

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**



## **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **TÍTULO DEL PROYECTO**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA  
RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET DE 400 A  
500 ml Y LATAS DE ALUMINIO DE 330 A 350 ml”**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**REALIZADO POR:**

**DIEGO FABRICIO SANDOVAL ESCOBAR**

**VÍCTOR HUGO USHIÑA FUENTES**

**DIRECTOR: ING. PATRICIO RIOFRÍO**

**CODIRECTOR: ING. FERNANDO MONTENEGRO**

**SANGOLQUÍ - ECUADOR**

## RESUMEN

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS PET DE 400 Y 500 ml Y LATAS DE ALUMINIO DE 330 A 350 ml” propuesto tiene como principal objetivo fomentar el reciclaje de productos para minimizar los costos de producción de nuevos bienes, logrando no solo un ahorro de energía, sino también, la preservación de los recursos naturales.

El reciclaje es el proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.

Este proyecto está enfocado a la primera fase del proceso de reciclado, la cual es la compactación del producto, logrando una reducción del volumen de los desperdicios generados. Sabemos que mucho tiempo, energía y trabajo se necesita para recoger y transportar la basura al basurero, y mucho más se necesitará si es que no existe una clasificación de esta clase de desperdicios, por ello se ha visto en la necesidad de diseñar y construir un prototipo de una máquina que permita compactar y separar botellas plásticas y latas de aluminio.

Para la realización de este proyecto, se realizó una serie de pruebas de compactación de los diferentes envases que se encuentran en el mercado, donde se observó que la fuerza necesaria para comprimir los envases tanto plásticos como de aluminio eran grandes ya que algunos envases venían con su tapa y no permitían que exista la liberación del aire que se encontraba al interior del mismo.

Por este motivo se optó por perforar dichos envases, logrando de esta manera que el aire pueda fugar del envase y permitiendo alcanzar una fuerza de compactación mucho más pequeña.

Debido a que esta máquina compacta latas de aluminio y envases plásticos, es importante que dichos envases no se mezclen una vez compactados, motivo por el cual, se usa dos sensores capacitivos, los que permite el reconocimiento del material de la botella y logrando así que el producto compactado, a través de sopladores de aire, se dirija a su respectivo estante, ya que existe uno para los envases plásticos y otro para las latas de aluminio.

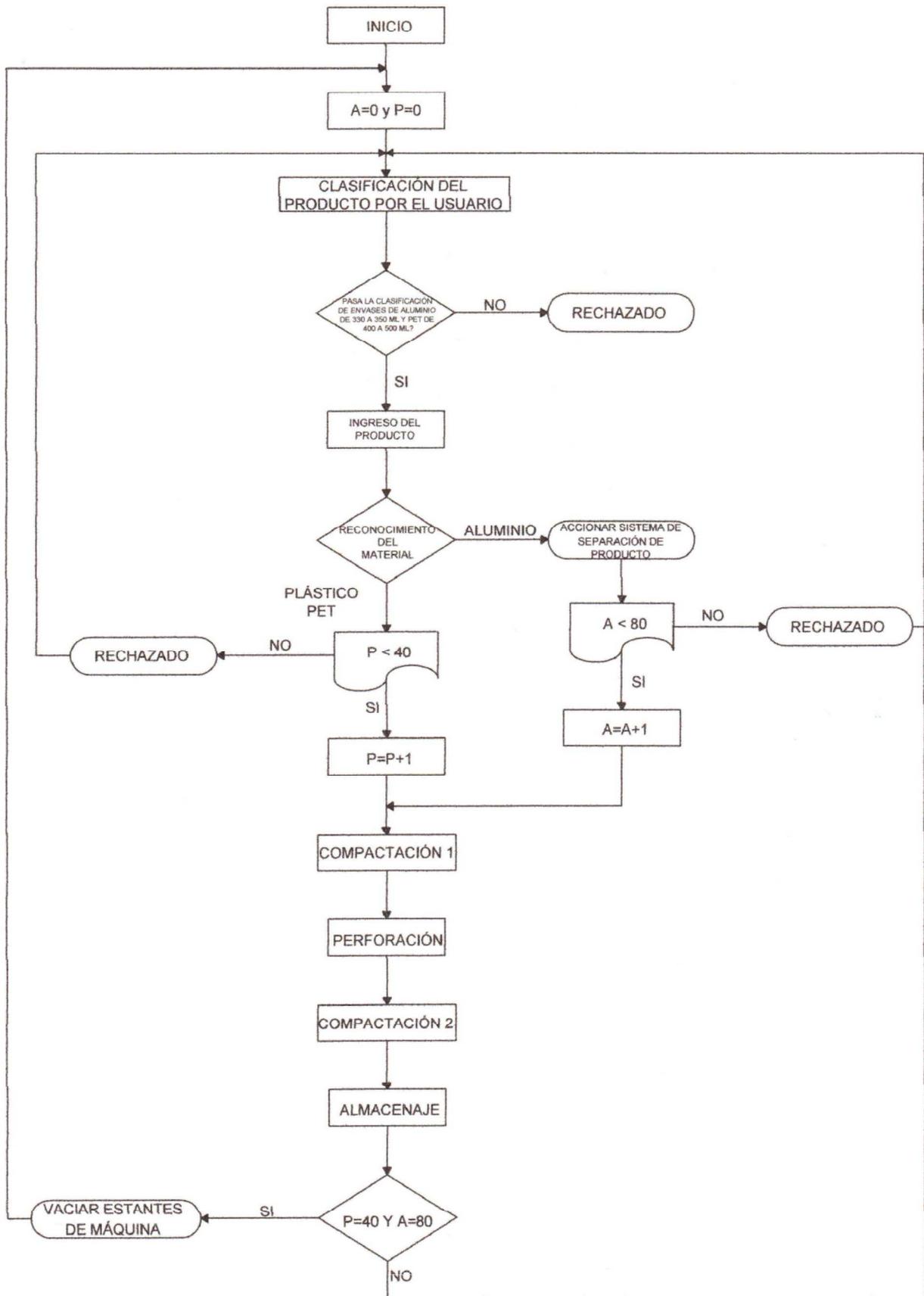
Casi todos los actuadores neumáticos son de doble efecto, ya que de esta manera podremos controlar las aperturas y cierres de los diferentes mecanismos que existen en la máquina.

La máquina tiene una capacidad para compactar y almacenar 80 latas de aluminio y 40 envases de plástico, cuyo proceso es controlado a través de un PLC. La capacidad de cada estante está limitada de acuerdo a su tamaño y al volumen al cual es reducido cada envase, ya que las latas de aluminio ocuparán un espacio mucho más pequeño comparado con el espacio que ocuparán las botellas plásticas. Una vez que un estante tenga su límite de almacenamiento, la máquina cerrará el proceso

de aceptación únicamente de los envases correspondientes a este estante y continuará con el reciclado de la otra clase de envases si es que aún no completa su número de envases de almacenamiento.

Además se dibujaron los planos con ayuda de programas como SOLIDWORKS y AUTOCAD, los cuales son programas de foto-realismo y simulación en 3D los cuales permiten el entendimiento del sistema y la comprobación del diseño de los elementos.

Se realizaron pruebas finales de tamaño del producto una vez compactado. Los resultados indican que estos productos llegan a reducir por lo menos  $1/3$  de su tamaño original, lo cual permite que dicho envase ocupe menos espacio y que se alcance una gestión de residuos eficaz.



**Diagrama de Procesos.**

## **DISEÑO DE LA LÍNEA NEUMÁTICA Y ELÉCTRICA.**

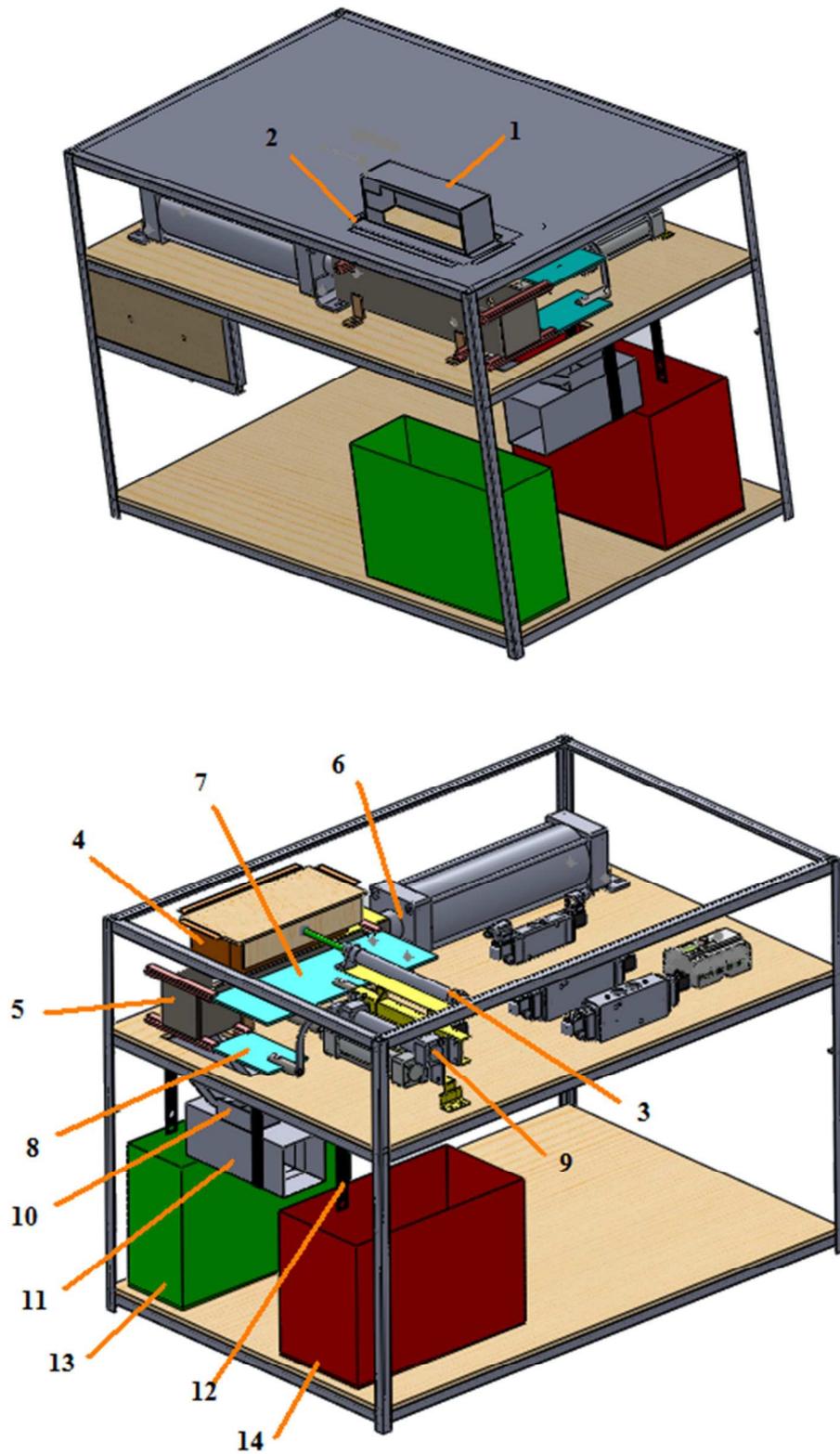
Es importante comenzar con el diseño del circuito neumático, ya que este circuito permitirá conocer qué y cuántos elementos neumáticos y eléctricos se necesitará para el cumplimiento de las necesidades del prototipo de máquina recicladora.

A continuación se explicará el principio de funcionamiento de la máquina recicladora de botellas PET de 400 a 500 ml y latas de aluminio de 330 a 350 ml.

Para el reconocimiento de la materia prima, se procederá a realizar una preclasificación de la misma. Una vez realizada dicha actividad, el usuario debe colocar el producto en un cubículo de ingreso (1), después, se deberá oprimir el pulsador de latas de aluminio o botellas plásticas (2) el cual permitirá que el prototipo entre en funcionamiento, abriéndose una compuerta de ingreso del producto la cual es accionada por un cilindro de simple efecto (3), pasando dicho producto por un conducto de ingreso (4), llegando a la camisa de compactación (5), en donde un vástago del cilindro compactador (6) recorra la carrera necesaria para lograr una compactación del producto hasta 1/3 de su tamaño original. Al momento que cae el producto a la camisa, se cierran dos compuertas una superior (7) y una inferior (8) que son accionados por un cilindro neumático (9), la cual permite un cierre hermético de la camisa.

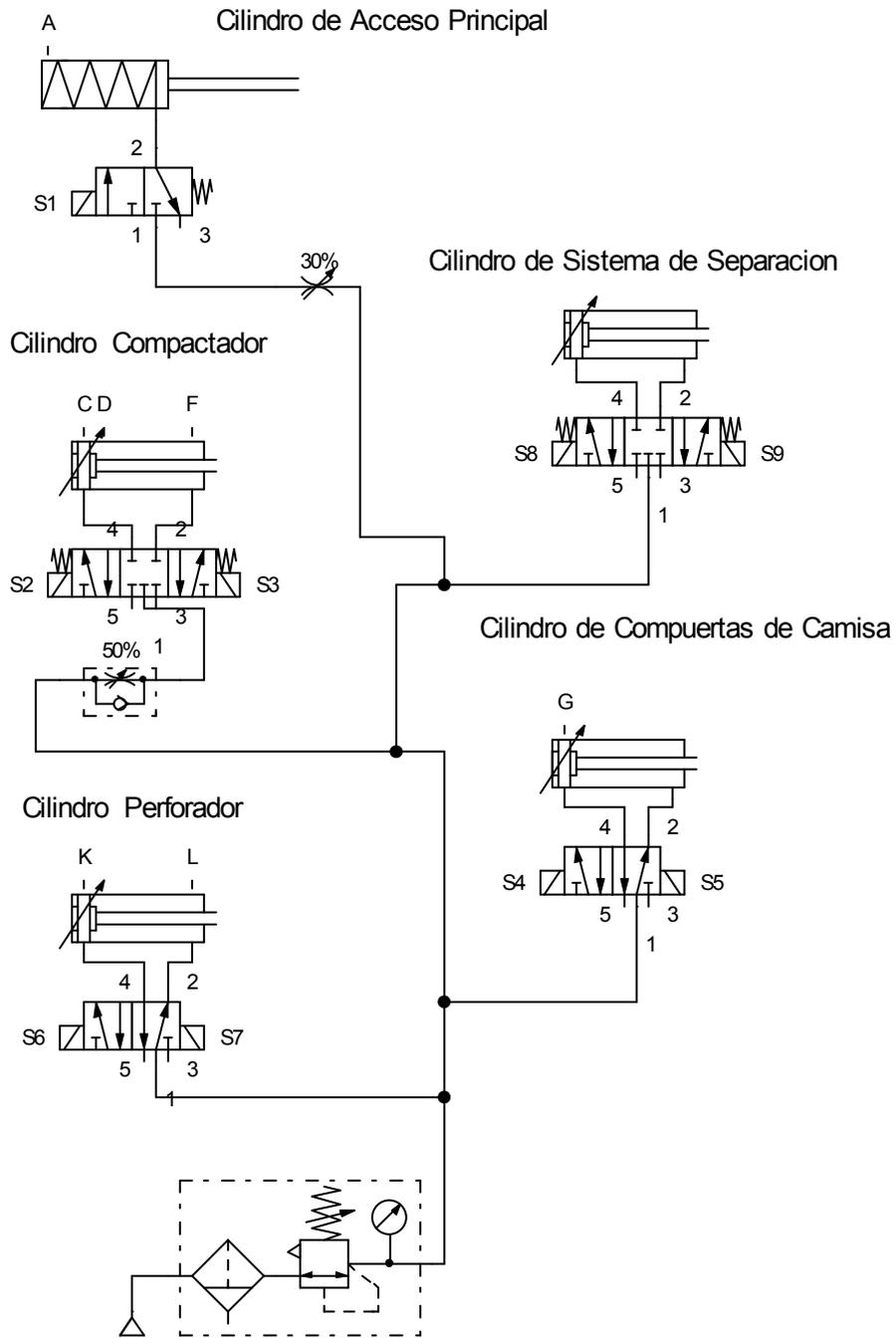
Después de la compactación del producto, cae a un sistema de separación (10) en donde se dirige a un conducto de separación (11), que por medio de unos sopladores de aire (12), el producto compactado es enviado a su respectivo recipiente, ya sea al recipiente de latas de aluminio (13) o al recipiente de botellas PET (14), cerrando todo el proceso de funcionamiento del prototipo de máquina recicladora.

La máquina prototipo se muestra en la siguiente figura (4.3.1.).



**Prototipo de Máquina Recicladora de Botellas Plásticas PET y Latas de Aluminio.**

El circuito de potencia y de control se mostrará en los siguientes diagramas:



**Diagrama de Potencia**

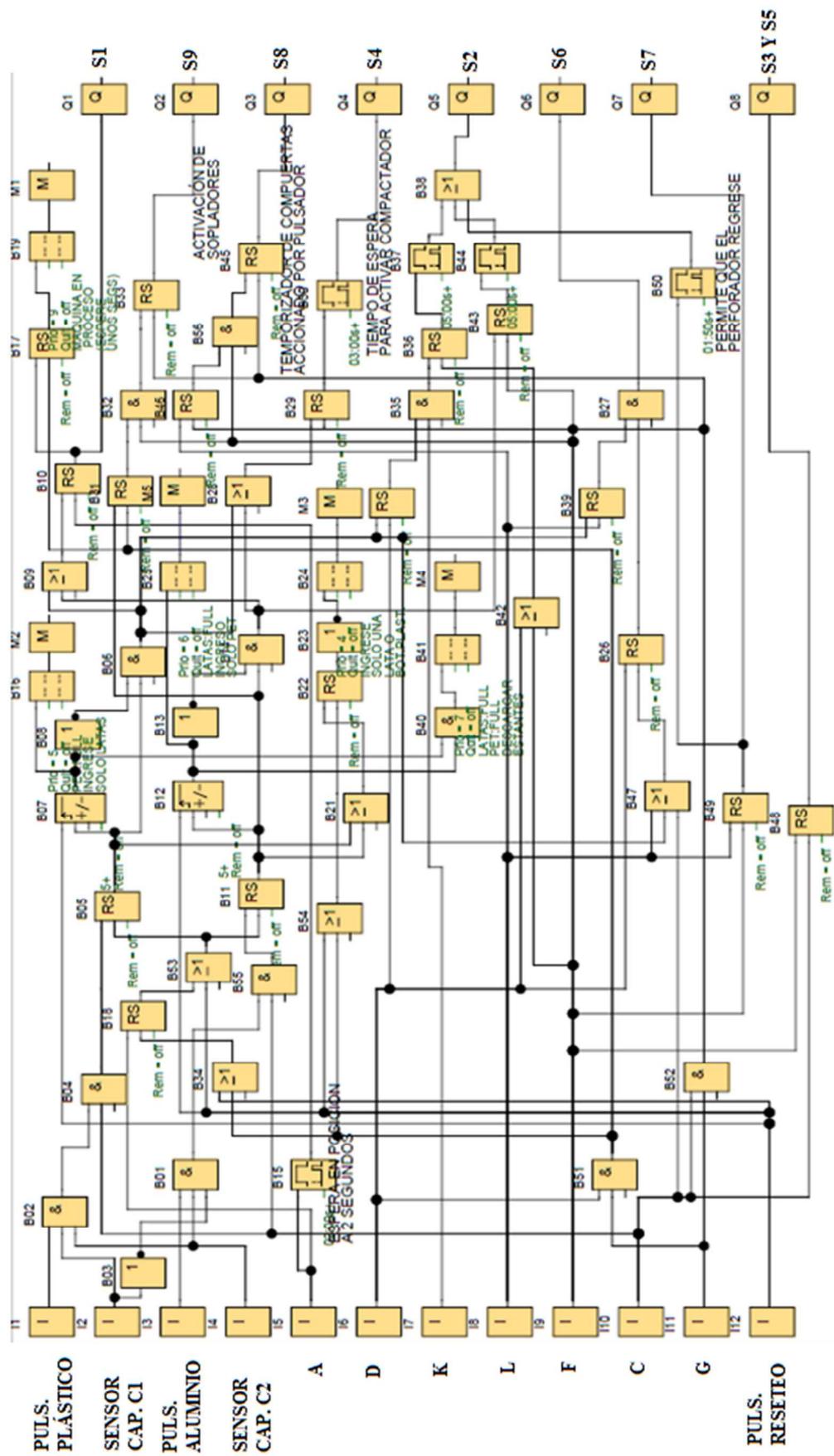


Diagrama de Control.

Se puede observar el sistema de control que se implementará a la máquina. Esta programación es realizada a través de un PLC marca LOGO, el cual debe tener 12 entradas y 8 salidas.

## **CALIBRACIÓN DE LA MÁQUINA.**

Calibración es un simple procedimiento de comparación entre lo que indica el instrumento y lo que debe indicar de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido. Por ello, es importante calibrar ciertos parámetros que permiten el correcto funcionamiento de la máquina, los cuales son:

- La presión de trabajo entregada por el compresor hacia los actuadores neumáticos, ya que la presión influye de manera directa a la fuerza que generará cada cilindro.
- La alineación de los actuadores neumáticos, como por ejemplo del cilindro perforador, tratando de que la punta de perforación no tenga problemas al momento de ingresar en la camisa de compactación.
- La posición de los sensores capacitivos, ya que deben enviar de manera eficiente la señal al sistema.
- La distancia hasta la cual se compacta el envase, ya sea metálico o plástico, ya que el envase genera una cierta resistencia la cual puede impedir que el cilindro compactador alcance su posición final.
- La ubicación de los sopladores de aire, debido a que si se los coloca muy cerca del conducto de separación, el envase puede quedar atascado con los sopladores, impidiendo de esta manera, que el mismo pueda descender a su respectivo estante.
- La abertura de la válvula bidireccional colocada antes de la electroválvula 5/3 que controla el cilindro compactador, ya que puede existir un exceso de alimentación de aire al mismo, lo cual podría generar un mal funcionamiento del proceso de perforación del envase plástico.
- La posición del sensor magnético D, debido a que este permite que el proceso de perforación al envase plástico se realice de manera eficiente y eficaz.



**Prototipo de Máquina Recicladora de Botellas Plásticas PET y Latas de Aluminio.**



**Caja de Control del Usuario, Caja de Sensores y Cubículo de Ingreso de Botellas Plásticas PET y Latas de Aluminio.**



**Sopladores de Aire Para las Botellas Plásticas y Latas de Aluminio, Depósitos de Botellas Plásticas y Latas de Aluminio.**



**Pulsador de Reseteo, Cilindro Para las Tapas de Camisa y Cilindro Compactador.**



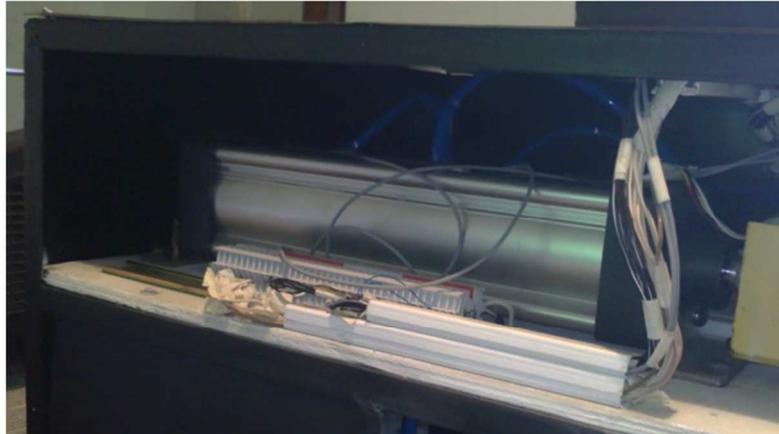
**Camisa de Compactación.**



**Unidad FRL.**



**Transformador de Voltaje de 110V a 24V.**



**Cilindro Compactador.**



**Sensores Capacitivos S1 y S2.**



**Punta de Perforación y Tapas de Camisa de Compactación.**



**Depósito para Latas de Aluminio de 330 a 350 ml.**



**Depósito para Botellas Plásticas PET de 400 a 500 ml.**

## **CONCLUSIONES.**

- Con la alternativa de diseño seleccionada, la cual es un diseño de una máquina recicladora horizontal, se obtuvo un rendimiento altamente satisfactorio debido a que se logró alcanzar los parámetros de diseño tales como: compactar las botellas plásticas PET y latas de aluminio hasta  $1/3$  de su tamaño original, realizar 4 ciclos por minuto, separar los envases compactados y dirigirlos a sus respectivos estantes, entre otros.
- La máquina tiene capacidad para 80 latas de aluminio y 40 botellas plásticas PET, debido a que las botellas plásticas compactadas ocupan mayor espacio que las latas de aluminio, además la capacidad de la máquina también depende del tamaño de los estantes de almacenamiento.
- Se diseñó y construyó un prototipo de máquina recicladora de botellas plásticas PET de 400 a 500 ml y latas de aluminio de 330 a 350 ml. Para el diseño, la construcción y el

montaje de los diferentes elementos que conforman esta máquina se utilizó las más avanzadas herramientas computacionales como SOLIDWORKS y AUTOCAD, los que permitieron realizar los planos de fabricación de cada elemento; FLUIDSIM, el cual nos ayudó al diseño del circuito neumático, y LOGO Comfort debido a que el PLC utilizado es de marca LOGO SIEMENS.

- Se establecieron alternativas de máquinas compactadoras en el mercado local. A partir de estos se escogió el diseño más adecuado de acuerdo a parámetros como desempeño, rendimiento, fiabilidad, mantenimiento, operación de control, materiales y proceso de fabricación.

- El factor de seguridad para la selección de cilindros es de 2.5 debido a que si se desea calibrar el sistema neumático de la máquina para que el cilindro compactador reduzca el volumen de los recipientes a un volumen mucho más pequeño que el especificado, la fuerza necesaria para ello se incrementará considerablemente.

- Los cilindros neumáticos fueron escogidos por medio de catálogos de empresas como CAMOZZI y MINDMAN, los cuales nos brindaban las características de operatividad de cada uno de ellos, permitiendo que el proceso de selección sea mucho más fácil y sencillo.

- A pesar de que el costo de fabricación de la máquina es alto, debido a que se utilizan elementos que puedan cumplir satisfactoriamente con los requerimientos de la máquina, la evaluación económica y financiera arroja que la demanda que existe dentro del mercado nacional, permitirá que la inversión realizada se pueda recuperar en poco tiempo.

- Se construyó cada elemento que conforma la máquina recicladora, en base al diseño realizado.

## **RECOMENDACIONES.**

- Realizar una buena pre clasificación de envases tanto plásticos como metálicos que van a ingresar a la máquina, verificando que no exista líquido o algún elemento extraño dentro de los mismos.
- Antes de la construcción y montaje de los diferentes elementos que conforman la máquina, se debe tener todos los planos de construcción y diagramas tanto de proceso como de montaje, logrando de esta manera optimizar recursos como tiempo y dinero.
- Para la fabricación de la máquina se recomienda utilizar materiales certificados, que cumplan las especificaciones y estándares pertinentes para obtener el máximo beneficio de ellos en propiedades físicas, mecánicas y durabilidad.
- Se recomienda que para un mejor estudio de un proceso de reciclaje de debe buscar o implementar nuevas tecnologías de reciclaje, ya que con estos nos ayudan a una mejor conservación del medio ambiente.
- Tratar de disminuir los pasos a cumplir para la primera fase de reciclado (compactación), debido a que de esta manera lograremos que el costo de la máquina sea mucho más bajo.
- Verificar la rentabilidad de esta clase de proyectos, es importante continuar con los estudios del proceso de reciclaje, ya que no solo se busca una preservación de recursos naturales, sino que también se trata de implementar nuevas alternativas tecnológicas.