

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

SISTEMA MECATRÓNICO PARA EL LAVADO DE CUBIERTOS

Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecatrónico, que presenta el bachiller:

Nina Karina Tapia Pizco

ASESOR: Gustavo Kato Ishizawa

Lima, Setiembre de 2014

Resumen

El sector gastronómico del Perú se ha incrementado significativamente en los últimos años. Por lo tanto, la demanda de tener un mejor servicio dentro de los restaurantes ha tenido que ser mejorada. Dentro de un buen servicio al cliente, los restaurantes deben tener un sistema adecuado de limpieza de utensilios. El sistema tradicional de limpieza de cubiertos es deficiente porque genera grandes pérdidas de tiempo y recursos humanos (uno o dos trabajadores). Además, no se logra un lavado óptimo de los cubiertos y existe una falta de disponibilidad de ellos en horas de alta demanda.

Este proyecto tiene como objetivo plantear un sistema de limpieza de cubiertos adecuado para evitar pérdidas de tiempo. Para mejorar esta deficiencia, se plantea un sistema mecatrónico el cual tiene la capacidad de lavar 200 cubiertos en 13 minutos automáticamente. Al ser un sistema automático, no es necesario que una persona esté controlando el proceso, por lo cual se potencializa el uso del recurso humano dentro del restaurante. En horas de alta demanda de utensilios, con este sistema mecatrónico, se logrará satisfacer la cantidad de cubiertos solicitados. Además, estos estarán adecuadamente limpios cumpliendo con los requerimientos de un buen servicio.

Para lograr un óptimo proceso de lavado de los cubiertos, este sistema mecatrónico cuenta con cuatro subsistemas. El primer subsistema consiste en una resistencia eléctrica, un termostato y un actuador lineal para el remojo de los cubiertos. La resistencia eléctrica y el termostato se usan para calentar el agua a 80 grados centígrados, ya que el agua caliente ayuda a desinfectar y acelerar el lavado de los cubiertos. El actuador lineal permitirá el traslado de los cubiertos al siguiente subsistema. El segundo subsistema consiste en ocho boquillas de pulverización y dos motores de vibración para el lavado y enjuague de los cubiertos. Las boquillas de pulverización son utilizadas para lograr una mejor difusión del agua. Los motores de vibración se utilizan para crear un movimiento vibratorio el cual logra que los cubiertos se muevan permitiendo el ingreso de agua entre ellos. El tercer subsistema está relacionado con la interacción entre el usuario y la máquina mediante botones de control, luces y sonidos de alerta. Por último, el cuarto subsistema está relacionado con el control general de la máquina. Este subsistema cuenta con un microcontrador encargado de dirigir los otros subsistemas.

El trabajo se presenta en cinco capítulos. El primer capítulo plantea la problemática que afronta el sistema mecatrónico. El segundo capítulo plantea los requerimientos del sistema y así mismo explica detalladamente los subsistemas que lo conforman. El tercer capítulo explica el concepto electrónico, mecánico y de control del sistema mecatrónico a través de los sensores, actuadores, planos y diagramas de flujo. El cuarto capítulo presenta el análisis de costo del sistema mecatrónico. Por último, el quinto capítulo muestra las conclusiones que se han obtenido al finalizar este proyecto.

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**TRABAJO DE FIN DE CARRERA PARA OPTAR
EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

Título : Sistema mecatrónico para el lavado de cubiertos
 Asesor : Gustavo Kato Ishizawa
 Alumno : Nina Karina Tapia Pizco
 Código : 20090458
 Tema N° : 54
 Fecha : 02/07/2014



Descripción y Objetivos

El presente trabajo muestra el diseño de un sistema mecatrónico para automatizar el proceso de lavado de cubertería y está enfocado a mejorar la calidad del servicio en los restaurantes. El sistema cuenta con tres subsistemas.

- El primer subsistema consiste en el recipiente en el cual se remojan los cubiertos. Este subsistema cuenta con una resistencia eléctrica, un termostato y un actuador lineal. La resistencia eléctrica y el termostato se utilizan para calentar el agua a ochenta grados centígrados.
- El segundo subsistema consiste en un sistema de lavado y enjuague de los cubiertos. Este subsistema cuenta con boquillas de pulverización y dos servomotores. Las boquillas de alta presión son utilizadas para lograr una mejor difusión del agua. Los servomotores se utilizan para crear un movimiento vibratorio el cual logra que los cubiertos se mueven permitiendo el ingreso de agua entre ellos.
- El tercer subsistema está relacionado con la interacción entre el usuario y la máquina mediante botones de control, luces y sonidos de alerta.

El sistema mecatrónico tiene la capacidad de lavar aproximadamente 200 cubiertos en diez minutos de forma totalmente automática. Los cubiertos lavados terminan en una bandeja para poder ser trasladados para su secado.

Máximo: 100 páginas



Índice

1. Presentación de la problemática.....	4
2. Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto.....	5
2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico.....	5
2.2 Concepto del sistema mecatrónico.....	6
3. Sistema mecatrónico.....	9
3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.....	9
3.2 Sensores y actuadores.....	11
3.3 Planos del sistema mecatrónico.....	16
3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico.....	23
3.5 Diagramas de flujo del programa de control.....	25
4. Presupuesto.....	30
5. Conclusiones.....	32
Bibliografía.....	33

Capítulo 1

Presentación de la problemática

El sector gastronómico en el Perú se ha incrementado significativamente en los últimos años. En el año 2013, la producción del sector restaurantes tuvo un incremento de 5.99% debido a la participación en ferias gastronómicas y al favorable comportamiento de los negocios de concesionarios de alimentos, restaurantes, comidas rápidas, pollos a la brasa, chifas, fuentes de soda, cafeterías, cevicherías, restaurantes turísticos, pubs y carnes y parrilladas [1].

Para que el sector gastronómico siga manteniendo su incremento en los siguientes años, se necesita optimizar diferentes factores. Se necesitan mejores restaurantes, mejorar la calidad del servicio y tener una cocina avanzada en el aspecto tecnológico [2]. Mejorar la calidad del servicio es el factor más importante para que los restaurantes mantengan su posición y supervivencia en el mercado [3].

En el restaurante, existe una cadena de servicio que está compuesta por siete etapas: La reserva, el recibimiento al cliente, el uso del servicio, el pago por el servicio, la despedida al cliente, manejo documentario y reportes y seguimiento de la calidad del servicio [3]. El uso del servicio es una etapa crucial debido a que el cliente decidirá si volverá o no al restaurante posteriormente. Un aspecto que está incluido dentro de esta etapa es la adecuada limpieza y presentación de la cubertería. Una buena cubertería refleja la higiene y buena imagen del restaurante.

El sistema de limpieza de cubiertos actual es ineficiente en diferentes aspectos. Este sistema genera grandes pérdidas de tiempo debido a que una persona puede lavar una cantidad limitada de cubiertos. El adecuado uso de los recursos humanos se ve afectado ya que para realizar esta tarea se necesita de una o dos personas ejecutando esta labor de forma exclusiva. Además, en horas de alta demanda, no se logra la disponibilidad de la cubertería de forma eficaz y los empleados no logran un lavado óptimo de los cubiertos. Por último, la calidad del servicio se vería afectada directamente si un cubierto mal lavado llega a un cliente, lo cual perjudicaría a la competitividad del restaurante.

El siguiente trabajo presenta una solución eficaz para mejorar el sistema de limpieza de la cubertería actual. Este nuevo sistema realiza el lavado de doscientos cubiertos en 13 minutos y lo efectúa de manera automática. Con este sistema, los restaurantes podrán mejorar la calidad del servicio con respecto a la cubertería. Además, se logrará el avance de la cocina con relación al aspecto tecnológico. Por lo tanto, este sistema contribuirá con el crecimiento del sector de restaurantes en los próximos años.

Capítulo 2

Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto

2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico

Antes de realizar el diseño del sistema mecatrónico, se analizó el sistema actual de lavado de la cubertería. Se realizó una simulación de este sistema y una encuesta a diferentes restaurantes. Se obtuvo como resultado una mejor comprensión del sistema actual y de otros aspectos como la cantidad de cubiertos que se lavan por hora, cantidad de detergente líquido, agua que se utiliza y el procedimiento en general. En el anexo 1 se explica la simulación realizada y en el anexo 2 se muestran los resultados de la encuesta. Este sistema actual consiste de tres etapas:

1. Retirar los residuos de los cubiertos.
2. Remojar los cubiertos en agua caliente con detergente para vajilla.
3. Enjuagar los cubiertos con agua sin detergente.

Tomando en cuenta la importancia de la cubertería correctamente lavada en la calidad del servicio del restaurante y las etapas que conforman el sistema actual, se ha diseñado un sistema mecatrónico con la finalidad de que cumpla los siguientes requerimientos:

Generales

- Retirar los residuos de los cubiertos.
- Lavar 200 cubiertos en una hora como mínimo.
- La interfaz con el usuario debe ser de fácil manipulación y comprensión.
- Cumplir con las medidas estándar dentro de una cocina. Los lavavajillas deben tener un ancho entre 45 y 60 cm.
- Cumplir con los requerimientos ergonómicos. El trabajador de cocina no debe salir de la zona de trabajo preferida. En esta zona de trabajo, el empleado no debe realizar trabajos por encima de su hombro ni por debajo de su cadera si se encuentra parado [4]. Con esto se establece, una altura máxima de 42 cm. En el anexo 3 se explica cómo se obtuvo la altura máxima de acuerdo los requerimientos ergonómicos.

Eléctricos - electrónicos

- El sistema se abastecerá de energía eléctrica desde una toma de 220 VAC.
- Sistema eléctrico para calentar el agua.

Mecánicos

- El material a utilizar debe ser resistente al agua para evitar la oxidación.
- El sistema debe soportar el peso de 200 cubiertos, el cual es de aproximadamente 14 kg.
- Diseño adecuado para el ingreso y salida del agua.
- Diseño eficiente para el ingreso y salida de los cubiertos.

Control

- Uso de un microcontrolador que tenga la capacidad de controlar todos los actuadores y sensores utilizados en el sistema.

2.2 Concepto de la solución

La Figura 2 - 1 muestra como sería el concepto general de la solución. El sistema mecatrónico tiene las siguientes dimensiones: 54 cm de ancho, 40 cm de alto y 53 cm de profundidad. En esta vista isométrica, se observa la puerta de ingreso de los cubiertos (1) en la parte superior, la puerta de salida de los cubiertos (2) y el recipiente de almacenamiento del detergente líquido para cubiertos (3) en la parte frontal. Además, en la parte frontal, se encuentra la interfaz máquina-usuario (4).

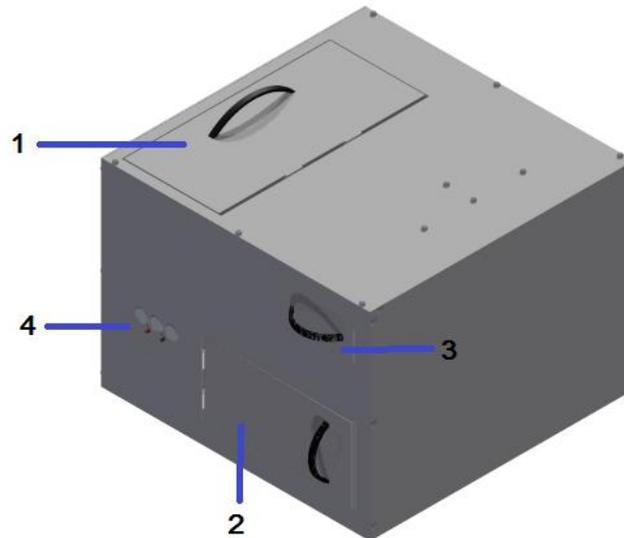


Figura 2 - 1: Vista isométrica del sistema mecatrónico.

En la Figura 2- 2 se observa con mayor detalle el recipiente de almacenamiento del detergente líquido para cubiertos (1), la puerta de salida de los cubiertos (2) y la interfaz con el usuario (3). El abastecimiento del detergente se podrá realizar jalando la manija del recipiente hacia adelante. La puerta de salida de los cubiertos se abre fácilmente jalándola hacia adelante. Con respecto a la interfaz, se puede apreciar en la Figura 2 – 3 que el sistema tendrá tres botones (encendido/apagado (1), inicio/detener (2) y auto-lavado (3)). Un led de alerta rojo (4) que indicará si existe algún problema en el proceso como puertas abiertas o que el envase no esté colocado adecuadamente. Un led de alerta verde (5) que indicará que el proceso se está desarrollando correctamente. Por último, un sistema de alerta con audio para avisar al usuario cuando finalice el proceso.

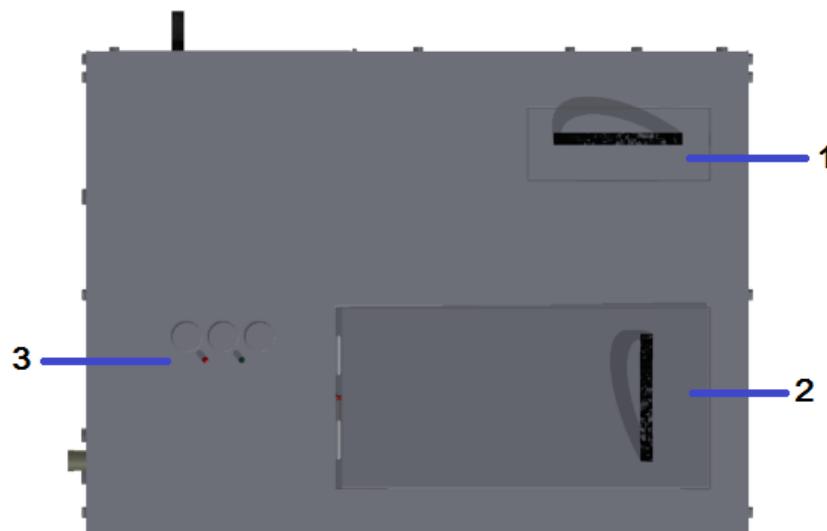


Figura 2 - 2: Vista frontal del sistema mecatrónico.

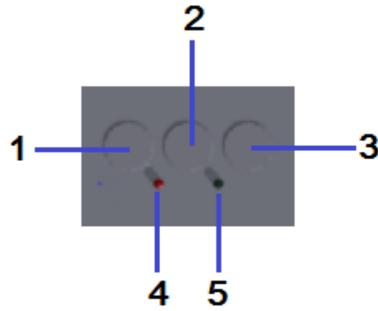


Figura 2 - 3: Panel de control

En la Figura 2 - 4, se reconoce la puerta de ingreso de los cubiertos. Esta puerta se abre fácilmente jalando la manija hacia arriba. Al abrir esta puerta, se podrá ingresar los cubiertos dentro de la máquina sin ningún problema.

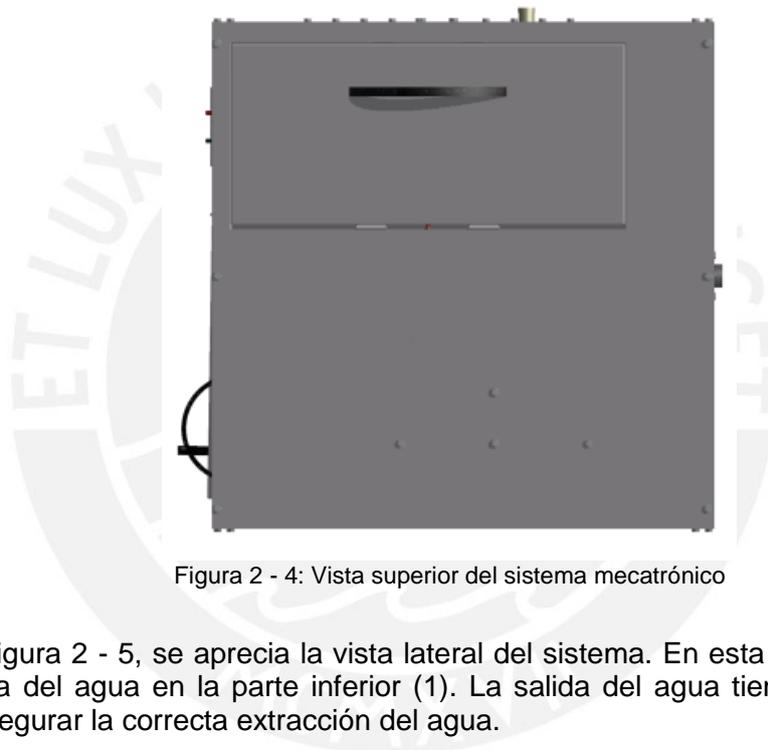


Figura 2 - 4: Vista superior del sistema mecatrónico

En la Figura 2 - 5, se aprecia la vista lateral del sistema. En esta vista, se muestra la salida del agua en la parte inferior (1). La salida del agua tiene esta ubicación para asegurar la correcta extracción del agua.

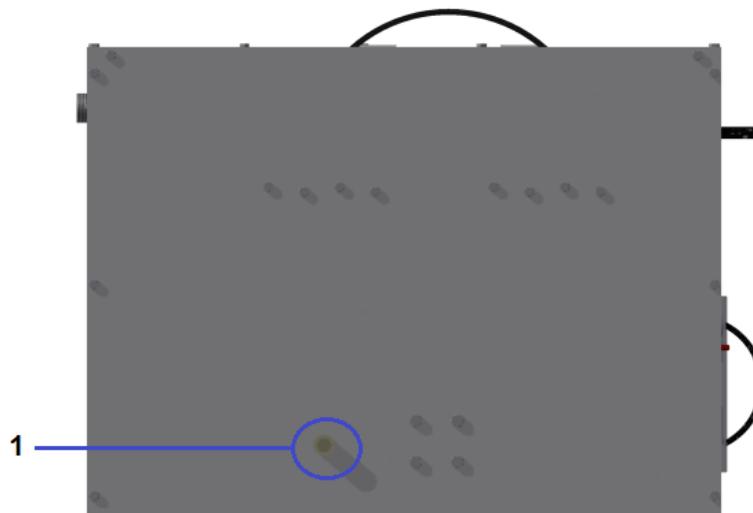


Figura 2 - 5: Vista lateral del sistema mecatrónico

En la Figura 2 - 6, se ha retirado la tapa posterior y frontal para poder visualizar algunos componentes principales del sistema mecatrónico. El recipiente 1 o recipiente superior (1) en el cual se realiza la etapa del remojo de cubiertos. El actuador lineal (2) que permite el traslado de los cubiertos al recipiente inferior. El recipiente 2 o recipiente inferior (3) en el cual se realiza el lavado y enjuague de los cubiertos con la ayuda de las boquillas de pulverización (4) ubicadas en la parte superior del recipiente. La electroválvula (5) encargada del ingreso del agua. La bomba (6) la cual extraerá el agua de la máquina. Por último, la caja de control (7) de todo el sistema mecatrónico.

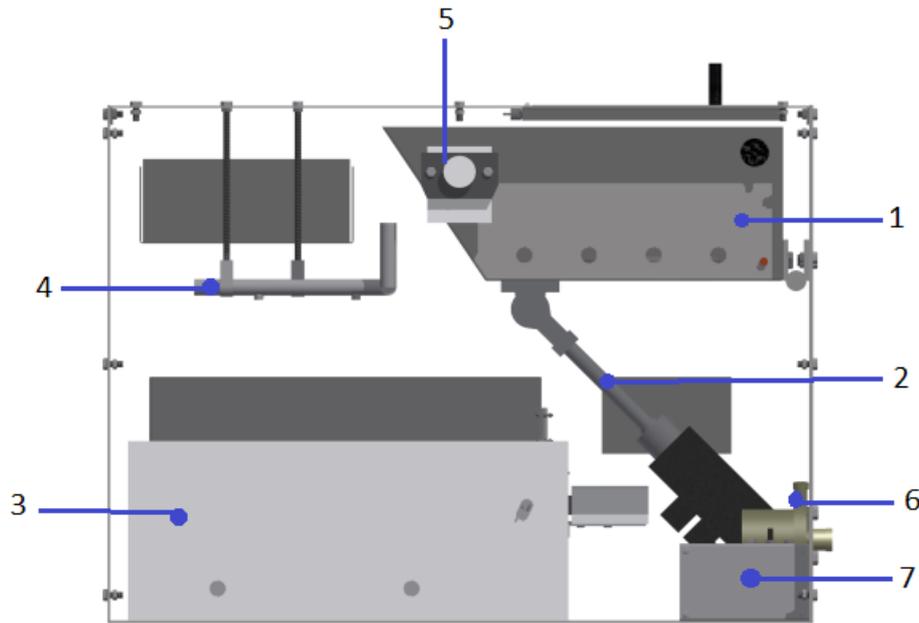


Figura 2 - 6: Vista posterior con componentes principales

Capítulo 3

Sistema mecatrónico

3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico

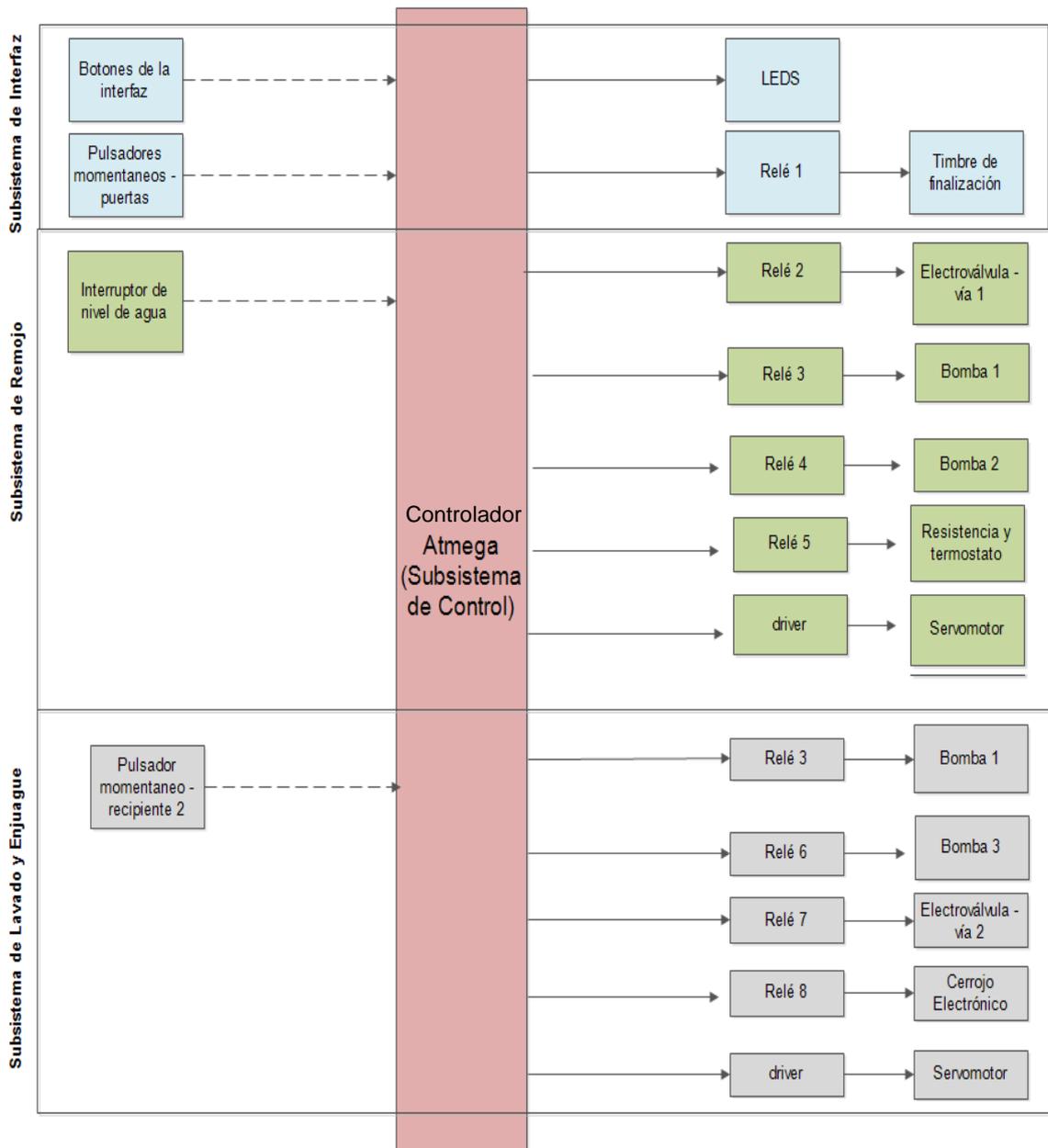


Figura 3 - 1: Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico

La Figura 3 - 1 muestra el diagrama de funcionamiento del sistema completo. El sistema mecatrónico, como se muestra en el diagrama, está dividido en los siguientes cuatro subsistemas: el subsistema de interfaz, el subsistema de remojo, el subsistema de lavado y enjuague y el subsistema de control.

El subsistema de interfaz está conformado por los botones del panel de control, los pulsadores ubicados en las puertas, leds y el timbre de finalización. El botón de encendido/apagado permitirá energizar la máquina. El botón de inicio/detener dará comienzo al subsistema de remojo o detendrá el proceso en cualquier momento. El botón de auto-lavado activará la función de limpieza de los recipientes interiores. Los pulsadores momentáneos se activarán cuando las puertas estén cerradas ya que la máquina funcionará solo con las puertas cerradas. Un led verde indicará que el proceso se estará desarrollando de forma adecuada. Un led rojo indicará si existe algún inconveniente para iniciar el proceso como puertas abiertas o la caja del subsistema de lavado y enjuague no esté colocada correctamente. Por último, el timbre de finalización se activará al concluir todo el proceso de lavado de la cubertería.

El subsistema de remojo está conformado por un interruptor del nivel de agua, electroválvula, resistencia, termostato, servomotor y dos bombas. Este subsistema comienza al presionar el botón de inicio. A continuación se activa la electroválvula, la bomba 2, la resistencia y el termostato. La bomba 2 se encarga del ingreso del detergente líquido para cubiertos. Cuando el interruptor del nivel de agua detecta la altura deseada la electroválvula se desactivará automáticamente. Después de 7 minutos se activa la bomba 1 para realizar la extracción del agua. Por último, se activa el actuador lineal para trasladar los cubiertos al subsistema de lavado y enjuague.

El subsistema de lavado y enjuague está constituido por un pulsador momentáneo ubicado en el recipiente 2, un cerrojo electrónico, una electroválvula, dos bombas y dos motores de vibración. Este subsistema se iniciará cuando el actuador lineal regrese a su posición inicial. A continuación, se activa la electroválvula y la bomba 3 para el ingreso de agua y detergente líquido respectivamente. El flujo de agua permitirá que se obtenga agua pulverizada por las boquillas. Inmediatamente, se activan los motores de vibración para realizar el movimiento vibratorio en la caja ubicada dentro del recipiente 2. Esta vibración logrará el movimiento de los cubiertos facilitando el ingreso de agua entre ellos y al mismo tiempo, se activará la bomba 1 para que paralelamente extraiga el agua. Al transcurrir 3 minutos se desactivará la bomba 3 (ingreso del detergente líquido) para realizar el enjuague final de los cubiertos por 1 minuto. Por último, al pasar 1 minuto adicional se desactivarán todos los componentes de este subsistema.

El subsistema de control es el encargado de procesar las señales que recibe. Además, deberá enviar las señales de control a los actuadores del sistema. Este subsistema es fundamental para el sistema mecatrónico y su adecuado funcionamiento.

3.2 Sensores y actuadores

Interruptor de Nivel

El interruptor de nivel (anexo 5) es utilizado en el subsistema de remojo. Este interruptor de nivel, normalmente abierto, se activará cuando tenga contacto con el agua. Cuando el interruptor se active enviará una señal al microcontrolador para indicar que el recipiente 1 está lleno hasta el nivel de agua deseado. El sensor de nivel TK0885 marca Brand New, empleado en este proyecto, tiene las siguientes características:

Tabla 3 - 1: Características del interruptor de nivel

Voltaje de conmutación (máx.)	110	VDC
Corriente de conmutación (máx.)	0.5	A
Tensión de ruptura (máx.)	220	VDC
Rango de temperatura de operación	-20 a +80	°C

El interruptor de nivel estará ubicado en la parte superior del recipiente 1 como se muestra en la Figura 3 - 2.

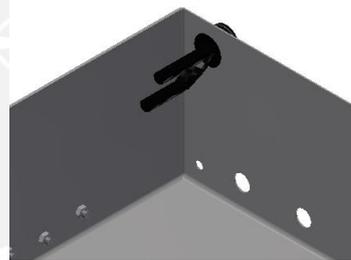


Figura 3 - 2: Ubicación del sensor de nivel dentro del recipiente 1

Interruptor de Contacto

El interruptor de contacto (anexo 5) es del tipo momentáneo. Este interruptor ayudará a controlar que las puertas estén cerradas. Además, el interruptor de contacto se utilizará para detectar la correcta colocación de la caja dentro del recipiente 2. El interruptor enviará una señal al microcontrolador cuando suceda una de las dos acciones mencionadas anteriormente. El interruptor es de la marca Schurter. La Tabla 3 – 2 muestra sus características.

Tabla 3 - 2: Características del interruptor de contacto

Voltaje de conmutación (mín.)	100AC/DC	mV
Voltaje de conmutación (máx.)	60AC/50DC	V
Corriente de conmutación (mín.)	200	mA
Rango de temperatura de operación	-20 a +85	°C

El interruptor de contacto estará ubicado en el marco de las puertas y también en la parte posterior del recipiente 2 como se muestra en la Figura 3 - 3. Los cuales se enroscan para no permitir su movimiento.

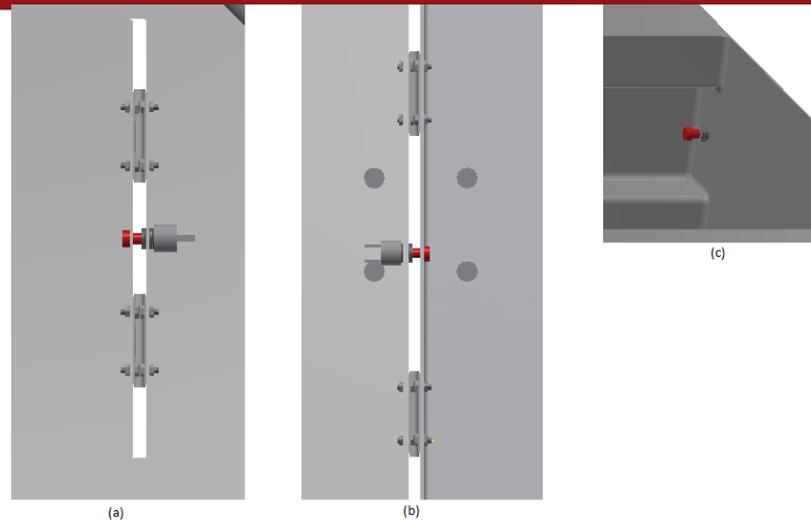


Figura 3 - 3: (a) Interruptor en puerta delantera. (b) Interruptor en puerta superior. (c) Interruptor dentro del recipiente 2.

Termostato

El termostato (anexo 5) que se utilizará en el subsistema de remojo permitirá medir la temperatura del agua. Se establecerá una temperatura de 80 °C. Cuando el termostato mida los 80 °C, se dejará de calentar el agua. Se utilizará un termostato de bulbo capilar regulable de la marca Salvador Escoda. El modelo del termostato a usar es TR2. Las características técnicas se muestran en la Tabla 3 - 3.

Tabla 3 - 3: Características técnicas del termostato

Poder de ruptura – corriente	15(2.5)	A
Poder de ruptura – voltaje	250	V
Temperatura ambiente máx.	85	°C
Conexión	Mediante fastons 6.3x0.8	Mm

El termostato se ubicará dentro de la caja principal de control y el bulbo dentro del recipiente 2 como se muestra en la Figura 3 - 4.

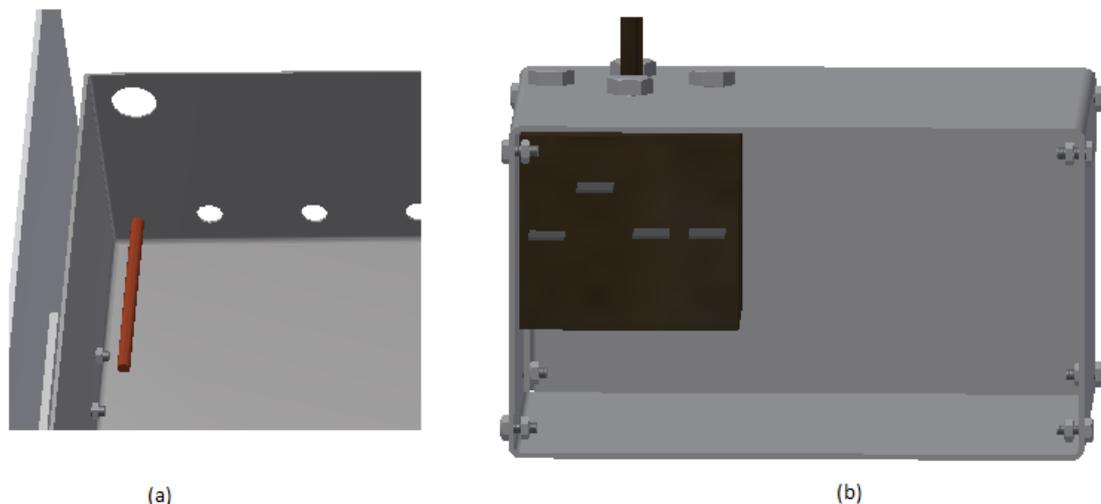


Figura 3 - 4: (a) Ubicación del bulbo en el recipiente 2. (b) Ubicación del termostato en la caja principal de control.

Actuador Lineal

El actuador lineal de la marca SKF (anexo 5) se utilizará en el subsistema de remojo para trasladar los cubiertos del recipiente 1 al recipiente 2. El modelo del actuador lineal es CASM-32-BS y cumple con los cálculos mostrados en el anexo 6. La Tabla 3 – 4 indica las características del actuador lineal.

Tabla 3 - 4: Características del actuador lineal.

Fuerza dinámica máx.	700	N
Fuerza estática máx.	700	N
Velocidad máx.	150	mm/s
Carrera	50 a 400	Mm
Temperatura de operación	0 a 50	°C
Entrada de torque máx.	0.8	Nm
Entrada de RPM máx.	3000	1/min
Aceleración máx.	6	M/s ²

Servomotor

Se utilizará un servomotor Siemens (anexo 5) para trabajar con el actuador lineal con la finalidad de trasladar los cubiertos del recipiente 1 al recipiente 2. El modelo del servomotor es 1FK7015 y cumple con los cálculos mostrados en el anexo 6. La Tabla 3 – 5 indica las características del servomotor.

Tabla 3 - 5: Características del servomotor

Potencia nominal	0.1	KW
Velocidad nominal	6000	Min ⁻¹
Corriente nominal	0.85	A
Torque nominal	0.16	Nm
Torque estático	0.35	Nm
Torque máx.	1	Nm

La ubicación del actuador lineal y del servomotor se muestra en Figura 3 - 5.

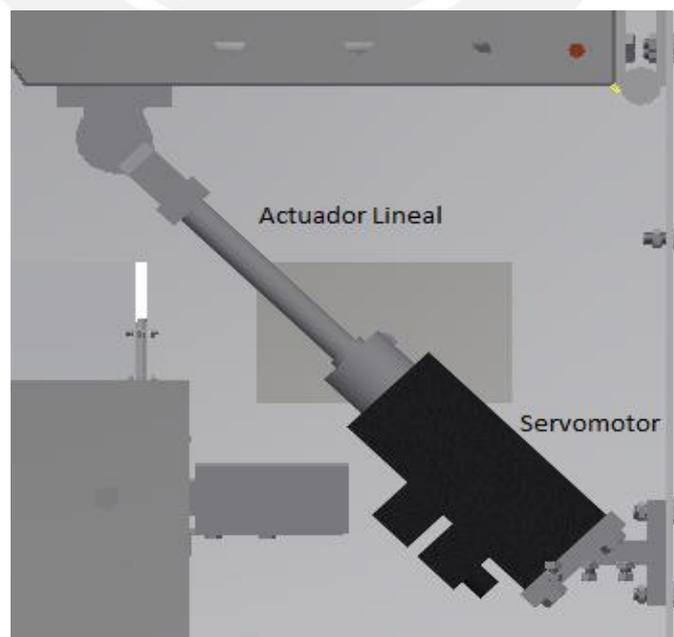


Figura 3 - 5: Ubicación del actuador lineal y servomotor.

Motor de Vibración

Los motores de vibración de la marca Precision Microdrivers (anexo 5) se utilizarán en el recipiente 2 para hacer vibrar la caja facilitando el ingreso de agua entre los cubiertos. El modelo de los motores de vibración es 345 – 800 y cumple con los cálculos del anexo 6. La tabla 3 – 6 indica las características de los motores de vibración.

Tabla 3 - 6: Características del motor de vibración

Voltaje de operación	24	V
Voltaje de operación máx.	26	V
Velocidad de vibración	4 900	rpm
Corriente de operación típica	65	mA
Corriente de operación máx.	150	mA
Temperatura de operación	-10 a 60	°C

Los motores de vibración estarán ubicados en el recipiente 2. Uno al lado derecho y otro al lado izquierdo. La Figura 3 – 6 muestra la ubicación del motor de vibración.



Figura 3 - 6: Ubicación del motor de vibración.

Bomba

Se utilizarán tres bombas (anexo 5). Una bomba para mover el detergente líquido de su recipiente al recipiente 1, otra bomba para mover el detergente líquido de su recipiente al recipiente 2 y la última para extraer el agua que se acumule en el recipiente 1 y 2. La bomba es de la marca Zhonglong, el modelo de la bomba para la extracción del detergente líquido es ZL32-10 y para la extracción del agua ZL32-12. Las características de las bombas se indican en la Tabla 3 – 7.

Tabla 3 - 7: Características de la bomba

	ZL32-10	ZL32-12	
Voltaje de trabajo	6 – 24	6 - 24	V
Potencia	3 – 6	4 – 7	W
Caudal	0.5 - 1.5	3.5 – 5.5	L/min
Temperatura de trabajo	0 - 70	0 – 70	°C

Las bombas ZL32-10 se ubicarán en la parte posterior del recipiente del detergente líquido. Una bomba abastecerá de detergente líquido al recipiente 1 y la otra, al recipiente 2. La bomba ZL32-12 se ubicará en la parte inferior de la máquina para la extracción del agua. La Figura 3 – 7 muestra la ubicación de las bombas.

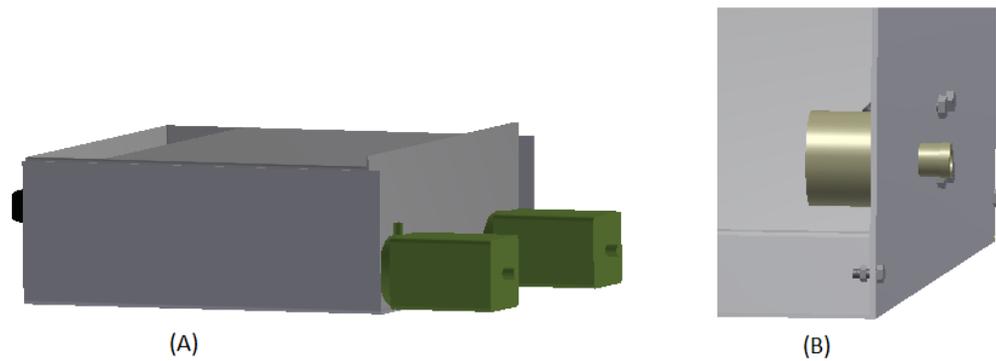


Figura 3 - 7: (A) Ubicación de las bombas ZL32-10. (B) Ubicación de la bomba ZL32-12.

Electroválvula

Se utilizará una electroválvula de doble vía (anexo 5). Una vía abastecerá con agua al subsistema de remojo y la otra vía abastecerá con agua al subsistema de lavado y enjuague. La marca de la electroválvula es Detrol Control y el modelo es DVSP42- S. Las características de la electroválvula se describen en la Tabla 3 - 8.

Tabla 3 - 8: Características de la electroválvula

Voltaje de la bobina	240	VAC
Potencia de la bobina	6	VA
Presión de trabajo	5 a 145	psi
Presión de rotura	870	psi
Temperatura de trabajo	5 a 60	°C
Caudal	5	L/min

La electroválvula se ubicará en la parte posterior – superior de la máquina. La Figura 3 - 8 muestra la ubicación de la electroválvula.

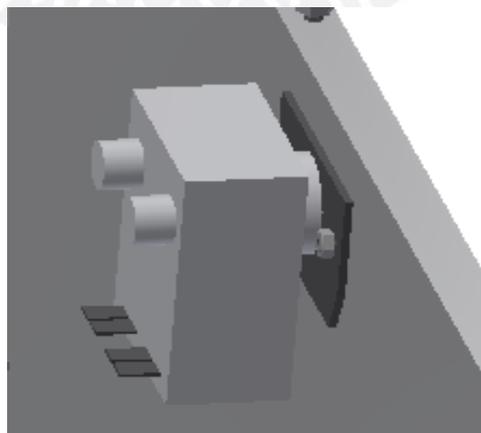


Figura 3 - 8: Ubicación de la electroválvula.

Cerrojo electrónico

Se usará un cerrojo electrónico (anexo 5) en el subsistema de lavado y enjuague. El cerrojo electrónico evitará el movimiento de la caja dentro del recipiente 2. La marca del cerrojo electrónico es PROYU y su modelo es PY-XGO2. En la Tabla 3 – 9 se detalla las características de la cerradura electrónica.

Tabla 3 - 9: Características del cerrojo electrónico

Voltaje de funcionamiento	24	VDC
Corriente de trabajo	0.75	A
Potencia de salida	17	W
Temperatura de trabajo	-40 a + 50	°C

El cerrojo electrónico se ubicará en el exterior del recipiente 2. El cerrojo estará fijo en una base que permite ubicarlo en la posición correcta. La Figura 3 - 9 muestra la ubicación del cerrojo electrónico.

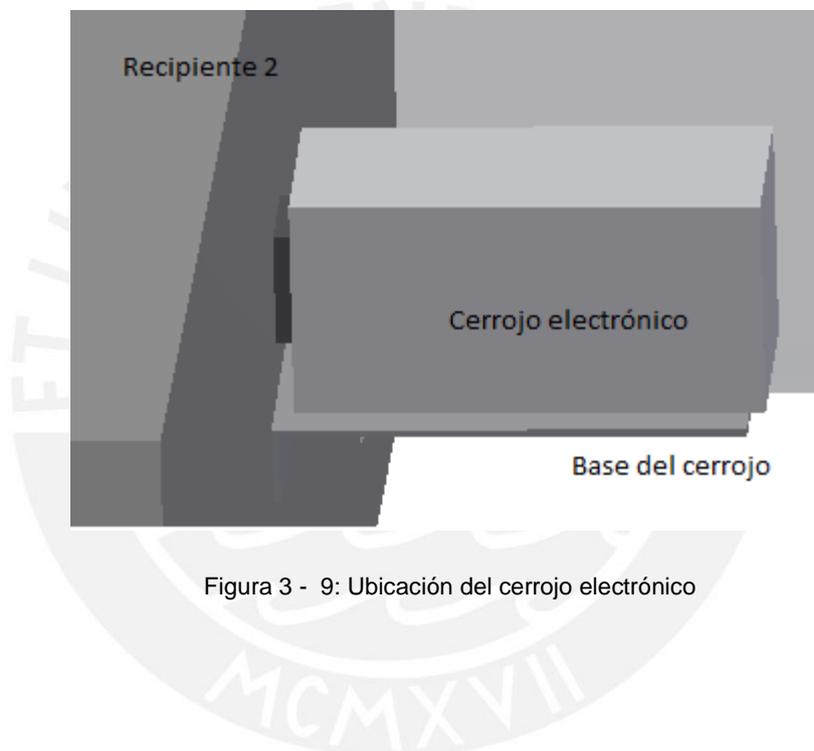


Figura 3 - 9: Ubicación del cerrojo electrónico

3.3 Planos del sistema mecatrónico

La Figura 3 – 10 muestra la imagen final de la máquina.

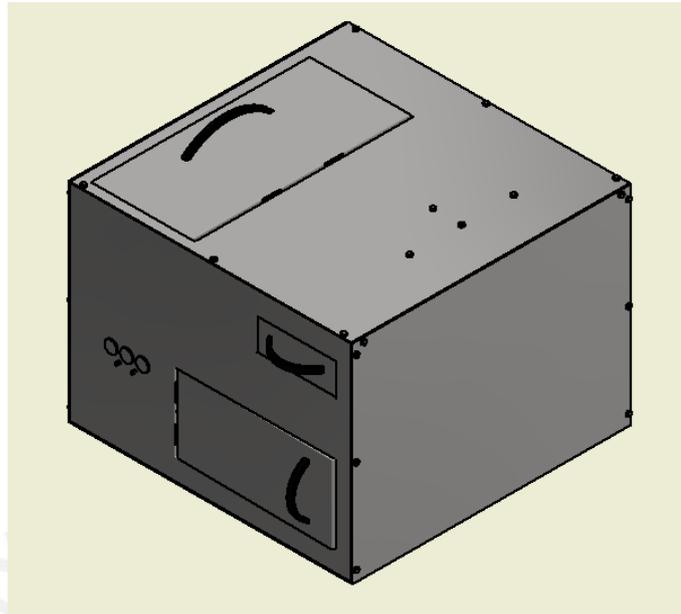


Figura 3 - 10: Imagen final de la máquina

Por otro lado, la Figura 3 – 11 muestra el plano del ensamble general de la máquina. Los elementos que componen la máquina son los siguientes:

1	Exterior Posterior	25	Electrov1álvula
2	Exterior Frontal	26	Bomba
3	Exterior Lateral	27	Servomotor
4	Exterior Superior	28	Actuador Lineal
5	Recipiente 2	29	Sujeción del Actuador
6	Envase	30	Sujeción del Recipiente 1
7	Recipiente 1	31	Bisagra de Recipiente 1
8	Puerta Superior	32	Bisagra de Puertas
9	Puerta Frontal	33	Manija de Puertas
10	Caja Jabón	34	Tubería
11	Recipiente Caja Jabón	35	Abrazadera
12	Caja de Control	36	Tornillo hexagonal M2x5
13	Pieza de Sujeción	37	Tornillo Hexagonal M3x8
14	Base del Cerrojo	38	Tornillo Hexagonal M4x5
15	Recipiente de Comandos	39	Tornillo Hexagonal M4x8
16	Botón del Panel	40	Tornillo Hexagonal M5x12
17	Led Rojo	41	Tornillo Hexagonal M5x80
18	Led Verde	42	Tornillo Hexagonal M6x12
19	Pulsador Momentáneo	43	Tornillo Hexagonal M6x16
20	Cerrojo Electrónico	44	Tuerca Hexagonal M2
21	Termostato	45	Tuerca Hexagonal M4
22	Resistencia Eléctrica	46	Tuerca Hexagonal M5
23	Bulbo	47	Tuerca Hexagonal M6
24	Interruptor de nivel		

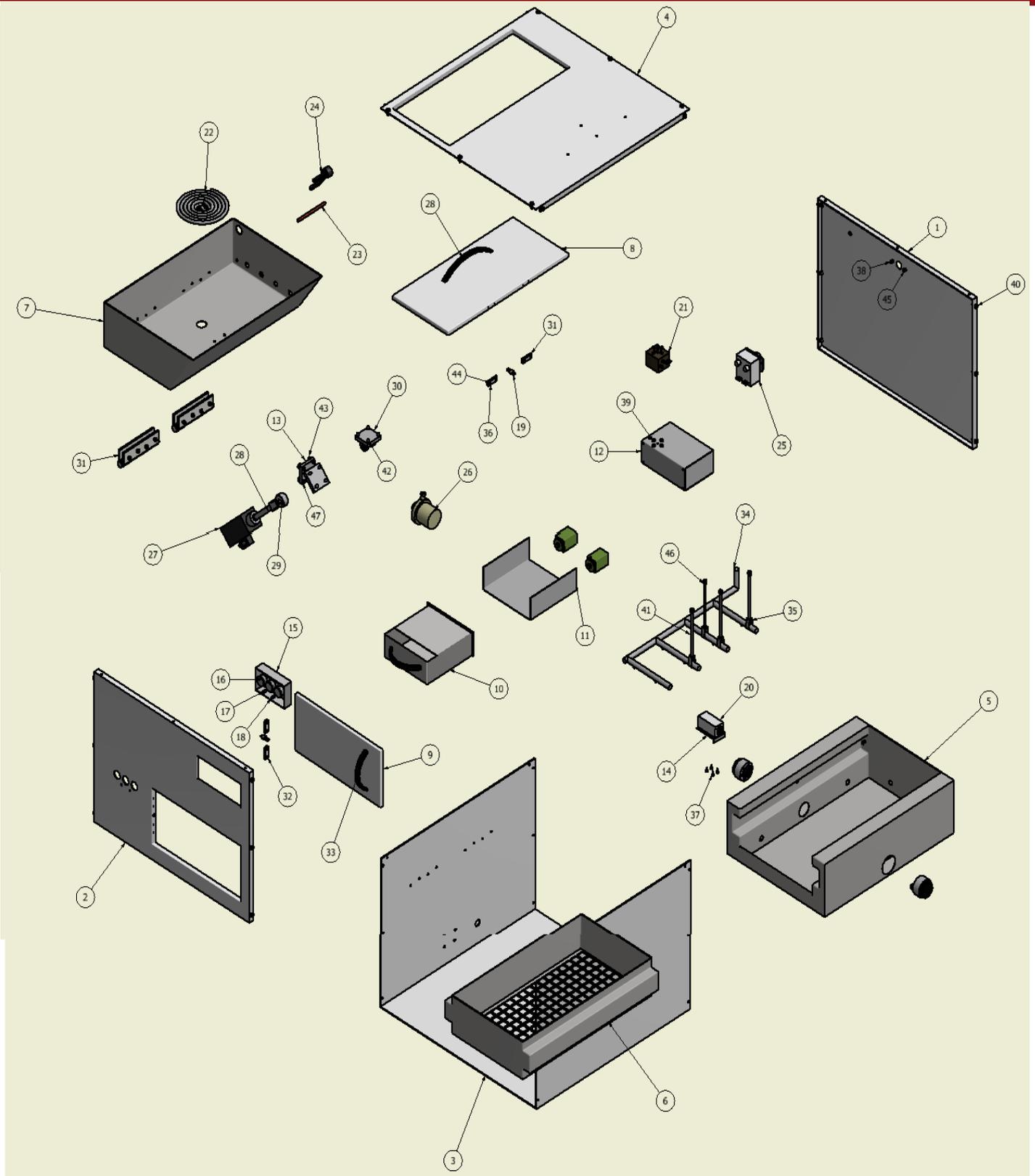


Figura 3 - 11: Ensamble general

En la Figura 3 – 12 se muestra el plano de la parte exterior frontal de la máquina. El material a utilizar es acero inoxidable 304 de 1 mm de espesor. En esta pieza se colocarán los botones del panel, los dos Leds, la puerta frontal y el recipiente para el jabón.

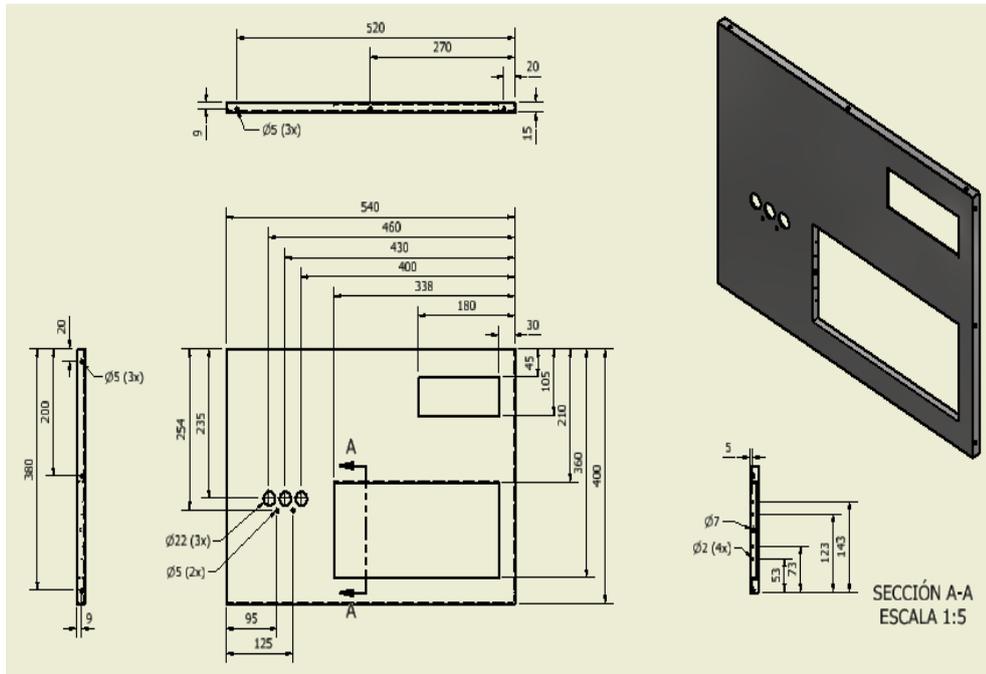


Figura 3 - 12: Plano de la parte exterior frontal

En la Figura 3 – 13 se muestra el plano de la parte exterior posterior de la máquina. El material a utilizar es acero inoxidable 304 de espesor de 1mm. En la parte superior de esta pieza se colocará la electroválvula y la entrada de alimentación de energía.

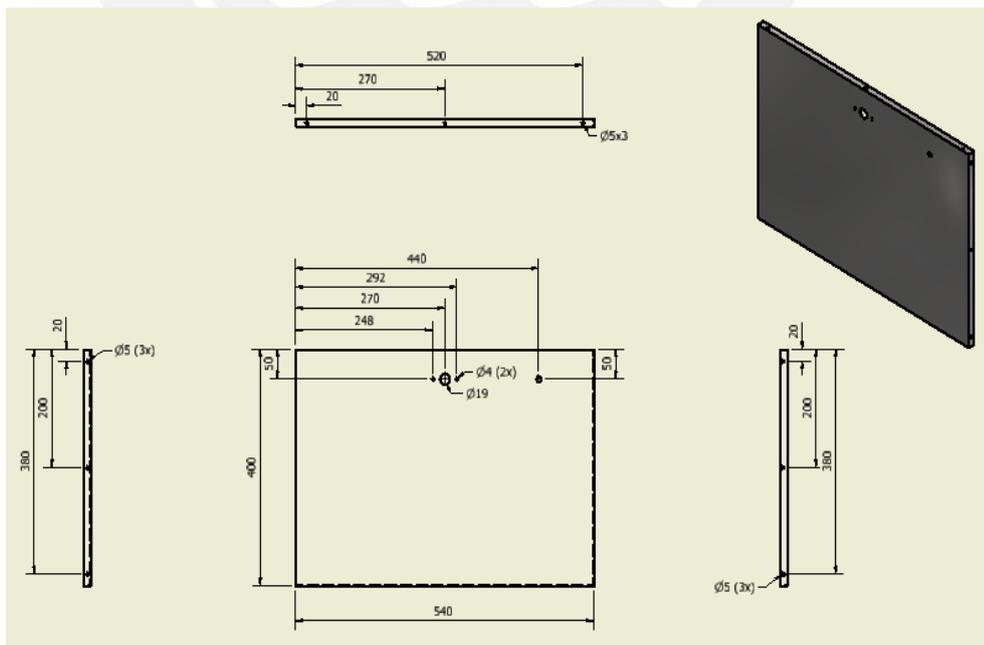


Figura 3 - 13: Plano de la parte exterior posterior

La Figura 3 – 16 muestra el plano del recipiente 1 donde se realiza el remojo de la cubertería. El material a utilizar es acero inoxidable 304 de 2mm de espesor. Se emplea este espesor porque el recipiente 1 soporta un peso aproximado de 25 Kg y cumple con el análisis de esfuerzos que se muestra en el anexo 7. En esta pieza se instalará el interruptor de nivel, el bulbo del termostato y la resistencia eléctrica.

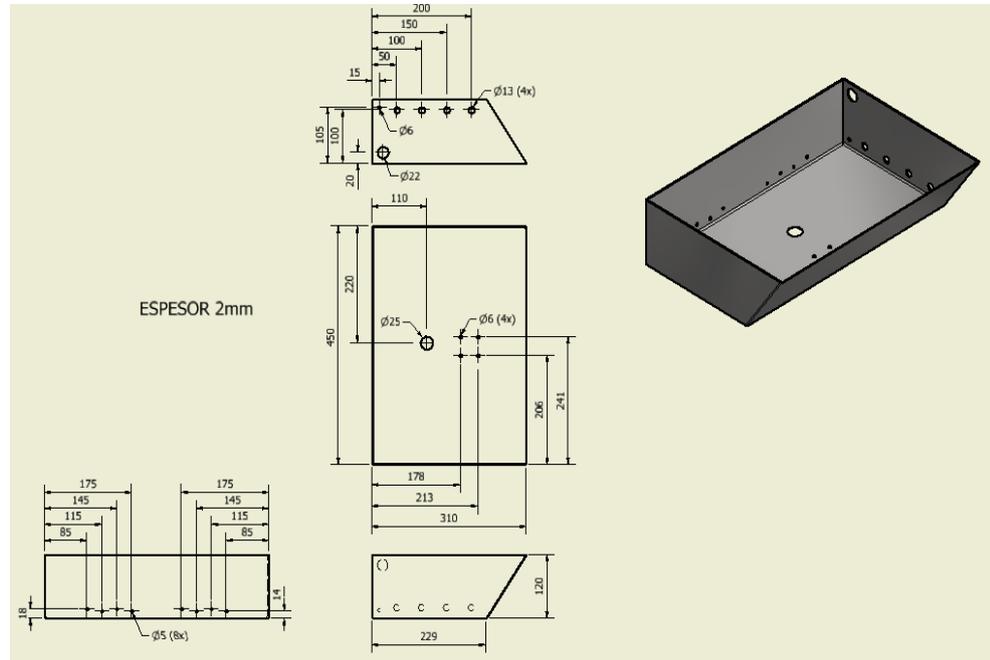


Figura 3 - 16: Plano del recipiente 1

La Figura 3 – 17 muestra el plano del recipiente 2 en el cual se realiza el lavado y enjuague de la cubertería. El material a utilizar es acero inoxidable 304 de espesor 2mm. Se emplea un espesor de 2mm porque en este recipiente se colocará una caja con la cubertería que tiene un peso aproximado de 18 kg. En esta pieza se colocará el cerrojo electrónico y el pulsador momentáneo.

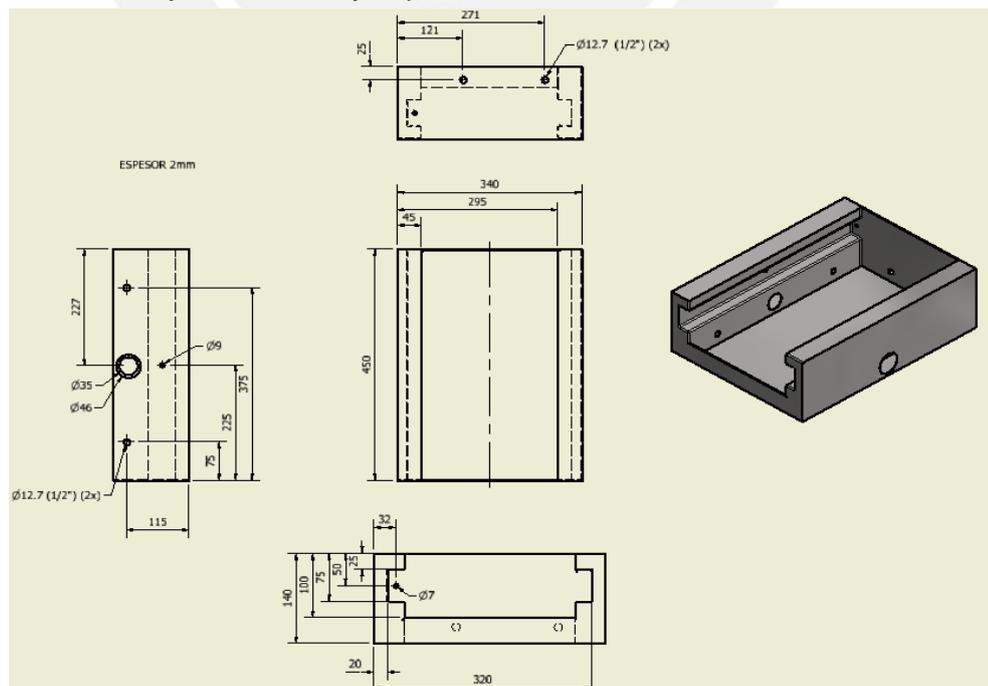


Figura 3 - 17: Plano del recipiente 2

La Figura 3 – 18 muestra el plano de la caja la cual se colocará en el recipiente 2. El material a utilizar es de acero inoxidable 304 de espesor 2mm. Se utiliza este espesor porque soporta un peso aproximado de 14 Kg de la cubertería. En la base del envase se ha colocado una malla para permitir la salida del agua por ella.

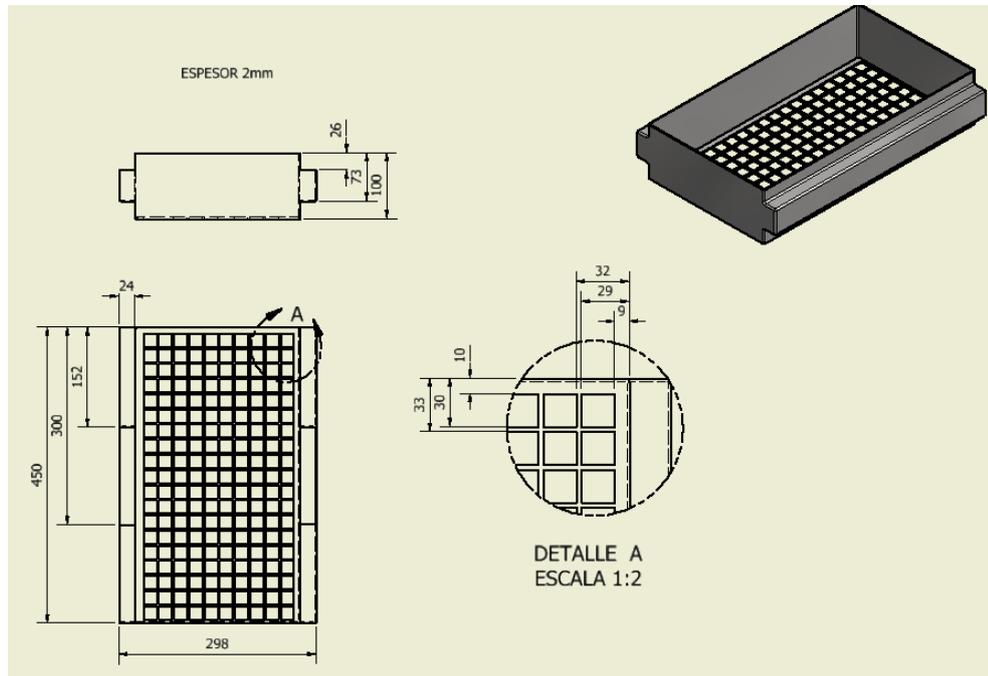


Figura 3 - 18: Plano de la caja

La Figura 3 – 19 muestra el recipiente del detergente. Este recipiente se fabricará de acero inoxidable 304 de espesor 1mm

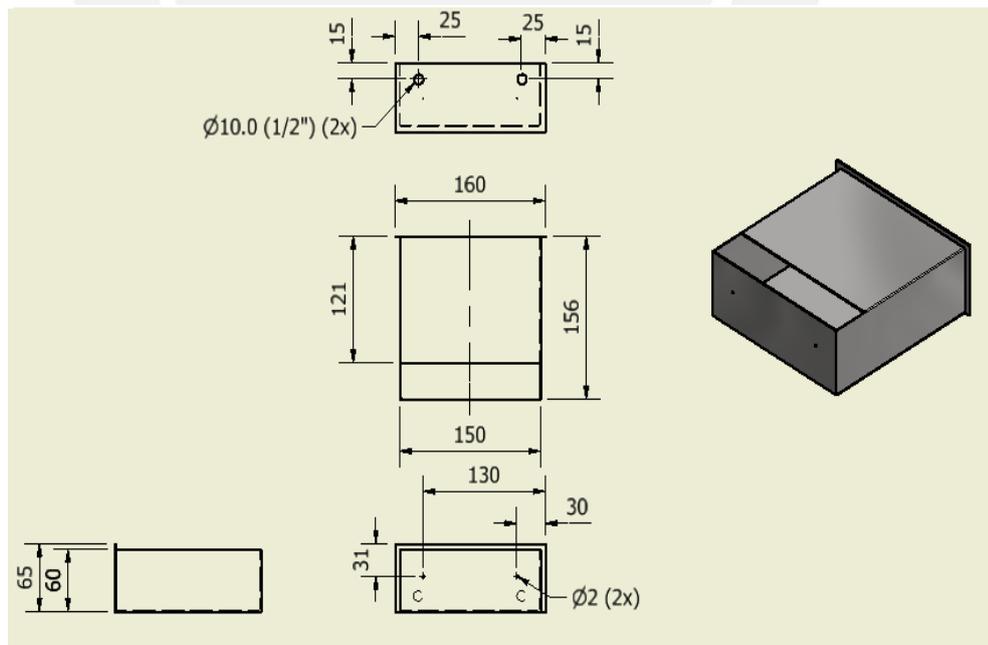


Figura 3 - 19: Plano del recipiente del detergente

La Figura 3 – 20 muestra la pieza de sujeción del servomotor con el actuador lineal. Esta pieza maciza, de 8mm de espesor, se fabricará de acero inoxidable 304 porque además de sujetar el servomotor con el actuador lineal soportará el 58% del peso del recipiente 1 (aprox. 13.5 Kg). Este elemento cumple con el análisis de esfuerzos que se muestra en el anexo 7.

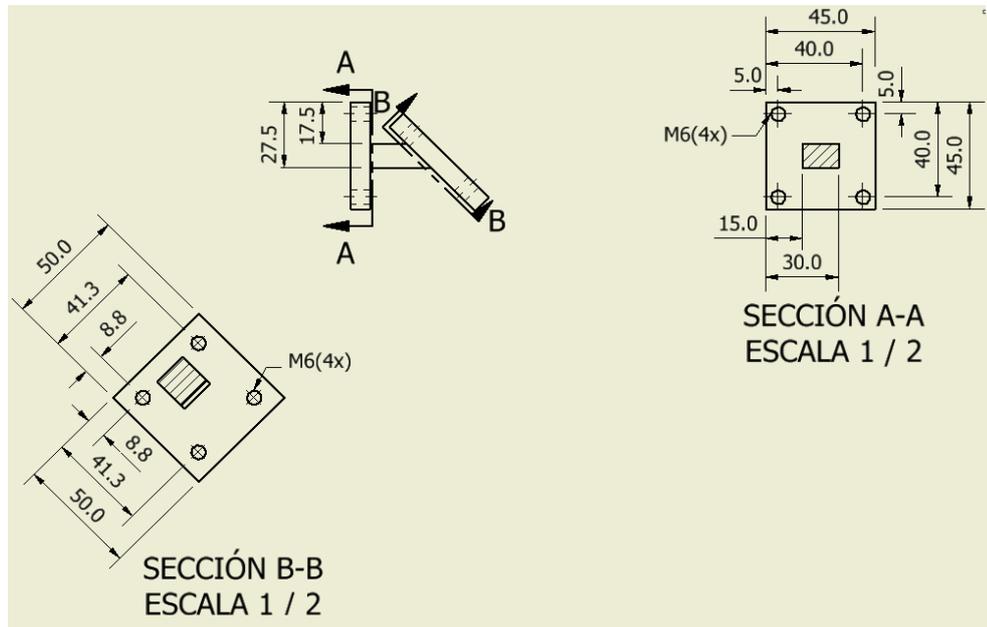


Figura 3 - 20: Plano de pieza de sujeción

La figura Figura 3 – 21 y en la Figura 3 – 22 muestra la parte exterior y lateral de la caja de control respectivamente Esta caja se fabricará de acero inoxidable 304 de espesor 1mm. Dentro de ella se colocará el subsistema de control de la máquina.

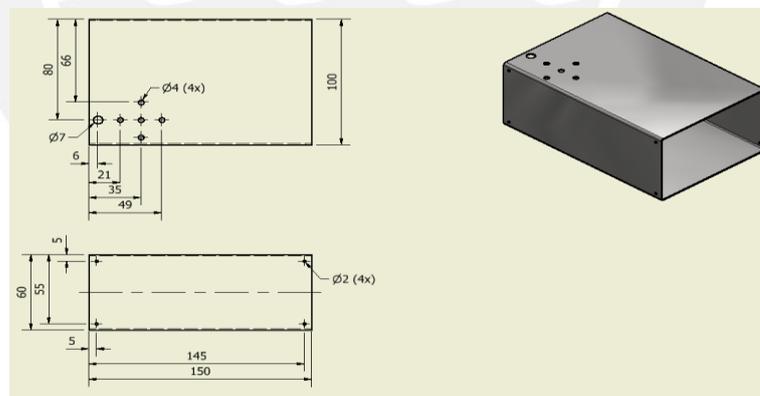


Figura 3 - 21: Plano de la caja de control - Exterior

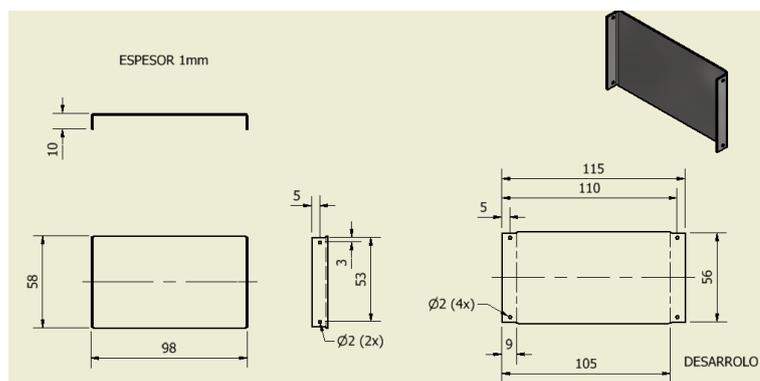


Figura 3 - 22: Plano de la caja de control - Lateral

La Figura 3 – 23 muestra el plano de ensamble de la caja de control. Los elementos que lo conforman son:

1. Caja de control - exterior
2. Caja de control - lateral
3. Tornillo hexagonal M2
4. Tuerca hexagonal M2x5

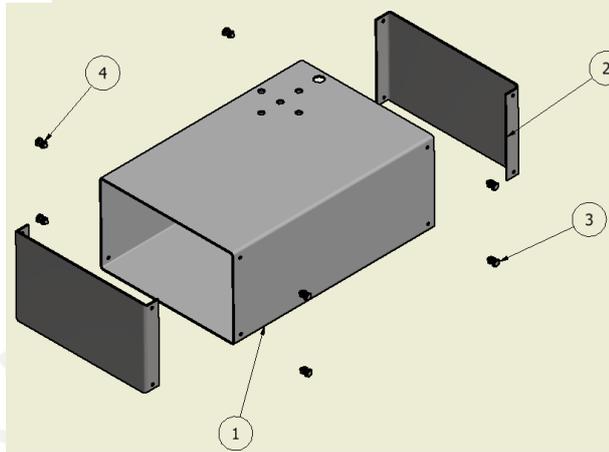


Figura 3 - 23: Plano de ensamble – Caja de control

El anexo 8 muestra los planos de las puertas, base de la caja del jabón, base del cerrojo electrónico, caja del panel de control y todos los planos mostrados en sus tamaños reales.

3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico

La Figura 3 – 24 muestra el esquemático del circuito de control principal. Este circuito es alimentado por 24 V. Se utilizarán dos reguladores de voltaje. El LM7812 para obtener 12 V que alimentará a los relés, al cerrojo electrónico y al timbre. El LM 7805 para obtener 5 V que alimentará al microcontrolador. Este circuito tiene como entrada a los pulsadores momentáneos, pulsadores del panel y el interruptor de nivel. Este circuito tiene como salida el control de los motores, electroválvula, bomba, termostato, cerradura eléctrica y leds. Para visualizar este esquemático a mayor detalle y las conexiones generales de la máquina revisar el anexo 9.

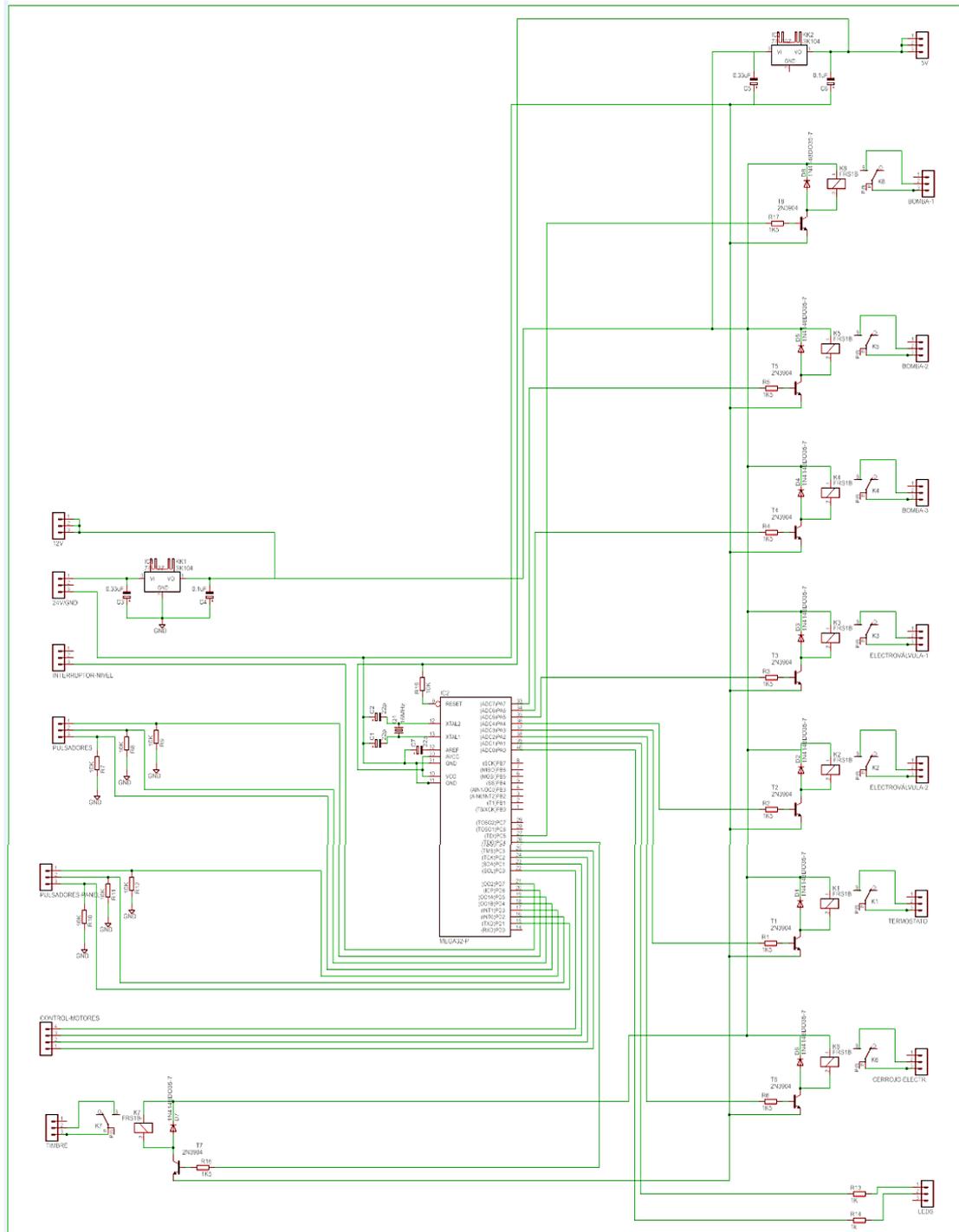


Figura 3 - 24: Circuito de control principal

La Figura 3 – 25 muestra el circuito de control de motores (L293). Este circuito es alimentado por 24V (voltaje del motor) y por 5V (voltaje lógico). Con este circuito se logrará controlar los tres servomotores. El servomotor del recipiente 1 tendrá un montaje en el puente - H izquierdo el cual permitirá un movimiento bidireccional y los otros dos servomotores tendrán un montaje en el puente - H derecho el cual permitirá un movimiento unidireccional como se muestra en la Figura 3 - 26.

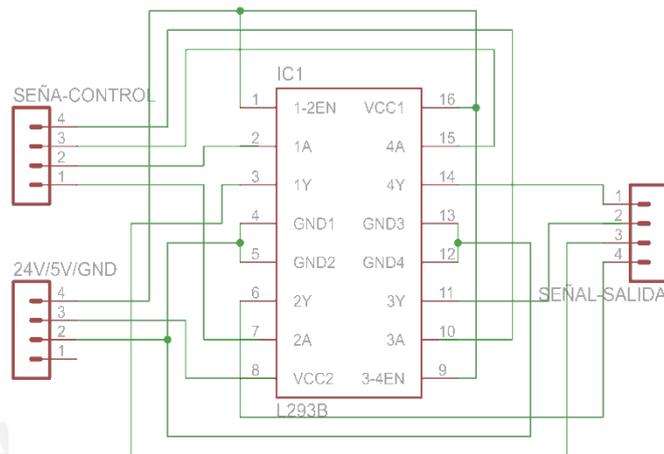


Figura 3 - 25: Circuito de control de motores

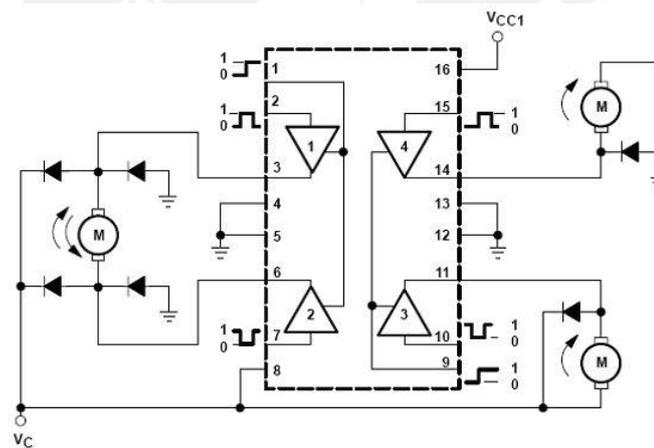


Figura 3 - 26: Conexión de los servomotores a su circuito de control

El convertidor AC – DC, marca TDK-Lambda y modelo LS100-24, realizará la transformación de 220AC a 24V. La Figura 3 – 27 muestra el convertidor AC – DC. En el anexo 5 se especifican sus características.



Figura 3 - 27: Convertidor AC – DC

3.5 Diagrama de flujo del programa de control

La Figura 3 – 28 muestra el diagrama de flujo del programa de control. Al presionar el botón de inicio, se inicia el programa de control. Primero se verificará si la caja está correctamente colocada en el recipiente 2. Segundo se verificará que las puertas estén cerradas. Tercero se activará el cerrojo electrónico para evitar el movimiento de la caja en el recipiente 2. El led verde se encenderá indicando el inicio del proceso 1, el cual es el remojo de los cubiertos. Al finalizar el proceso 1, comenzará el proceso 1.1 y 2 simultáneamente. El proceso 2 es la etapa de lavado y enjuague de los cubiertos. El proceso 1.1 es la etapa de enjuague final del recipiente 1 que evita que queden residuos. Por último, al finalizar el proceso 2, se desactivará el cerrojo electrónico y se activará el sonido de alerta final.

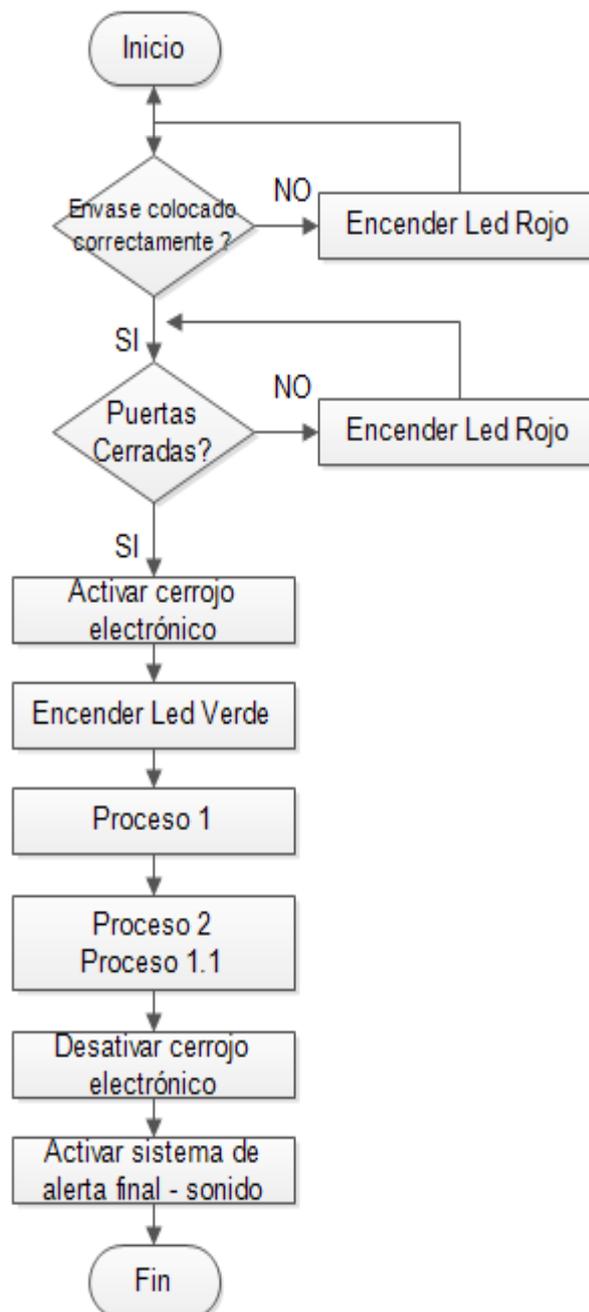


Figura 3 - 28: Diagrama de flujo del programa de control

La Figura 3 – 29 presenta el diagrama de flujo del proceso 1 o remojo de los cubiertos. Primero se activará la vía 1 de la electroválvula para iniciar el ingreso de agua al recipiente 1. Se activará la entrada del detergente líquido al recipiente 1 e inmediatamente se activará la resistencia eléctrica para calentar el agua. Cuando el interruptor del nivel de agua se active, se desactivará la electroválvula para detener el ingreso de agua. Con la ayuda del termostato se medirá la temperatura del agua y cuando este llegue a la temperatura deseada de 80 °C se desactivará la resistencia. El tiempo de remojo de los cubiertos es de 7 minutos (se mide desde inicio del proceso) y cuando este concluya, se activará la bomba para extraer el agua. Al finalizar la extracción del agua, se activará el actuador lineal para trasladar los cubiertos al recipiente 2. Por último, el actuador lineal se ubicará en su posición inicial.

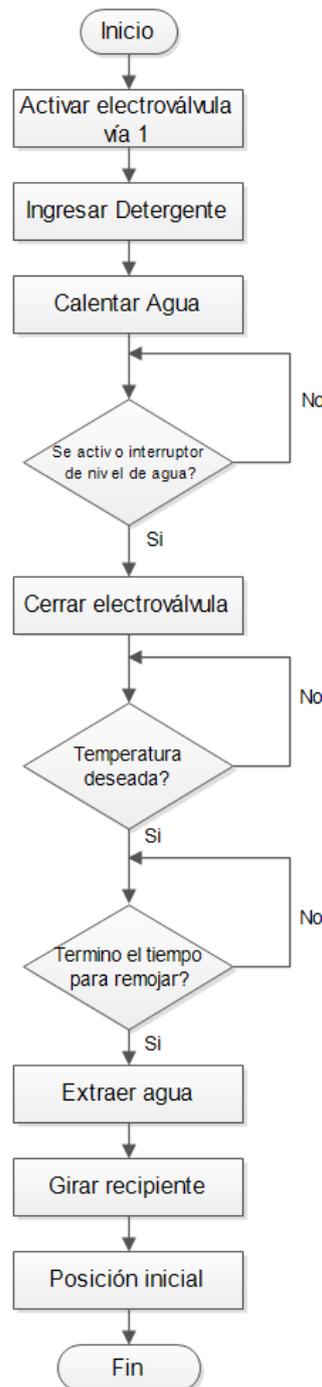


Figura 3 - 29: Diagrama de flujo del proceso 1

La Figura 3 – 30 presenta el diagrama de flujo del proceso 2 o lavado y enjuague de los cubiertos. Este proceso se iniciará activando la vía 2 de la electroválvula. Enseguida se activará el ingreso de detergente. A continuación se activará la bomba para comenzar la extracción del agua. Luego se activarán los motores que lograrán la vibración de la caja para facilitar el movimiento del agua entre los cubiertos. Al concluir el tiempo de lavado (3 minutos) de los cubiertos, el cual se mide desde el inicio del proceso, se desactivará el ingreso del detergente al recipiente 2. Al concluir el tiempo de enjuague (1 minuto) de los cubiertos, el cual se mide desde que termina el tiempo para lavar los cubiertos, se desactivará la vía 2 de la electroválvula. Por último, al concluir el tiempo de escurrimiento (1 minuto), se desactivarán los motores para detener la vibración de la caja y se desactivará la bomba para detener la salida del agua.



Figura 3 - 30: Diagrama de flujo del proceso 2

La Figura 3 – 31 presenta el diagrama de flujo del proceso 1.1 o enjuague final del recipiente 1. Se inicia el proceso activando la vía 1 de la electroválvula. Al activarse el interruptor de nivel de agua, se desactivará la vía 1 de la electroválvula. Por último, se activará la bomba para extraer el agua que ingresó.

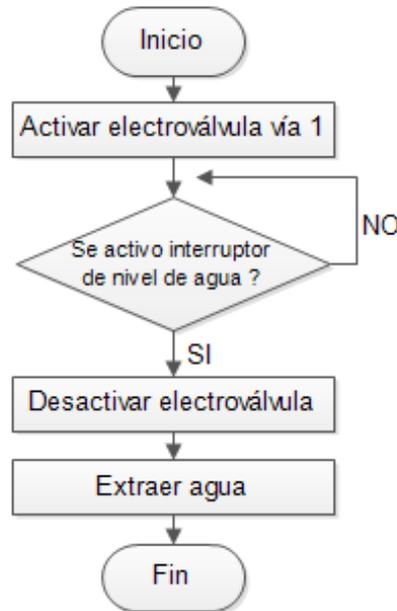


Figura 3 - 31: Diagrama de flujo del proceso 1.1

La Figura 3 – 32 presenta el diagrama de flujo de la función auto-lavado. Esta función se iniciará cuando se presione el botón de auto-lavado en el panel de control de la máquina. Primero se verificará que las puertas estén cerradas. Si no están cerradas se encenderá el led rojo del panel de control y si están cerradas se encenderá el led verde del panel. Enseguida se activará la vía 1 y 2 de la electroválvula. Después se activará la bomba para extraer el agua de la máquina. Al concluir el tiempo de auto-lavado (3 minutos), se desactivará la vía 1 y 2 de la electroválvula para detener el ingreso de agua. Por último, se desactivará la bomba.

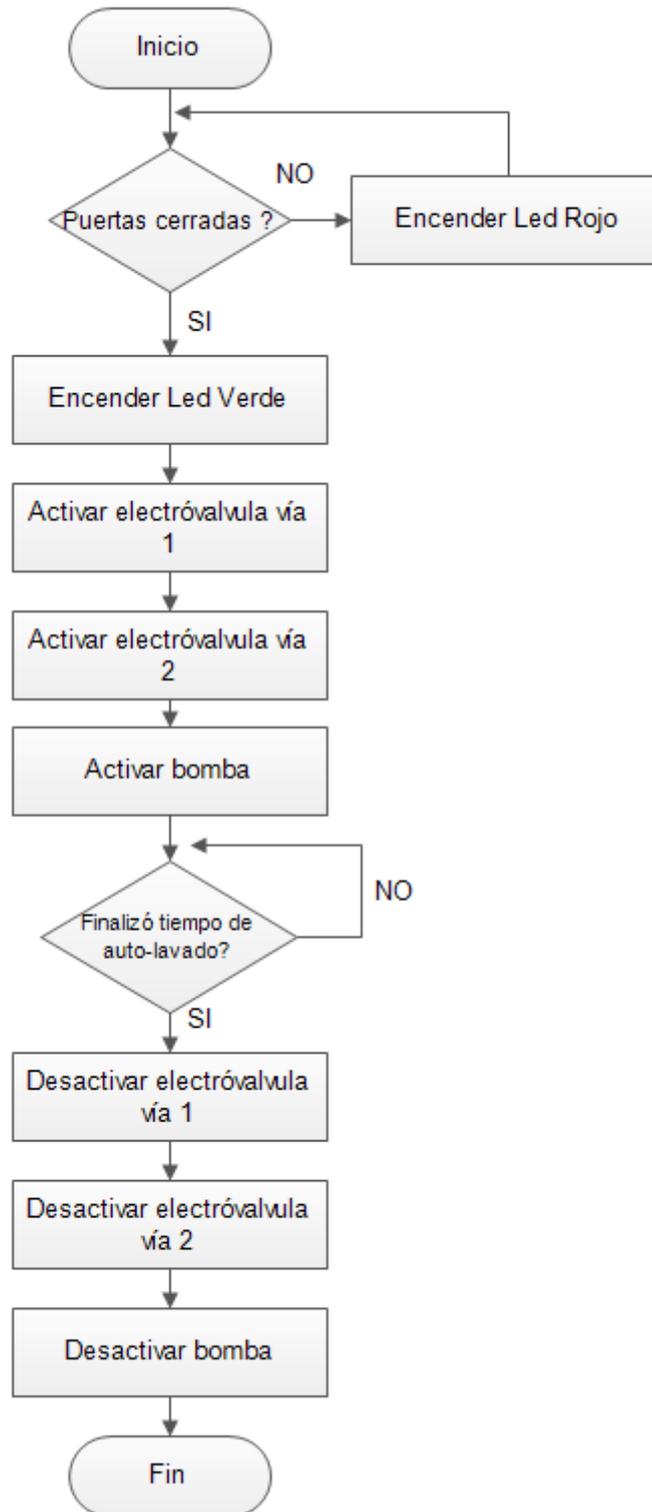


Figura 3 - 32: Diagrama de flujo de la función auto-lavado

Capítulo 4

Presupuesto

Tabla 4 - 1: Presupuesto del sistema mecatrónico – Electrónica

Electrónica				
Producto	Cantidad	Precio (US\$)	Total (US\$)	Proveedor
Termostato de bulbo	1	\$ 12.00	\$ 12.00	C&J IMPORT
Electroválvula 2 vías	1	\$ 11.00	\$ 11.00	S&V AMERICAN IMPORT
Bomba de drenaje	3	\$ 10.00	\$ 30.00	Dongguan Zhonglong Pump Technology Co., Ltd.
Cerraduras eléctricas	1	\$ 8.00	\$ 8.00	Aliexpress
Boquillas de alta presión	8	\$ 5.00	\$ 40.00	
Interruptor de nivel de líquido	1	\$ 4.00	\$ 4.00	Aliexpress
Pulsador panel	2	\$ 2.50	\$ 5.00	P&S
Foco neón	2	\$ 1.00	\$ 2.00	P&S
Switich E/A	1	\$ 0.70	\$ 0.70	P&S
Pulsador momentáneo	3	\$ 0.25	\$ 0.75	P&S
Atmega 32	1	\$ 2.50	\$ 2.50	P&S
Resistencia eléctrica	1	\$ 4.00	\$ 4.00	alibaba
Servomotor	1	\$ 35.00	\$ 35.00	skf
Motor de vibración	2	\$ 15.00	\$ 30.00	Precision microdrivers
Actuador lineal	1	\$ 30.00	\$ 30.00	skf
Relé	8	\$ 0.72	\$ 5.76	digikey
Convertidor AC - DC	1	\$ 17.50	\$ 17.50	digikey
Resistencia 1.5 K	5	\$ 0.23	\$ 1.15	digikey
Transistor BJT	5	\$ 0.12	\$ 0.60	digikey
LM7812/7805	2	\$ 0.44	\$ 0.88	digikey
L293B	1	\$ 2.90	\$ 2.90	digikey
Timbre	1	\$ 5.00	\$ 5.00	alibaba
Total			\$ 248.74	

La Tabla 4 - 1 muestra el presupuesto de la parte electrónica del sistema mecatrónico. Este presupuesto se ha realizado en base a la fabricación de 100 máquinas. El subtotal de la parte electrónica es de US\$ 248.74 por unidad.

Tabla 4 - 2: Presupuesto del sistema mecatrónico - Mecánica

Mecánica				
Producto	Cantidad	Precio (US\$)	Total (US\$)	Proveedor
Manijas	3	\$ 0.07	\$ 0.21	Distribuidora Roedza S.A.
Bisagras (2)	1	\$ 2.80	\$ 2.80	Distribuidora Roedza S.A.
Bisagras puertas	4	\$ 0.27	\$ 1.08	Distribuidora Roedza S.A.
Abrazaderas	4	\$ 1.00	\$ 4.00	alibaba
Accesorio de sujeción - actuador	1	\$ 15.00	\$ 15.00	skf
Accesorios de sujeción - recipiente 2	1	\$ 15.00	\$ 15.00	skf
Planchas de acero y mecanizado	1	\$ 357.00	\$ 357.00	JM Inversiones
Total			\$ 395.09	

La Tabla 4 – 2 muestra el presupuesto de la parte mecánica del sistema mecatrónico. Este presupuesto se ha realizado en base a la fabricación de 100 máquinas. El subtotal de la parte mecánica es de US\$ 395.09 por unidad.

Tabla 4 - 3: Presupuesto del sistema mecatrónico

	Precio (US\$)
Mecánica	\$ 395.09
Electrónica	\$ 248.74
Total	\$ 643.83

La Tabla 4 – 3 muestra el presupuesto total del sistema mecatrónico. Por lo tanto, el precio de una máquina sería de US\$ 643.83. Las proformas que sustentan el presupuesto presentado se encuentran en el anexo 10.

Capítulo 5

Conclusiones

- El lavador de cubiertos lava 200 cubiertos en 13 minutos. Por otro lado, el lavado manual logra un lavado de 200 cubiertos en media hora. Por lo tanto, el lavador de cubiertos es 2.3 veces más rápido que el proceso de lavado manual.
- El costo unitario de una máquina es de US\$ 644.00 (S/. 1 803.00) como se detalló en el presupuesto. El precio de venta del lavador de cubiertos sería de US\$ 750.00 (S/. 2 100.00). La persona encarga de lavar los cubiertos tiene un costo de S/. 4 552.80 en un año como se muestra en el anexo 4. Por lo tanto, el análisis del costo anual de un lavador de cubiertos es 2.17 veces más económico que el costo de una persona encarga del proceso de lavado.



Bibliografía

- [1] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Producción Nacional,» Lima, febrero 2014.
- [2] L. Huaruco, «Nos falta evolucionar mucho en comparación con cocinas de otros países,» *Gestión*, 17/04/2014.
- [3] Dirección Regional de Comercio Exterior y Turismo, «Manual de Calidad Turística para Restaurantes,» Proyecto "Mejoramiento de la Calidad de los Servicios Turísticos DIRECETUR - Cusco", Cusco, 2009.
- [4] Interfaith Worker Justice, «Salud y Seguridad en la Industria de Restaurantes,» 2010.

