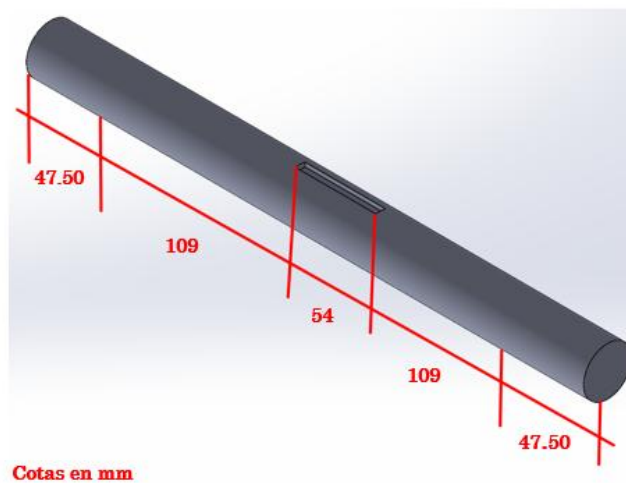


Fig. 2.15 Dimensiones de eje conducido.

En la tabla 2.12 se presentan los datos de los ejes que servirán para determinar otros parámetros de diseño de la banda.

Tabla 2.12 Datos de dimensiones de eje de transmisión.

Datos de ejes de conducido.	
Diámetro de eje (D_{eje2})	31.75 mm
Longitud de eje (L_2)	367 mm
Longitud para cuñero de acople (L_{ch})	54 mm
Profundidad de cuñero (e_{ch})	12.70 mm
Material seleccionado	Acero inoxidable de grado alimenticio 316L
Densidad (ρ_E)	$7.9 \text{ g/cm}^3 = 7900 \text{ kg/m}^3$

Calculando la inercia de los ejes.

$$I_{Econducido} = \frac{1}{2} \pi \rho_E L_1 \left(\frac{D_{eje2}}{2} \right)^4$$

$$I_{Econducido} = \mathbf{0.000289 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

2.5.4 ACOPLER PARA MOTOR Y EJE

El acople es un elemento importante que está ubicado entre el motor y el mecanismo de potencia de la banda transportadora, se seleccionara un acople, figura 2.16, para el motor de la máquina de manera que funcione como elemento de protección mecánico y ayude a prevenir desgaste en los componentes de la máquina.

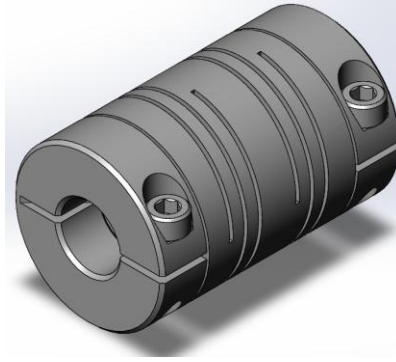


Fig. 2.16 Acople flexible.

Para calcular la inercia del acople, se asumirá inicialmente que es un cilindro sólido cuyo cambio de geometría, son los agujeros internos de la pieza, ya que el diámetro de un lado debe de ser para un eje de $\frac{1}{2}$ pulgada en el cual cazará el eje de la banda transportadora y el otro lado se considera un agujero de $\frac{1}{4}$ pulgada donde es la cavidad donde se alojará el eje del motor. Las dimensiones de profundidad de cada agujero se serán proporcionadas por el software 3D, figura 2.17. Otro punto importante para conocer la inercia del acople flexible es el material con el que debe de estar fabricado, en este caso se tomará la materia de acero inoxidable de grado alimenticio 316L (7900 kg/m^3) esto por el área el cual se estará expuesta la máquina.

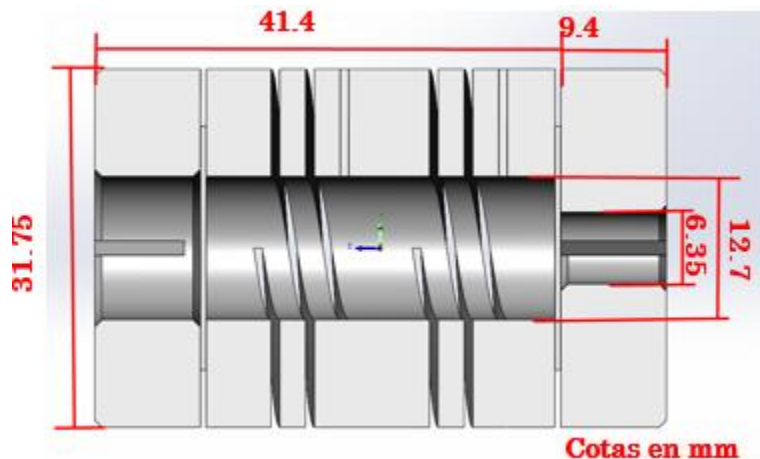


Fig. 2.17 Dimensiones de acople flexible.

La inercia del acople se calculará con la siguiente ecuación:

$$I_A = \frac{1}{2} M_a (R_{a1}^2 + R_{a2}^2) + \frac{1}{2} M_b (R_{b1}^2 + R_{b2}^2)$$

$$I_A = \frac{1}{2} \rho V_a (R_{a1}^2 + R_{a2}^2) + \frac{1}{2} \rho V_b (R_{b1}^2 + R_{b2}^2)$$

Volumen de cilindro A.

$$V_a = \pi R_{a\text{externo}}^2 h_a - \pi R_{a\text{interno}}^2 h_a$$

$$V_a = 0.0000275 \text{ m}^3$$

Volumen de cilindro B.

$$V_b = \pi R_{b\text{externo}}^2 h_b - \pi R_{b\text{interno}}^2 h_b$$

$$V_b = 0.0000071 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, la inercia del acople será.

$$I_A = \frac{1}{2} \rho V_a \left(\frac{31.75^2}{2} + \frac{12.7^2}{2} \right) + \frac{1}{2} \rho V_b \left(\frac{31.75^2}{2} + \frac{6.35^2}{2} \right)$$

$$I_A = 0.0000317 + 0.0000073$$

$$I_A = \mathbf{0.000039 \text{ kg} * \text{m}^2}$$

2.5.5 SELECCIÓN DEL MOTOR PASO A PASO

Para realizar el traslado de los envases se empleará de la ayuda de un motor paso a paso, la selección de este componente debe de tener en cuenta la carga para mover todo el sistema mecánico, la resistencia de la carga que le hace a la banda articulada y el peso que generan los envases de PET, es importante seleccionar un motor capaz de vencer todas las resistencias que se presente en el transcurso de la operación.

2.5.5.1 TORQUE RESISTIVO

Este torque proviene de la resistencia del peso que soporta la banda articulada en contra de la superficie de guías donde deslizan la banda. Los resultados de esta resistencia se presentan en la tabla 2.13.

Tabla 2.13 Resultados del análisis para el torque resistivo.

Coefficiente de rozamiento entre la cadena y la guía μ_{s1} (Anexo A1)	0.15	
Fuerza de rozamiento entre la banda y la guía	$F_f = \mu_{s1}(W_{BT} + W_c)$	74.18 N
Torque de resistencia o par necesario para mover la carga	$T_R = F_f \frac{D_p}{2}$	5.71 N.m

2.5.5.2 TORQUE DE ACELERACIÓN

Este torque se determina a partir de la inercia de todos los elementos que presentan resistencia al motor, por lo tanto, es el torque que el motor debe de vencer. Recordando que el envase más pesado que soportará la banda será el de 3.00 L por lo tanto requerirá saber la inercia de la carga de los envases, de la banda y la masa total de la cadena. Los resultados de torque de aceleración se muestran en la tabla 2.14.

Tabla 2.14 Resultados de análisis para el torque de aceleración.

Masa de toda la carga (m_w)	$m_w = 18m_B + m_c$	7.358 kg
Inercia de la carga (I_w)	$I_w = m_w \left(\frac{D_p}{2}\right)^2$	0.043625 kg * m ²
Velocidad angular (ω)	$\omega = \frac{2v_b}{D_p}$	4.1038 $\frac{rad}{s}$
Velocidad en rpm (n)	39.15 rpm	
Tiempo de aceleración (t_a)	1 s	
Torque de aceleración	$T_a = (I_c + I_{ptotal} + I_{Econductor}$ $+ I_{Econducido} + I_A + I_w) * \frac{\omega}{t_a}$	0.298096 N * m

2.5.5.3 TORQUE DEL MOTOR

Ahora se calculará el torque del motor paso a paso omitiendo la inercia del mismo, para seleccionar el motor se debe sumar la inercia del motor y ver si este se adapta a los parámetros. Los parámetros del torque del motor se pueden observar en la tabla 2.15.

Tabla 2.15 Resultados de análisis para el motor.

Análisis sin la inercia del motor		
Torque del motor	$T_m = T_a + T_R$	6 N * m
Potencia del motor	$P_m = \frac{2\pi T_m n}{60}$	24.59 W
Análisis con la inercia del motor		
Inercia del motor	$I_m = 0.0000024 \text{ kg} * \text{m}^2$	
Torque de aceleración real	$T_{aR} = (I_c + I_{ptotal} + I_{Econductor} + I_{Econducido} + I_A + I_w + I_m) * \frac{\omega}{t_a}$	0.298106 N * m
Torque del motor real	$T_{mR} = T_a + T_R$	6 N * m
Potencia del motor real	$P_{mR} = \frac{2\pi T_m n}{60}$	24.59 W

La tabla 2.15, indica que la inercia del motor seleccionado no representa un cambio en el torque del motor paso a paso por ende el motor EC4240 (NEMA 34) es el ideal para la propuesta de diseño ya que otorga una potencia de 25W, y entrega un par máximo de 6.5 Nm.

2.5.6 ANÁLISIS DE ELEMENTOS MECÁNICOS PRINCIPALES.

En el apartado del análisis de elementos mecánicos se establecen los análisis de teorías de fallas, se determina la confiabilidad de los componentes y la selección de elementos mecánicos de otros elementos importante como las chumaceras y pernos.

2.5.6.1 ANÁLISIS DE FATIGA PARA EL EJE.

El análisis de fatiga determina la seguridad de los materiales y parámetros establecidos en los apartados anteriores. Realizando un recordatorio el material a utilizar en el análisis es el acero inoxidable 316 L.

Este análisis se basa en el eje que está acoplado entre el motor paso a paso y el mecanismo de transmisión de la banda. En este punto se realiza el estudio por ser

considerado el más crítico de sistema, esto significa que es el más propenso a la falla mecánica.

En la figura 2.18, se muestra el esquema de fuerzas que actúan en el eje de transmisión, cabe resaltar que se toman en cuenta las componentes de la fuerza que provocan los cojinetes.

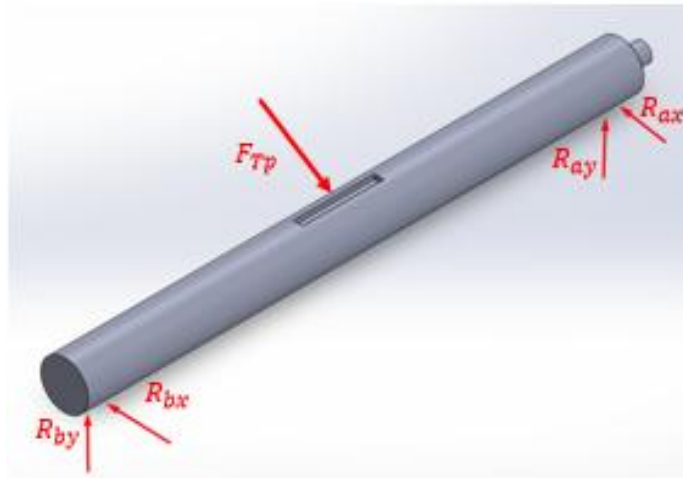


Fig. 2.18 Diagrama de fuerzas para eje conductor.

En base a la siguiente ecuación se determina que el torque de motor será igual al torque al que gira el eje, ya que estos componentes están acoplados directamente y esto también significa que no se encontrarán pérdidas de potencia.

$$P_E = P_m$$

Por tanto, se tiene la siguiente ecuación:

$$F_{Tp} = \frac{2T_m}{D_p}$$

Evaluando los valores que se encuentran en la tabla 2.9 y en la tabla 2.15. Sustituyendo datos en la ecuación anterior, se obtiene el siguiente resultado:

$$F_{Tp} = 77.85 \text{ N}$$

Ahora se realiza un análisis de fuerzas en el eje de transmisión, este análisis determinará las reacciones de los cojinetes, figura 2.19, para posteriormente construir los diagramas de momento y cortante de fuerzas para el eje de transmisión.

Análisis en el eje de coordenadas X.

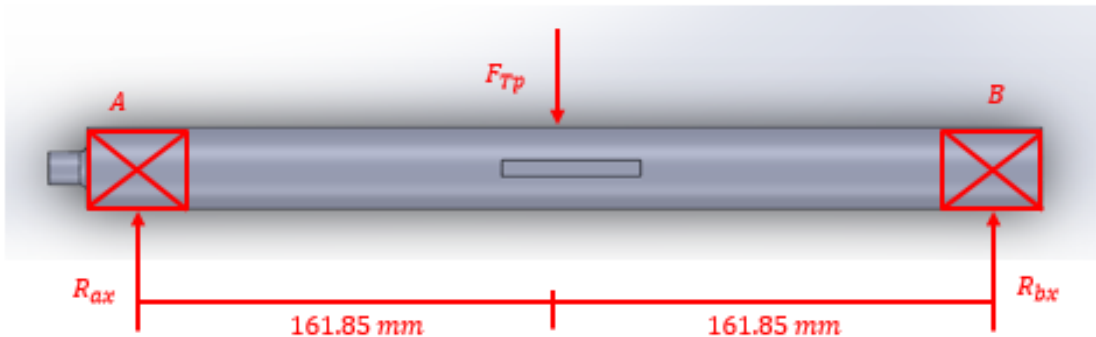


Fig. 2.19 Análisis de diagrama de fuerzas para eje conductor.

Se tomará el punto A que es donde se ubica el cojinete A como pivote para el análisis de fuerzas. Realizando momento en A y obteniendo la reacción en el cojinete B.

$$\sum M_a = 0 \quad \rightarrow \quad -F_{Tp}(0.16185) + R_{bx}(0.3237) = 0$$

Sustituyendo datos en la ecuación resultante de realizar momento en el punto A. Con esa ecuación se obtiene como resultado la reacción del cojinete B con el siguiente valor:

$$R_{bx} = 38.93\text{ N}$$

Posteriormente se hace sumatorias de fuerzas en el eje de coordenadas X.

$$\sum F_x = 0 \quad \rightarrow \quad R_{ax} - F_{Tp} + R_{bx} = 0$$

Sustituyendo datos en la ecuación de sumatorias de fuerzas para encontrar la reacción de cojinete en A.

$$R_{ax} = 38.93\text{ N}$$

No se realiza un análisis en el eje de coordenadas Y ya que sus ecuaciones resultantes ambas tendrán reacciones nulas por la condición de equilibrio que presenta el eje.

$$R_{by} = 0 \qquad R_{ay} = 0$$

Una vez teniendo todos los valores de las reacciones se construirán los diagramas de cortante y momento para las respectivas coordenadas. Con los siguientes diagramas, mostrados en la figura 2.20, se obtendrán los esfuerzos en cada punto del eje de transmisión de la banda y así, determinar el punto más crítico del eje.

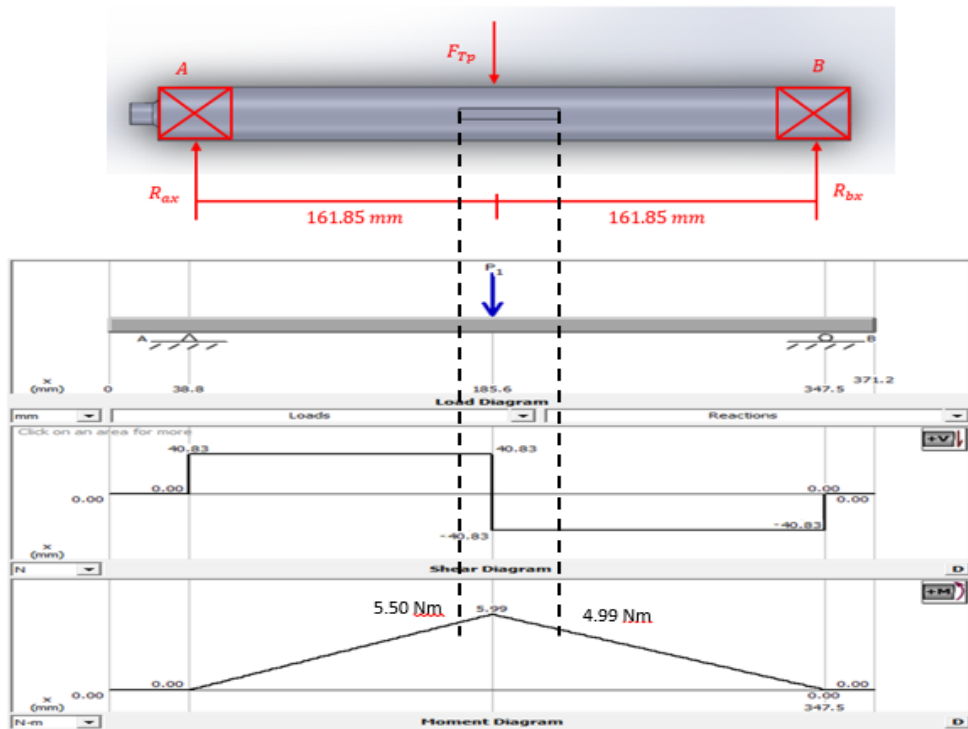


Fig. 2.20 Diagrama de fuerza cortante y momento flector para eje conductor.

Se evaluará para obtener los factores de seguridad y así, poder verificar si excede el rango crítico.

Análisis de momentos y esfuerzos en los puntos críticos.

Análisis de Momentos:

$$M_{R1} = \sqrt{(M_{a1x}^2 + M_{a1y}^2)}$$

$$M_{R3} = \sqrt{(M_{a2x}^2 + M_{a2y}^2)}$$

Sustituyendo los valores con respecto a los datos del diagrama de momento otorga los siguientes datos:

$$M_{R1} = 5.50 \text{ N} * \text{m}$$

$$M_{R2} = 5.99 \text{ N} * \text{m}$$

$$M_{R3} = 4.99 \text{ N} * \text{m}$$

Calculando los esfuerzos.

$$\sigma_{R1} = \frac{32M_{R1}}{\pi D_{e2}^3} K_f$$

$$\sigma_{R2} = \frac{32M_{R2}}{\pi D_{e1}^3}$$

$$\sigma_{R3} = \frac{32M_{R3}}{\pi D_{e2}^3} K_f$$

$$\tau = \frac{16T_m}{\pi D_{e2}^3}$$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

En el caso de la primer y tercera ecuación de esfuerzos se multiplica por un factor K_f y esto se debe a que se presenta un concentrador de esfuerzo en ese punto crítico. De forma que se realiza la tabla 2.16 para el calcular el factor de concentración de esfuerzo.

Tabla 2.16 Concentradores de esfuerzos.

Concentrador de esfuerzo teórico K_t (Anexo A3).	2.75
Índice de sensibilidad a la entalla q (Anexo A4).	0.1
Concentrador por fatiga K_f .	1.18

Sustituyendo los valores de coeficiente de factor de concentración en las ecuaciones de esfuerzos.

$$\sigma_{R1} = 2.06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{R2} = 1.90 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{R3} = 1.87 \text{ MPa}$$

$$\tau = 0.95 \text{ MPa}$$

Se determinarán los esfuerzos alternantes y medios para el análisis en el punto de máximo esfuerzo, que será donde se encuentren los concentradores de esfuerzos.

$$\sigma_{ea} = \sqrt{\sigma_a^2 + 3(\tau_a)^2}$$

$$\sigma_{em} = \sqrt{\sigma_m^2 + 3(\tau_m)^2}$$

Se realiza la consideración que $\tau_a = 0$ y $\sigma_m = 0$ da como resultado.

$$\sigma_{ea} = \sigma_a = 2.06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{em} = \sqrt{3} * \tau_m = 1.65 \text{ MPa}$$

Por las condiciones de trabajo en la cual se desempeñará la máquina se considera un material de Acero Inoxidable grado alimenticio 316L con un esfuerzo último (Anexo A5): $S_{ut} = 568 \text{ MPa}$

$$S'_n = 0.5S_{ut}$$

Sustituyendo el valor de esfuerzo último a la tensión en la ecuación anterior se tiene como resultado un límite de resistencia.

$$S'_n = 284 \text{ MPa}$$

Aplicando los factores para el análisis de fatiga del eje, mostrados en la tabla 2.17, para aplicar la teoría de Goodman.

Tabla 2.17 Factores de análisis de fatiga para el eje.

Factor	Valor
Factor superficial y micro estructural: $K_a = 1.58(S_{ut})^{-0.085}$	0.92
Factor de tamaño: $K_b = 1.24(D_{E2})^{-0.107}$	0.86
Factor de carga: K_c	0.59
Factor de temperatura: K_d	1
Factor de efectos diversos: K_e	1

$$S_n = K_a K_b K_c K_d K_e S'_n$$

Sustituyendo los valores de la tabla 2.17 de factores de fatiga en la ecuación anterior se tiene el siguiente resultado:

$$S_n = 132.57 \text{ MPa}$$

Aplicando teoría de Goodman.

$$\frac{\sigma_{ea}}{S_n} + \frac{\sigma_{em}}{S_{ut}} = \frac{1}{S_f}$$

Sustituyendo los valores correspondientes y encontrando el factor de seguridad.

$$S_f = 54$$

Este factor de seguridad da a entender que el eje al fabricarlo de acero inoxidable 316L no presentará fallas por fatiga, ya que supera el factor crítico de falla.

2.5.6.2 SELECCIÓN DE CHUMACERAS.

Para la selección de la chumacera para el eje de la banda transportadora se debe destacar que la carga se divide simétricamente en ambos puntos debido a la ubicación de los rodamientos, por lo que, la carga es la mitad, resultando de 40.83 N. Ahora, se determinará la carga equivalente para cada cojinete, donde su ecuación se expresa de la siguiente forma:

$$F_e = VF_R$$

Donde V es el factor de rotación, el cual se le asignará el valor de 1 en caso de que la pista interna del cojinete gire. La variable FR es la fuerza de reacción.

$$F_e = (1)(40.83 \text{ N})$$

$$F_e = 40.83 \text{ N}$$

Calculando el factor de carga dinámica con la siguiente ecuación:

$$C = F_e \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

El exponente k se debe al tipo de cojinete, siendo 3 para los de bola. La variable Ld es la vida útil de diseño se tomará para Máquinas Industriales en general teniendo un valor el límite inferior de 20,000 h (L10). Se debe tomar en cuenta que este valor de horas se debe traducir a revoluciones o vueltas, por lo que, es necesario saber las revoluciones por minuto a las que girará la catarina.

$$n = 39.15 \text{ rpm}$$

Por lo tanto:

$$L_d = 60L_{10}n$$

$$L_d = 60(20,000 \text{ h})(39.15 \text{ rpm})$$

$$L_d = 46.98 \times 10^6 \text{ rev}$$

Ahora, se encontrará la carga dinámica:

$$C = F_e \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$$C = (40.83 \text{ N}) \left(\frac{46.98 \times 10^6 \text{ rev}}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 147.33 \text{ N}$$

Por lo tanto, gracias a la carga dinámica se puede determinar la selección de cojinete adecuado, no obstante gracias al valor de la carga dinámica cualquier cojinete es el adecuado para el eje de la banda, por lo tanto, el cojinete seleccionado será UCF 206 del catálogo SKF. Este cojinete cumple las propiedades que se observan en el Anexo A7.

2.5.6.3 SELECCIÓN DE PERNOS

En la selección de perno se partirá de los pernos que estarán con el soporte de tensor de la chumacera y el perno que se encuentra tensando la posición de la misma chumacera, estos serán elementos críticos que estarán soportando los esfuerzos del eje de la banda producidos por la acción de mover la carga. La chumacera seleccionada cumple con las especificaciones de los pernos que lo sostienen en la estructura.

Tabla 2.18 Selección de pernos y sus propiedades.

Pernos para la estructura	Tipo de perno	M8 - 1.25 ISO 5.8
	Longitud de perno	15 mm, 25 mm, 60 mm
	Material	Acero inoxidable
Pernos para chumacera	Tipo de perno	M10 - 1.25 ISO 4.6
	Longitud de perno	25 mm
	Material	Acero inoxidable

2.5.6.4 SELECCIÓN DE PERNO DE NIVELACIÓN

El tornillo de nivelación será el soporte de toda la estructura de la máquina de lavado de envases. Este objeto ayudará a que no exista alguna irregularidad en la

superficie donde este la máquina permitirá alinear la máquina con las otras líneas de producción que se encarguen en el sistema de envases de PET. Detalles en la tabla 2.19:

Tabla 2.19 Selección de perno de nivelación y sus propiedades.

Datos	
Tamaño de rosca	M12
Longitud de rosca (mm)	51
Capacidad por montaje (N)	22018.7
Diámetro base (mm)	48
Altura total (mm)	83
Rango de temperatura	-20 °C a 170 °C

2.6 DISEÑO DE SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema hidráulico para la máquina lavadora de envases permite transportar el líquido de enjuague a los recipientes de almacenamiento hasta la salida de los inyectores. Para realizar el lavado de los envases se deben conocer las variables de caudal y presión de la máquina de trabajo para obtener un lavado eficiente con las condiciones adecuadas.

Para comenzar el diseño hidráulico se establece un diagrama, figura 2.21, donde se representa cómo estarán ubicados los elementos hidráulicos como lo son la bomba, el tanque hidroneumático, el manifold de los inyectores, diferente tipo de válvulas y los componentes de inyección.

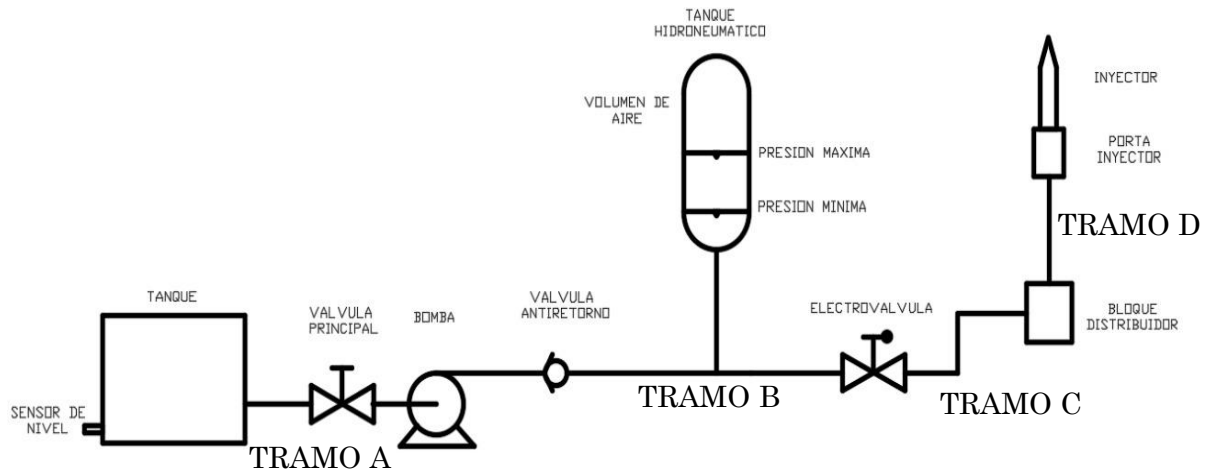


Fig. 2.21 Diagrama de sistema hidráulico.

El diagrama se divide en 4 tramos relevantes del sistema que son los siguientes:

- TRAMO A: Este comprende desde el tanque del fluido de enjuague a la bomba entre estos elementos se encontrará un accesorio de una válvula de mariposa.
- TRAMO B: Este tramo comienza en la bomba pasa por la válvula check se divide mediante un acople T, en este acople estará conectado con un tanque hidroneumático y una electroválvula de paso.
- TRAMO C: El tramo c parte desde la electroválvula de paso y termina en el manifold de distribución o bloque distribuidor.
- TRAMO D: Este es el tramo final del sistema viene dado desde el bloque distribuidor y finaliza con el inyector.

2.6.1 VELOCIDAD DEL LÍQUIDO A LA SALIDA DEL INYECTOR

Ahora se calculará la velocidad del líquido de enjuague a la salida de los inyectores. Para esto se necesita conocer las áreas transversales de los inyectores por donde estará atravesando el flujo.

2.6.1.1 ÁREA TRANSVERSAL DE LOS INYECTORES

Para conseguir este parámetro de área transversal del inyector se utilizará el programa CAD de SolidWorks para conseguir el área transversal del inyector que influye directamente en el lavado de nuestros envases.

De manera que se proyectara la geometría de los orificios del inyector en planos paralelos a la pieza para poder estimar el área transversal de los orificios que afectan el envase en el proceso de lavado como se muestran en la figura 2.22, 2.23 y 2.24.

Área de orificios laterales del inyector ($A_{lateral}$).

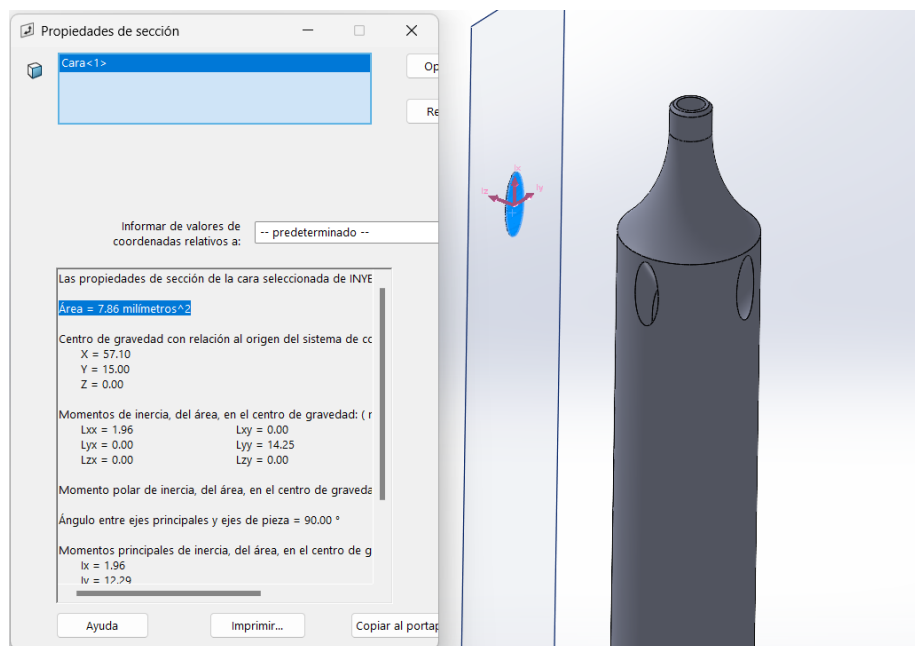


Fig. 2.22 Área de orificios laterales del inyector.

Área de orificio superior (A_{salida}).

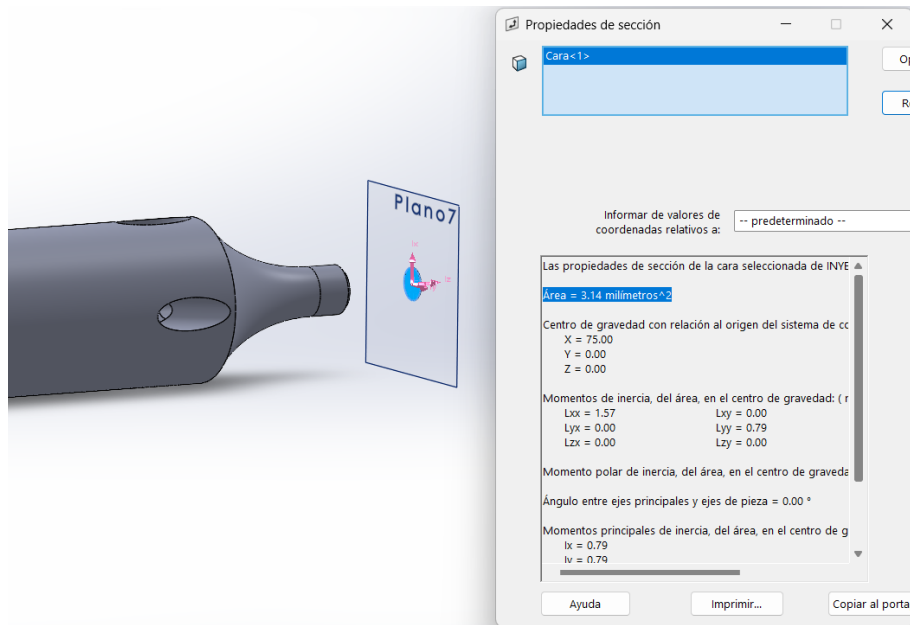


Fig. 2.23 Área de orificio superior.

Estos datos representan el área transversal de los orificios del inyector de manera que ahora se es más fácil conocer el área total que afecta el envase a la hora de expulsar el líquido de enjuague y ejecutar el lavado de los envases. Por lo tanto, para conocer el área transversal total se ocupará la siguiente ecuación:

$$A_{total\ salida} = 4 * A_{lateral} + A_{salida}$$

Por lo tanto, el área transversal total será la siguiente:

$$A_{total\ salida} = 34.58\ mm^2 = 0.0000346\ m^2$$

Área transversal de la entrada de la boquilla (A_{ent}).

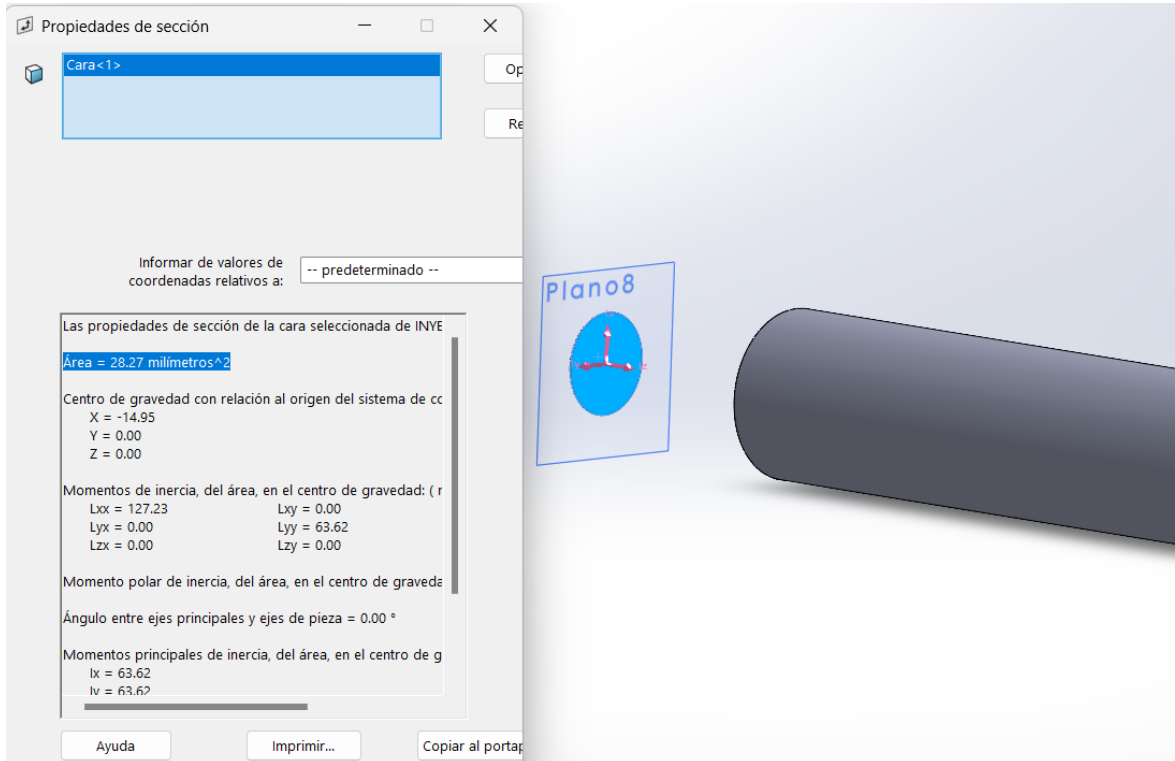


Fig. 2.24 Área de entrada del inyector.

$$A_{total\ entrada} = 28,27\ mm^2 = 0.0000283\ m^2$$

2.6.2 CÁLCULO DE FUERZA PARA INYECCIÓN

Este análisis se debe de realizar para garantizar que el envase no deslice en las mordazas donde girara para el lavado de envases. Entre los parámetros a considerar se presentan en la tabla 2.20.

Tabla 2.20 Propiedades para calcular la velocidad del motor.

Datos	
Peso de los envases vacíos (W_B)	0.5493 N
Tiempo de lavado (t_{lv})	5 s
Densidad del agua (ρ_a)	$1000 \frac{kg}{m^3}$
Coefficiente de fricción de la goma antideslizante Silicona (Anexo I) (μ_{sili})	1
Volumen del envase a lavar (V_B)	0.80 L
Área transversal total (A_{total})	$0.0000346 m^2$

Análisis del diagrama del cuerpo libre del envase en el instante de lavado.

Se considerará el siguiente diagrama de cuerpo libre que será la condición crítica para que pueda ocurrir deslizamiento del envase entre las mordazas o que pueda suceder que el fluido de enjuague expulsado por el inyector pueda superar el coeficiente de fricción de la goma antideslizante, de manera que esta fuerza del inyector pueda mover el envase de la mordaza de sujeción.

En el diagrama, figura 2.25, se tiene la presencia del peso del envase vacío (W_b), la fuerza de fricción que realizan las mordazas mediante la goma antideslizante (F_{sg}) y la fuerza con la que el inyector expulsa el líquido de enjuague que lo manda al envase para su correspondiente lavado (F_{iny}). Los valores se detallan en la tabla 2.21:

Tabla 2.21 Cálculo de las fuerzas ejercidas en la botella.

$F_{sg} = W_b \mu_{sili}$	0.5493 N
$F_{iny} = \rho A_{total} v_{salida\ iny}^2$	$\left(1000 \frac{kg}{m^3}\right) * (0.0000346 m^2) * v^2$

Analizando condición de expulsión de líquidos hacia el envase.

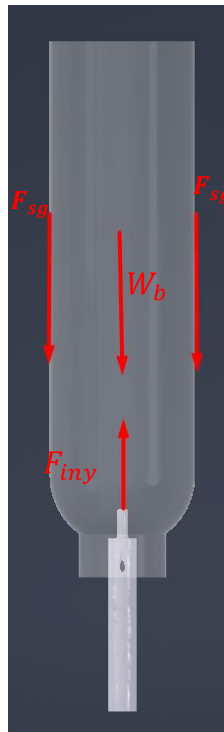


Fig. 2.25 Diagrama de cuerpo libre.

Sumatorias de las fuerzas en coordenadas Y positivas.

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{iny} - 2F_{sg} - W_b = 0$$

$$\rho A_{total} v^2 - 2F_{sg} - W_b = 0$$

$$v_{salida\ iny} = \sqrt{\frac{2F_{sg} + W_b}{\rho A_{total}}}$$

Despejando la velocidad de la ecuación de sumatorias de fuerzas del diagrama de cuerpo libre.

$$v_{salida\ iny} = 6.90 \frac{m}{s}$$

Por lo tanto, la velocidad limite que se debe de tener a la salida del inyector es 6.90 m/s para que los envases se mantengan fijos en las mordazas.

Calculando la fuerza de inyección.

$$F_{iny} = \rho A_{total} v_{salida\ iny}^2$$

$$F_{iny} = 1.65\ N$$

Comprobación de velocidad de inyección.

En este apartado con los datos presentados en la tabla 2.22, se verificará con análisis cinemático si la velocidad de salida del fluido en el inyector cumple con la altura necesaria para llegar a la base de la botella.

Tabla 2.22 Resultados de velocidades.

Velocidad de salida de inyector	$v_{salida\ iny} = 6.90 \frac{m}{s}$
Velocidad final del fluido	$v = 0 \frac{m}{s}$
Gravedad	$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$

$$v^2 = v_{salida\ iny}^2 - 2gh_{fluido}$$

$$h_{fluido} = \frac{v_{salida\ iny}^2}{2g}$$

$$h_{fluido} = 2,42\ m$$

Queda demostrado que se cumple la altura para lavar cualquier envase.

2.6.3 CAUDAL Y CARGA DINÁMICA DE LA BOMBA

En este apartado comprende el cálculo del caudal necesario para suministrar a 6 envases y la carga dinámica de la bomba, ya que esta es la energía necesaria para aplicarle al sistema y así poder mover el líquido de enjuague a los componentes que se

requieren, para este análisis se considera que el líquido posee las mismas condiciones del agua.

El cálculo de caudal se realiza para un envase de 3.00 L. Las propiedades para calcular el caudal se presentan en la tabla 2.23.

Tabla 2.23 Valores para el lavado de los envases.

Descripción	Valor
Volumen de lavado por una botella V_B	0.80 L
Número de inyectores N_{iny}	6
Tiempo de lavado t_{lv}	5 s

Calculando el caudal con la siguiente ecuación:

$$Q_u = \frac{V_B}{t_{lv}} \left[\frac{\text{Volumen de los envases}}{\text{tiempo de lavado}} \right]$$

El caudal unitario de los envases es el siguiente:

$$Q_u = 0.16 \frac{L}{s}$$

Calculando el caudal del sistema con la siguiente ecuación:

$$Q_s = N_{iny} Q_u$$

El caudal de sistema será el siguiente:

$$Q_s = 0.96 \frac{L}{s} = 0.00096 \frac{m^3}{s} = 3.456 \frac{m^3}{h} = 15.21 \text{ gpm}$$

Aproximadamente para lavar 6 envases en 5 segundos se ocupará un caudal de aproximadamente de 1 L/s

Ahora, en la tabla 2.24 se reflejarán los tiempos de lavado de los envases dependiendo por la capacidad de volumen que pueden almacenar.

Tabla 2.24 Tiempo de lavado de cada envase según su capacidad.

Capacidad de envases (L)	Tiempo de lavado (s)
0.25	1
0.50	2.5
1.00	2
1.50	3.5
2.00	3
2.50	4.5
3.00	5

2.6.3.1 DIMENSIONAMIENTO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

En este apartado se procederá a la selección y dimensionamiento de las tuberías y mangueras que conforman el sistema de conducción del fluido de enjuague empleado en el proceso de lavado de los envases. Estos componentes son de vital importancia para garantizar un flujo adecuado, seguro y eficiente del fluido dentro del sistema, asegurando la correcta operación de la máquina.

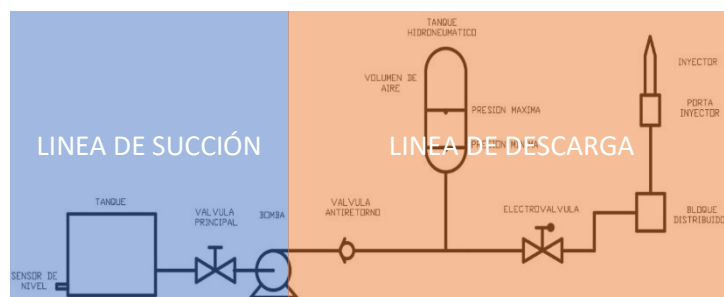


Fig. 2.26 Diagrama de cuerpo libre.

Como se muestra en la figura 2.26, en términos de selección de la bomba, el sistema hidráulico se divide en dos secciones principales, teniendo como elemento de referencia central la propia bomba. La primera sección corresponde a la línea de succión, que comprende todos los elementos ubicados en la entrada de la bomba y que conducen el fluido hacia el impulsor del equipo. Esta sección es fundamental para garantizar un

suministro adecuado, libre de cavitación y con las condiciones de presión necesarias para el correcto funcionamiento de la bomba. La segunda sección corresponde a la línea de impulsión o inyección, en la cual el fluido ya ha sido presurizado por la bomba y es conducido hacia los puntos de uso o distribución del sistema. En esta etapa se evalúan las condiciones de caudal, presión y pérdidas de carga que asegurarán que el fluido llegue de forma eficiente y continua a los dispositivos o boquillas de lavado.

LINEA DE SUCCIÓN		
TRAMO DE LINEA	ELEMENTO DE TRANSFERENCIA.	METRAJE SELECCIONADO
TANQUE---VÁLVULA PRINCIPAL	TUBERIA DE 2 PULGADA INOXIDABLE SCH40	20 CM
VÁLVULA PRINCIPAL---BOMBA	TUBERIA DE 2 PULGADA INOXIDABLE SCH40	20 CM

LINEA DE DESCARGA		
TRAMO DE LINEA	ELEMENTO DE TRANSFERENCIA.	METRAJE SELECCIONADO
BOMBA---VÁLVULA CHECK	TUBERIA DE 1 PUGADA INOXIDABLE SCH40	20 CM
VÁLVULA CHECK---TANQUE ACUMULADOR	TUBERIA DE 1 PULGADA INOXIDABLE SCH40	40 CM
TANQUE ACUMULADOR---ELECTRO VÁLVULA	TUBERIA DE 1 PULGADA INOXIDABLE SCH40	20 CM
ELECTRO VÁLVULA---MANIFOLD DE DISTRIBUCION	TUBERIA DE 1 PULGADA INOXIDABLE SCH40	30 CM
MANIFOLD DE DISTRIBUCION---INYECTORES	MANGUERA DE ALTA PRESIÓN DE ½ PULGADA	50 CM

Asimismo, se considerará el dimensionamiento del manifold de distribución, figura 2.27, elemento esencial que permite la distribución uniforme del líquido hacia los diferentes puntos de lavado. Este análisis no solo permitirá definir las dimensiones óptimas de cada componente, sino también evaluar y controlar las pérdidas de carga en el interior del sistema, con el fin de asegurar la presión y el caudal necesarios para un lavado efectivo y continuo.

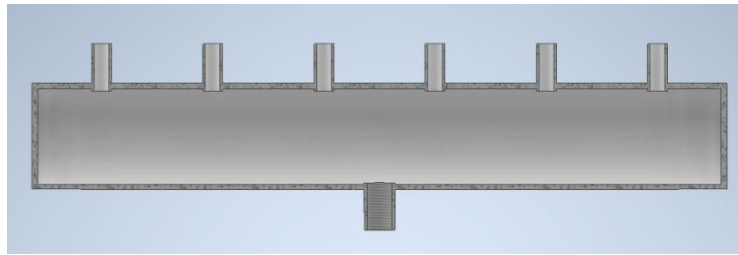


Fig. 2.27 Corte manifold de distribución.

2.7 CÁLCULO PARA LA ALTURA DEL SISTEMA DE BOMBEO

Aplicando la Ecuación de Bernoulli.

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + H_B = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + H_{ps}$$

Donde H_B es la altura de la bomba y H_{ps} son las pérdidas del sistema.

Para efecto del análisis y poder calcular las propiedades, en la figura 2.28 se considera que el recipiente donde la bomba está extrayendo líquido de enjuague estará a una presión atmosférica y que sería el análisis en el punto 1, también se considerará una presión a la salida de los inyectores a la atmósfera y este será el punto de análisis 2, y esto se debe a que cuando el líquido está circulando el inyector está abierto a la atmósfera.

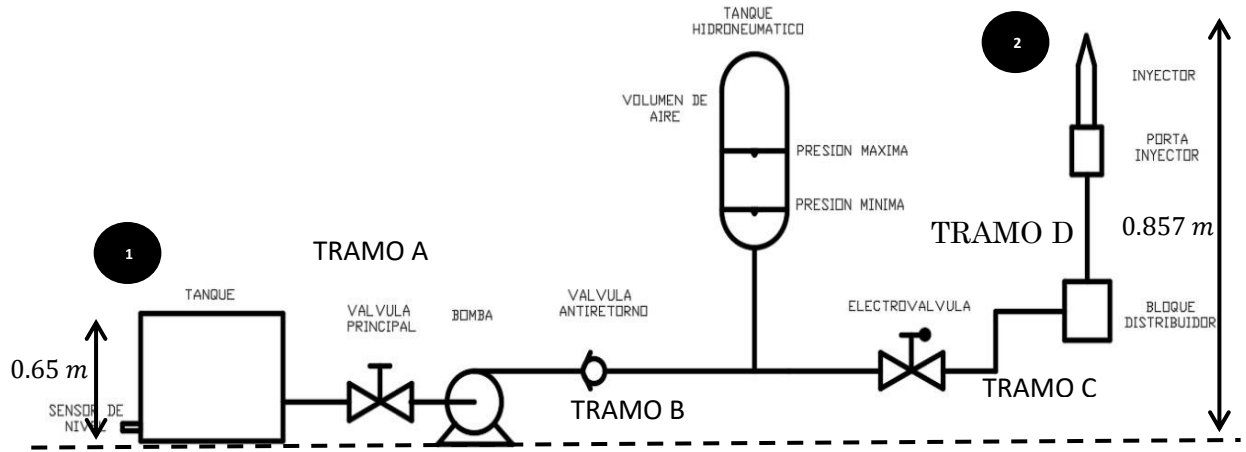


Fig. 2.28 Representación de sistema hidráulico.

Punto 1: Condiciones iniciales.

$$P_1 = 0$$

$$z_1 = 0.65 \text{ m}$$

$$v_1 = 0$$

Punto 2: Condiciones finales.

$$P_2 = P_{atm} = 0$$

$$z_2 = 0.857 \text{ m}$$

$$v_{salida\ iny} = v_2 = v_B = 6.90 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Simplificando los valores en la ecuación de Bernoulli según las condiciones iniciales y finales de nuestro sistema.

$$H_B = \frac{v_2^2}{2g} + \Delta z + H_{ps}$$

Recordando las siguientes ecuaciones:

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

Sustituyendo la ecuación de área y de velocidad en la ecuación de Bernoulli.

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4}$$

Las pérdidas primarias de las tuberías y mangueras se calcularán mediante la siguiente ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H_f = \frac{fL}{2gD} v^2 = \frac{8fLQ^2}{g\pi^2 d^5}$$

Donde H_f son las pérdidas primarias.

Calculando las pérdidas secundarias con la siguiente ecuación:

$$H_k = \frac{Kv^2}{2g} = \frac{KQ^2}{2gA^2}$$

Donde H_k son las pérdidas secundarias.

Por lo tanto, las pérdidas del sistema serán igual a las pérdidas primarias y las pérdidas secundarias como se muestra en la siguiente ecuación:

$$H_{ps} = H_f + H_k$$

Ahora se expresa la ecuación de Bernoulli con las pérdidas totales de cada tramo.

$$H_B = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + H_{ps,A} + H_{ps,B} + H_{ps,C} + H_{ps,D}$$

Para utilizar la ecuación de Darcy para saber el factor de fricción y este valor lo se conseguirá utilizando la ecuación de Colebrook-White.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Utilizando el factor de Reynolds.

$$Re = \frac{4Q}{v\pi D}$$

La viscosidad cinemática a utilizar será la del agua a una temperatura de 25 °C: $0.897 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (Anexo L).

Utilizando una rugosidad para conductos comerciales cuyo material se establece que será el caucho con el valor de 0.01 mm (Anexo M).

Para el cálculo de pérdidas totales se ocupará un programa en Excel, en el cual se considerarán todos los parámetros de las ecuaciones anteriormente descritas.

Ahora para iniciar el análisis se considerarán los datos de entrada presentados en la tabla 2.25.

Tabla 2.25 Datos de entrada para el cálculo de pérdidas.

Datos de entrada	
Altura del sistema (m)	857×10^{-3}
Caudal de trabajo (m^3/s)	0.96×10^{-3}
Viscosidad cinemática (m^2/s)	8.97×10^{-7}
Rugosidad absoluta (m)	0.01
Longitud de tubería de 1 pulgada (m)	0.5
Longitud de la manguera de 2 pulgada (m)	2.5

Continuando con el análisis de las pérdidas totales se necesita considerar las pérdidas secundarias, este dato se analizará con respecto a los accesorios que se presentan en el sistema hidráulico. Todos los componentes hidráulicos se presentan en la tabla 2.26 con sus factores de pérdidas de cada uno de los elementos.

Tabla 2.26 Pérdidas secundaria de los accesorios.

Pérdidas secundarias	
Válvula de mariposa	0.3
Electroválvula	0.3
Tee estándar	0.2
Válvula check	0.5

Al tener todos los datos necesarios para el análisis se procederá a calcular el número de Reynold, los factores de fricción y las pérdidas totales de la manguera, presentados en la tabla 2.27.

Tabla 2.27 Resultados de las pérdidas totales.

Diámetro interno	Rugosidad relativa	Reynolds	Factor de fricción	Pérdidas por tubería y mangueras
2 pulgada	0.00001	272532.879	0.014679139	17.3008738132
1 pulgada	0.00001	42851.0816	0.021471884	5.2225060379
½ pulgada	0.00001	25972.0671	0.013821657	3.2501315621

Por lo tanto, las pérdidas totales que tendrá nuestro sistema será la suma de pérdidas de las mangueras con un diámetro de 5 mm y las mangueras de 31.8 mm. El resultado de pérdidas totales será de 25.52 m.

Ahora para conseguir todas las pérdidas de los accesorios se tiene que hacer un análisis a la salida de la boquilla de manera que se realizara de la siguiente manera:

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{\left(\frac{Q}{A}\right)^2}{2 * \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)} = 2.43 m$$

2.8 SELECCIÓN DE BOMBA.

Para la selección de la bomba se necesita calcular la carga cinética que se necesita para que el fluido pase por todos los componentes del sistema hidráulico y salga según las condiciones requeridas.

Ahora se procede a sumar todos los resultados de carga dinámica total H_B cómo se muestra en la siguiente ecuación:

$$H_B = 0.857 m + 2.43 m + 25.5$$

$$H_B \approx 28.79 m$$

Esta energía total representa el valor que la bomba tiene que suplir para vencer las pérdidas y que pueda proveer energía cinética necesaria para realizar la tarea de lavado de los envases para nuestra máquina.

Se procede a calcular la potencia de la bomba considerando los parámetros que se presentan en la tabla 2.28.

Tabla 2.28 Resultados de las pérdidas totales.

Peso específico γ	$9810 \frac{N}{m^3}$
Caudal del sistema Q_s	$0.00096 \frac{m^3}{s}$
Carga dinámica H_B	28.79 m
Eficiencia de la bomba	70%

Se calcula la potencia de la bomba con la siguiente ecuación:

$$P_{bomba} = \frac{\gamma Q_s H_B}{\eta}$$

$$P_{bomba} = 387.33 W = 0.672 HP$$

Por lo tanto, la potencia de la bomba que se seleccionará será de 3/4 hp.

En la tabla 2.29 se muestran datos técnicos de la bomba seleccionada.

Tabla 2.29 Datos técnicos de bomba periférica.

Datos técnicos de la bomba.	
Marca	Franklin Electric
Modelo	97080702 RJS-75S
Diámetro de Succión	1"
Diámetro de Descarga	1"
Flujo máximo	12 GPM
Potencia de Motor	3/4 hp
Voltaje de operación	115 VAC
Presión de operación	30 - 50 psi

2.8.1 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD.

- Velocidad a la entrada del inyector.

Utilizando la ecuación de continuidad para conocer la velocidad con la que entra el fluido en el inyector. En la figura 2.29 se muestra el inyector con los puntos de referencia a los que se quiere analizar.

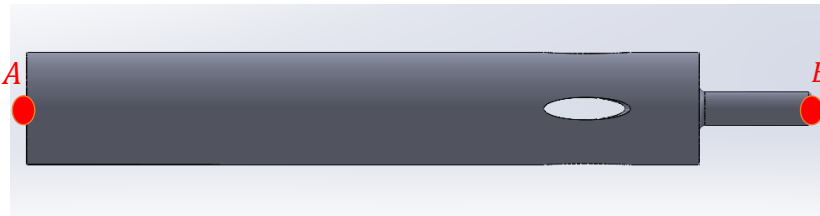


Fig. 2.29 Referencia del inyector para ecuación de continuidad.

Ecuación de continuidad.

$$A_A v_A = A_B v_B$$

$$v_A = \frac{A_B v_B}{A_A}$$

Donde los valores de 'A' que sustituirán en la ecuación se detallan en la tabla 2.30.

Tabla 2.30 Tabla de áreas transversales de los inyectores y velocidad de salida.

$A_A = A_{entrada}$	0.0000283 m^2
$A_B = A_{total salida}$	0.0000346 m^2
$v_B = v_{salida iny}$	$6.90 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Por lo tanto, la velocidad del fluido que entra al inyector será la siguiente:

$$v_A = 8.44 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Gracias a esta velocidad a la entrada del inyector se puede seleccionar manguera que sea acorde al caudal de trabajo para lavar los envases y a la velocidad que se requiere esta selección se reflejara en un apartado más adelante.

- Velocidad a la entrada del bloque distribuidor.

Ya que se conoce la velocidad de la entrada del inyector se asume que esa será la velocidad del tramo D del sistema hidráulico. Por ende, se logra hacer el mismo análisis de velocidades con la ecuación de continuidad para el tramo C del sistema hidráulico.

En el análisis de velocidades se asume que el diámetro interno a la entrada del manifold o distribuidor será de 6 veces el diámetro interno de la manguera del tramo D ($D_{intC} = 6D_{intA} = 30\text{ mm}$). Se realiza de esta manera ya que se desea transportar 0.80 L de agua en cada inyector por ende a la entrada del manifold debe de pasar la cantidad de 4.8 L esto asegura tener un flujo constante en cada uno de los inyectores, ahora mediante a ecuación de continuidad se calculará la velocidad a la que el fluido viajará por el sistema.

En la figura 2.30 se hace una representación ilustrativa del distribuidor o manifold, como se muestra en el diagrama el distribuidor tiene un solo orificio a la entrada y a la salida del distribuidor el fluido de entrada se dividirá en 6 partes.

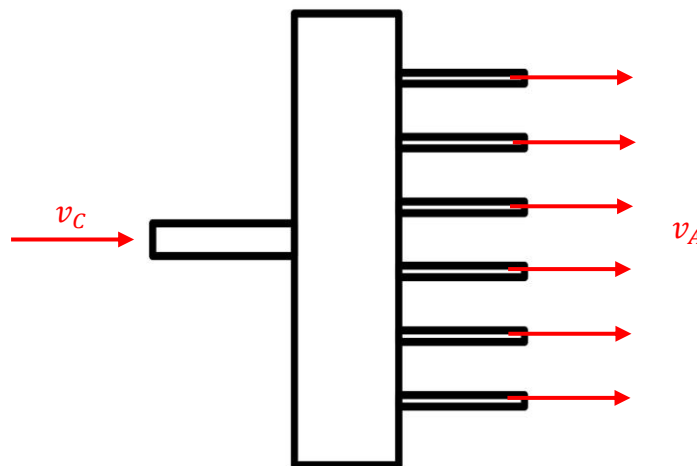


Fig. 2.30 Diagrama de velocidades para el manifold.

Para comenzar el análisis de velocidades se tomará como referencia la tabla 2.31.

Tabla 2.31 Tabla de áreas transversales de los inyectores y velocidades de manifold.

$v_A = 8.44 \frac{m}{s}$	$D_{intA} = 12.7 \text{ mm}$	$A_A = 126.68 \text{ mm}^2$
v_C	$D_{intC} = 25.4 \text{ mm}$	$A_C = 506.7 \text{ mm}^2$

Utilizando la ecuación de continuidad.

$$A_C v_C = A_A v_A$$

Despejando y calculando la velocidad a la entrada del distribuidor.

$$v_C = \frac{A_A v_A}{A_C}$$

Por lo tanto, la velocidad del fluido que entra al distribuidor será la siguiente:

$$v_C = 2.11 \frac{m}{s}$$

Por lo tanto, esta será la velocidad del fluido en todos los tramos de tubería que tengan la misma sección transversal.

2.9 SELECCIÓN DE TANQUE HIDRONEUMÁTICO

Para calcular de la presión con la que trabajará el sistema hidráulico se realizará un Bernoulli entre a la salida del inyector que este se encontrará a la directamente a la atmósfera y el otro punto se considerará todos los elementos circuito como en el anterior análisis, representado en la figura 2.31, con la diferencia que en este análisis de omitirá la carga dinámica que podrá entregar la bomba en nuestro sistema.

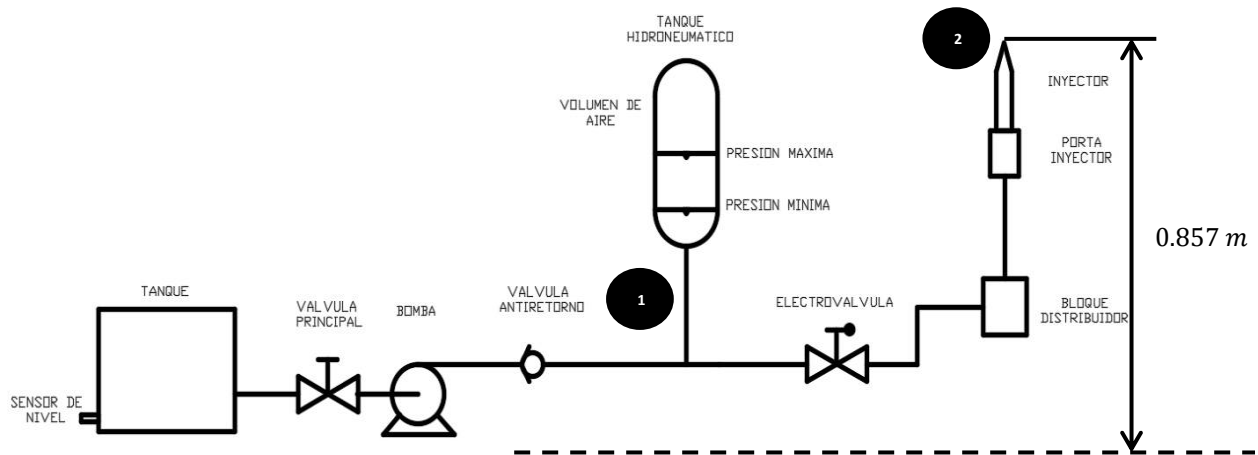


Fig. 2.31 Sistema hidráulico.

Punto 1: Condiciones iniciales.

$$P_1$$

$$z_1 = 0$$

$$v_1 = 2.11 \frac{m}{s}$$

Punto 2: Condiciones finales.

$$P_2 = P_{atm}$$

$$z_2 = 0.857 \text{ m}$$

$$v_{salida\ iny} = v_2 = v_B = 6.90 \frac{m}{s}$$

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

Despejando la presión de la condición inicial.

$$p_1 = \gamma \left(\frac{v_2^2}{2g} + z_2 - \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

$$p_1 = P_{abs} = 282.345 \text{ kPa} = 40.95 \text{ psi}$$

Se concluye que la presión del sistema será aproximadamente de 42 psi este valor es representativo ya que da una comprobación de la bomba que se ha seleccionado ya

que las presiones de trabajo de la bomba están en los rangos de la presión de trabajo del sistema. Este valor de presión servirá para realizar el diseño del tanque hidroneumático.

2.9.1 DISEÑO DE TANQUE HIDRONEUMÁTICO

Para dimensionar un tanque hidroneumático primero se debe de terminar el caudal que proporcionara la bomba a partir del caudal que necesita para la línea de trabajo, la bomba debe de suministrar cierto caudal que permita llenar el tanque cuando este se encuentre vacío, según el documento que se tomó de referencia para realizar este diseño establece que lo recomendable es dimensionar el tanque para un caudal de 150% mayor al caudal que se debe de suministrar al sistema, al tener en cuenta la suposición del caudal, este permitirá que el tanque se llene más rápido.

Caudal de la bomba se calculará con la siguiente ecuación:

$$Q_b = 1.5Q_s$$

Recordando que el caudal del sistema debe de ser 0.96 L/s. Por lo tanto, el caudal de la bomba será el siguiente:

$$Q_b = 1.44 \frac{L}{s} = 0.00144 \frac{m^3}{s}$$

Para el diseño de estos elementos se debe considerar el máximo de arranques que debe de realizar la bomba. El documento el cual se utilizó para el diseño del tanque establece que la recomendación para instalaciones que no demandan mucha potencia debe de ser lo siguientes:

$$\text{número de arranques} = 20 \frac{\text{arranques}}{1 \text{ hora}}$$

Se calculará el tiempo del intervalo de operación del conjunto bomba, tanque hidroneumático, motor.

$$t_i = \frac{1}{20 \frac{\text{arranques}}{h}} = \frac{1}{20} h = 3 \text{ min} = 180 \text{ s}$$

Ahora se presentan un conjunto de ecuaciones que se utilizaran para el diseño del tanque.

- Relación de caudales.

$$f_q = \frac{Q_b}{Q_s}$$

$$f_q = \frac{0.00144}{0.00096}$$

$$f_q = 1.5$$

- Cálculo de tiempo en que la bomba estará encendida.

$$t_b = \frac{t_i}{f_q}$$

$$t_b = \frac{3 \text{ min}}{1.5}$$

$$t_b = 2 \text{ min} = 120 \text{ s}$$

- Tiempo en que la bomba estará apagada.

$$t_n = t_i - t_b$$

$$t_n = 3 - 2 = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

- Cálculo del volumen útil del tanque hidroneumático.

$$V_{ut} = Q_s * t_i \left(1 - \frac{1}{f_q}\right)$$

$$V_{ut} = \left(0.00096 \frac{m^3}{s}\right) * 180 \left(1 - \frac{1}{1.5}\right)$$

$$V_{ut} = 0.057 \text{ m}^3 = 15.05 \text{ gal}$$

En el diagrama representativo del tanque hidroneumático se observa un nuevo concepto que es el volumen efectivo. Para calcular el parámetro del volumen efectivo se ocupará limitar las presiones de trabajo del tanque.

- La presión máxima del tanque se presentará cuando el tanque este a su máxima capacidad por lo tanto la presión de este debe de ser la misma presión que nuestro sistema hidráulico. Este parámetro se puede encontrar en el anterior capítulo y este será el valor de presión máxima para el tanque.

$$P_{max} = 40.95 \text{ psi} = 2.82 \approx 3 \text{ bar}$$

- El valor de presión mínima se encuentra cuando el tanque este vacío parámetro se asumirá que sea de 1 bar.

$$P_{min} = 1 \text{ bar}$$

- Considerando isotérmica la compresión y descompresión del aire y de acuerdo con la ley de Boyle-Mariott, se infiere que.

$$V_a(P_{max} + P_{bar}) = V_{ef}(P_{min} + P_{bar})$$

Donde el valor de V_a es igual.

$$V_a = V_{ef} - V_{uti}$$

Sustituyendo ambas ecuaciones da el siguiente resultado:

$$\frac{V_{ef}}{V_{uti}} = \frac{P_{max} + P_{atm}}{P_{max} - P_{min}}$$

Donde P_{atm} la presión atmosférica en el país oscila por el valor de 1.011 bar.

Asignando los valores correctos a la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$\frac{V_{ef}}{V_{uti}} = 2.10$$

- Volumen efectivo del tanque.

$$V_{ef} = 2.10 * V_{uti}$$

$$V_{ef} = 0.1197 \text{ m}^3 = 31.62 \text{ gal}$$

- Volumen remanente del tanque.

$$V_{rem} = 0.25 * V_{ef}$$

$$V_{rem} = 7.91 \text{ gal}$$

- Volumen total del tanque hidroneumático.

$$V_{total} = V_{ef} + V_{rem}$$

$$V_{total} = 39.53 \text{ gal}$$

Partiendo de los resultados se selecciona la capacidad del inmediato superior en los catálogos por tanto se seleccionará un tanque de 40 galones, en la tabla 2.32 se muestran datos técnicos del tanque seleccionado.

Tabla 2.32 Datos técnicos de tanque hidroneumático.

Datos técnicos	
Modelo	ALTAPRO XH40
Conexión	1.25" NPT
Capacidad	40 galones
Orientación	Tanque Vertical
Material	Acero inoxidable 304
Válvula de precarga en construcción metálica	
Diafragma superior	Caucho de butilo
Diafragma inferior	Copolímero de polipropileno con línea de iones de plata antimicrobiana
Diámetro	550 mm
Altura	940 mm
Peso	25 kg

2.10 SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO.

A continuación, se realizará el diseño de un sistema importante en la máquina, que es el encargado de realizar muchas de las funciones automáticas en el mecanismo de lavado.

2.10.1 SELECCIÓN DE LOS ACTUADORES NEUMÁTICOS.

En esta etapa se hará la selección de los actuadores neumáticos que harán posible los movimientos de la máquina de lavado de botellas PET. Para realizar dichos movimientos serán necesarios 3 cilindros neumáticos de doble efecto y un motor neumático de giro restringido a 190°, una precisa selección de los actuadores influye directamente en el buen funcionamiento de la máquina y en el costo total de la misma, ya que no se sobredimensionan los actuadores.

La decisión de utilizar cilindros de doble efecto es porque con estos se tendrá una mayor precisión en cuanto a su extensión y retracción.

Función y ubicación de los actuadores neumáticos.

- Cilindro A: su función es detener el flujo de envases cuando dentro de la mordaza existan 6 unidades.
- Cilindro B: su función es detener el flujo de envases al final de la mordaza.
- Cilindro C: su función es dar movimiento a la mordaza y se encuentra posicionado en la estructura de volteo.
- Motor neumático A: su función es hacer girar la estructura de volteo 180° para posicionar las botellas en los inyectores y luego regresarlos a su posición inicial.

Tabla 2.33 Datos técnicos de actuadores neumáticos A y B.

Datos técnicos cilindros A y B	
Diámetro del émbolo	0.86 pulgada
Diámetro del vástago.	¼ de pulgada
Carrera	7 pulgada
Modo de operación	Doble efecto
Detección de posiciones	Sensores REED
Conexión neumática	1/8 NPT
Presión de trabajo máxima	250 psi
Temperatura de trabajo	-20 °F a 200 °F
Fuerza teórica a 100 psi	40 lb

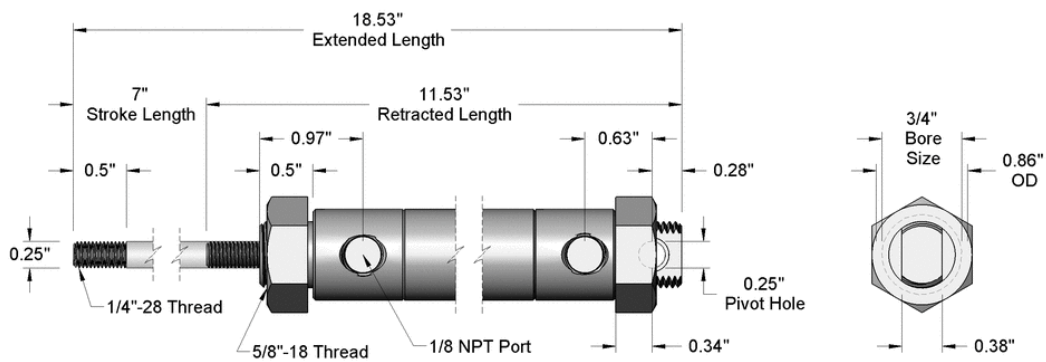


Fig. 2.32 Dimensión de cilindro seleccionado A y B.

Tabla 2.34 Datos técnicos de actuador neumático C.

Datos técnicos cilindro C	
Diámetro del émbolo	N/A
Diámetro del vástago.	N/A
Carrera	7 pulgada
Modo de operación	Doble efecto, con bloqueo de rotación de vástago
Detección de posiciones	Sensores REED
Conexión neumática	1/8 NPT
Presión de trabajo máxima	150 psi
Temperatura de trabajo	-20 °F a 200 °F
Fuerza teórica a 100 psi, avance	99 lb

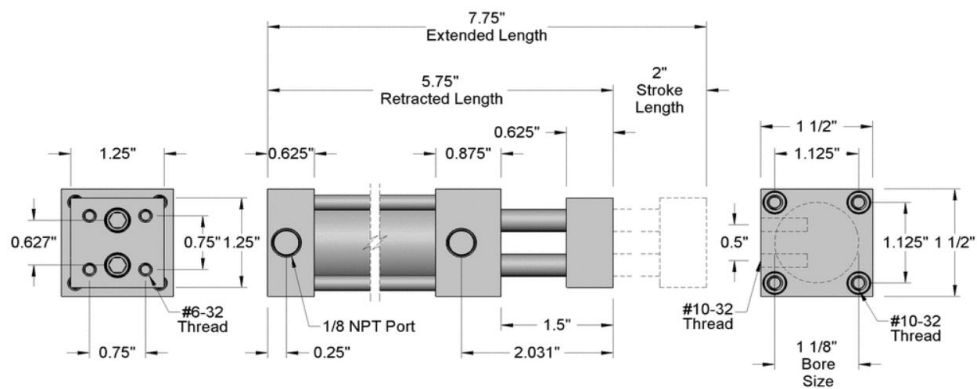


Fig. 2.33 Dimensión de cilindro seleccionado C.

Tabla 2.35 Datos técnicos de motor neumático.

Datos técnicos motor neumático A	
Diámetro del émbolo	N/A
Diámetro del vástago.	N/A
Angulo de rotación del eje	0° a 190°
Modo de operación	doble giro.
Detección de posiciones	Sensores REED
Conexión neumática	1/8 NPT
Presión de trabajo máxima	145 psi
Temperatura de trabajo	32 °F a 140 °F
Torque teórico a 100 psi	57.5 lb-in

2.10.2 SELECCIÓN DE LAS VÁLVULAS NEUMÁTICAS

Para el accionamiento de los cilindros doble efecto A, B y C; y el motor neumático D utilizados en el proceso de lavado de envases, se utilizarán 4 electroválvulas neumáticas 5/2 accionadas por solenoide.

Para no sobredimensionar las electroválvulas y con esto reducir costos y espacio se hará la conversión de los requerimientos de trabajo a coeficiente de flujo Cv.

Para simplificar la selección y utilizar la misma válvula en todos los cilindros se elegirá el cilindro más crítico, es decir el cilindro que más veces se acciona y de carrera más larga, en este caso el cilindro A.

La ecuación a utilizar se tomó del catálogo Viking Series, de Parker Hannifin.

$$Cv = \frac{\text{Area del cilindro} * \text{carrera del cilindro} * \text{factor de compresion} * "A"}{\text{Tiempo de carrera} * 28.8}$$

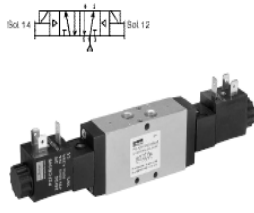
$$Cv = \frac{0.58 \text{ in}^2 * 7 \text{ in} * 5.1 * 0.055}{0.5 * 28.8}$$

$$Cv = 0.07$$

Lo que resulta de un Cv de 0.07, por lo que según la figura 2.34 de las válvulas 5/2, una válvula con puertos de 1/8 funciona de manera óptima para los 4 actuadores.

Se seleccionará la electroválvula 5/2 con número de parte P2LBZ591EENDBB49 con puertos de conexión 1/8 de pulgada NPT con solenoides de 24VDC, figura 2.34, se optó por las válvulas 5/2 ya que estas en su posición central al instalar un paro de emergencia dejan los cilindros neumáticos en vacío, es decir se pueden retraer y extraer manualmente por cualquier incidente que se presente.

5/2 - 2-Position Double Solenoid, Non-locking Manual Override



Port size	Cv	Response time (msec)	Weight lb (kg)	Voltage	Part number (NPT)	Part number (BSPP)
1/8	0.6	10 / 10	.042 (0.19)	24VDC	P2LAZ591EENDBB49	P2LAZ511EENDBB49
				120VAC	P2LAZ591EENDBB53	P2LAZ511EENDBB53
1/4	1.5	12 / 12	0.46 (0.21)	24VDC	P2LBZ592EENDBB49	P2LBZ512EENDBB49
				120VAC	P2LBZ592EENDBB53	P2LBZ512EENDBB53
3/8	2.5	17 / 17	0.97 (0.44)	24VDC	P2LCZ593EENDBB49	P2LCZ513EENDBB49
				120VAC	P2LCZ593EENDBB53	P2LCZ513EENDBB53

P2LAZ Shown

Fig. 2.34 Válvula neumática seleccionada.

Se seleccionó este tipo de válvula ya que puede ser montada en una placa base que brinda los beneficios de instalar en una sola placa base las 4 válvulas que requiere el mecanismo para funcionar, por lo que es una ventaja para este tipo de válvulas, por lo que es necesario seleccionar una placa base compatible con el montaje de las válvulas de la serie P2LBZ y sea capaz de funcionar con 4 válvulas, por lo que se optará por la placa base con número de serie P2LBZ 4-way 9121658075N.



Valve series	Valve function	# of Stations	Weight lb (kg)	Manifold only (NPT)	Manifold only (BSPP)
P2LAZ	4-way	2	0.68 (0.31)	9121658068N	9121658068
P2LAZ	4-way	4	1.06 (0.48)	9121658075N	9121658075
P2LAZ	4-way	6	1.39 (0.63)	9121658076N	9121658076
P2LAZ	4-way	8	1.76 (0.80)	9121658077N	9121658077
P2LAZ	4-way	10	2.16 (0.98)	9121658078N	9121658078

Kits include: Manifold, valve hold down bolts, gaskets.

Fig. 2.35 Manifold neumática seleccionada.

Tabla 2.36 Especificaciones de válvulas electroneumáticas.

ESPECIFICACIÓN DE LA ELECTROVÁLVULA P2LBZ592EENDBB49	
Fluido	Aire
Tipo	Válvula Solenoide
Actuación	Doble
conexión	1/4
Tipo de rosca	NPT
Lubricación	No requerida
Puertos	5
Tipo de sello	Nitrilo
Masa	0.21 kg
Presión	10 bar
Temperatura	-10 °C a 50 °C
Voltaje	24 VDC
Valor de CV	0.6

2.10.3 SELECCIÓN DE RACORES

Según las especificaciones de conexión de las electroválvulas su rosca es de 1/8 NPT por lo que se seleccionarán racores de conexión rápida rectos y codos a 90° con el mismo tipo de rosca, 1/8 NPT.

2.10.4 SELECCIÓN DE LA MANGUERA

Se utilizará manguera de 1/8 de diámetro de material PUER de la marca Parker. Ya que está diseñada para trabajar en la industria alimenticia y es resistente a diversos agentes corrosivos y agresivos.

Tabla 2.37 Datos técnicos manguera 4 mm de la marca Parker PE.

Datos técnicos manguera 4 mm de la marca Parker	
Material	Polietileno
Diámetro exterior	4 mm
Diámetro interior	2 mm
Temperatura de funcionamiento	-40 °C – 95 °C
Radio mínimo de curvatura	20 mm
Presión de trabajo máxima	16 bar a40 °C
Presión de vacío	755 mm-Hg

2.10.5 SELECCIÓN DE LOS SILENCIADORES DE ESCAPE

Se seleccionarán los silenciadores para disminuir la cantidad de ruido que hará la máquina durante su proceso.

Exhaust Mufflers

Pipe thread	Part number
M5	P6M-PAC5
1/8" NPT	EM12
1/4" NPT	EM25
3/8" NPT	EM37
1/2" NPT	EM50

P6M - Plastic; EM - Sintered bronze



Fig. 2.36 Silenciadores seleccionados.

2.10.6 CÁLCULO DE CONSUMO DE AIRE DE LA MÁQUINA DE LAVADO

Se calculará el consumo de aire de la máquina de lavado de envases que hace 6 ciclos por minuto, el cálculo del consumo de aire servirá para seleccionar el compresor y la unidad FRL de manera óptima y que no esté sobredimensionado y trabaje de una manera eficiente.

Los 4 actuadores necesitan un caudal de aire para trabajar se calculará las veces que se accionan por ciclo y se calculará el volumen de aire útil de cada cilindro.

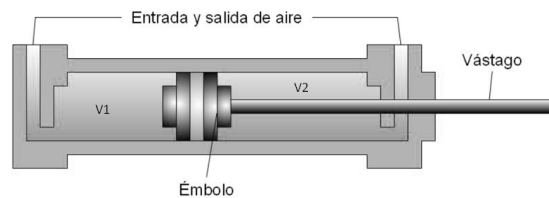


Fig. 2.37 Representación de cilindro neumático.

Para calcular los volúmenes V1 y V2 es necesario conocer diámetro del émbolo, diámetro del vástago y la carrera del émbolo, detallados en la tabla 2.38.

Tabla 2.38 Datos de cilindro a y b para análisis de consumo de aire.

Diámetro del émbolo D_c	21.84 mm
Diámetro del vástago D_v	6.35 mm
Carrera L_v	177.80 mm

Área de la sección del émbolo en el avance:

$$A_{acilindro} = \frac{\pi D_c^2}{4} = 374.62 \text{ mm}^2$$

Área de la sección del émbolo en el retroceso:

$$A_{rcilindro} = \frac{\pi D_c^2}{4} - \frac{\pi D_v^2}{4} = 342.95 \text{ mm}^2$$

Volumen total de cilindro doble efecto:

Sustituyendo las ecuaciones anteriores y datos de la tabla 2.38 resulta:

$$V_{cilindro} = A_{acilindro}l_v + A_{rcilindro}l_v$$

$$V_{cilindro} = 127583.95 \text{ mm}^3$$

Conociendo el volumen total se puede conocer el consumo de aire a una determinada presión de operación. Para transformar este volumen a condiciones normales se aplicará la ley de Boyle-Mariotte.

Definiendo una operación de trabajo de 4.5 bar.

$$P_{abs} * V_{cilindro} = P_{atm} * V_{aire}$$

Sustituyendo datos en la ecuación anterior resulta:

$$V_{aire} = \frac{P_{abs} * V_{cilindro}}{P_{atm}} = 566620.06 \text{ mm}^3$$

Para concluir con el cálculo se debe saber cuántos ciclos por minuto que realiza el cilindro de doble efecto para determinar el consumo de aire.

$$Q_c = N_{ciclos} * V_{aire}$$

Evaluando los datos en las ecuaciones donde el número de ciclos que realiza el cilindro A es de 12 ciclos por minuto.

$$Q_c = 0.0067994 \text{ m}^3/\text{min}$$

Para calcular el consumo de aire total de la máquina requerida se calculará el consumo de aire de los 4 actuadores considerándolos igual que los cilindros A y B en cuanto al consumo de aire.

$$Q_{c1} = Q_c * N_c$$

Sustituyendo valores en la ecuación anterior:

$$Q_{c1} = 0.02719 \text{ m}^3/\text{min}$$

Se considerará que el proceso es continuo por tanto la tasa de uso es del 100%.

Se agregará un porcentaje de pérdidas de aire por fugas ya que en un sistema neumático siempre habrá pequeñas fugas que se deben considerar para tener el suministro de aire constante, se considerará un porcentaje de pérdidas por fugas del 10%.

$$Q_{CT} = Q_{c1} + (Q_{c1} * e_f)$$

Evaluando en la ecuación anterior se determinará el consumo de aire incluyendo las pérdidas en el sistema:

$$Q_{CT} = 0.0299 \text{ m}^3/\text{min} = 29.90 \text{ L}/\text{min}$$

Una vez calculado el consumo de aire total estimado incluyendo pérdidas se recomendará la capacidad del compresor para alimentar la máquina de lavado de envases así también como el acumulador de aire con un número de arranques por hora del compresor de 15.

Se recomienda la utilización de un compresor con una capacidad mayor a 30 L/min a una presión de trabajo de 4.5 bar.

2.10.7 ACUMULADOR DE AIRE

El acumulador de aire es una parte importante en la línea de producción de aire comprimido ya que este evita que el compresor este encendido todo el tiempo evitando el desgaste prematuro del compresor y disminuyendo el consumo de energía eléctrica.

Una forma práctica de dimensionarlo y seleccionar el correcto es utilizando la regla que dice que se debe multiplicar por 10 la cantidad de litros/segundo generado por el compresor para dar con la capacidad de almacenaje que se requiere.

Ya que el compresor que se utilizará es de 0.5 L/s

$$0.5 * 10 = 5 \text{ L}$$

Por lo que resulta que el acumulador que se debe seleccionar es de 5 L.

2.10.8 SELECCIÓN DEL COMPRESOR

Ya que la máquina de lavado es parte de una línea de producción, la selección del compresor se hará debido a que esta etapa se puede utilizar individualmente en otro proceso, con los datos que se han calculado anteriormente resulta que el caudal de trabajo de la máquina es de 30 L/min a una presión de 4.5 bar o aproximadamente 60 psi, con un acumulador de 5 litros. Por lo que el compresor que más conviene utilizar para la máquina de lavado es:

Compresor de la marca HUSKY, figura 2.38; 3 galones, 1 hp con modelo L13HDP.01M. Datos técnicos presentados en la tabla 2.39



Fig. 2.38 Compresora de aire 3 galones, 1 hp.

Tabla 2.39 Datos técnicos del compresor.

Datos técnicos del compresor.	
Voltaje	120 VAC
Potencia	1 hp
Capacidad del tanque	11.35 L
Presión máxima de trabajo	135 psi
Dimensiones	47x30.5x47 cm
Tipo	Lubricado con aceite
Caudal	90.5 L/min @ 60 psi

2.10.9 CONEXIÓN NEUMÁTICA ACTUADORES-VÁLVULAS

Se mostrará un diagrama de conexión esquemático de los cilindros y el motor neumático con su respectiva electroválvula de control 5/2 que se muestran en la figura 2.39.

Se definirán las marcas especificadas en el esquema de conexión de los cilindros y las válvulas, mostradas en la tabla 2.40.

Tabla 2.40 Definición de las marcas de finales de carrera y solenoides.

Marcas	Definición
A0	Final de carrera en la posición retraído del cilindro A
A1	Final de carrera en la posición extendido del cilindro A
B0	Final de carrera en la posición retraído del cilindro B
B1	Final de carrera en la posición extendido del cilindro B
C0	Final de carrera en la posición retraído del cilindro C
C1	Final de carrera en la posición extendido del cilindro C
D0	Final de carrera en la posición inicial del motor neumático D
D1	Final de carrera en la posición final del motor neumático D
Y1	Solenoides de electroválvula 5/2 que acciona la extensión del cilindro A
Y2	Solenoides de electroválvula 5/2 que acciona la retracción del cilindro A
Y3	Solenoides de electroválvula 5/2 que acciona la extensión del cilindro B
Y4	Solenoides de electroválvula 5/2 que acciona la retracción del cilindro B
Y5	Solenoides de electroválvula 5/2 que acciona la extensión del cilindro C
Y6	Solenoides de electroválvula 5/2 que acciona la retracción del cilindro C
Y7	Solenoides de electroválvula 5/2 que acciona la extensión del cilindro D
Y8	Solenoides de electroválvula 5/2 que acciona la retracción del cilindro D

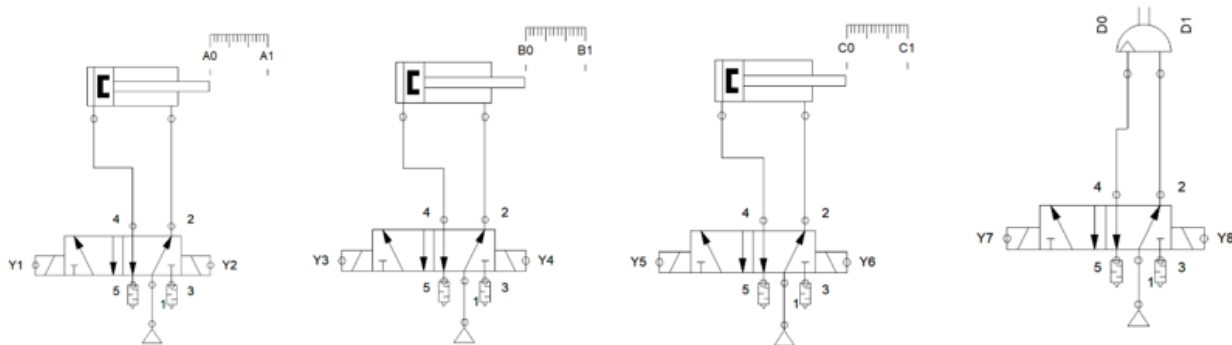


Fig. 2.39 Diagrama de sistema neumático.

2.11 CIRCUITO DE CONTROL ELÉCTRICO

Se diseñará el sistema de control eléctrico por el método cascada para luego generar un programa en código Ladder para cargarlo a un PLC el cual se encargará de controlar toda la máquina de lavado de envases PET.

2.11.1 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL ELÉCTRICO

Para diseñar el circuito de control se debe definir la secuencia de operación de la máquina para luego separar los movimientos por grupos, luego generar las ecuaciones de los relés y luego las ecuaciones de los solenoides de las electroválvulas.

Para que la máquina comience a funcionar se debe cumplir ciertas condiciones iniciales, entre ellas, que haya nivel de líquido en el tanque, que todos los actuadores estén en la posición de inicio, que haya presión de aire y presión en el sistema de inyección de líquido.

Luego que se cumplan las condiciones de inicio se deberá incluir un botón de inicio y un paro de emergencia que estará compuesto por 3 botones de paro pasivos distribuidos en posiciones estratégicas.

Se describirá el funcionamiento de la máquina para definir la secuencia de movimientos y poder diseñar el circuito de control eléctrico:

Cuando las condiciones de inicio se haya cumplido y verificar que ningún paro de emergencia este activado, el proceso de lavado comenzará al presionar el botón de inicio de la banda y luego el inicio de ciclo continuo, en ese momento la banda transportadora comenzará a llevar envases hasta el área de lavado y el cilindro B se extenderá y detendrá los envases al final de la mordaza, un sensor al inicio de la mordaza contará 6 envases, cuando hayan 6 envases en la mordaza, el cilindro A se extenderá deteniendo los envases en la banda transportadora e inmediatamente la banda transportadora se detendrá, luego el cilindro C accionará la mordaza, sosteniendo los envases, luego el motor neumático D girará la mordaza 180° ubicando las botellas en los inyectores, luego los inyectores depositarán líquido dentro de la botella por 2 segundos, luego el motor neumático D girará la mordaza hasta la posición inicial, luego el cilindro C accionará la mordaza liberando los envases e inmediatamente los cilindros A y B se retraerán y dejarán pasar los envases lavados por 3 segundos que es el tiempo que tardan los envases en salir de la mordaza, luego el cilindro B se extenderá y el ciclo comenzará de nuevo.

Entonces, la secuencia de funcionamiento es la mostrada en la tabla 2.41:

Tabla 2.41 Secuencia de funcionamiento.

Secuencia de funcionamiento													
BT+	B+	Cont1+	A+	C+	D+	Jet+	Temp1+	JET-	D-	C-	A-	BT+	Temp2
			BT-								B-		

Se separarán los movimientos por grupos, y cada grupo será un relé que se utilizará.

Secuencia de funcionamiento													
BT+	B+	Cont1+	A+	C+	D+	Jet+	Temp1+	JET-	D-	C-	A-	BT+	Temp2
			BT-								B-		
Grupo 1			Grupo 2					Grupo 3					
K1			K2					K3					

Definidos los grupos y los roles se elaborarán las ecuaciones de los relés y posterior las ecuaciones de los solenoides.

Ecuaciones de los relés:

$$K1: (PB \cdot BT \cdot A0 \cdot B0 \cdot C0 \cdot D0 \cdot PS1 \cdot PS2 + K1) K2'$$

$$K2: (K1 \cdot Cont1 + K2) K3'$$

$$K3: (K2 \cdot Temp1 + K3) Temp2'$$

Ecuaciones de solenoides:

$$Y1=A+=K2$$

$$Y2=A-=K3 \cdot C0$$

$$Y3=B+=K1 \cdot BT$$

$$Y4=B-=K3 \cdot C0$$

$$Y5=C+=K2 \cdot A1$$

$$Y6=C-=K3 \cdot D0$$

$$Y7=D+=K2 \cdot C1$$

$$Y8=D-=K3 \cdot JET0$$

Ecuaciones auxiliares.

$$BT+=K1+K3 \cdot A0 \cdot B0$$

$$BT-=K2$$

$$Cont1=K1 \cdot B1$$

$$Temp1=K2 \cdot JET$$

$$Temp2=K3 \cdot BT1$$

$$JET+=K2 \cdot D1$$

$$JET-=K3$$

2.11.2 DIAGRAMA DE CONTROL ELÉCTRICO LÓGICA DE RELÉS.

A continuación, se mostrará el circuito de control eléctrico diseñado utilizando el método de cascada que posteriormente se integrará en un programa en lenguaje Ladder para ejecutarlo en un PLC, el circuito diseñado incluye un paro de emergencia, el cual desenergiza todos los relés de control además de interrumpir el suministro de aire a los cilindros y poniendo ambas cámaras de todos los cilindros a la atmósfera, esto con el fin de quitar la presión de los actuadores y queden en vacío por cualquier incidente o problema que ocurra en el proceso de lavado.

El circuito electroneumático a controlar es el mostrado en la figura 2.40:

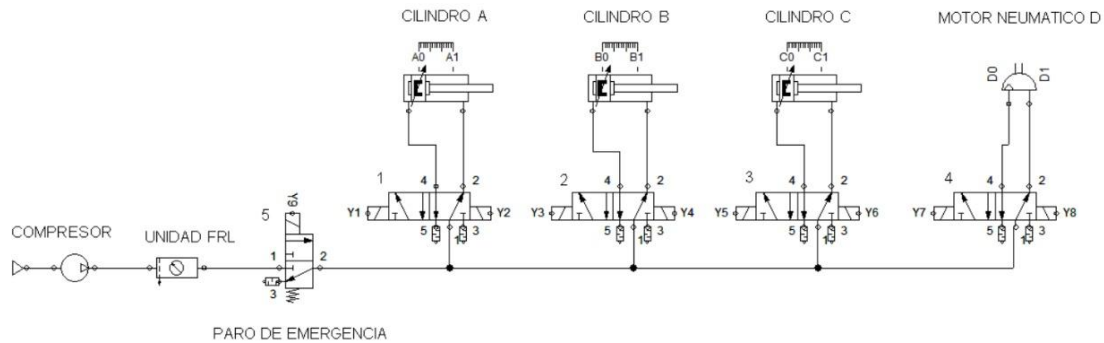


Fig. 2.40 Diagrama de sistema neumático.

Para el accionamiento de la máquina de lavado se utilizarán 3 cilindros neumáticos de doble efecto y un motor neumático de giro restringido a 190°, para controlar dichos actuadores se utilizarán 4 válvulas 5/2 y una válvula 3/2 para bloquear el paso de aire a las electroválvulas funcionando en un sistema de paro de emergencia.

En la figura 2.41, se muestra el circuito de control eléctrico.

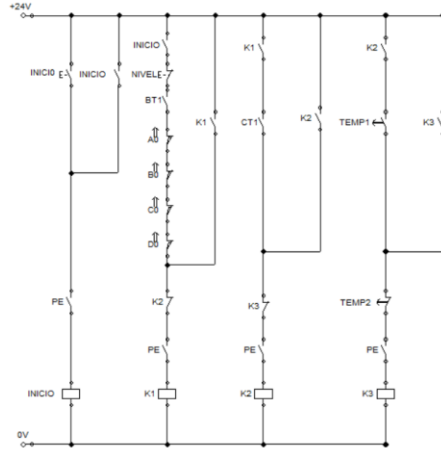


Fig. 2.41 Circuito de control eléctrico.

En esta parte del circuito de control se encuentra el botón de inicio y el relé de enclavamiento para el ciclo continuo, además de los relés que controlan los movimientos de los 3 grupos que se realizaron, así como los contactos que inician y finalizan los grupos.

En la figura 2.42, se muestra el circuito de control eléctrico para contactor y temporizador.

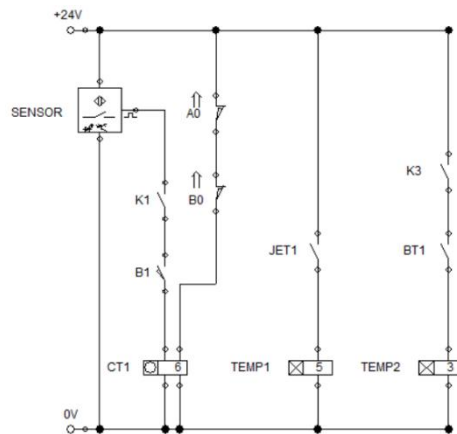


Fig. 2.42 Circuito de control eléctrico para contadores y temporizador.

En esta parte del circuito se utilizará un sensor óptico que detectará si una botella ha ingresado en la mordaza, un contador al detectar 6 botellas cerrará su contacto y seguirá la secuencia de la máquina de lavado de envases. Además de incluir 2

En el diagrama anterior se muestra la conexión de los solenoides y los contactos que energizan cada uno los cuales se utilizarán en la máquina de lavado y se detalla en la tabla 2.42..

Tabla 2.42 Definición de los elementos del circuito eléctrico.

Variable	Descripción
INICIO	Pulsador que da inicio a la secuencia.
PE	Parada de emergencia
K1	Relé de ciclo continuo
K2	Relé de ciclo continuo
K3	Relé de ciclo continuo
PE	Relé de paro de emergencia
JET1	Relé de conmutación de válvula de paso de los inyectores
BT1	Relé de accionamiento de la banda transportadora
TEMP1	Temporizador de tiempo de encendido de los inyectores
TEMP2	Temporizador que se encarga de detener el ciclo para que salgan los envases lavados
SENSOR	Sensor óptico que detecta si está entrando un envase a la mordaza
CT1	Cuenta la cantidad de envases que van ingresando a la mordaza

2.11.3 DIAGRAMA LADDER O DE ESCALERA.

En la figura 2.46, se muestran las variables que se utilizarán en el programa de manera que puedan ser interpretados por el PLC, cada entrada y salida corresponde a una dirección en el PLC, así también las variables llamadas marcas.

Lavadora de envases PET ▶ PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] ▶ Variables PLC

Variables Constantes de usuario Constantes de sistema

Variables PLC

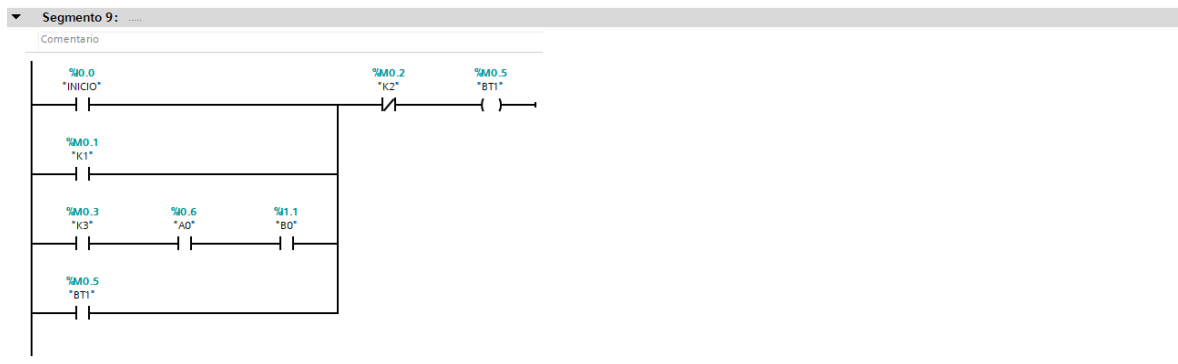
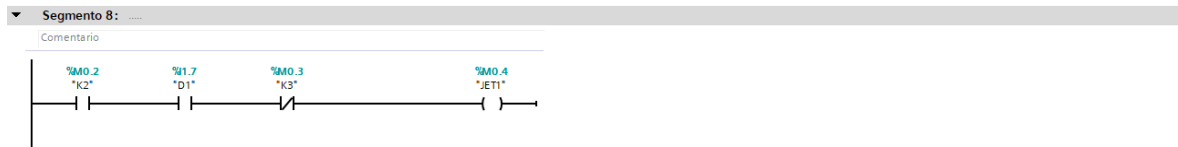
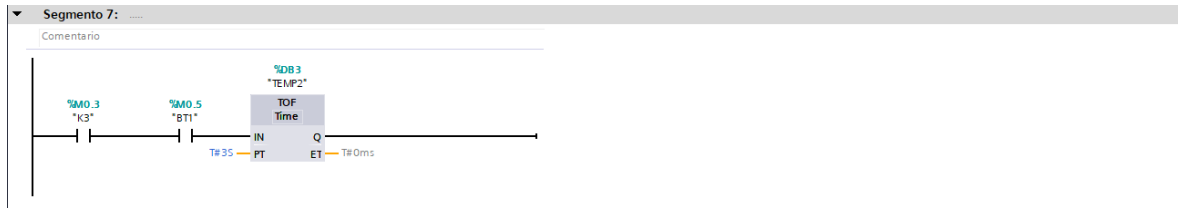
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Co...
1	INICIO	Default tag table	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	PARADA	Default tag table	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	PARO DE EMERGENCIA 1	Default tag table	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	PARO DE EMERGENCIA 2	Default tag table	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	PARO DE EMERGENCIA 3	Default tag table	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	S1	Default tag table	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	RESET	Default tag table	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	NIVEL	Default tag table	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	A0	Default tag table	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	A1	Default tag table	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	B0	Default tag table	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	B1	Default tag table	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	C0	Default tag table	Bool	%I1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	C1	Default tag table	Bool	%I1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	D0	Default tag table	Bool	%I1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	D1	Default tag table	Bool	%I1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Y1	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	Y2	Default tag table	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	Y3	Default tag table	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	Y4	Default tag table	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	Y5	Default tag table	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	Y6	Default tag table	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	Y7	Default tag table	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	Y8	Default tag table	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	Y9	Default tag table	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	INI	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27	K1	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28	K2	Default tag table	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29	K3	Default tag table	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	JET1	Default tag table	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	BT1	Default tag table	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32	RST	Default tag table	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33	PE	Default tag table	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	JET	Default tag table	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35	BT	Default tag table	Bool	%Q1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
36	<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Fig. 2.46 Variables de programa Ladder.

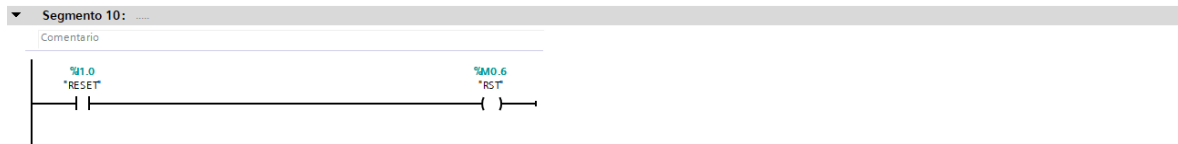
El diagrama Ladder es la representación del diagrama eléctrico creado en FluidSim que controla cada componente de la máquina en secuencia.

Ciclo continuo de lavado de envases.

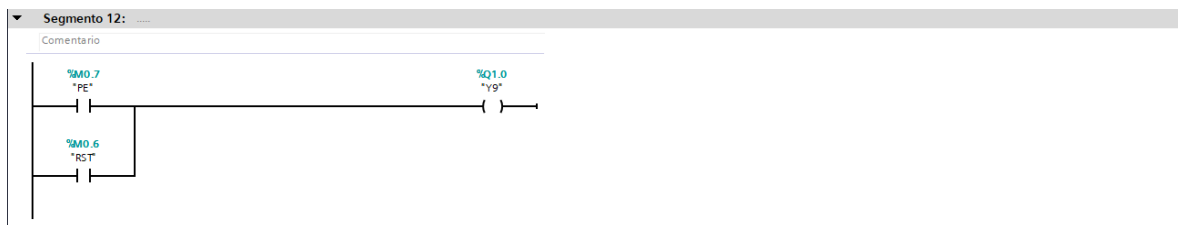
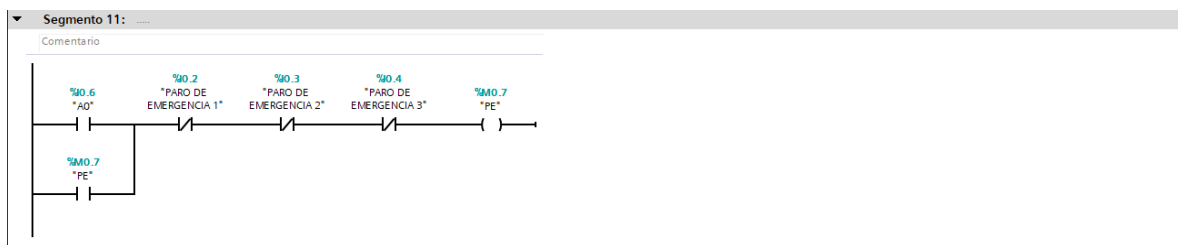


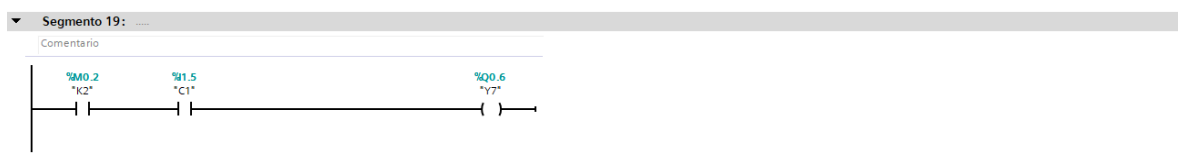
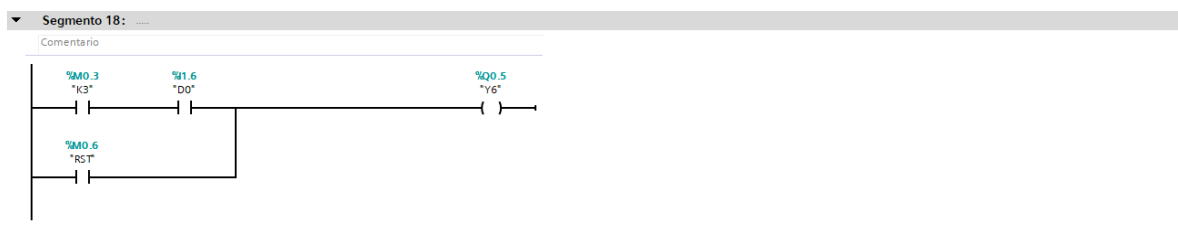
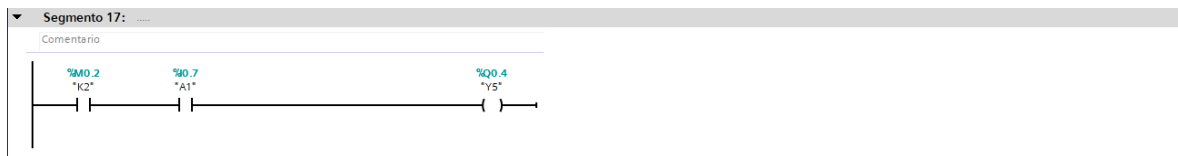
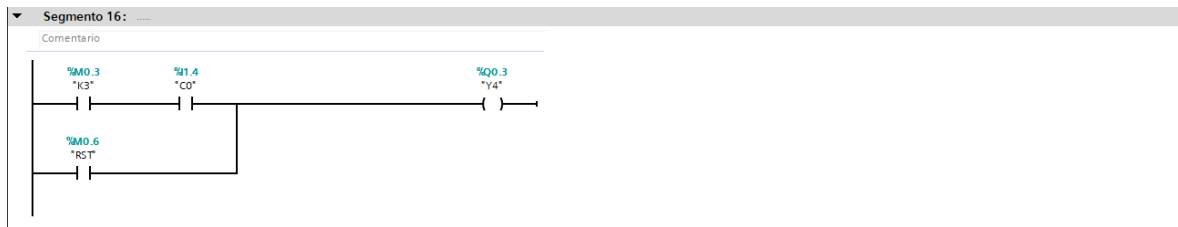
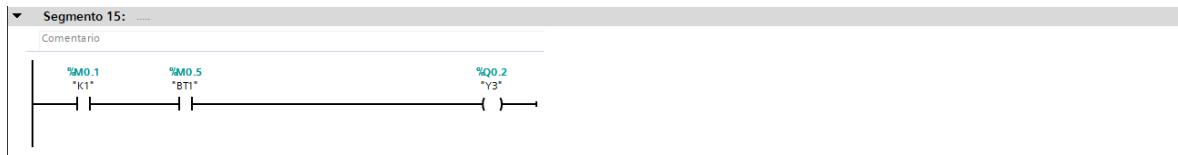
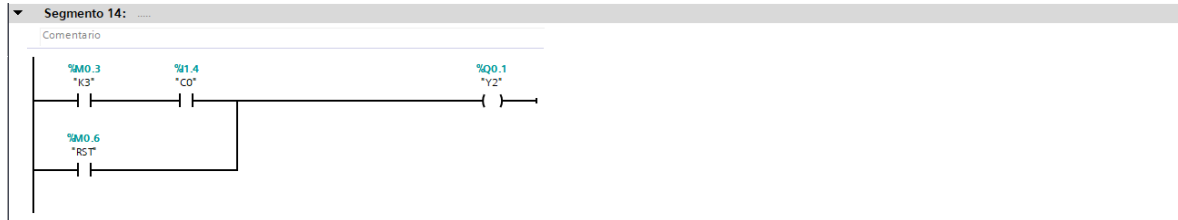
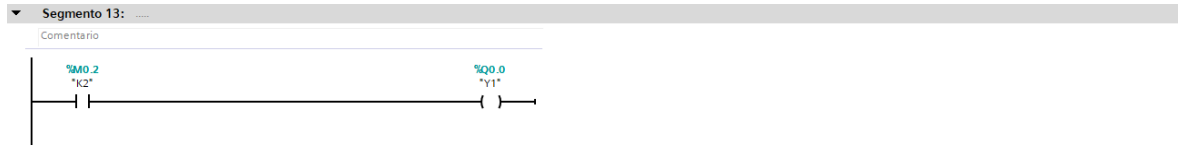


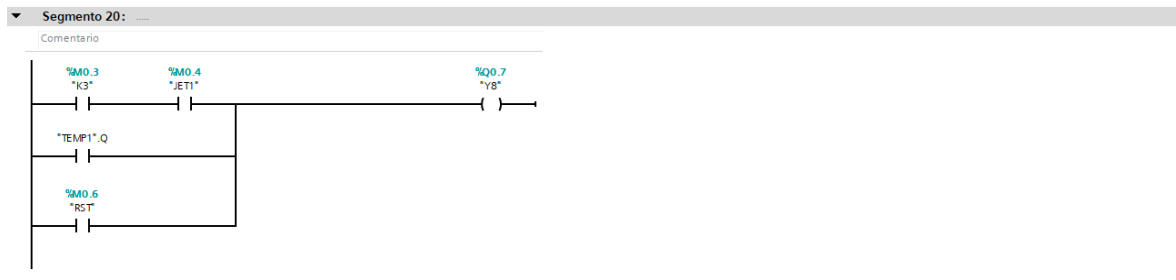
Circuito de reset.



Sistema de paro de emergencia pasivo.







Descripción del funcionamiento del sistema.

Inicialmente el mecanismo de volteo debe estar en la posición de inicio, el cilindro A debe estar retraído, el cilindro B debe estar retraído y el cilindro C debe estar retraído, luego al accionar el botón de inicio comenzará el inicio de la secuencia que es accionar la banda y extender el cilindro B, luego que el sensor detecte que hay 6 envases en la mordaza se extenderá el cilindro A y simultáneamente la banda se detendrá, el cilindro C se extraerá accionando la mordaza y presionando los envases para que el mecanismo de volteo ubique los envases en posición de lavado, esto gracias al actuador rotativo D que girará 180°, luego la electroválvula de paso se abrirá y dejará fluir por los inyectores líquido a presión por 5 segundos, luego el actuador D regresará los envases a la posición inicio, el cilindro C se retraerá y liberará los envases, luego el cilindro A y B se retraerán y la banda comenzará a funcionar sacando los envases lavados de la mordaza mientras los próximos 6 envases entran a la zona de lavado hasta comenzar de nuevo el ciclo.

Funcionamiento del sistema de paro de emergencia.

Es esta máquina lavadora de envases se diseñó un sistema de paro de emergencia pasivo el cual consiste en 3 botones tipo seta ubicados estratégicamente para ser accionados por el operario ante cualquier incidente, dicho sistema de paro de emergencia bloqueará los movimientos agravantes es decir comunicará todas las cámaras de los cilindros a la atmósfera liberando el vástago para que este quede en una estado flotante el cual puede ser movido con facilidad en caso de atrapamiento del operario o algún atascamiento de un envase.

Funcionamiento de reset.

Luego de accionar el paro de emergencia es necesario poner todos los cilindros en posición por lo que será necesario accionar el botón de reset hasta que todos los actuadores se encuentren en la posición de inicio.

2.11.4 SISTEMA DE CONTROL DEL MOTOR PASO A PASO

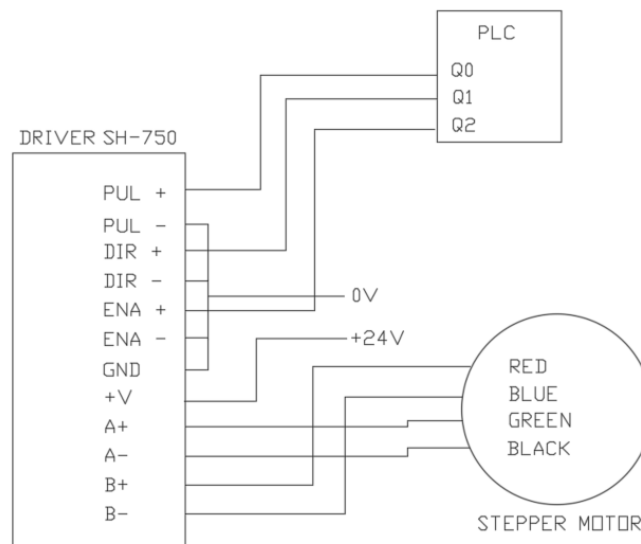


Fig. 2.47 Diagrama eléctrico de motor paso a paso con PLC y driver.

En la figura 2.47 se muestra el diagrama de conexión esquemático del driver y el motor paso a paso, el motor a utilizar será un NEMA 23 con un torque de 3.2 N.m y una rotación de 1.8° por paso.

Se seleccionó un driver para el motor paso a paso con número de serie SH-750 de la marca SIHONG con una corriente máxima de 5.0 amperios y un rango de operación de voltaje de 18 a 70 VCC, por lo que es la mejor opción para accionar la banda.

El driver necesita una señal con una frecuencia para accionar el motor paso a paso, se realizarán los cálculos para determinar la frecuencia para que el motor paso a paso gire con la velocidad requerida por el diseño.

El motor paso a paso tiene un ángulo de rotación de 1.8° por cada paso, por lo que para una vuelta de 360° :

$$\frac{360^\circ}{1.8^\circ} = 200 \text{ pasos}$$

Tabla 2.43 Datos del motor paso a paso.

Datos	
Revoluciones del motor	42.50 rpm
Pasos por revolución	200 ppr
Tiempo de aceleración del motor	1 s

$$f_{max} = \frac{n\theta}{60}$$

$$f_{max} = \frac{42.5 * 200}{60} = 141.6 \text{ Hz}$$

Por lo que la frecuencia que debe generar con el PLC es de 141.6 Hz para tener una velocidad de 42.5 en el eje del motor paso a paso.

Tabla 2.44 Datos técnicos del driver SH-750 de la marca SIHONG.

Datos técnicos del driver SH-750 de la marca SIHONG	
Voltaje de entrada	18V – 70V
Corriente de salida máx.	5.0 A
Micro step	400 – 25600 ppr
Forma de protección	Sobretensión y sobre corriente
Velocidad de pulso máximo	200 kHz

Tabla 2.45 Descripción de pines entrada y salida

Descripción de pines de entrada y salida	
VCC+	Alimentación de voltaje positiva
GND	Alimentación GND
A+, A-	Bobina 1 del motor PAP
B+, B-	Bobina 2 del motor PAP
PUL+, PUL-	Entrada de señal de pulso
DIR+, DIR-	Dirección del motor PAP
ENA+, ENA-	Habilita la entrada del motor

Sensor de presencia óptico.

Ya que los envases que lavara la máquina son transparentes se requiere un sensor que sea capaz de detectar las botellas, por lo que se seleccionará un sensor retro reflectivo de la marca BANNER con número de serie QS18VP6LPQ5, por sus características y prestaciones. En la tabla 2.46 se muestran datos técnicos del sensor seleccionado.

Tabla 2.46 Especificaciones del sensor QS18VP6LPQ5 de la marca BANNER.

Especificaciones del sensor QS18VP6LPQ5 de la marca BANNER, NEMA 6	
Voltaje	10 – 30 VCC
Salida del sensor	PNP
Distancia máxima de censado	3500 mm
Temperatura de operación	-20 °C a 70 °C
Tiempo de respuesta	0.6 ms
Indicadores	LED
Clasificación IP	IP67

Selección de PLC.

La correcta selección del PLC brindará tener control de todos los actuadores y saber si se logrará leer los sensores que serán necesarios para el control de la máquina, así como que el PLC tenga las entradas y salidas necesarias para controlar la máquina, en el caso de no tenerlas seleccionar módulos de expansión para poder tener las entradas y salidas necesarias.

3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y COSTOS

En este capítulo se realizará un análisis de costos que permitirá determinar todos los costos que conlleva la construcción de la máquina de lavado de envases, presentando detalladamente los costos económicos para realizar su fabricación.

Todos los precios de materia prima y componentes para realizar construcción de la máquina de lavado son en base a cotizaciones a partir de los planos técnicos que se encontraron. En este capítulo se recordarán conceptos básicos de costos y de economía. Ya que los costos como tal se dividen en dos puntos importantes como lo son los costos directos como lo es la mano de obra para la producción de la máquina ya sean piezas mecanizadas que se ocupe darle un proceso de fabricación como tal. Además, se consideran otros costos que son los indirectos estos son los costos que conforman los costos totales de la máquina de lavado de envases.

En las cotizaciones de los materiales y demás componentes seleccionados se toman de referencia los catálogos de empresas nacionales esto con el fin de construir una máquina con producto nacional, el inconveniente que hay muchos componentes seleccionados que se pedirán a empresas internacionales debido a que el país donde se realiza el proyecto no tiene la tecnología suficiente para el desarrollo de ciertos componentes. Para la selección de componentes internacionales se escogieron los más económicos de manera que los costos de envíos sean mínimos para que no influyan en el análisis económico.

Uno de los inconvenientes que se tienen a la hora de buscar los precios con diferentes empresas es que ellos ofrecen diferentes precios de sus materiales por lo tanto siempre se seleccionó el precio del proveedor que más cómodo resulta para realizar el diseño de la máquina. Cabe resaltar que estos precios son propensos a variar en el tiempo por lo tanto en un futuro poder obtener la materia prima para diseñar una máquina de lavado de envases esté sujeto a cambios de precio.

3.1 COSTOS DIRECTOS

Los costos directos son un factor que interfieren de manera directa en la construcción de la máquina, ya que sin ellos no es posible realizar las actividades para iniciar la fabricación de algunos componentes principales de la máquina.

En el cuadro de estos costos se detalla cada componente el cual está conformado la máquina de manera que se permitirá detallar el costo o precio unitario de cada uno de sus elementos esto para tener un valor más exacto a la hora de realizar los cálculos de los costos de toda la máquina.

3.1.1 COSTO MATERIALES DE ESTRUCTURA

A continuación, en la tabla 3.1 se detalla los costos por materia de manera que se podrá tener una idea más clara de todos los elementos específicos que se necesitan comprar y fabricar.

Como aclaración, este análisis económico está pensado para una lavadora de envases propuesta a la pequeña y mediana industria. Si la propuesta de diseño estuviera enfocada con fines didácticos, el acero inoxidable pudiera cambiar a 304 reduciendo significativamente los costos de este apartado.

Tabla 3.1 Costo de materiales para la estructura.

Datos	Cantidad	Unidad	C/U (\$)	C/T (\$)
Tubo cuadrado acero inoxidable 316L sin pulir 1 pulgada chapa 14	3	un	84.00	252.00
Plancha acero inoxidable 316L sin pulir 3 mm	2	un	175.23	350.46
Tubo redondo acero inoxidable 316L sin pulir 1 pulgada chapa 14	2	pie	36.84	73.68
Electrodo 316L 3/32	1	lb	13.95	13.95
Chumacera 1 pulgada	1	su	59.46	59.46
Goma de silicona 6x36x0.060 pulgada	3	pie	59.95	179.85
Disco de corte acero inoxidable 7x3/64x7/8 pulgada	15	un	4.40	66.00
Subtotal				995.40

3.1.2 COSTO MATERIALES DE BANDA TRANSPORTADORA

Ya que la banda es un elemento que se tomó de un catálogo de un fabricante internacional debido a que este tipo de empresas que provee este tipo de artefactos no se encuentran disponibles a nivel nacional se realizó una tabla con cada uno de sus elementos que la conforman de manera que sea más fácil cuantificar el valor total de comprar la banda, cabe detallar que la empresa vende los componentes de la banda ya armada, de manera que los costos de construcción de la banda ya vienen distribuidos en cada uno de los elementos de la banda. Se detalla el costo en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Costo de materiales para la banda transportadora.

Datos	Cantidad	Unidad	C/U (\$)	C/T (\$)
Pieza banda articulada	15	pie	20.92	313.80
Catarina	2	su	96.50	193.00
Varilla redonda acero inoxidable 316L 2 pulgada	2	pie	223.86	447.72
Chumacera 20 mm	4	su	11.90	47.60
Guía de teflón	8	pie	8.10	64.80
Motor paso a paso NEMA 23 + Driver SH-750 marca SIHONG	1	su	100.74	100.74
Acople motor banda	1	su	56.16	56.16
Tensor de banda	4	su	10.25	41.00
Pernos M10 x 1.5 20 mm	8	su	0.40	3.20
Arandelas planas 10 mm	16	su	0.10	1.60
Arandelas de presión M10	8	su	0.09	0.72
Tuercas de seguridad M10x1.5	8	su	0.15	1.20
Subtotal				1271.54

3.1.3 COSTO MATERIALES DEL SISTEMA HIDRÁULICO

En la tabla 3.3 se detalla todos los costos de los componentes que conforman el sistema hidráulico que es el encargado de entregar el fluido de enjuague para el lavado de envases, en este apartado todos los proveedores que se buscaron para construir el sistema son empresas nacionales por ende el sistema hidráulico puede construirse con materiales nacionales esto es un beneficio que se refleja en los costos.

Tabla 3.3 Costo materiales del sistema hidráulico.

Materiales del sistema hidráulico.				
Datos	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
Bomba periférica acero inoxidable	1	su	\$174.00	\$174.00
Válvula check	1	su	\$21.95	\$21.95
Válvula de mariposa.	1	su	\$3.95	\$3.95
Electroválvula de paso.	1	su	\$181.43	\$181.43
Manguera	6	m	\$4.34	\$26.04
Tanque Hidroneumático	1	su	\$379.0	\$379.00
Codo	1	su	\$0.80	\$0.80
Tee	1	su	\$1.95	\$1.95
Abrazaderas	10	su	\$1.00	\$10.00
Presostato automático	1	su	\$32.95	\$32.95
Distribuidor	1	su	\$125.3	\$125.30
Subtotal				\$957.34

3.1.4 COSTO MATERIALES DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Los costos de los materiales neumáticos se utilizaron los precios referencia de proveedores de naturaleza internacional ya que se cotizo precios a nivel nacional y las empresas no respondieron ante la cotización solicitada de sus elementos neumáticos y electroneumáticos por ende se optó realizar la investigación a empresas extranjeras.

Tabla 3.4 Costo materiales del sistema neumático.

Materiales del sistema neumático.				
Datos	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
Cilindro neumático doble efecto A y B	2	su	\$44.18	\$88.36
Cilindro neumático doble efecto con vástago bloqueado C	1	su	\$320.15	\$320.15
Actuador neumático rotativo a 190°	1	su	\$347.30	\$347.30
Electroválvula 5/2 conexión 1/8 NPT	4	su	\$248.87	\$995.48
Electroválvula 3/2 conexión 1/8 NPT	1	su	\$111.96	\$111.96
Manguera neumática 1/8 pulgada	10	m	\$0.90	\$9.00
Racores de acople rápido 1/8 pulgada NPT	10	su	\$9.37	\$93.70
Silenciadores de latón 1/8 pulgada NPT	10	su	\$1.15	\$11.50
Compresor 1 hp 90.5 L/min @ 60 psi	1	su	\$205.00	\$205.00
Unidad FRL	1	su	\$19.80	\$19.80
Base para electroválvulas P2LBZ 4-way 9121658075N.	1	su	\$40.28	\$40.28
Subtotal				\$2242.53

3.1.5 COSTO MATERIALES DEL SISTEMA DE CONTROL

En la tabla 3.5 se presenta los costos por cada elemento que se utilizará o se necesitará para el sistema de control de la máquina de lavado de envases, ya que los

proveedores de este tipo de tecnologías la mayoría son empresas internacionales se realizó un estimado de cada elemento del sistema. Este elemento es crucial para la máquina ya que sin él no será posible la automatización del proceso y estos al ser equipos tan sofisticados en tecnologías estos se ven reflejado en el costo que se debe de pagar en estos equipos.

Tabla 3.5 Costo materiales del sistema de control.

Materiales para el sistema de control.				
Datos	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
PLC	1	su	\$550.00	\$550.00
Módulo de expansión	1	su	\$250.00	\$250.00
Sensor óptico	1	su	\$143.99	\$143.99
Botón tipo hongo NC	1	su	\$40.95	\$40.95
Botón pulsador NO	1	su	\$8.30	\$8.30
Botón pulsador NC	1	su	\$8.30	\$8.30
Indicador luminoso rojo 24 VDC	1	su	\$10.75	\$10.75
Indicador luminoso verde 24 VDC	1	su	\$10.75	\$10.75
Indicador luminoso ámbar 24 VDC	1	su	\$10.75	\$10.75
Gabinete eléctrico metálico 30x25x15 cm	1	su	\$39.65	\$39.65
Cable TSJ 3x14	1	m	\$1.35	\$1.35
Cable TFF 16	1	m	\$0.30	\$0.30
Fuente de alimentación 24 VDC	1	su	\$150.35	\$150.35
Finales de carrera	8	su	\$21.75	\$174.00
Sensor de nivel	1	su	\$35.60	\$35.60
Subtotal				\$1435.04

3.1.6 COSTO MATERIALES DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

Para el sistema de inyección los costos están basados en los materiales que se ocupará para construir todos los jets de lavado, también se colocan los precios unitarios de cada uno de los elementos de regulación de este sistema ya que este sistema debe de ser regulable para cualquier tipo de envases que se presente siempre y cuando estén en los parámetros de diseño de la máquina.

Tabla 3.6 Costo materiales del sistema de inyección.

Materiales para el sistema de inyección.				
Datos	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
Pernos de porta jet ¼ x 1.5 pulgada	6	su	\$8.26	\$49.56
Varilla redonda acero inoxidable 316L ½ pulgada para fabricación de jet	3	pie	\$26.26	\$60.58
Pletina de 1 pulgada acero inoxidable 316L para fabricación de porta jet	6	su	\$8.50	\$51.00
Subtotal				\$161.14

3.1.7 COSTOS DE MANO DE OBRA

Para la construcción de la máquina de lavado de envases será necesario contratar los servicios de una empresa o taller metalmeccánico que cuente con técnicos capacitados y con la experiencia requerida. Estas organizaciones disponen del equipo y las herramientas necesarias para llevar a cabo los procesos de fabricación e instalación de cada uno de los componentes de la máquina. La intervención de personal especializado es fundamental, ya que muchas de las operaciones implican un alto grado de precisión y cualquier error podría generar fallas durante la puesta en marcha del sistema.

En cuanto a la mano de obra, los costos establecidos son aproximados debido a que algunos insumos utilizados por los técnicos pueden variar con el tiempo, lo que podría incrementar o disminuir el precio final. Asimismo, la empresa contratada debe garantizar la disponibilidad del equipo adecuado para realizar todas las tareas necesarias durante la construcción del sistema.

Tabla 3.7 Costos de mano de obra.

Elementos		Tiempo (h)	Costo total
Estructura metálica	Fabricación de bancada, mordaza de volteo.	20	\$350.00
Banda transportadora	Placas laterales, soportes, armado e instalación.	25	\$550.00
Inyector	Maquinado de 6 inyectores	12	\$390.00
Eje	Maquinado de 2 ejes	4	\$150.00
Tablero de control	Armado e instalación del tablero de control y montaje de sensores	5	\$150.00
Distribuidor hidráulico	Fabricación del distribuidor	2	\$75.00
Porta inyector	Fabricación de 6 porta inyectores	4	\$45.00
Sistema hidráulico	Ensamble e instalación de sistema hidráulico.	6	\$175.00
Sistema neumático	Ensamble de componentes neumáticos.	10	\$175.00
Cableado	Ruteado de cables	2	\$75.00
Subtotal			\$2135.00

3.2 COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos son aquellos que intervienen en la construcción de la máquina en forma directa que siempre están presentes y cualquier proyecto que se quiera llevar a cabo. Estos costos no se pueden medir o asignarse con exactitud ya que estos datos se basan en otros elementos sale de la manipulación de este proyecto como el combustible para el transporte de los operarios.

En el caso de los materiales y componentes de construcción estos serán proporcionados a la empresa contratada para la instalación de la máquina, de manera que debe de existir un medio de transporte de todos estos elementos. Además, se debe considerar otros costos indirectos adicionales estos servirán como un margen de seguridad por si a la hora de la instalación de la máquina surgen gastos necesarios que se deberán de cubrir.

Tabla 3.8 Costos indirectos.

Costos indirectos	Costo
Transporte	\$350.00
Otros costos	\$500.00
TOTAL	\$850.00

3.3 COSTO TOTAL DE LA LAVADORA DE ENVASES

En este apartado se contemplan los costos totales de la máquina de lavado de envases de manera que se permite observar una estimación bastante cercana de lo que conllevaría la construcción de este tipo de máquinas desde el punto económico.

Tabla 3.9 Costos totales.

Descripción	Costo
Materiales de estructura	\$995.40
Materiales de banda transportadora	\$1271.54
Materiales de sistema hidráulico	\$957.34
Materiales sistema neumático	\$2242.53
Materiales sistema de inyección	\$161.14
Materiales del sistema de control	\$1435.04
Mano de obra	\$2135.00
Costos indirectos.	\$850.00
Total	\$10,047.99

CONCLUSIONES

- El diseño mecánico de volteo en la simulación 3D realiza de manera adecuada su función correctamente, lo cual confirma que las cotas establecidas en el diseño son adecuadas para su construcción.
- Para la fabricación de la máquina de lavado se seleccionó acero 316L de grado alimenticio para su fabricación, debido a que dicha máquina estará en contacto con alimentos. Cabe resaltar que esta máquina está diseñada para integrarse a una planta de producción real, si se quiere dedicar a uso didáctico se podrá optar a opciones tales como el material 304L, el cual cumple con los mismos requisitos de resistencia, versatilidad y uso propuestos en este diseño y reducirá significativamente los costos de adquisición del material y construcción de la máquina.
- El precio de venta de la lavadora diseñada en este documento está a la altura de lavadoras que actualmente se comercializan en el mercado, sin embargo, al tomarse en cuenta que todos los elementos serán obtenidos por proveedores locales, los tiempos de fabricación e instalación serán óptimos que los tiempos de importación de un equipo y posterior armado, adicionando que la mano de obra será local; impulsando así el desarrollo tecnológico en el país.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Nisbett, R. G. (2008). Diseño de Ingeniería mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill.
- [2] Mott, R. L. (s.f.). Diseño de Elementos de Máquinas. The McGraw - Hill Compañies, Inc.
- [3] Nisbett, R. G. (2010). Diseño de Ingeniería mecánica de Shigley. México: Mc Graw Hill.
- [4] Streeter, V. L., Wylie, E. B., & Bedford, K. W. (2004). Mecánica de fluidos (9.ª ed.). McGraw-Hill.
- [5] SKF. (s.f.). Catálogo de rodamientos SKF.
- [6] Parker. (s.f.). Nomograma del catálogo de Parker.
- [7] Aquatech. (s.f.). [Fotografía de una planta industrial] [Fotografía]. https://aquatech.b-cdn.net/wp-content/uploads/2021/06/DSC_6052-EDITED-e1629511816975.jpg
- [8] Krones. (s.f.). Lavadoras con entrada y salida juntas Lavatec E. <https://www.krones.com/es/productos/maquinas/lavadoras-con-entrada-y-salida-juntas-lavatec-e.php>
- [9] HQ Autopack. (s.f.). Lavadora ultrasónica de botellas tipo tambor XP-DM600. <https://es.hq-autopack.com/Lavadora-ultras%C3%B3nica-de-botellas-tipo-tambor-XP-DM600-pd44980030.html>
- [10] Used Bottling Lines. (s.f.). Lavadora secadora de botellas CAMES 10/10/98 LA07. <https://www.usedbottlinglines.com/es/maquinas/lavadora-secadora-de-botellas-cames-10-10-98-la07/>
- [11] Autycom. (s.f.). PLC Siemens: Automatas programables. <https://www.autycom.com/plc-siemens-automatas-programables/>
- [12] Diagrama Web. (s.f.). [Información sobre diagramas de escalera]. <https://diagramaweb.com/escalera/>
- [13] Rhona. (s.f.). Electroválvula. <https://rhona.cl/producto/8762/electrovalvula.html>
- [14] Electronilab. (s.f.). Motor DC 775 eje 5 mm alta potencia 12V–24V CNC 3018. <https://electronilab.co/tienda/motor-dc-775-eje-5mm-alta-potencia-12v-24v-cnc-3018/>
- [15] Electronilab. (s.f.). [Categoría: Motores paso a paso]. <https://electronilab.co/categoria-producto/motores/paso-a-paso/>
- [16] Casa Hermes. (s.f.). Actuadores cilindros neumáticos Festo. <https://casahermes.co/product/actuadores-cilindros-neumáticos-festo/>

- [17] Akrimet. (s.f.). Tipos de sensores de temperatura: termorresistencias RTD. <http://www.akrimet.com/nuevo/tipos-de-sensores-de-temperatura-termorresistencias-rtd/>
- [18] PCE Instruments. (s.f.). Sensor de presión TR-PS2W 100bar. https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/man_metro-pce-instruments-sensor-de-presi_n-tr-ps2w-100bar-det_5890751.htmtermorresistencias-rtd/
- [19] GoConqr. (s.f.). [Mapa mental sobre sensores]. <https://www.goconqr.com/mapamental/571041/sensores>
- [20] Tek. (s.f.). como funcionan las fuentes DC programables. <https://www.tek.com/en/blog/how-programmable-dc-power-supplies-work>
- [21] Promelsa. (s.f.). ¿Qué es un pulsador eléctrico? <https://www.promelsa.com.pe/blog/post/que-es-pulsador-electrico.html>
- [22] Industrial Automática. (2010, agosto). Compresores neumáticos. <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/08/compresores-neumaticos.html>
- [23] Inger Componentes. (s.f.). [Depósitos neumáticos]. <https://ingercomponentes.com/depositos/>
- [24] Indunexo. (s.f.). [Válvulas neumáticas]. <https://indunexo.com/113-valvulas-neumaticas>
- [25] Casa Hermes. (s.f.). Actuadores cilindros neumáticos Festo. <https://casahermes.co/product/actuadores-cilindros-neumaticos-festo/>
- [26] Chicago Pneumatic. (s.f.). 3 razones para utilizar FRL. <https://tools.cp.com/es-es/expert-corner/blog/3-reasons-to-use-a-frl>
- [27] Freund Ferretería. (s.f.). Tanque hidroneumático 220 GLN FPS. <https://www.freundferreteria.com/Productos/Detalle/35361b6d-1570-444b-a966-7ffd9d53fffd?producto=tanque-hidroneumatico-220-gln-fps>
- [28] IndiaMART. (s.f.). Manguera de grado alimenticio. <https://www.indiamart.com/proddetail/food-grade-hose-pipe-20032306288.html>
- [29] Purificatec. (s.f.). Válvula mariposa tipo wafer 4". <http://www.purificatec.cl/producto/2771/vlvula-mariposa-tipo-wafer-4>
- [30] Arco. (s.f.). Válvulas check o antirretorno: Beneficios y características. <https://valvulasarco.com/valvulas-check-o-antirretorno-beneficios-y-caracteristicas/>
- [31] Sinerges. (s.f.). [Documento técnico sobre automatización o componentes]. <https://www.sinerges.com/archivos/10518>
- [32] Cepillo Técnico. (2019, septiembre). Limpieza de las bandas transportadoras [Imagen]. <https://cepillotecnico.com/2019/09/limpieza-de-las-bandas-transportadoras/>

- [33] Jocar. (s.f.). [Imagen de transportadores de bandas]. https://jocar.eu/images/easyblog_articles/8/Transportadores-de-bandas.jpg
- [34] Rodillos Codimar. (s.f.). Bandas modulares tramo curvo y recto con chasis en inoxidable. <https://www.rodilloscodimar.com/contenido-multimedia/bandas-modulares-tramo-curvo-y-recto-con-chasis-en-inoxidable/>
- [35] LP Conveyors. (2021, marzo). [Imagen de transportadores de rodillos motorizados]. <https://www.lpconveyors.com/wp-content/uploads/2021/03/cmr-transportadores-de-rodillos-motorizados-rectos-4.jpg>
- [36] Electronilab. (s.f.). Motor paso a paso NEMA 23 – 425 oz, 200 pasos/vuelta. <https://electronilab.co/tienda/motor-paso-paso-nema-23-425-oz-200-pasos-vuelta/>
- [37] MAPFRE. (s.f.). ¿Qué es un motor asincrono?. <https://www.mapfre.com.sv/particulares/seguros-auto/articulos/que-es-un-motor-asincrono/>
- [38] PowerTech. (s.f.). Tensores. <https://www.powertech.com.mx/tensores/>
- [39] Mundo Compresor. (s.f.). Tipos de acoplamientos flexibles: selección para cada aplicación. <https://www.mundocompresor.com/maquinaria-equipo-mecanico-noticias/tipos-acoplamientos-flexibles-seleccion-para-cada-aplicacion>
- [40] Venmir. (s.f.). Perfiles y guías de desgaste: accesorios de bandas transportadoras. <https://venmir.com/perfiles-y-guias-de-desgaste-accesorios-de-bandas-transportadoras/>
- [41] Donber. (2021, Enero). Enjuagadora Xcaret 2020 [Imagen]. <https://www.donber.com.mx/wp-content/uploads/2021/01/enjuagadora-xcaret-2020-1024x1024-1.png>
- [42]: Googleusercontent. (s.f.). [Imagen alojada en storage.googleapis.com: Sin título específico]. <https://storage.googleapis.com/1498404476917738725-07318555>
- [43] Scribd. (s.f.). Cómo instalar una bomba para agua [Documento]. <https://es.scribd.com/document/213456874/Como-instalar-una-bomba-para-agua>
- [44] IPD. (s.f.). Cómo utilizar una bomba controlada con presión usando un EMX4 con tarjeta inteligente. <https://www.ipd.com.au/how-to-use-pump-monitoring-with-pressure-depth-control-when-using-an-emx4-with-a-smart-card>
- [45] BricoGeek. (s.f.). Motor paso a paso 1.4 kg/cm. <https://tienda.bricogeek.com/motores-paso-a-paso/639-motor-paso-a-paso-14-kg-cm.html>
- [46] <https://orbexgroup.com/product/ec4240-24-bldc-motor-for-42/>
- [47] McMaster-Carr. (s.f.). Propiedades de los tornillos de nivelación. <https://www.mcmaster.com/6111K521>

- [48] RGP Balls. (s.f.). Propiedades de la goma antideslizante de silicona.
<https://www.rgpballs.com/es/bolas-de-silicona/>
- [49] Parker. (s.f.). Catálogo de mangueras de agua: Mangueras para alta presión termoplásticas.
https://www.parker.com/Literature/Polymer%20Hose%20Division%20Europe/Catalogs/4462_Thermoplast%20UHP/Parker%20Thermoplastic%20Hoses%20for%20Ultra%20High%20Pressure%20Catalog_4462_UK.pdf
- [50] TodoChiller. (s.f.). Herramientas de cálculo de enfriamiento.
<https://todochiller.com/herramientas-de-calculo-de-enfriamiento/>
- [51] Acorsa Perú. (s.f.). Productos para la industria [Catálogo en PDF].
<https://acorsaperu.com/productos-para-la-industria.pdf>
- [52] Franklin Electric. (2014, Agosto). Nueva serie RJS: Bomba Jet en acero inoxidable.
<https://franklinagua.com/m%C3%A1s/noticias/lanzamientos-y-noticias/2014/08/nueva-serie-rjs-bomba-jet-en-acero-inoxidable.aspx>
- [53] Franklin Electric. (s.f.). Tanques hidroneumáticos de diafragma.
<https://franklinagua.com/productos/residencial-sumergible/accesorios/tanques-hidroneum%C3%A1ticos-de-diafragma.aspx#Dimensionstab3>
- [54] Mercado Libre. (s.f.). Compresora Husky L13HPD.
<https://listado.mercadolibre.com.mx/compresora-husky-l13hpd.01m>

ANEXOS

ANEXO A: DOCUMENTOS DE REFERENCIA PARA SELECCIÓN Y DISEÑO

Anexo A1. Tabla de fricción entre placas y guías deslizantes [40]

Producto transportado	Lubric.	Material de los platillos		
		Acero inox.	Acetal	Acetal baja fricción
Plástico o cartón	En seco	0'30	0'20	0'15
	Lubricada	0'15	-	-
Vidrio o cerámica	En seco	0'50	0'30	0'25
	Lubricada	0'25	0'20	0'15
Metálicos	En seco	0'45	0'30	0'25
	Lubricada	0'15	0'20	0'20

Anexo A2. Selección de motor paso a paso [46].



EC4240-24 BLDC Motor

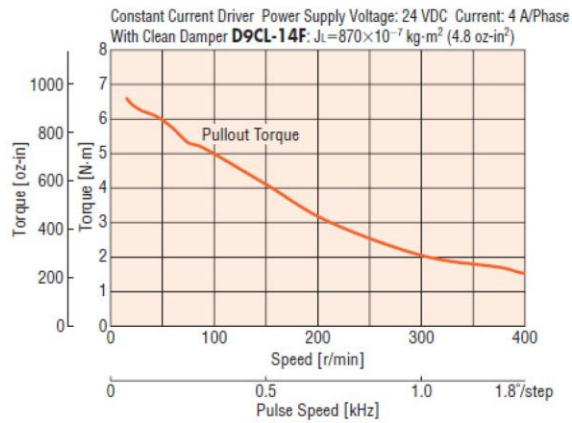
High-torque, low-cost brushless DC motors for servo applications

- Low cost
- NdFeB magnets
- Smooth, low-cogging motion
- 42-mm frame size
- Power range: 25 W
- 24 VDC windings
- IP51 protection
- Hall effects standard

	MODEL: EC4240		MODEL: EC4240-E (WITH ENCODER)		
PARAMETER	UNIT	P/N: 100085	P/N: 100111	P/N: 100115	P/N: 100116
Rated Voltage	V(DC)	24	48	24	48
No Load Speed	rpm	6800			
Rated Speed	rpm	4000			
Rated Power	W	25			
Rated Torque	Nm	0.07			
Peak Torque	Nm	0.14			
Rated Current	A(peak)	2.12	1.06	2.12	1.06
Peak Current	A(peak)	4.24	2.12	4.24	2.12
Resistance (L-L)	Ω	1.4	2.6	1.4	1.4
Inductance	mH	1.4	2.6	1.4	2.6
Torque Constant, Kt	Nm/A(peak)	0.033	0.066	0.033	0.066
Back EMF Constant, Ke	V(peak)/Krpm	3.5	7	3.5	7
Mass	g	250			
Rotor Inertia	gcm ²	24			
Length	mm	40			
Winding Type	3-phase				
Hall Sensors	120° electrical spacing				
Pole Count	8				
Shaft Runout	.025 mm				
Radial Play	.02 mm @ 450 g				
End Play	.08 mm @ 450 g				
Maximum Radial Force	28 N @20 mm from flange				
Maximum Axial Force	10 N				
Insulation Class	B				
Dielectric Strength	500 VDC for 60s				
Insulation Resistance	>100M Ω , 500 VDC				
Options	Integral planetary gear reducer				

		EC42100-E ENCODER SPECIFICATIONS
ι	ι	Technology: GMR magneto resistance encoder

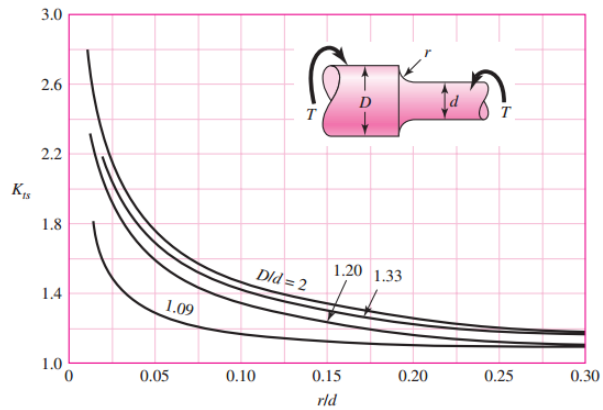
⌚	⌚	Channels: A+, B+, Z+, A-, B-, Z-
⌚	⌚	Power: 5 VDC ±10%
⌚	⌚	Temperature Range: -40 to +150 °C
⌚	⌚	Resolution: 4096 counts



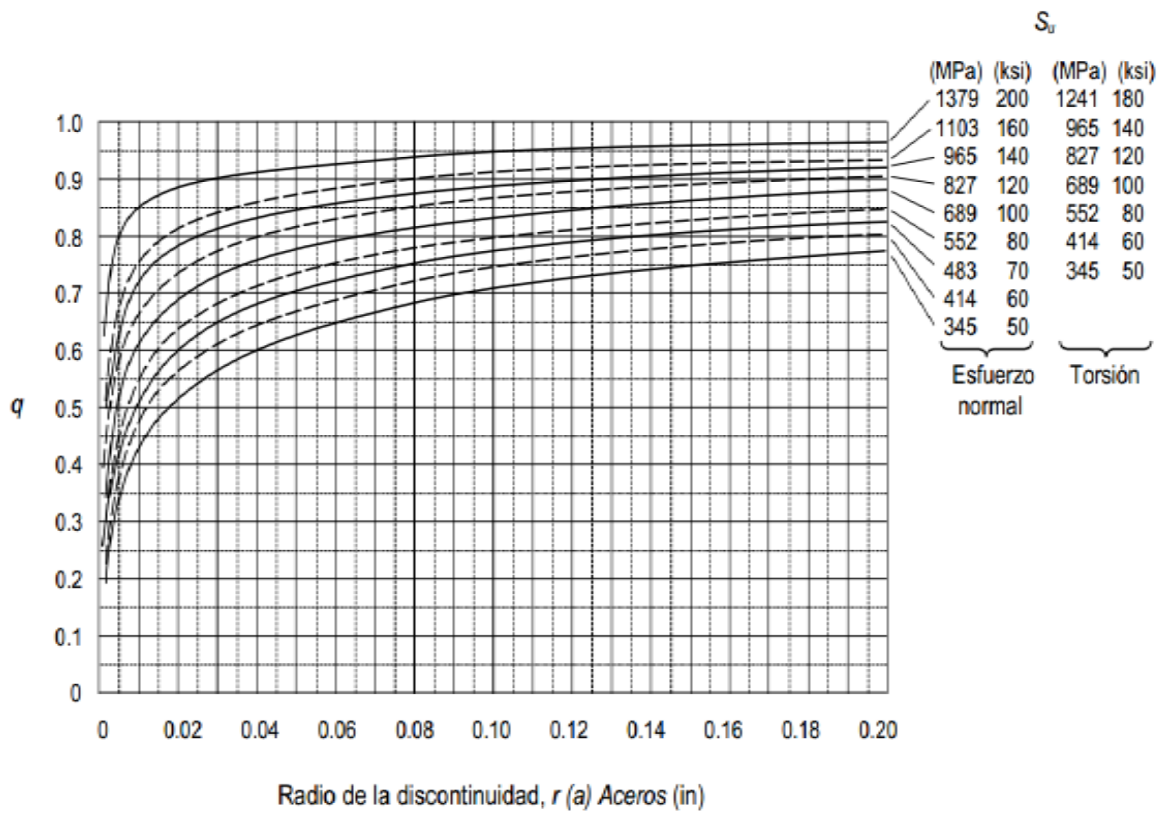
Anexo A3 Concentrador de esfuerzo, eje en torsión [1].

Figura A-15-8

Eje redondo con filete en el hombro en torsión. $\tau_0 = Tc/J$, donde $c = d/2$ y $J = \pi d^4/32$.



Anexo A4. [2]



Anexo A5. Tabla de esfuerzo último [3].

Tabla A-22

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales* Fuente: J. Datsko, "Solid Materials," capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe). *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)					Resistencia a la deformación, exponente m	Resistencia a la fractura ϵ_f
			Fluencia S_y , MPa (kpsi)	Última S_u , MPa (kpsi)	A la fractura, σ_f , MPa (kpsi)	Coefficiente σ_0 , MPa (kpsi)			
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) [†]	620 (90.0)	0.25	1.05	
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) [†]	992 (144)	0.14	0.49	
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) [†]	758 (110)	0.24	0.85	
1045	Acero	TyR 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273) [†]	0.041	0.81	
4142	Acero	TyR 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255) [†]	0.048	0.43	
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221) [†]	1410 (205)	0.51	1.16	
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1600 (233) [†]	1270 (185)	0.45	1.67	
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) [†]	620 (90)	0.28	0.10	
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) [†]	689 (100)	0.15	0.18	
7075	Aluminum aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) [†]	882 (128)	0.13	0.18	

* Los valores se tomaron de una o dos coladas y se considera que pueden obtenerse usando especificaciones de compra. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%.

[†] Valor derivado.

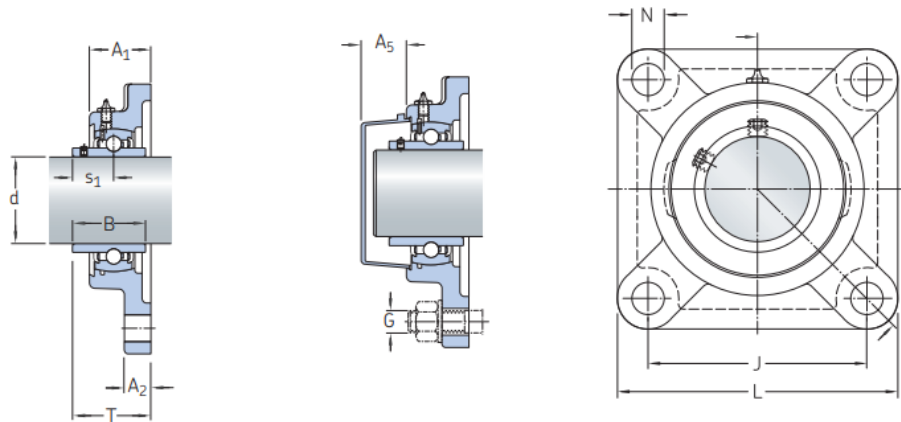
Anexo A6. Duración del rodamiento [3].

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

Fuente: Eugene A. Avallone y Theodore Baumeister III, editores, *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers*, 9ª edición. Nueva York: McGraw-Hill, 1986.

Anexo A7. Selección de cojinete de la chumacera [4].



Dimension	Basic load ratings		Fatigue load limit	Limiting speed with shaft tolerance	Mass	Designations			Unit
	dynamic	static				Housing	Bearing	Appropriate end cover	
d	C	C ₀	P _u	h6					
mm	kN		kN	r/min	kg	–			
20	12,7	6,7	0,3	6 500	0,49	F 204	UC 204	ECY 204	UCF 204
25	14,0	7,8	0,3	5 850	0,63	F 205	UC 205	ECY 205	UCF 205
30	19,5	11,4	0,5	5 000	0,89	F 206	UC 206	ECY 206	UCF 206
	26,5	15,0	0,64	5 300	1,75	F 306	UC 306	–	UCF 306
35	25,5	15,3	0,7	4 300	1,25	F 207	UC 207	ECY 207	UCF 207

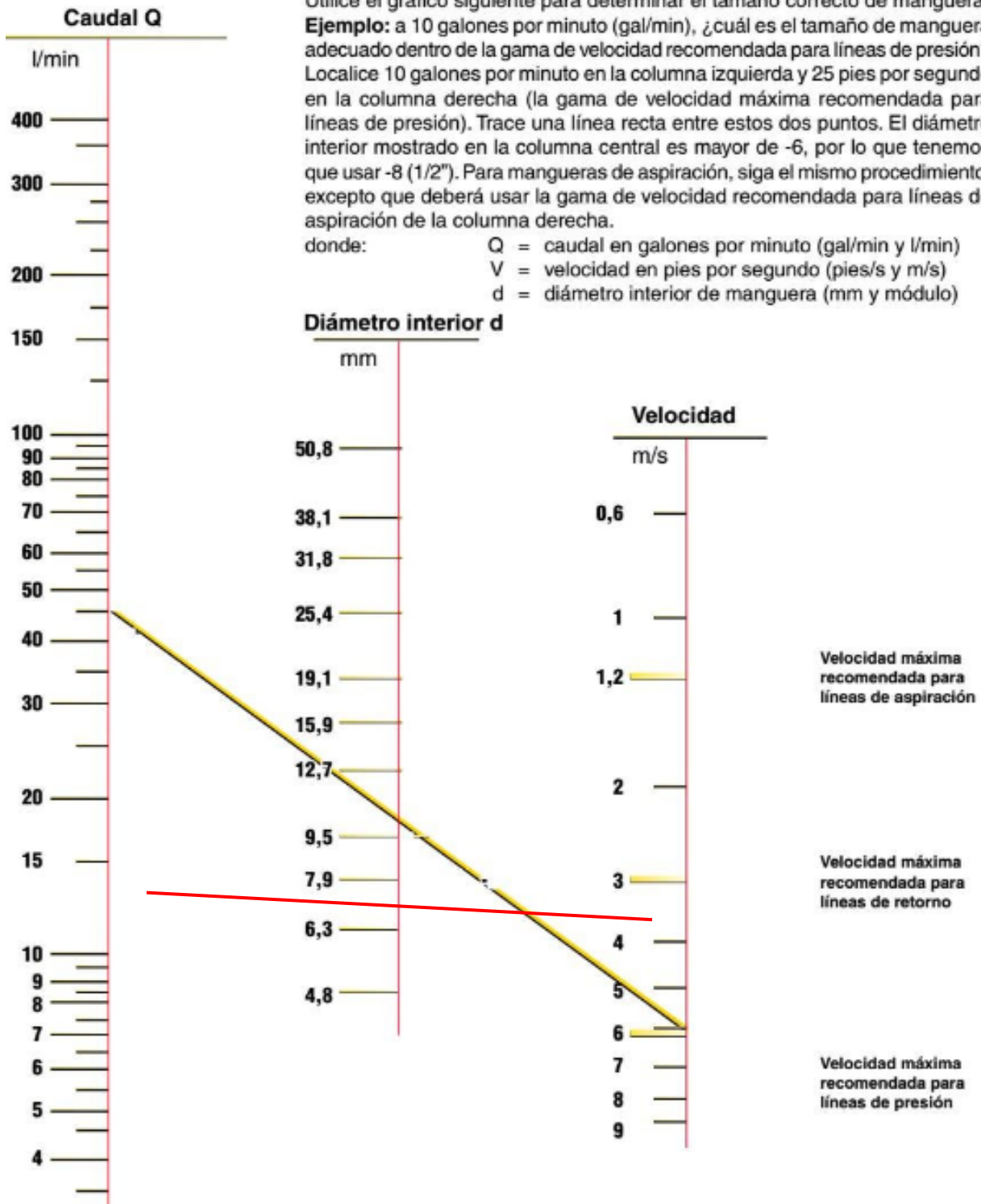
Anexo A8. Tabla para seleccionar diámetro, caudal y velocidad en las tuberías o mangueras [5].

Capacidades de caudal de la manguera Parker a las velocidades de flujo recomendadas

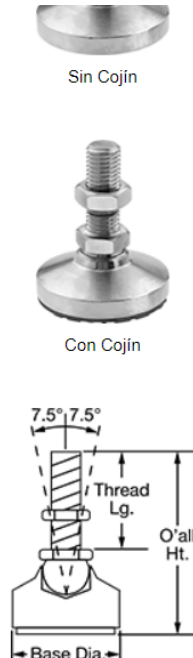
Utilice el gráfico siguiente para determinar el tamaño correcto de manguera.

Ejemplo: a 10 galones por minuto (gal/min), ¿cuál es el tamaño de manguera adecuado dentro de la gama de velocidad recomendada para líneas de presión? Localice 10 galones por minuto en la columna izquierda y 25 pies por segundo en la columna derecha (la gama de velocidad máxima recomendada para líneas de presión). Trace una línea recta entre estos dos puntos. El diámetro interior mostrado en la columna central es mayor de -6, por lo que tenemos que usar -8 (1/2"). Para mangueras de aspiración, siga el mismo procedimiento, excepto que deberá usar la gama de velocidad recomendada para líneas de aspiración de la columna derecha.

donde: Q = caudal en galones por minuto (gal/min y l/min)
 V = velocidad en pies por segundo (pies/s y m/s)
 d = diámetro interior de manguera (mm y módulo)



Anexo A9. Propiedades de los tornillos de nivelación [47].



Tamaño de rosca	Rosca Lg.	Capacidad por montaje, lbs.	Diámetro base	Altura total	Rango de temperatura, °F	Cada		
Acero niquelado								
Sin Cojín	10-32	1"	700	3/4"	1 1/2"	-20° a 170°	6111K39	\$5.78
	10-32	2"	700	3/4"	2 1/2"	-20° a 170°	6111K45	6.06
	1/4"-20	1 1/4"	1,000	1"	1 15/16"	-20° a 170°	6111K46	6.29
	1/4"-20	2 1/2"	1,000	1"	3 3/16"	-20° a 170°	6111K47	6.74
	1/4"-28	1 1/4"	775	1"	1 15/16"	-20° a 170°	6111K151	6.45
	5/16"-18	2"	2,500	1 1/4"	2 7/8"	-20° a 170°	6111K48	7.30
	5/16"-18	4"	2,500	1 1/4"	4 7/8"	-20° a 170°	6111K49	7.79
	3/8"-16	2"	3,750	1 1/4"	2 7/8"	-20° a 170°	6111K51	7.67
	3/8"-16	4"	3,750	1 1/4"	4 7/8"	-20° a 170°	6111K52	8.91
	3/8"-24	2"	3,300	1 1/4"	2 7/8"	-20° a 170°	6111K152	9.89
	1/2"-13	2"	5,000	1 7/8"	3 1/8"	-20° a 170°	6111K55	12.63
	1/2"-13	4"	5,000	1 7/8"	5 1/8"	-20° a 170°	6111K56	13.62
	1/2"-13	6"	5,000	1 7/8"	7 1/8"	-20° a 170°	6111K311	15.59
Con Cojín	1/2"-20	2"	4,000	1 7/8"	3 1/8"	-20° a 170°	6111K153	14.79
	5/8"-11	2"	6,000	2 1/2"	3 1/4"	-20° a 170°	6111K57	18.07
	5/8"-11	4"	6,000	2 1/2"	5 1/4"	-20° a 170°	6111K58	21.41
	5/8"-11	6"	6,000	2 1/2"	7 1/4"	-20° a 170°	6111K312	25.93
	5/8"-18	2"	5,000	2 1/2"	3 1/4"	-20° a 170°	6111K154	23.01
	3/4"-10	2"	7,400	3"	3 1/2"	-20° a 170°	6111K59	30.12
	3/4"-10	4"	7,400	3"	5 1/2"	-20° a 170°	6111K63	32.03
	3/4"-10	6"	7,400	3"	7 1/2"	-20° a 170°	6111K313	34.58
	3/4"-16	2"	6,200	3"	3 1/2"	-20° a 170°	6111K155	30.68
	7/8"-9	4"	15,000	4"	5 7/8"	-20° a 170°	6111K158	50.13
	7/8"-14	4"	13,500	4"	5 7/8"	-20° a 170°	6111K159	51.53
	1"-8	3 1/2"	20,000	4"	5 3/8"	-20° a 170°	6111K64	38.52
	1"-8	4 1/4"	20,000	4"	6 1/8"	-20° a 170°	6111K156	56.22
	1"-8	6"	20,000	4"	7 7/8"	-20° a 170°	6111K65	46.81
	1"-8	8"	20,000	4"	9 7/8"	-20° a 170°	6111K66	50.22
	1"-12	3 1/2"	18,000	4"	5 3/8"	-20° a 170°	6111K157	53.77
	1 1/4"-7	4"	43,000	6"	6 3/4"	-20° a 170°	6111K161	102.99
	1 1/4"-7	6"	43,000	6"	8 3/4"	-20° a 170°	6111K162	113.30
	M6	25 mm	690	19 mm	38 mm	-20° a 170°	6111K651	5.40
	M8	32 mm	990	25 mm	49 mm	-20° a 170°	6111K652	6.31
	M10	51 mm	3,700	32 mm	73 mm	-20° a 170°	6111K653	8.16
	M12	51 mm	4,950	48 mm	79 mm	-20° a 170°	6111K654	12.52
	M16	51 mm	5,950	64 mm	83 mm	-20° a 170°	6111K655	20.62
	M20	51 mm	7,350	76 mm	89 mm	-20° a 170°	6111K656	31.86

Anexo A10. Propiedades de la goma antideslizante de Silicona [48].

Nombre técnico	Nombre de uso	Abreviación
Polisiloxano/Polidimetilsiloxano	Silicona	MQ / VMQ / PMVQ / PDMS

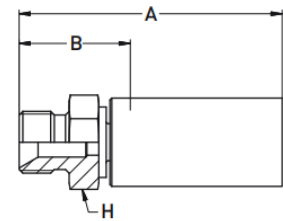
Características físicas / mecánicas / térmicas / eléctricas / magnéticas





Propiedades	Símbolo	U.d.M.	Tipo	Notas	Valores
Densidad	δ	[g/cm ³]	Física	Temp. ambiente	1,20
Módulo de Young	E	[MPa]	Mecánica	-	7
Alargamiento de rotura	A	%	Mecánica	Temp. ambiente	max 400
Deformación permanente por compresión	-	%	Mecánica	Temp. ambiente	40
Coefficiente de fricción	μ	-	Mecánica	Temp. ambiente	1,00
Coefficiente de expansión térmica lineal	α	[10 ⁻⁶ /°C]	Térmica	($\Delta T=0-100^{\circ}C$)	230,0
Conductividad térmica	λ	[W/(m·K)]	Térmica	Temp. ambiente	0,17
Resistividad eléctrica	ρ	[Ohm.mm ² /m]	Eléctrica	-	10 ⁻⁴ < ρ < 10 ¹⁵
Permeabilidad magnética relativa	μ	-	Magnética	Diamagnético	<-1

Anexo A11. Selección de mangueras [49].

13B8X / 13BNX – BSP male

MATERIAL Carbon steel, zinc plated







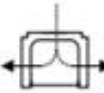


#						A	B				Nipple ID	Ferrule OD
	DN	size	mm	inch					MPa	psi		
13B8X-4-025	4	-025	4.0	5/32	G 1/4	57	30	17	75.0	10,875	2.3	13.2
13B8X-4-04	6	-04	6.4	1/4	G 1/4	64	32	17	80.0	11,600	3.6	18.5
13B8X-6-04	6	-04	6.4	1/4	G 3/8	67	35	19	80.0	11,600	3.6	18.5
13B8X-6-05	8	-05	7.9	5/16	G 3/8	69	30	22	62.5	9,060	4.8	20.1
13B8X-6-06	10	-06	9.5	3/8	G 3/8	70	30	22	57.5	8,340	6.8	23.4
13B8X-8-06	10	-06	9.5	3/8	G 1/2	75	35	22	57.5	8,340	6.8	23.4
13BNX-24-20	32	-20	31.8	1 1/4	G 1 1/2	118	57	55	27.5	3,990	24.9	49.4

Anexo A12. Pérdidas de carga en accesorios de tubería [4].

Pérdidas de carga equivalente en accesorios

(Longitud equivalente de caño recto del mismo diámetro, en [m])

							
Diám Pulg.	Válvula esclusa totalmente abierta	Válvula globo totalmente abierta	Válvula ángulo totalmente abierta	Válvula de retención	Codo normal o Te de 6 mm de reducción	Curva normal o Te normal	Te normal
1/2	0.12	5.18	2.44	1.22	0.46	0.3	1
3/4	0.15	6.71	3.36	1.83	0.61	0.45	1.37
1	0.18	8.24	4.27	2.44	0.82	0.52	1.74
1 1/4	0.24	11	5.49	3.66	1.07	0.7	2.32
1 1/2	0.3	13.12	6.71	4.27	1.31	0.82	2.74
2	0.36	16.78	8.24	5.8	1.68	1.07	3.66
2 1/2	0.43	20.43	10.06	7.01	1.98	1.28	4.27
3	0.52	25.01	12.5	9.76	2.44	1.59	5.18
4	0.7	33.55	16.16	13.12	3.36	2.14	6.71
5	0.88	42.7	21.35	17.69	4.27	2.74	8.24
6	1.07	51.85	24.4	20.74	4.88	3.36	10
8	1.37	68.02	36.6		6.1	4.27	13.12
10	1.77	85.4	42.7		7.93	5.18	16.16
12	2.07	100.65	48.8		9.76	6.1	20.74
14	2.44	115.9	58		11.28	7.32	23.79
16	2.74	134.2	67.1		12.81	8.24	26.84

Anexo A13. Viscosidad cinemática [4].

Temp, °C	Peso específico γ , N/m ³	Densidad ρ , kg/m ³	Viscosidad $\mu \times 10^3$, N·s/m ²	Viscosidad cinemática $\nu \times 10^6$, m ² /s	Tensión superficial $\sigma \times 10^2$, N/m	Cabeza de presión de vapor absoluta p_v/γ , [†] m	Módulo de elasticidad volumétrica $K \times 10^{-7}$, N/m ²	Conducti- vidad térmica k , W/m·K
0	9806	999.9	1.792	1.792	7.62	0.06	204	0.561
5	9807	1000.0	1.519	1.519	7.54	0.09	206	0.571
10	9804	999.7	1.308	1.308	7.48	0.12	211	0.580
15	9798	999.1	1.140	1.141	7.41	0.17	214	0.589
20	9789	998.2	1.005	1.007	7.36	0.25	220	0.598
25	9778	997.1	0.894	0.897	7.26	0.33	222	0.607
30	9764	995.7	0.801	0.804	7.18	0.44	223	0.615
35	9749	994.1	0.723	0.727	7.10	0.58	224	0.623
40	9730	992.2	0.656	0.661	7.01	0.76	227	0.630
45	9711	990.2	0.599	0.605	6.92	0.98	229	0.637
50	9690	988.1	0.549	0.556	6.82	1.26	230	0.643
55	9666	985.7	0.506	0.513	6.74	1.61	231	0.649
60	9642	983.2	0.469	0.477	6.68	2.03	228	0.654
65	9616	980.6	0.436	0.444	6.58	2.56	226	0.659
70	9589	977.8	0.406	0.415	6.50	3.20	225	0.663
75	9560	974.9	0.380	0.390	6.40	3.96	223	0.667
80	9530	971.8	0.357	0.367	6.30	4.86	221	0.670
85	9499	968.6	0.336	0.347	6.20	5.93	217	0.673
90	9466	965.3	0.317	0.328	6.12	7.18	216	0.675
95	9433	961.9	0.299	0.311	6.02	8.62	211	0.677
100	9399	958.4	0.284	0.296	5.94	10.33	207	0.679

Anexo A14. Rugosidad para conductos comerciales [4].

		ε		
Material	Condición	ft	mm	Incertidumbre, %
Acero	Lámina metálica, nueva	0,00016	0,05	±60
	Inoxidable	0,000007	0,02	±50
	Comercial, nuevo	0,00015	0,046	±30
	Estriado	0,01	3,0	±70
	Oxidado	0,007	2,0	±50
Hierro	Fundido, nuevo	0,00085	0,26	±50
	Forjado, nuevo	0,00015	0,046	±20
	Galvanizado, nuevo	0,0005	0,15	±40
	Fundido asfáltico	0,0004	0,12	±50
Latón	Laminado	0,000007	0,002	±50
Plástico	Tubo laminado	0,000005	0,0015	±60
Vidrio	—	Liso	Liso	
Hormigón	Liso	0,00013	0,04	±60
	Rugoso	0,007	2,0	±50
Caucho	Liso	0,000033	0,01	±60
Madera	En duelas	0,0016	0,5	±40

Anexo A15. Selección de mangueras [51].



Solicitud

es una manguera muy versátil que se utiliza para la transferencia de productos químicos y controlará el 90% de sustancias químicas conocidas y productos derivados del petróleo tanto en aplicaciones de succión y descarga.

Construcción

Tubo - translúcido suave polietileno reticulado (XLPE)

Refuerzo - Una espiral de alambre de doble entre dos capas de cuerdas sintéticas de alta resistencia

Cover - Verde resistente de caucho EPDM química suave

Branding - raya blanca CHEM MAXX XLPE manguera de productos químicos 150 PSI

Rango de temperatura

-29 ° C a + 66 ° C (-20 ° F a + 150 ° F) o -29 ° C a + 82 ° C (-20 ° F a + 180 ° F) dependiendo del medio que se transporta

Las longitudes estándar

50 pies / 100 pies

notas

* Reducción de niveles de presión se recomienda a la manipulación de productos químicos, extremadamente corrosivos calientes. * Las presiones de operación que se muestran se basan en el uso de un acoplamiento de tipo permanente, tal como estampación o ampliado internamente. * Para calificar los acoplamientos tipo, la presión de trabajo debe reducirse al 65% de la presión se enumeran a continuación.

Especificaciones técnicas

Anexo A16. Selección de la bomba [52].

Algunas de sus características son:

- Impulsor en Noryl®
- Succión y Descarga : 1"x1"
- Flujo máximo de 12 GPM
- Construcción en acero inoxidable resistente a la corrosión, para años de servicio y confiabilidad
- Incluye interruptor de presión pre-configurado de fábrica que proporciona 30/50 PSI con apagado automático
- Motor de uso rudo de 3/4hp en 115V
- Diseño de motor TEFC para una conexión sencilla a una fuente de corriente residencial
- Avalada con un 1 año de garantía



Anexo A17. Selección de acumulador o tanque [53].



Tanques Hidroneumáticos de Diafragma

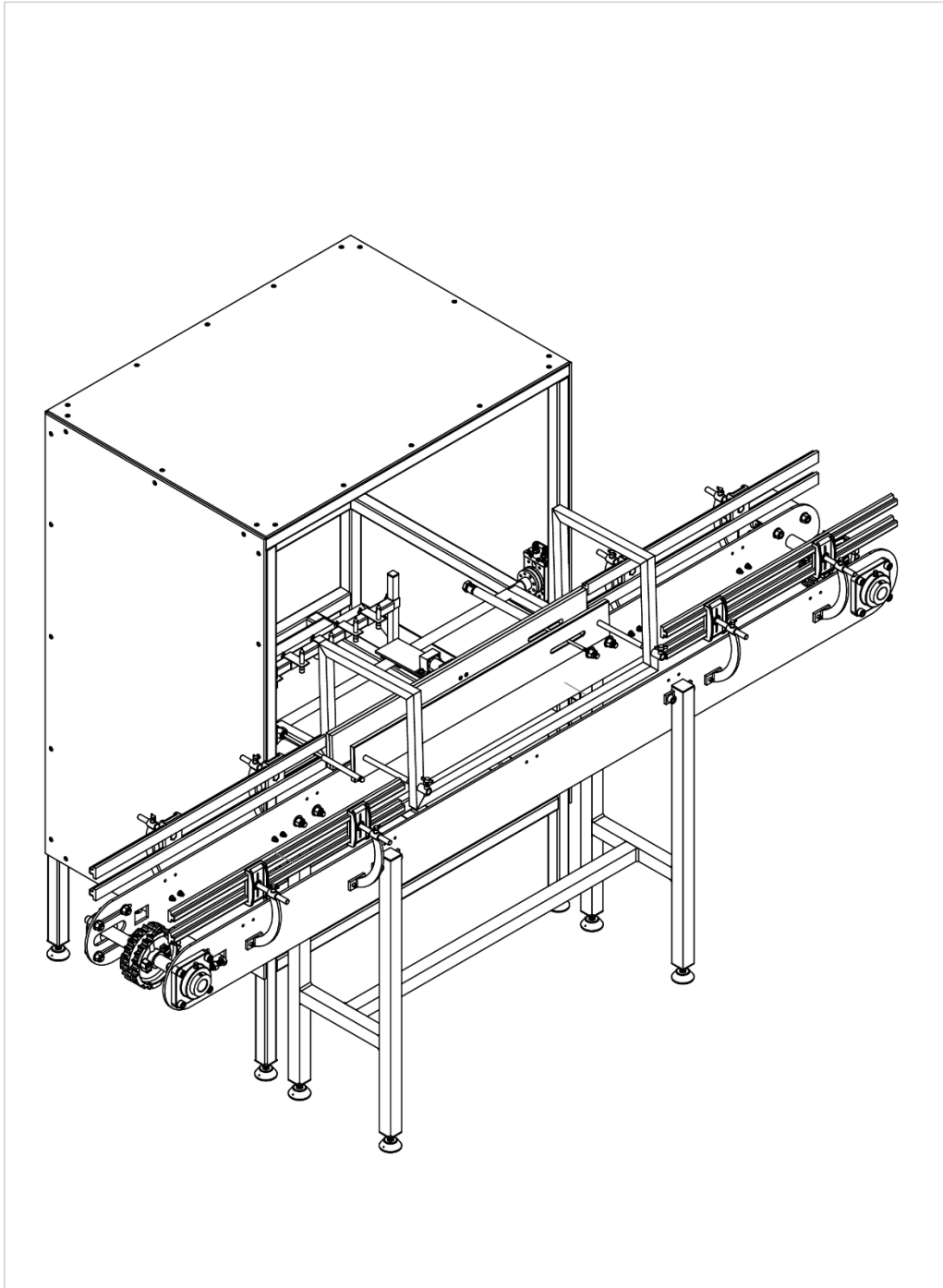
Aplicaciones



- Suministro de Agua
- Agua Caliente
- HVAC

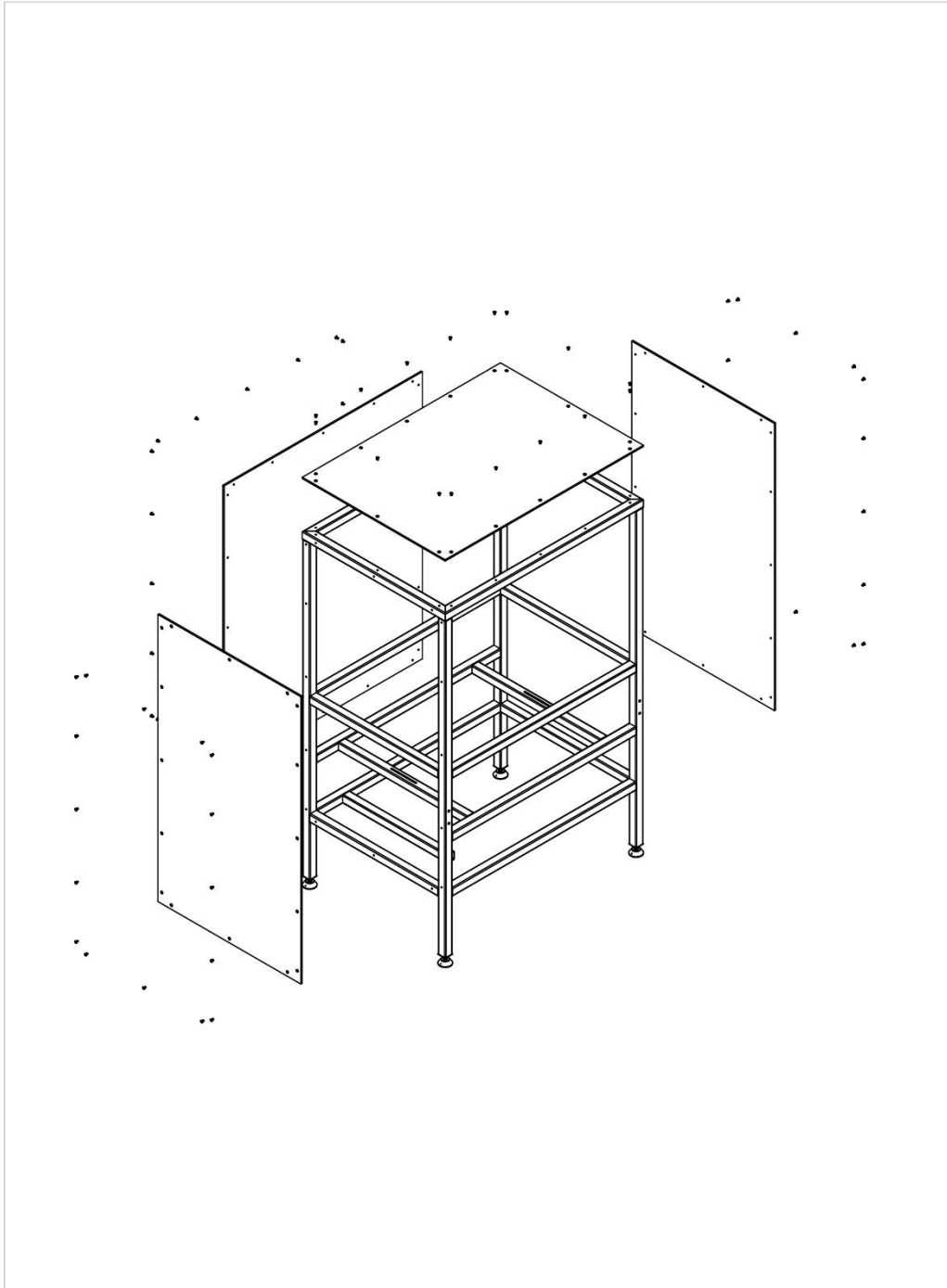
Anexo A18. Selección de compresor [54].



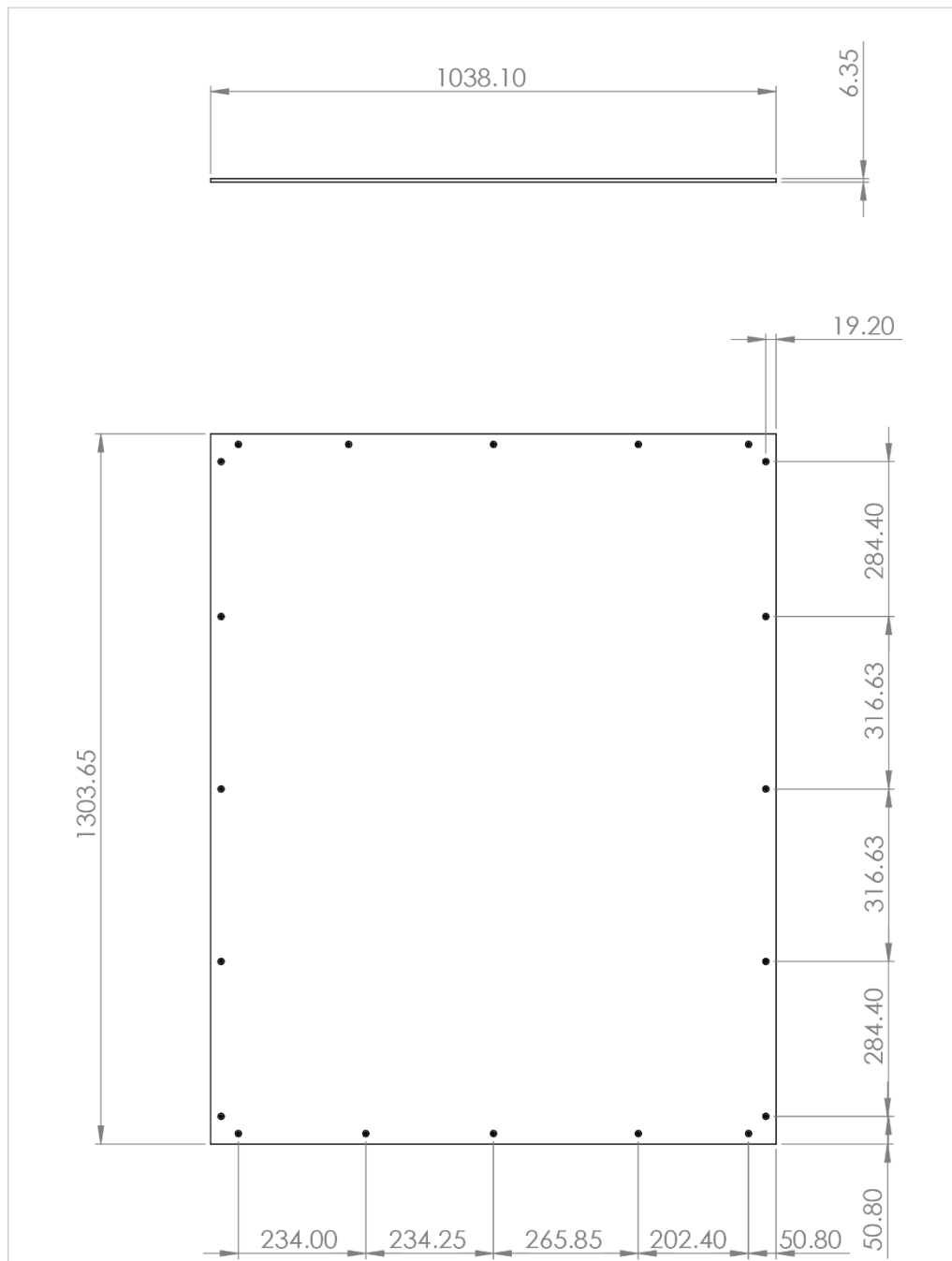
ANEXO B: PLANOS DE FABRICACIÓN





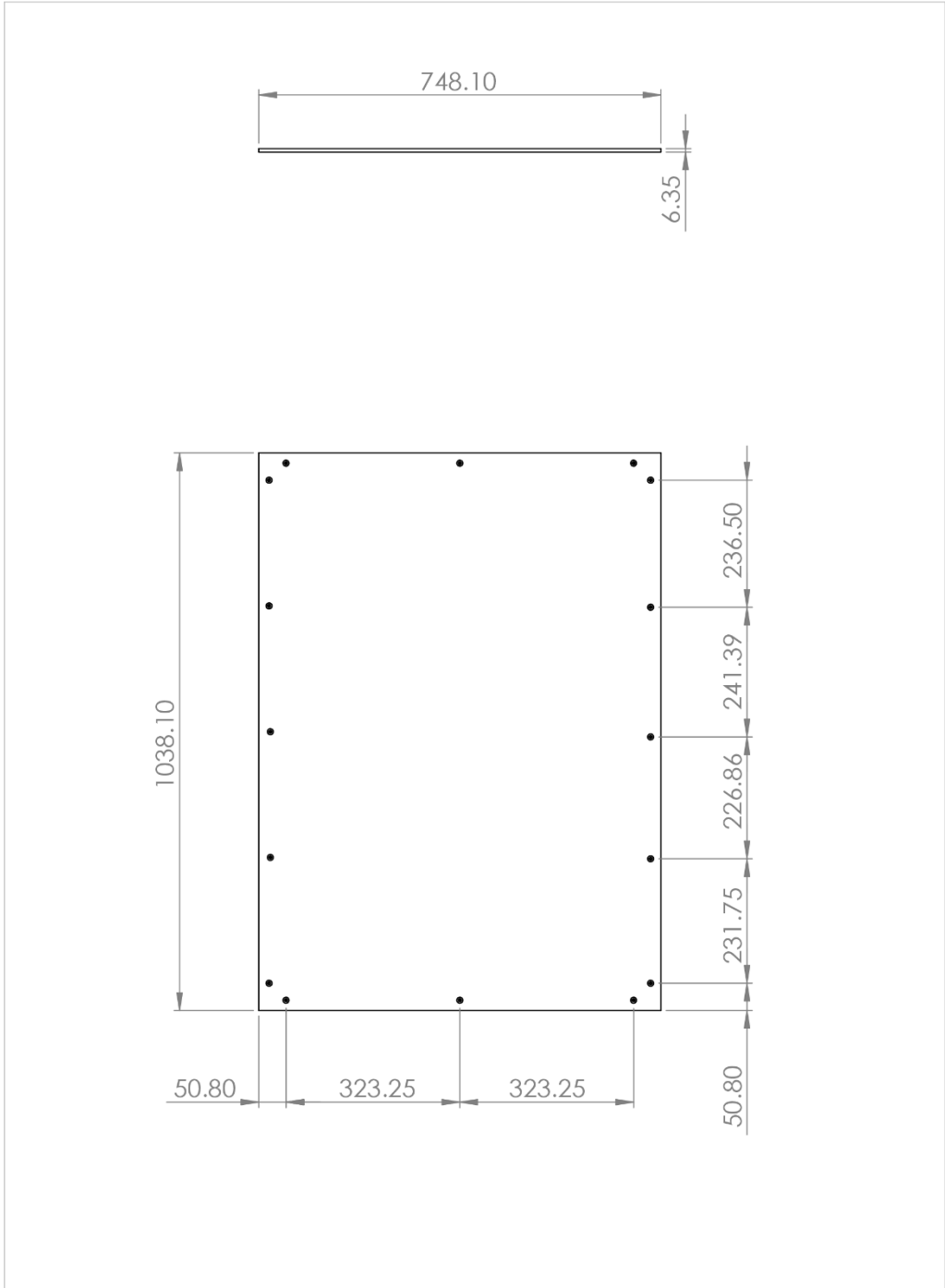
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 1/29
1:13	DISEÑARON: MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA	14/07/24		 MATERIAL CANTIDAD 1
	UNIDADES: MILIMETROS	REVISÓ: ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET NOMBRE: CONJUNTO: LAVADORA DE ENVASES	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	





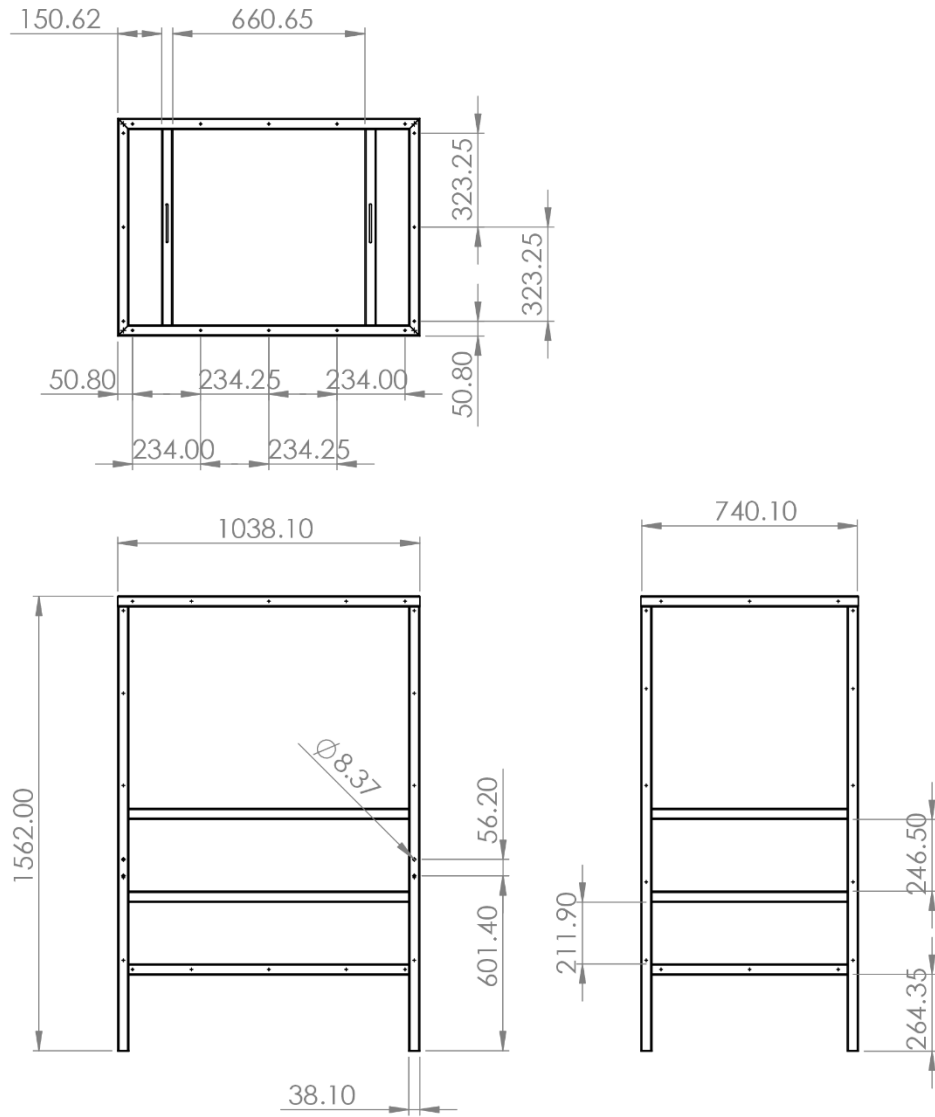
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 2/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24
1:20	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ	14/07/24	 MATERIAL	FORMATO
UNIDADES: MILIMETROS	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
	NOMBRE:	SUBCONJUNTO 1: CUBIERTAS DE BANCADA		CANTIDAD 1	





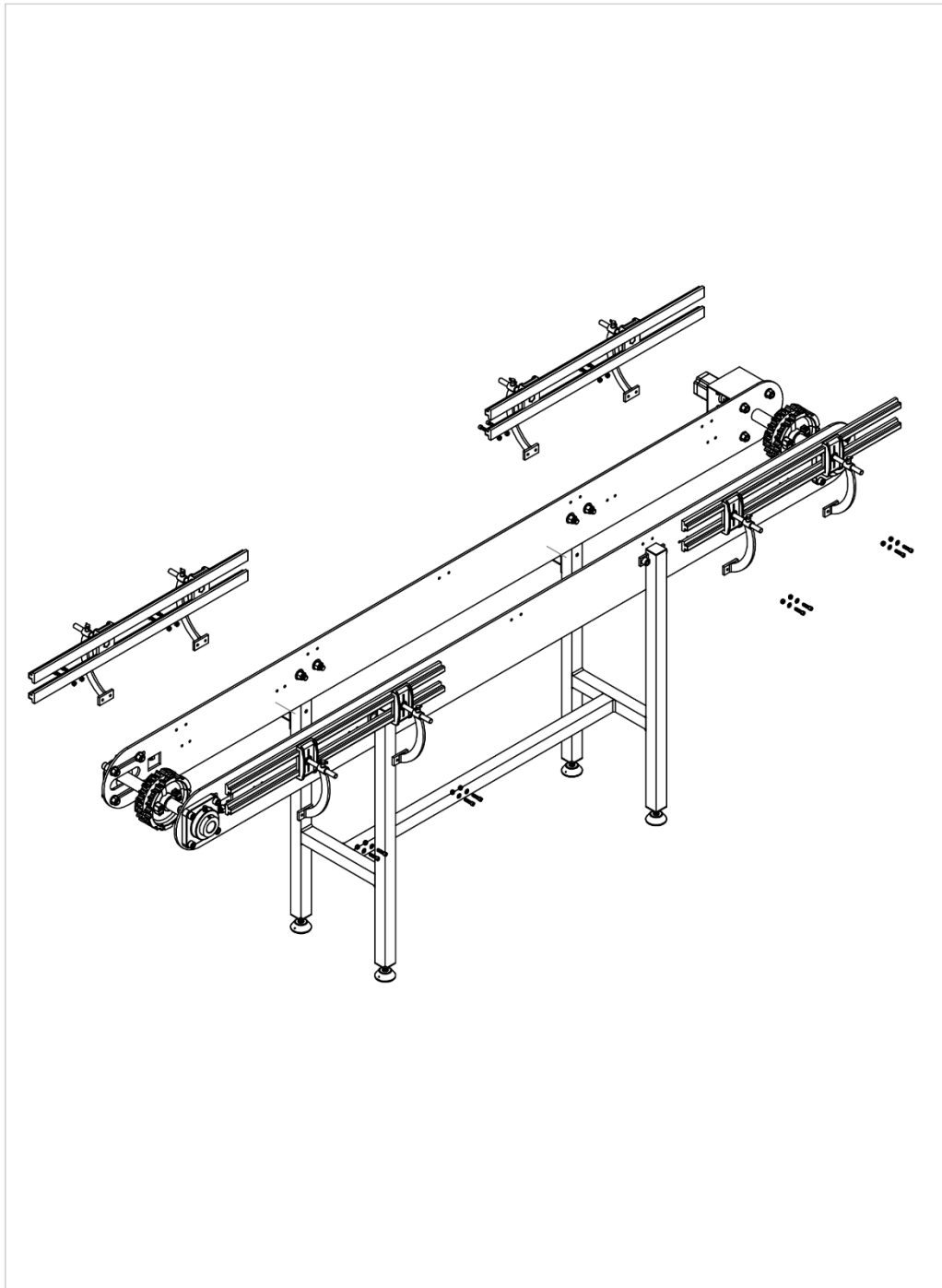
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	HOJA 3/29
1:10	DISEÑARON: MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA	14/07/24		CÓDIGO
	REVISÓ: LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			
	REVISÓ: ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ	14/07/24		
UNIDADES: MILIMETROS	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET	 MATERIAL CANTIDAD 1	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA FORMATO A4	





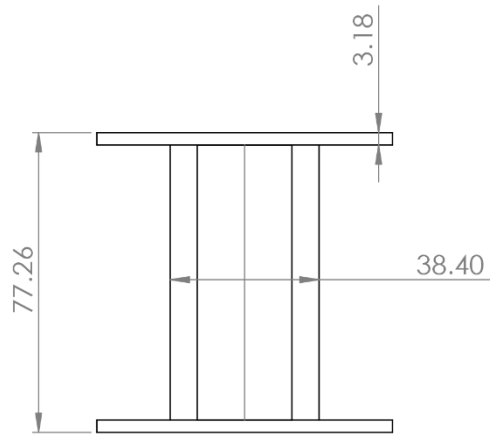
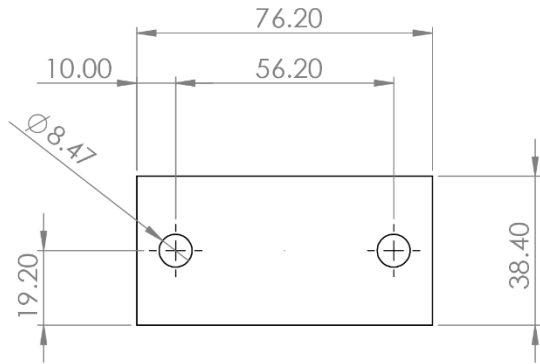
ESCALA	DISEÑARON:	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24		UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 4/29
	REVISÓ:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA				14/07/24
1:10	TRABAJO DE GRADUACIÓN:	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO A4	
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	DETALLE 1.2: TAPA LATERAL	MATERIAL CANTIDAD 2			





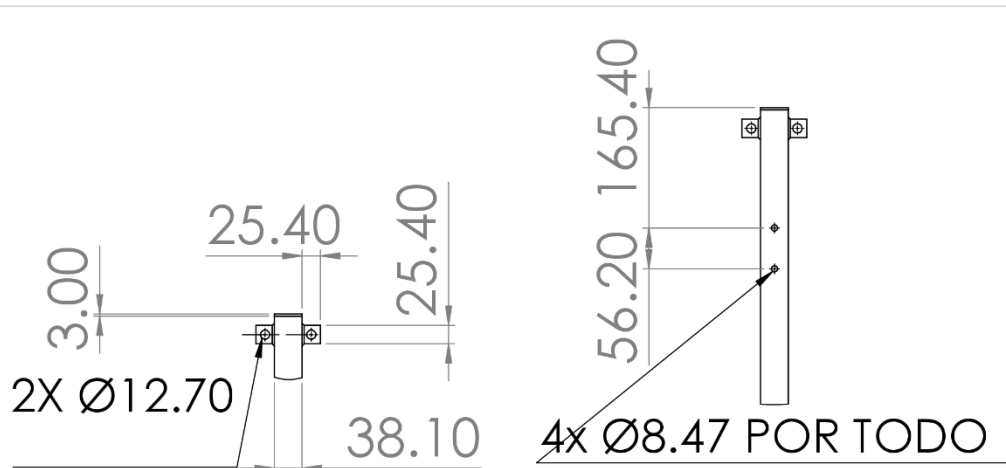
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 5/29
1:20	DISEÑARON: MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA	14/07/24		CÓDIGO
	REVISÓ: ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ			
UNIDADES: MILIMETROS	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET	 MATERIAL CANTIDAD 1	ESCUOLA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO A4



ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 6/29
1:14	DISEÑARON: MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA	14/07/24		 MATERIAL CANTIDAD 1
	UNIDADES: MILIMETROS	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET NOMBRE: SUBCONJUNTO 2: GUIAS LATERALES CON BANDA	ESCUOLA DE INGENIERÍA MECÁNICA	

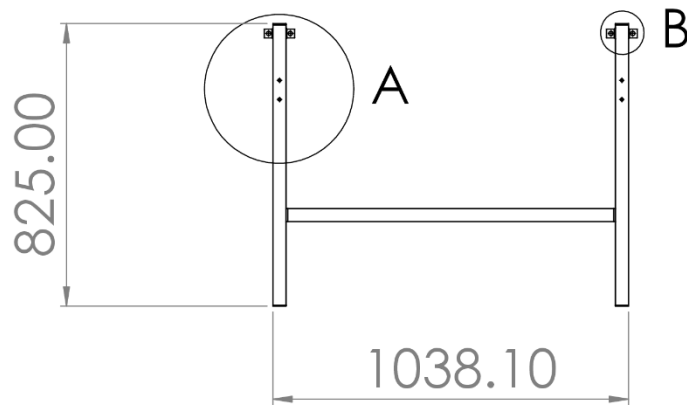
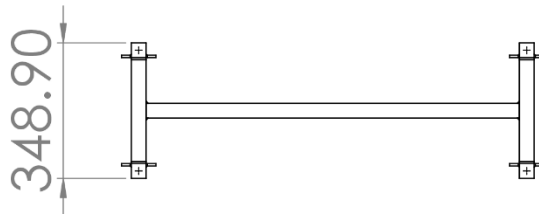





ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 7/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24
1:1	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ	 MATERIAL	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO A4
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE: DETALLE 2.1: SOPORTE BANCADA-BANDA				

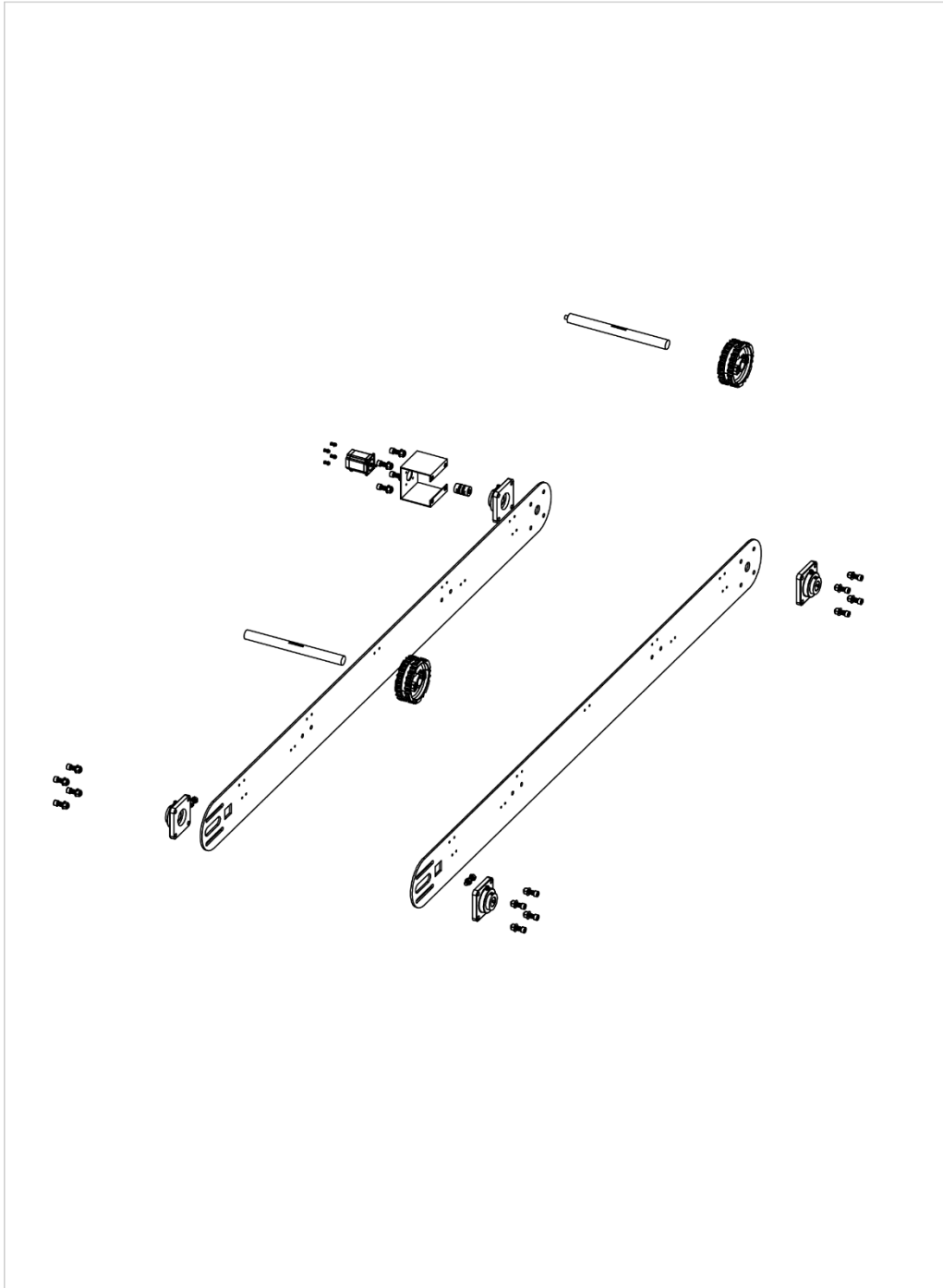




DETALLE B
ESCALA 1 : 8

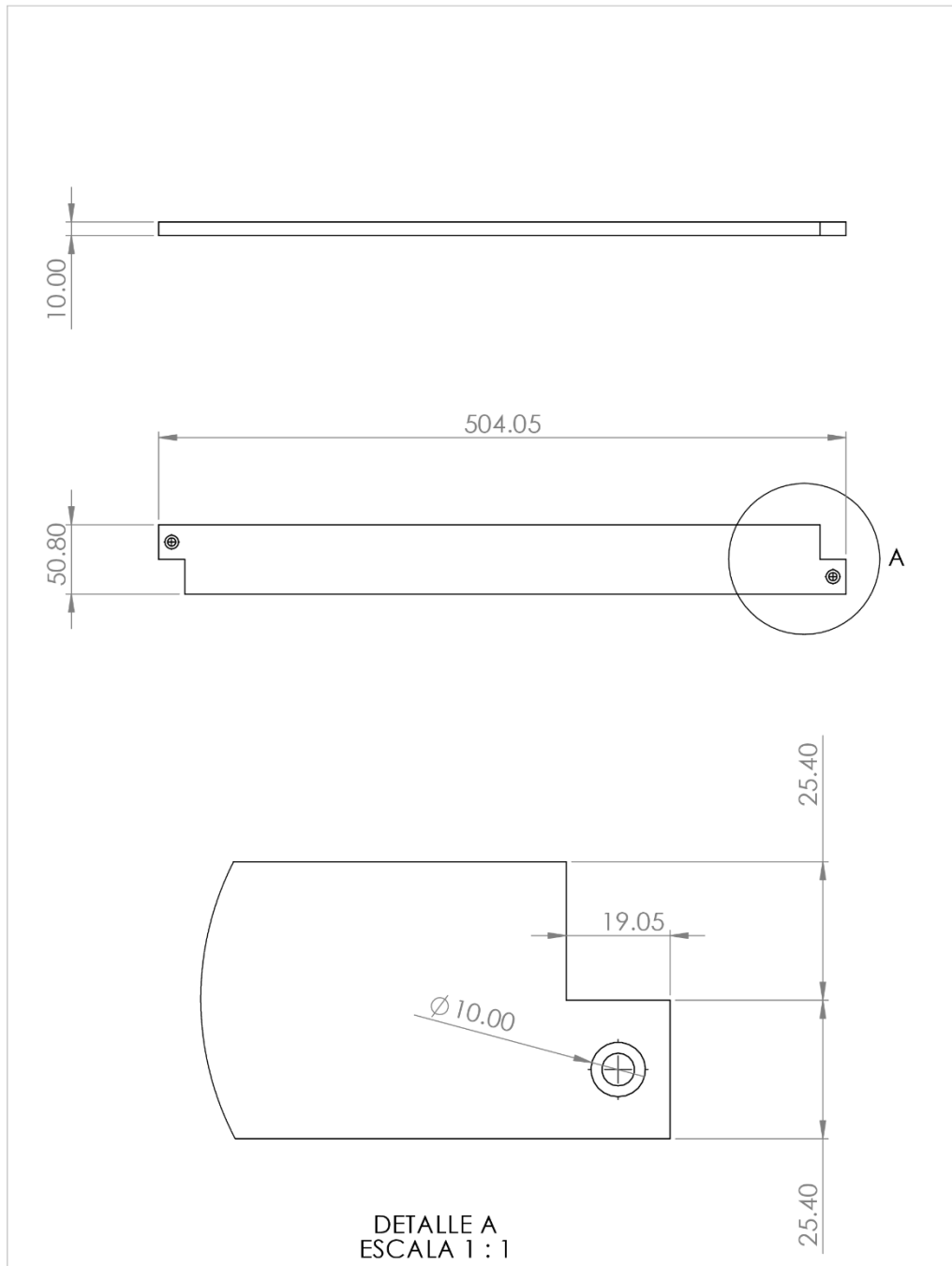
DETALLE A
ESCALA 1 : 8






ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 8/29
1:18	DISEÑARON: MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA	14/07/24		CÓDIGO
	REVISÓ: ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ			
UNIDADES: MILIMETROS	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET	 MATERIAL CANTIDAD 1	 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO A4

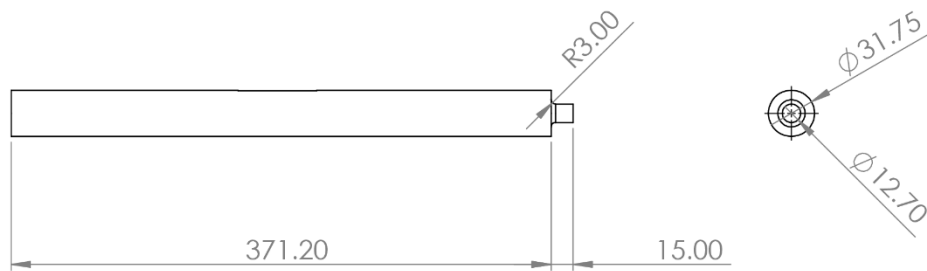




ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	HOJA 9/29
1:18	DISEÑARON: MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA	14/07/24		CÓDIGO
	REVISÓ: LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA	14/07/24		
UNIDADES: MILIMETROS	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET	 MATERIAL CANTIDAD 1	FORMATO A4	

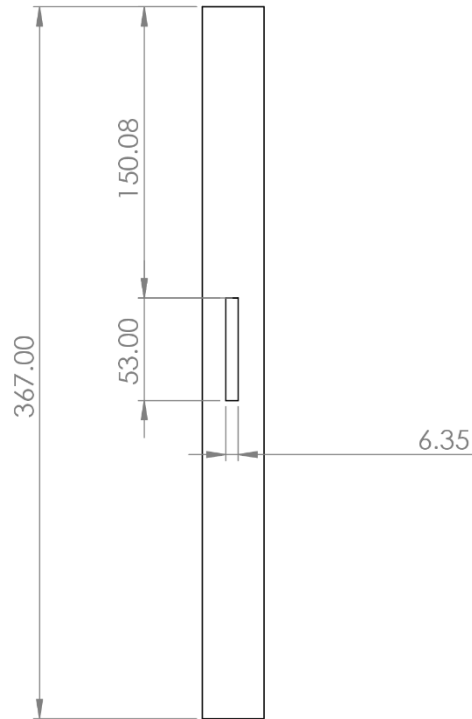
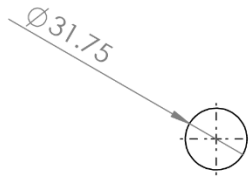




DETALLE A
ESCALA 1 : 1

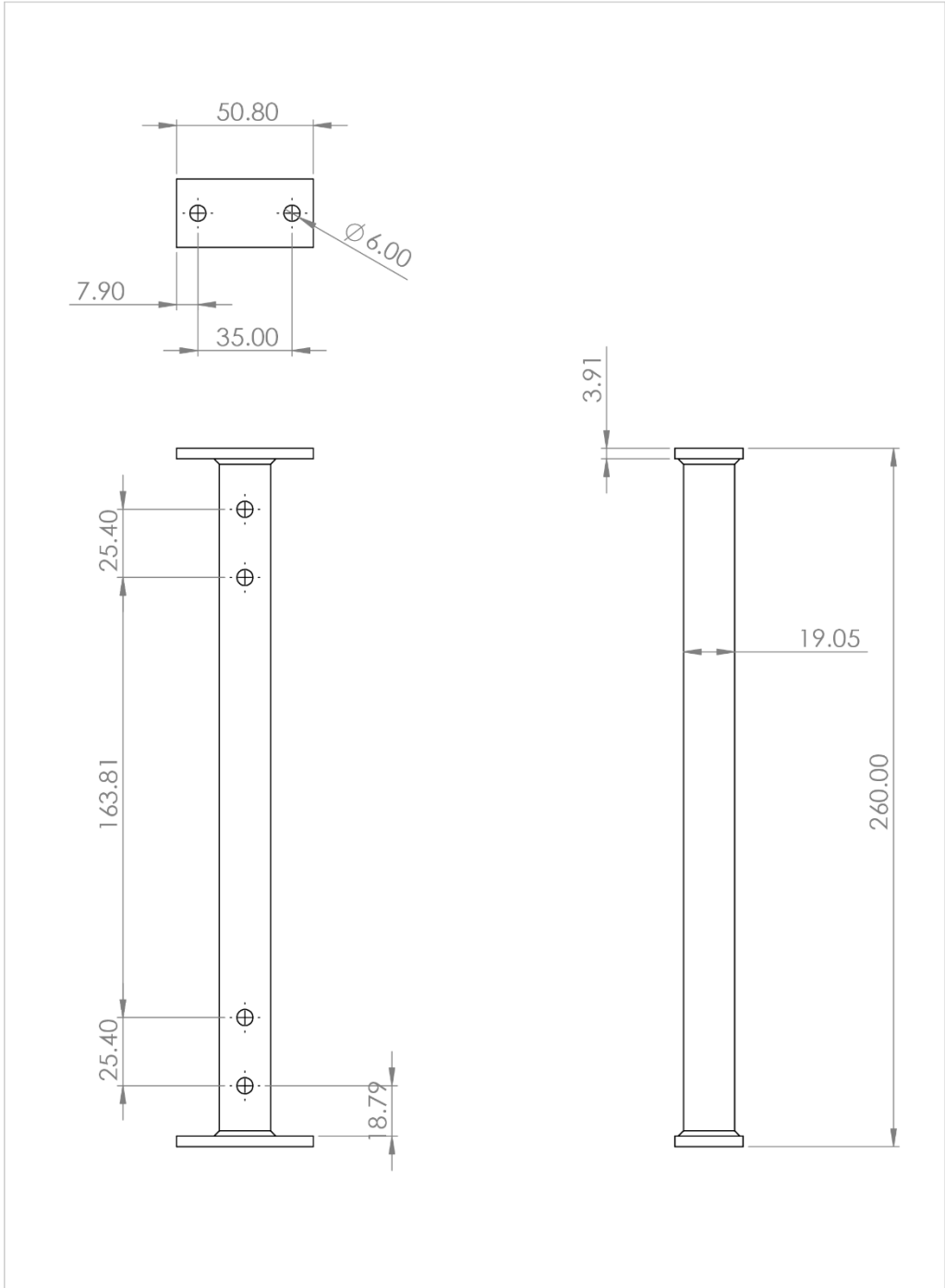
ESCALA	DISEÑARON:	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24		UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	HOJA 10/29
	REVISÓ:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
1:5	TRABAJO DE GRADUACIÓN:	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET			ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO A4
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	DETALLE 3.1: SOPORTES LONGITUDINALES DESLIZANTES	MATERIAL			





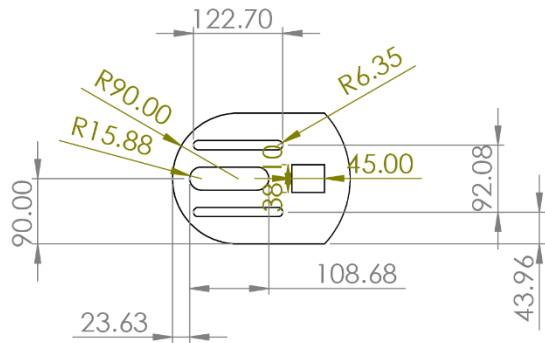
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 11/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24
1:5	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO A4
UNIDADES: MILIMETROS	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET NOMBRE: DETALLE 3.2: EJE CONDUCCION BANDA TRANSPORTADORA		MATERIAL		
			CANTIDAD 1		



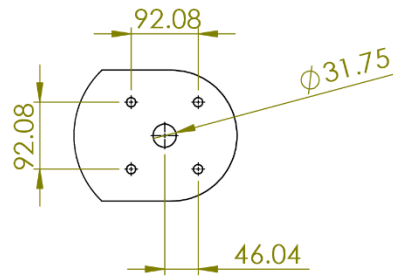
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 12/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24
1:5	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ			
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:		MATERIAL	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO A4
	DETALLE 3.3: EJE CONDUCTOR BANDA TRANSPORTADORA		CANTIDAD 1		



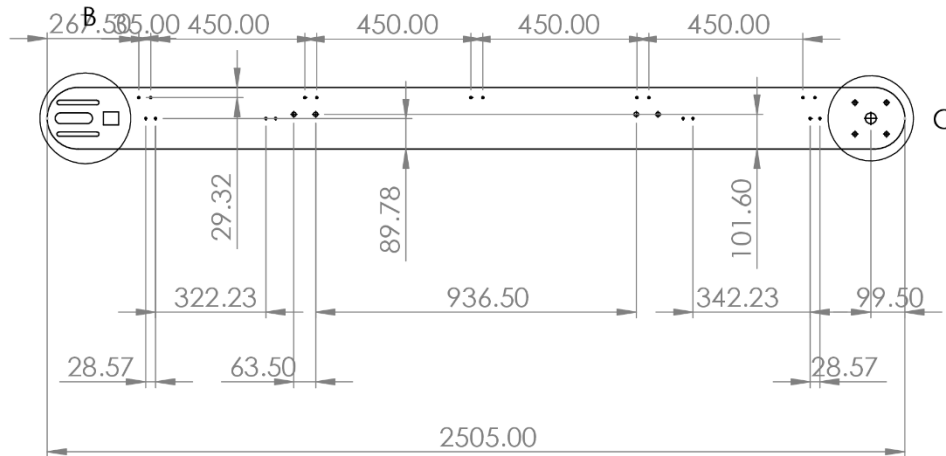
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24		UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	HOJA 13/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	CÓDIGO
1:2	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ	14/07/24		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO A4
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET		MATERIAL			
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE: DETALLE 3.4: BASE DE GUÍAS DESLIZANTES		CANTIDAD 4			




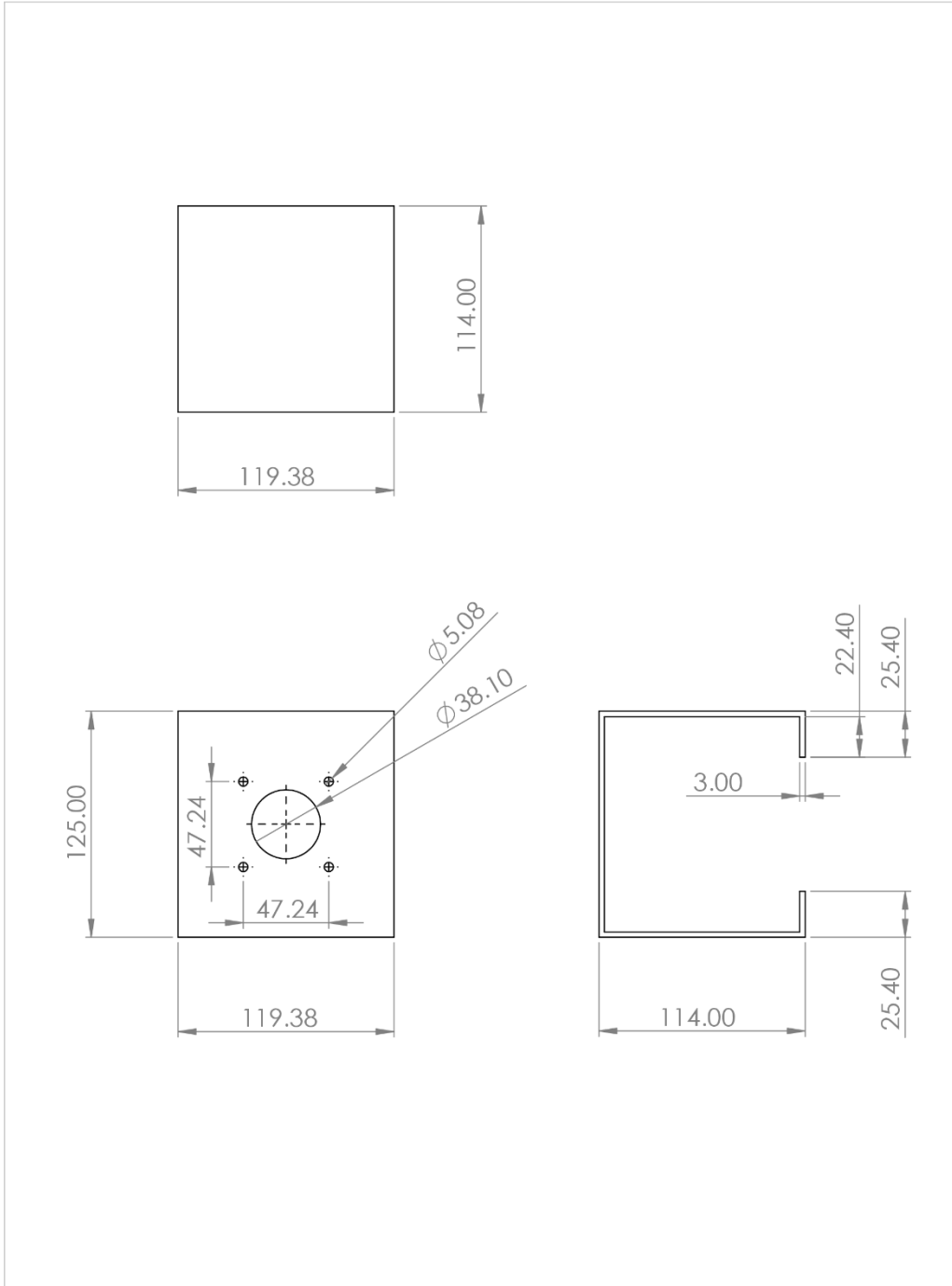
DETALLE B
ESCALA 1 : 8





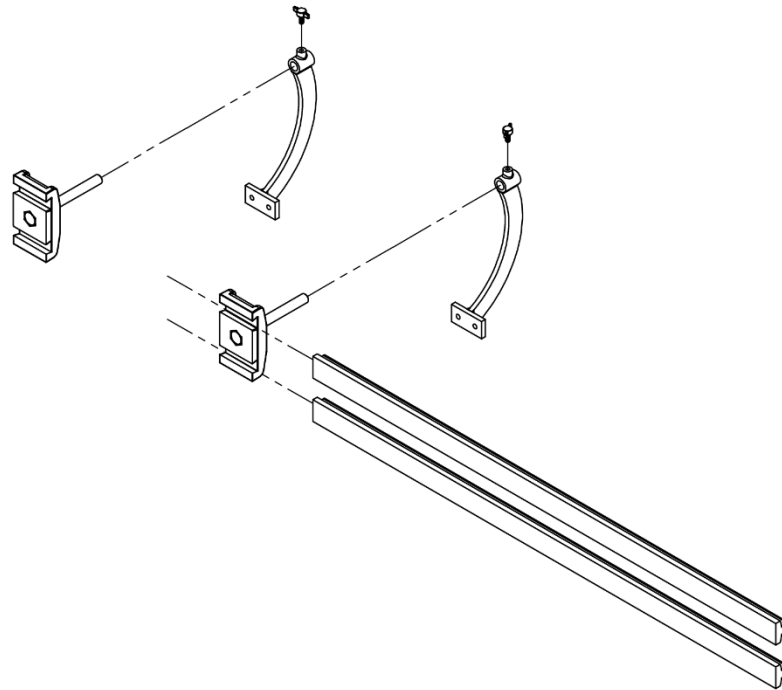
DETALLE C
ESCALA 1 : 8





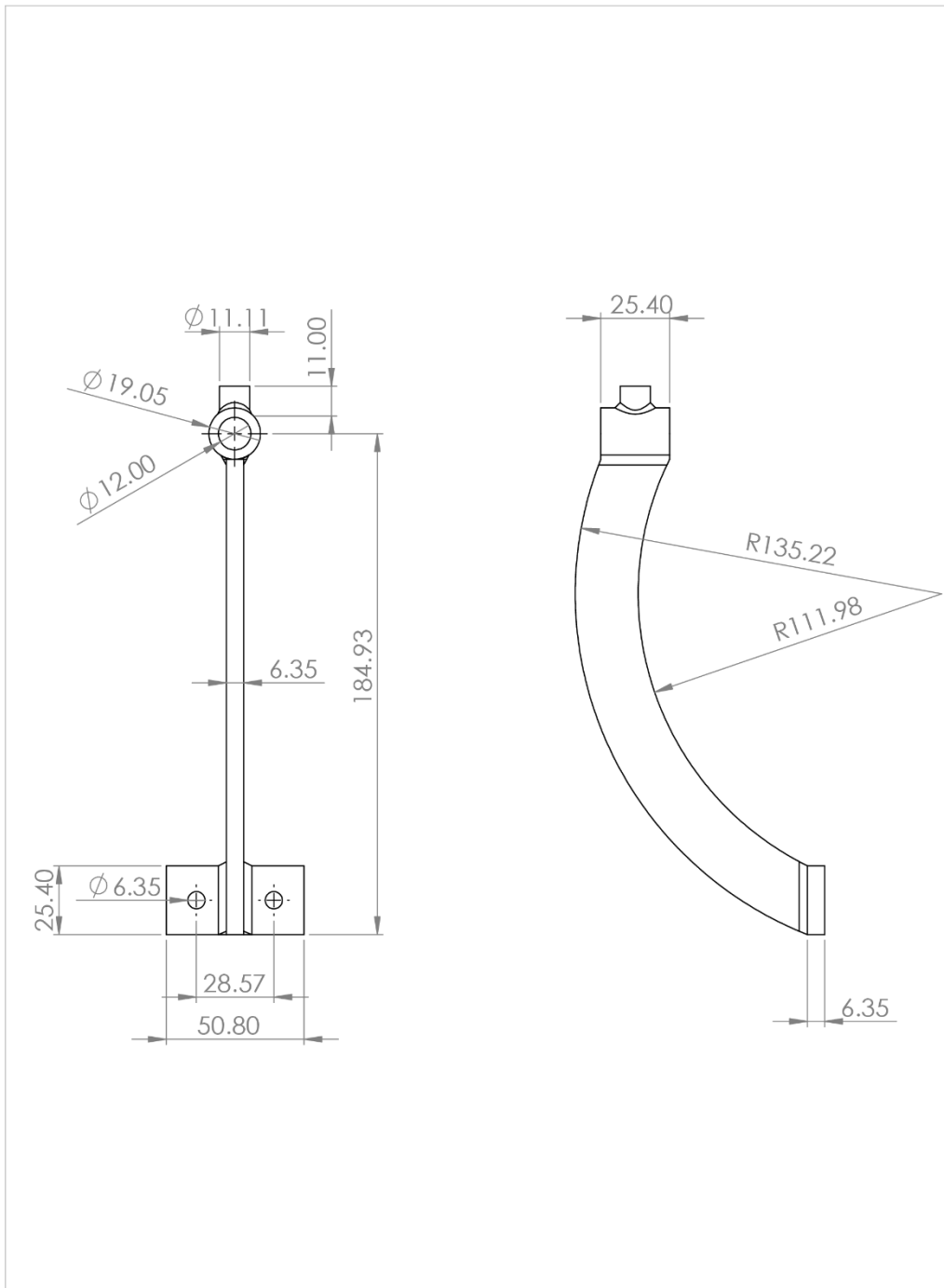
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	HOJA 14/29
1:17	DISEÑARON: MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA	14/07/24		 MATERIAL
	REVISÓ: ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ			
UNIDADES: MILIMETROS	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	A4
	NOMBRE: DETALLE 3.5: SOPORTE DE BANDA LATERAL DE TRANSPORTE	CANTIDAD 2		




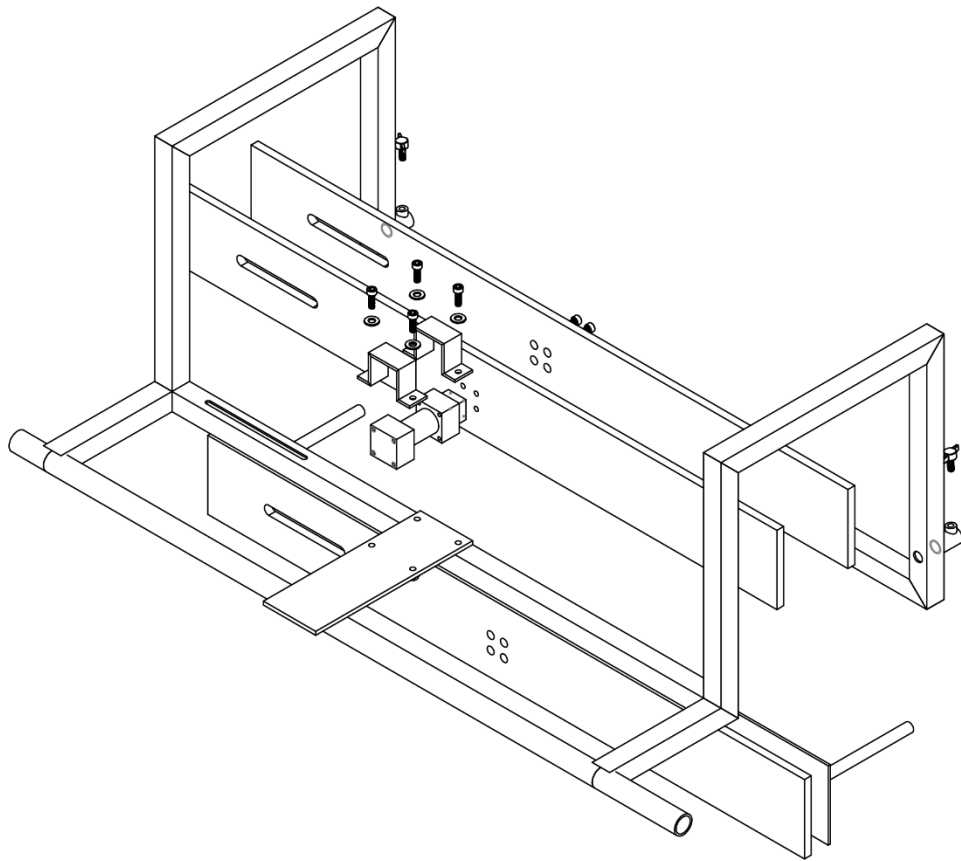
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 15/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24
1:5	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ			
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET			ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE: DETALLE 3.6: BASE DE MOTOR.BANDA TRANSPORTADORA		MATERIAL		A4
			CANTIDAD 1		





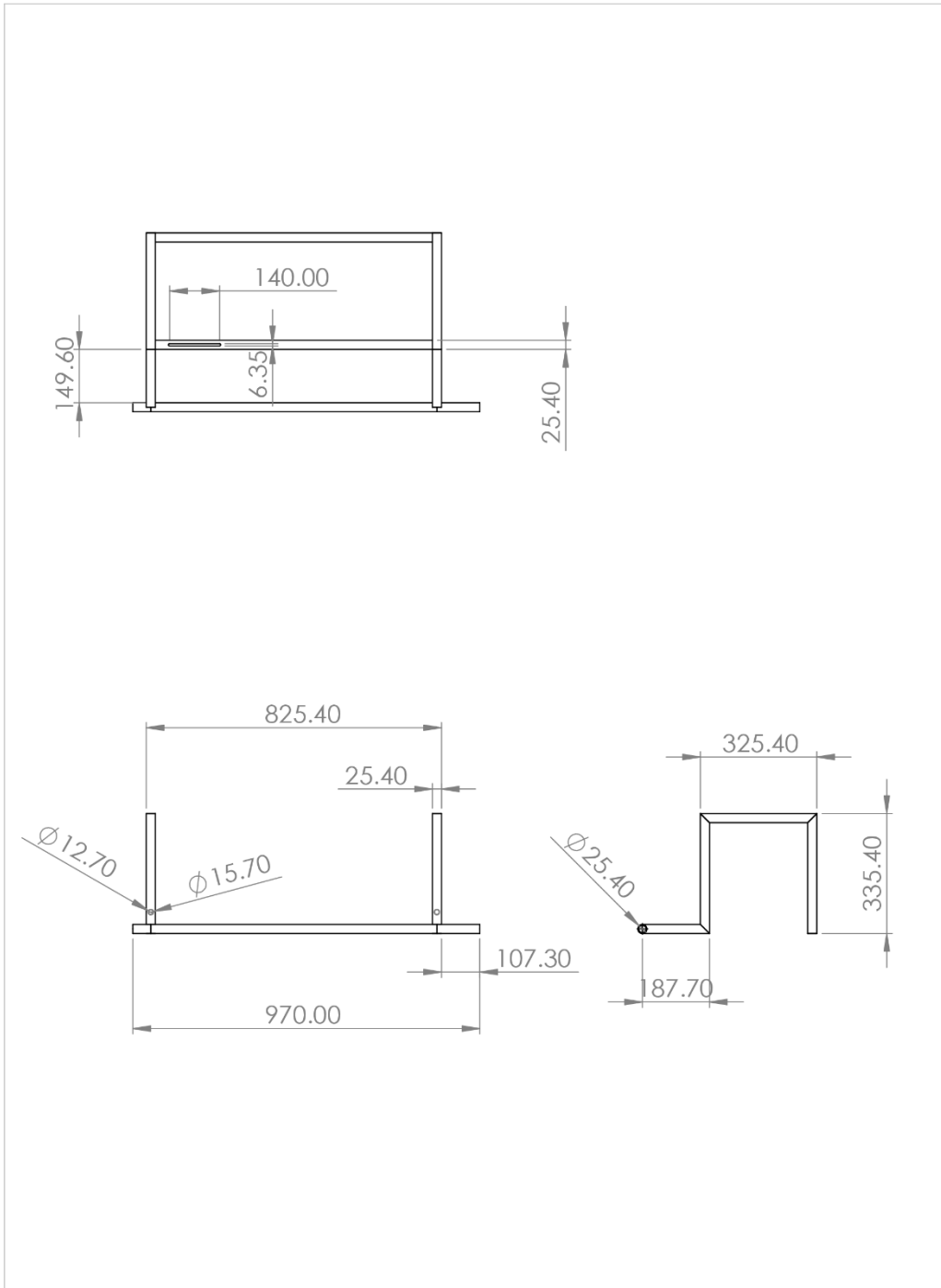
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	HOJA 16/29
1:7	DISEÑARON: MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA	14/07/24		CÓDIGO
	REVISÓ: ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ	14/07/24		
UNIDADES: MILIMETROS	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET	 MATERIAL CANTIDAD 4	FORMATO A4	





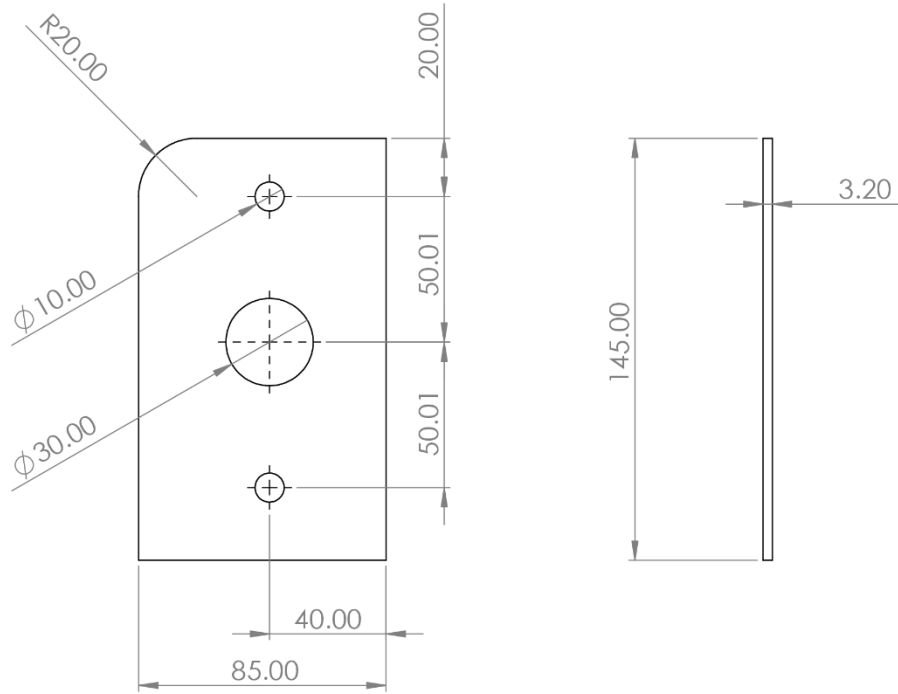
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 17/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			CÓDIGO
1:2	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ	14/07/24		FORMATO
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	DETALLE 4.1: BASE DE GUIA DESLIZANTE LATERAL		MATERIAL	A4
			CANTIDAD 8		





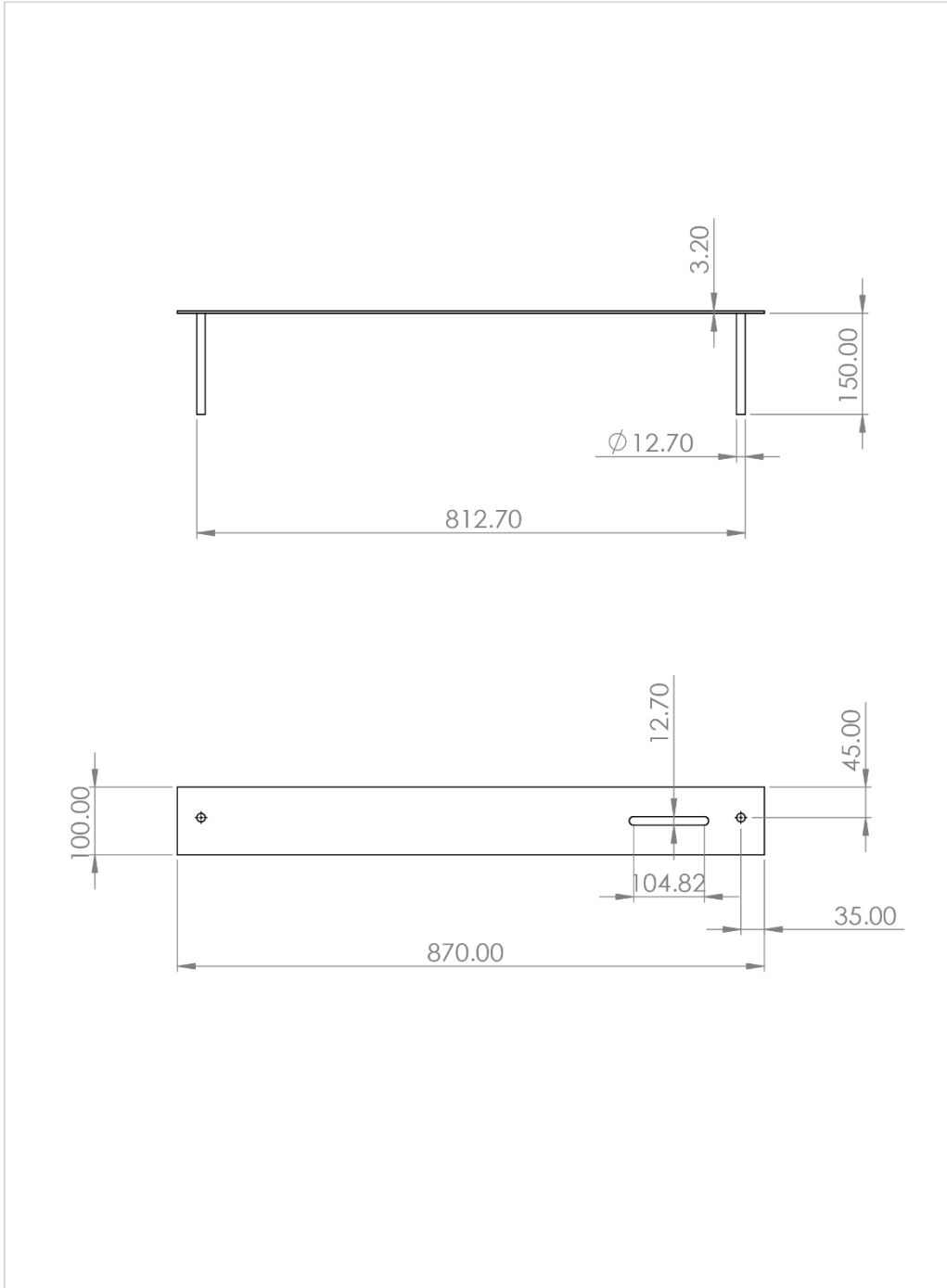
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 18/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24
1:6	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	SUBCONJUNTO 5: SISTEMA DE VOLTEO	CANTIDAD 1		






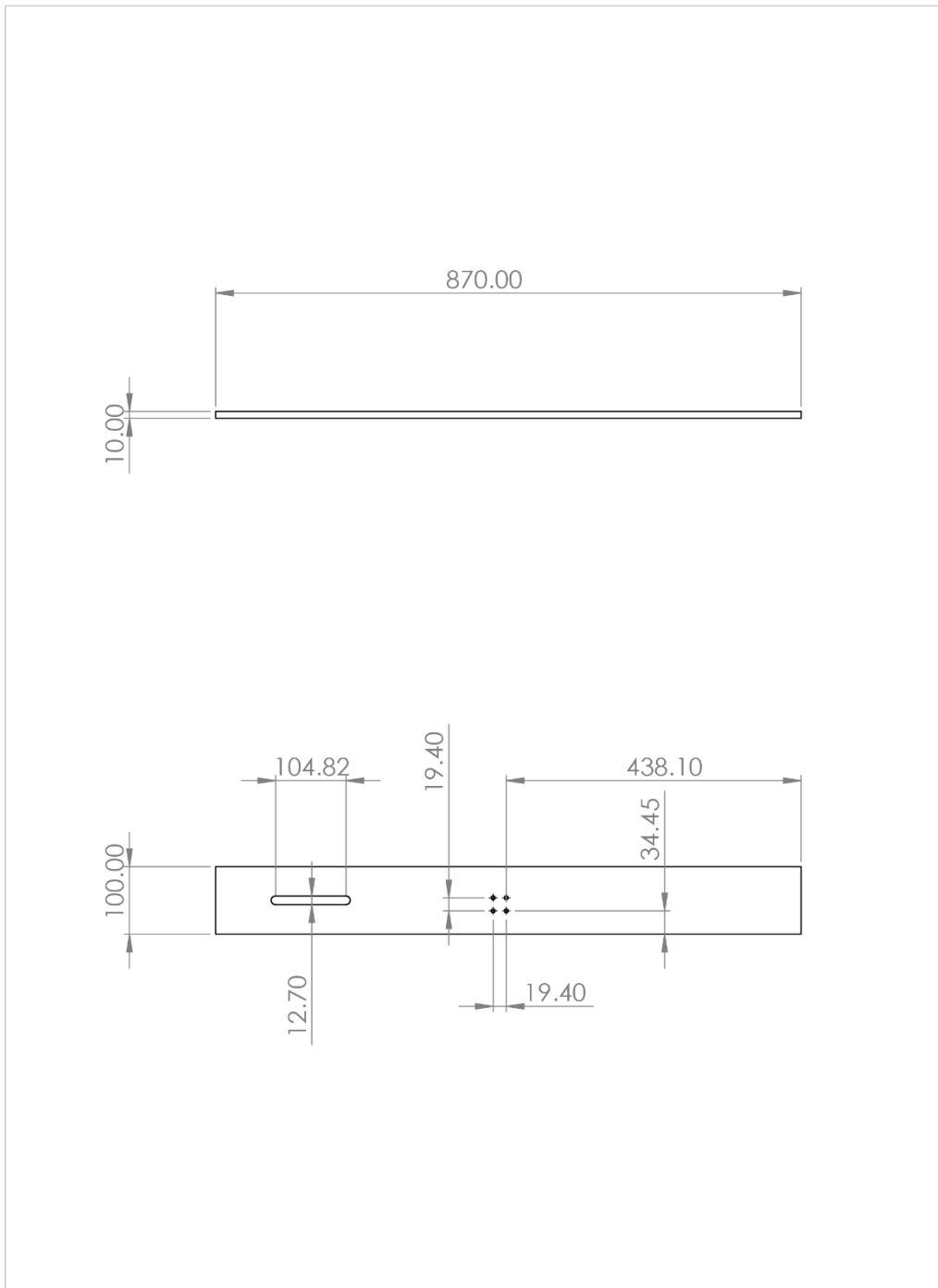
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 19/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			CÓDIGO
1:20	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ	14/07/24		FORMATO
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	DETALLE 5.1: BASE DE VOLTIO	MATERIAL	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
			CANTIDAD 1		



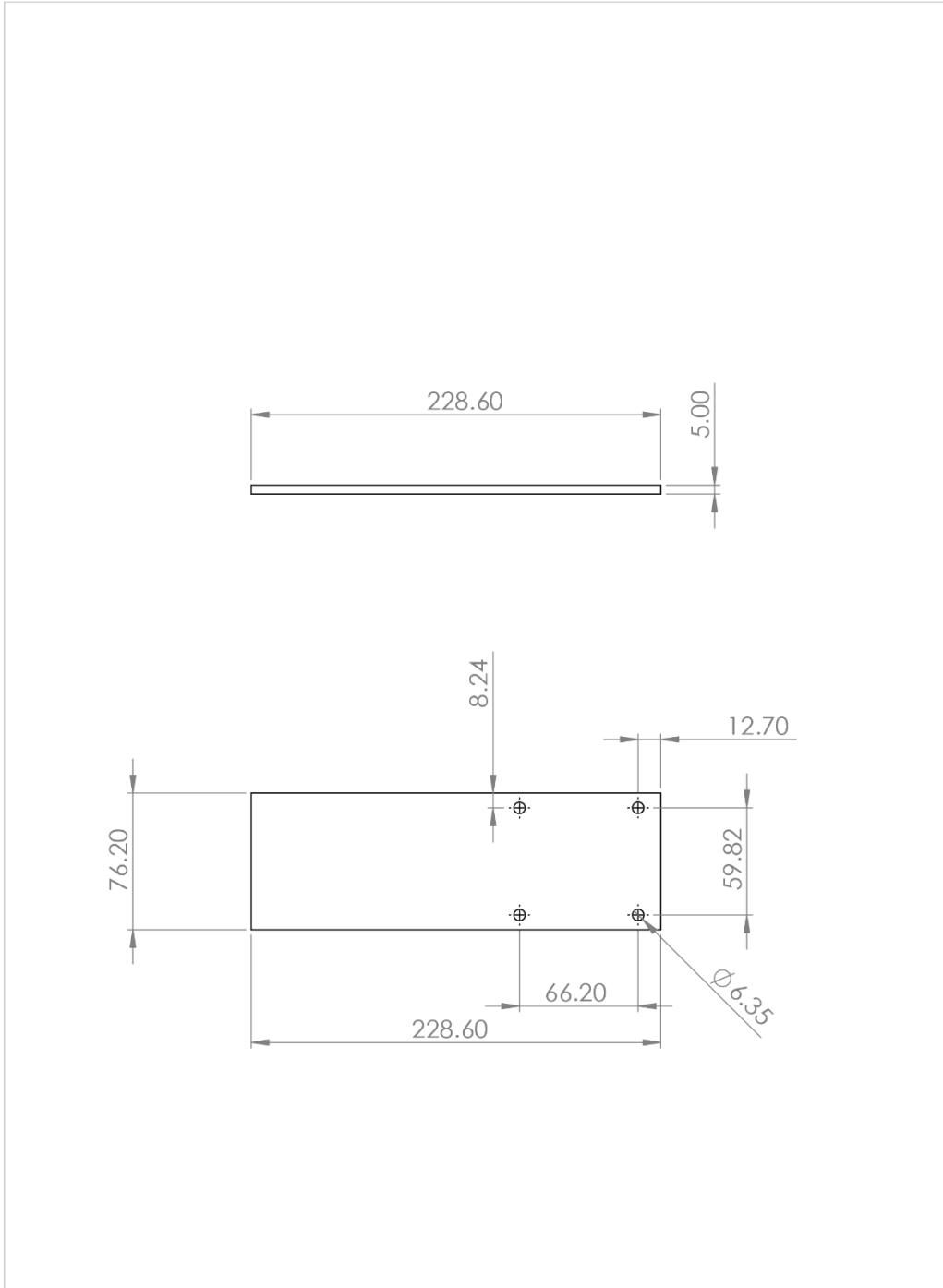
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 20/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			CÓDIGO
1:2	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ	14/07/24		FORMATO
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	DETALLE 5.2: SOPORTE DE CHUMACERA		MATERIAL	
			CANTIDAD 1		





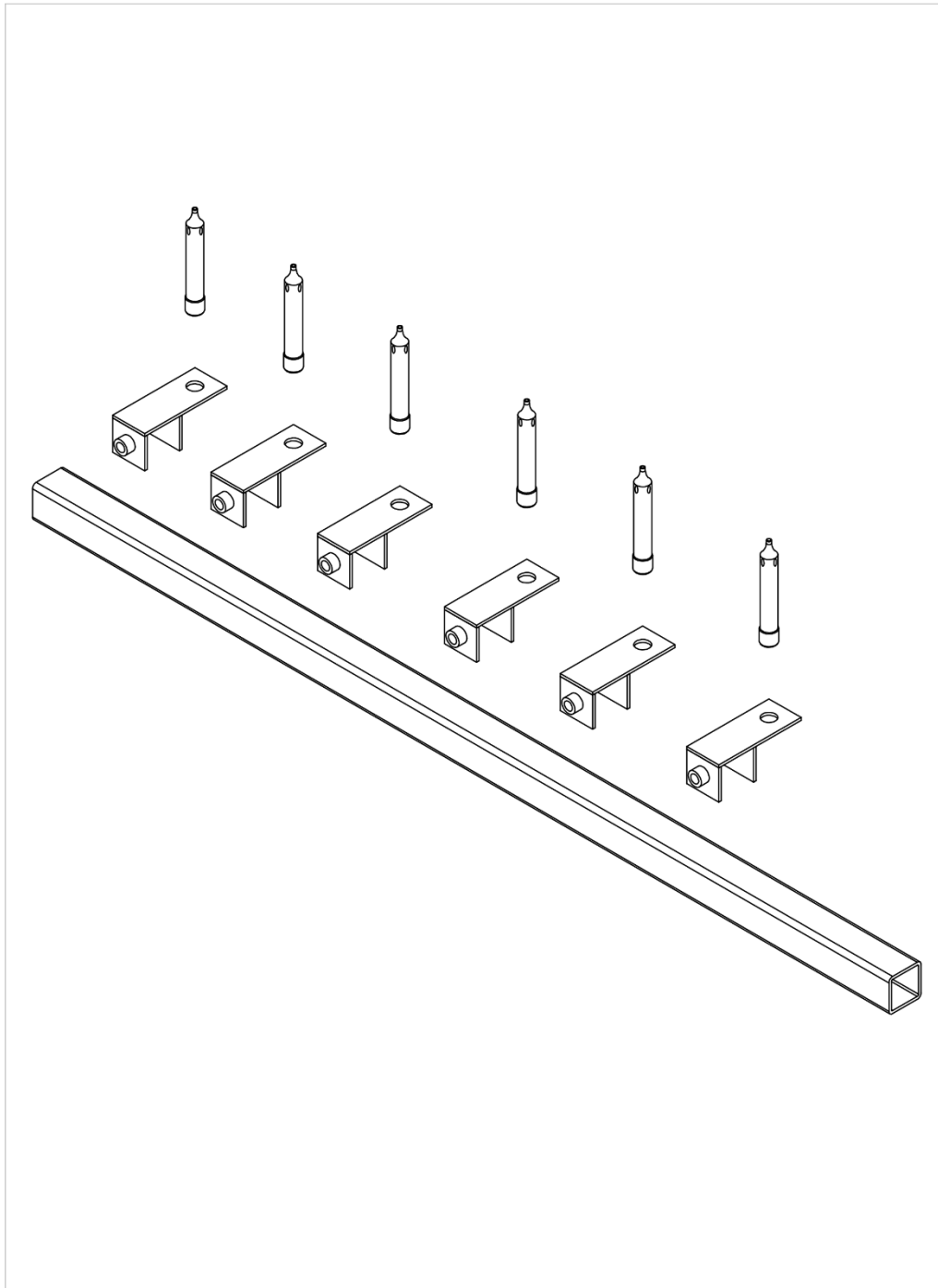
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 21/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24
1:10	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ			
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE: DETALLE 5.3: MORDAZA DERECHA DE PRENSA		MATERIAL	 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO
			CANTIDAD 1		A4





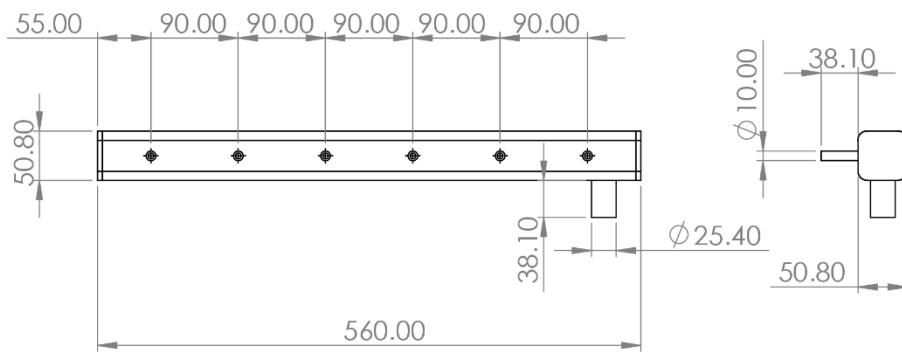
ESCALA	DISEÑARON:	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24		UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR	HOJA 22/29	
		MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA				FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	CÓDIGO
1:10	REVISÓ:	LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA	14/07/24			ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO
	TRABAJO DE GRADUACIÓN:						
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:		MATERIAL				
	DETALLE 54: MORDAZA MÓVIL		CANTIDAD 1			A4	






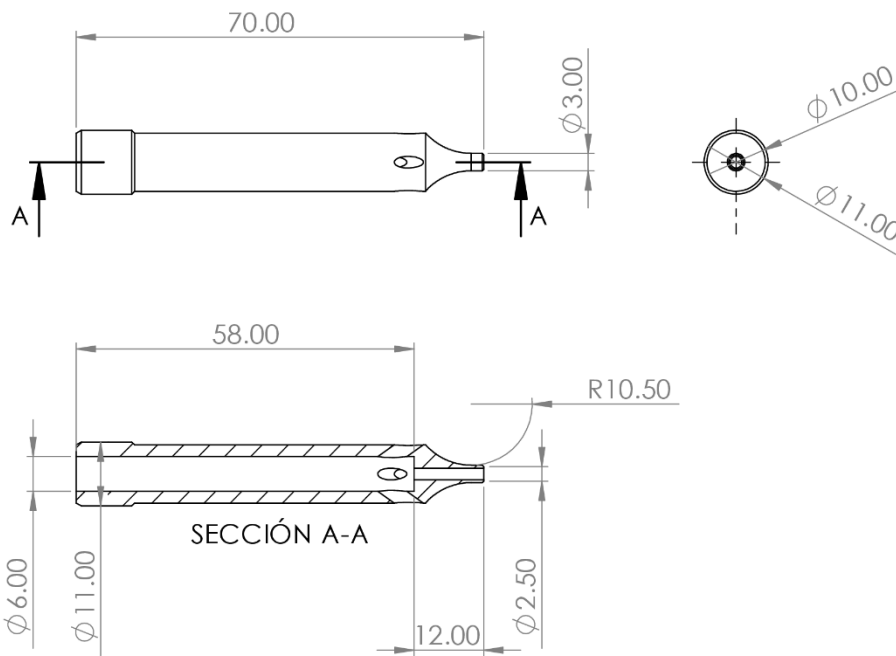
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 23/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24
1:5	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	BASE DE CILINDRO	CANTIDAD XX		




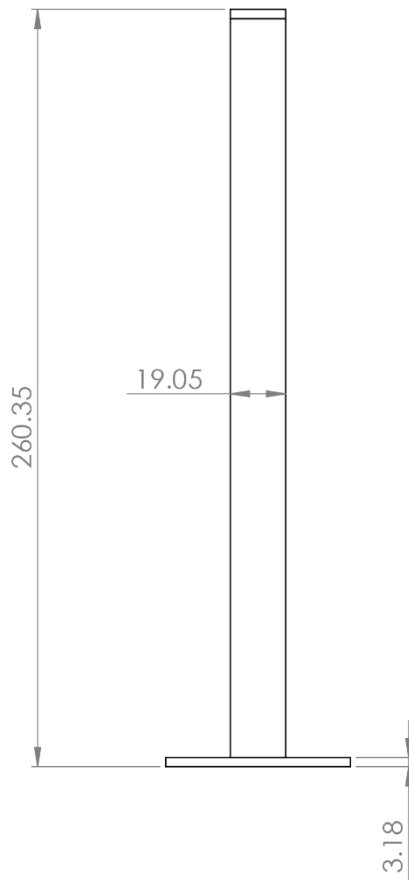
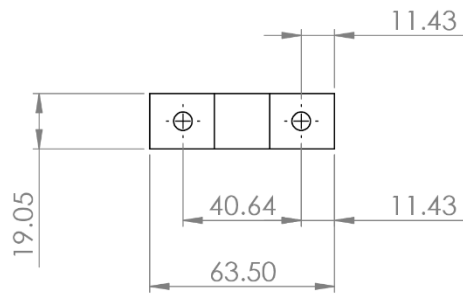
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 24/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24
1:3	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	CONJUNTO 6. SISTEMA DE INYECCION	CANTIDAD 1		





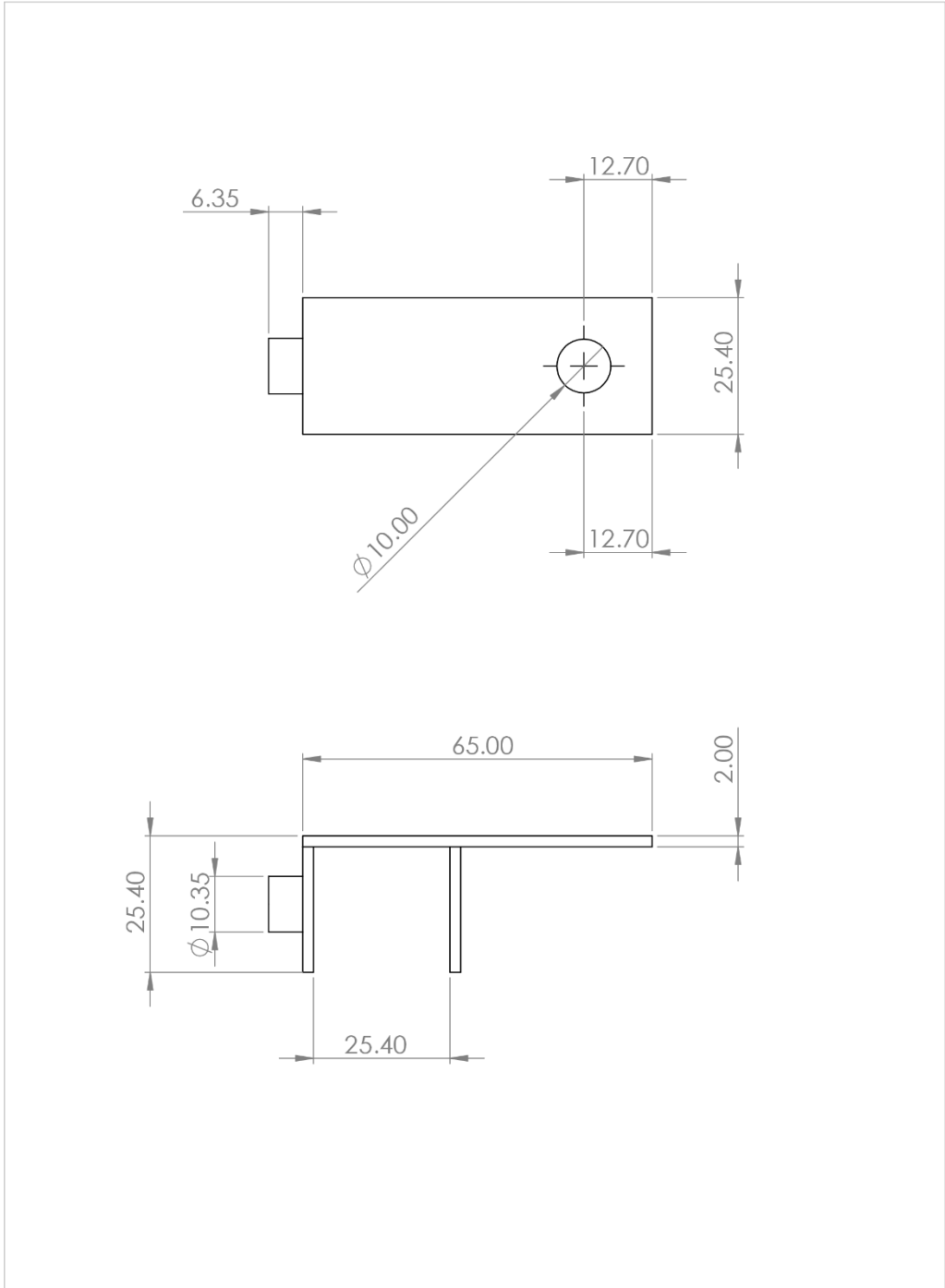
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24		UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 25/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA				14/07/24
1:10	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ				
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET					
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	DETALLE 6.1: MANIFOLD	MATERIAL		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO
			CANTIDAD 1			A4





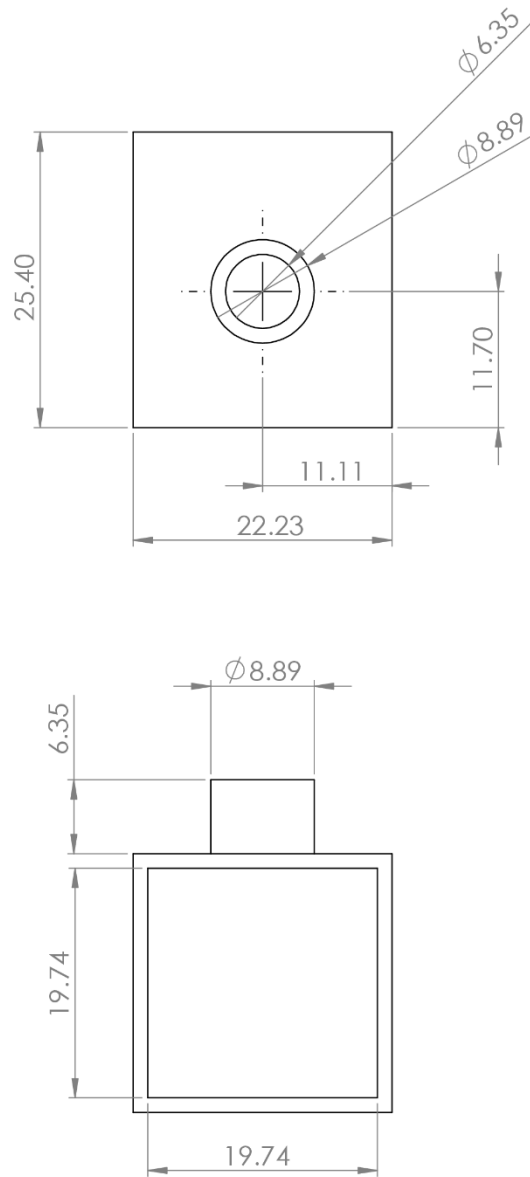
ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 26/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			CÓDIGO
1:1	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ	14/07/24	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO A4
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	DETALLE 6.2: INYECTOR	MATERIAL		
			CANTIDAD 6		





ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 27/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA			CÓDIGO
1:5	REVISÓ:	LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA	14/07/24		FORMATO
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	DETALLE 6.3: PATA DE BASE INYECTORES	CANTIDAD 2	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	A4



ESCALA	DISEÑARON:	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ	14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 28/29
	REVISÓ:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24
1:1	TRABAJO DE GRADUACIÓN:	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE:	DETALLE 6.4: PORTA INYECTOR	MATERIAL		A4
			CANTIDAD 6		



ESCALA	RENÉ ALBERTO GALINDO HERNÁNDEZ		14/07/24	 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	HOJA 29/29
	DISEÑARON:	MARLON JOSUÉ RIVERA BORJA LUIS MIGUEL CARPIO GUEVARA			14/07/24
2:1	REVISÓ:	ING. RIGOBERTO VELÁZQUEZ PAZ	 MATERIAL	ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	FORMATO
	TRABAJO DE GRADUACIÓN: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA PARA EL LAVADO DE ENVASES PET				
UNIDADES: MILIMETROS	NOMBRE: DETALLE 6.5: SOPORTE BASE INYECTORES				