

# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**CLASIFICADOR AUTOMATIZADO DE METALES**

**Integrantes:**

Ahumada Quispe, Estrella Rubí 201911285

Ayasta Llenque, George Martir 201410451

Carrasco Livia, Giannela Maryory 201911310

Damián Martel, Alex Arturo 201821076

Eguabil Arotoma, Marco Smith 201811462

**Docente:**

Dr. José Antonio Velásquez Costa

LIMA, PERÚ

2023

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se divide en dos partes donde se muestra el proceso actual que se viene realizando en diferentes industrias al clasificar materiales metálicos y no metálicos como también una propuesta de mejora para optimizar los tiempos de trabajo y reducir costos por medio de la automatización del proceso.

En el proceso actual el operario traslada diferentes tipos de piezas de manera manual clasificándolos en cualquiera de los dos contenedores según corresponda teniendo una deficiencia directa al operario por lesiones asociadas a los movimientos repetitivos, de igual manera para la empresa ya que se tienen tiempos muertos cuando el operario se desplaza de su lugar de trabajo para sus horarios de comida, ir a servicios higiénicos o descanso según sea el caso.

Por ello proponemos un proceso automatizado controlado por un PLC en que las piezas se transportan por una faja transportadora llegando a un sensor inductivo que si reconoce a un material metálico lo enviará su almacenaje con ayuda de un cilindro neumático; si es un material no metálico este seguirá por la faja hasta llegar al sensor óptico, una vez la luz se obstruya el pistón se expande y caerá al almacenaje de materiales no metálicos con ello logrando un aumento en la productividad y rendimiento entre todos los beneficios que puede brindar.

Palabras Clave: PLC, faja transportadora, sensor inductivo, cilindro neumático, automatización, sensor óptico, pistón.

## ABSTRACT

The present research work is divided into two parts where the current process that has been carried out in different industries when classifying metallic and non-metallic materials is shown, as well as an improvement proposal to optimize working times and reduce costs through automation. of process.

In the current process, the operator moves different types of parts manually, classifying them in any of the two containers as appropriate, having a direct deficiency to the operator due to injuries associated with repetitive movements, in the same way for the company since there are downtimes when the operator travels from his place of work for his meal schedules, to go to restrooms or rest as the case may be.

For this reason, we propose an automated process controlled by a PLC in which the pieces are transported by a conveyor belt reaching an inductive sensor that, if it recognizes a metallic material, will send it to storage with the help of a pneumatic cylinder; If it is a non-metallic material, it will continue along the belt until it reaches the optical sensor. Once the light is blocked, the piston expands and will fall to the storage of non-metallic materials, thus achieving an increase in productivity and performance among all the benefits that can provide.

Keywords: PLC, conveyor belt, inductive sensor, pneumatic cylinder, automation, optical sensor, piston.

## ÍNDICE

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
1.1. Fundamentos Teóricos.....	7
1.2. Formulación del problema .....	14
1.2.1. Problema general.....	15
1.2.2. Problemas específicos .....	15
1.3. Objetivos.....	15
1.3.1. Objetivo general .....	15
Desarrollar un sistema clasificador automático para mejorar la productividad en una línea procesadora de metales y no metales .....	15
1.3.2. Objetivos específicos .....	15
<b>CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO ACTUAL .....</b>	<b>16</b>
2.1. Descripción del proceso.....	16
2.2. Descripción y detalle de los indicadores de producción antes de la automatización.....	17
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO ACTUAL DEL PROCESO .....</b>	<b>18</b>
3.1. Planos CAD en 3D de la situación actual o video de la situación actual.....	18
<b>CAPÍTULO IV: DISEÑO DE PROPUESTA PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO.....</b>	<b>19</b>
4.1. Descripción detallada del proceso propuesto.....	19
4.2. Diagrama de flujo .....	20
4.3. Diagrama de análisis del proceso.....	21
4.4. Planos CAD en 3D de la situación propuesta elegida (debe mostrar cada componente con un color distinto) o video de la situación mejorada .....	21
4.4.1. Plano del ensamblaje .....	21
4.4.2. Plano de plancha de madera .....	22
4.4.3. Plano de bandeja de Salida.....	23
4.4.4. Plano del cilindro neumático y base.....	23
4.4.5. Plano de base de cilindro.....	24
4.4.6. Plano de base metálica de faja.....	25
4.4.7. Plano del cilindro neumático.....	25
4.4.8. Plano del conector y disco.....	26

4.4.9. Plano del rodillo y faja transportadora .....	26
4.4.10. Plano del eje de rodillo.....	27
4.5. Descripción detallada de los materiales a emplear (sensores, pre actuadores, actuadores, motores, PLC, etc) .....	27
4.5.1. Válvulas neumáticas.....	27
4.5.2. Sensores inductivos .....	28
4.5.3. Sensores ópticos .....	29
4.5.4. Controlador Lógico Programable-PLC .....	29
4.5.5. Actuadores Lineales .....	31
4.5.6. Motor reductor 24v .....	32
4.5.7. Fuente de 220v a 24v .....	32
4.5.8. Electroválvula .....	33
4.5.9. Racores.....	33
4.5.10. Botonera .....	34
4.6. Programación en lenguaje ladder del proceso (comentario cada uno de los segmentos empleados en su programación Ladder) .....	35
4.7. Descripción y detalle de los indicadores de producción después de la automatización .....	36
<b>CAPÍTULO V: COSTOS DE INVERSIÓN .....</b>	<b>38</b>
5.1. Presupuesto .....	38
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>41</b>

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen empresas que obtienen ingresos por el reciclaje de residuos orgánicos y la venta de gas metano obtenido de los residuos inorgánicos. La compañía debe realizar un buen estudio para ver si los ingresos que se van a obtener de ellos puedan suplir sus costos y gastos de operación. Es por ello que se ven obligados a optimizar muchos de sus procesos para así poder reducir costos de materiales, indirectos y mano de obra.

Existen numerosas formas de optimizar procesos en una planta recicladora, pero es de vital importancia conocer si su implementación realmente logrará que la empresa sea más competitiva en el mercado. Por ello la importancia de medir los resultados con indicadores que muestren los beneficios al hacer uso de ellos.

También es de real importancia no solo observar, por medio de los indicadores, los beneficios económicos sino también la responsabilidad social y ambiental que la compañía debe tener para con la sociedad y el estado.

Es por ello que la propuesta del presente trabajo de investigación es el desarrollo de un sistema clasificador de metales para que la empresa pueda mejorar aspectos como la calidad en la detección, precisión, disminución de tiempos y ahorro en reducción de costos de mano de obra. Con ello lograr que la compañía que pueda incorporarlo en su línea de procesamiento sea más competitiva en el mercado.

En el presente trabajo de investigación mostraremos en el primer capítulo los aspectos teóricos que abarcan nuestras variables y los indicadores de medición que empleamos para luego observar los beneficios que se obtendrán en su aplicación.

En el capítulo 2 hacemos mención de la situación actual, y en el capítulo 3 el diseño actual ambos casos haciendo especial referencias a cómo se van desarrollando la clasificación de residuos inorgánicos a nivel nacional e internacional. Asimismo, para facilitar al lector la observación de la situación actual realizamos una representación gráfica haciendo uso de numerosos Softwares.

En el capítulo 4 desarrollamos el clasificador y con ello su simulación en Promodel y Inventor para mostrar de manera gráfica las mejoras que se obtendrán en su implementación. Los resultados obtenidos con sus indicadores respectivos nos mostrarán si el desarrollo y posterior implementación lograrán o no que la compañía sea más competitiva reflejado en la mejora de precisión, reducción de costos y reducción de tiempos.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## 1.1. Fundamentos Teóricos

### **Neumática industrial:**

Acerca de la neumática industrial Pawar (2020) define lo siguiente:

The English word pneumatic and its associate noun pneumatics are derived from the Greek “pneuma” meaning breath or air. Originally coined to give a name to the science of the motions and properties of air. Compressed air is a vital utility- just like water, gas and electricity used in countless ways to benefit everyday life. Pneumatics is application of compressed air (pressurized air) to power machine or control or regulate machines. Simply put, Pneumatics may be defined as branch of engineering science which deals with the study of the behaviour and application of compressed air. Pneumatics can also be defined as the branch of fluid power technology that deals with generation, transmission and control of power using pressurized air. Gas in a pneumatic system behaves like a spring since it is compressible.

[La palabra en inglés "pneumatic" y su sustantivo asociado "pneumatics" se derivan del griego "pneuma", que significa respiración o aire. Originalmente acuñados para dar nombre a la ciencia de los movimientos y propiedades del aire. El aire comprimido es un servicio vital, al igual que el agua, el gas y la electricidad, utilizado de innumerables formas para beneficiar la vida cotidiana. La neumática es la aplicación de aire comprimido (aire a presión) para alimentar máquinas o controlarlas o regularlas. En pocas palabras, la neumática puede definirse como una rama de la ciencia de la ingeniería que se ocupa del estudio del comportamiento y la aplicación del aire comprimido. La neumática también puede definirse como la rama de la tecnología de la energía fluida que se ocupa de la generación, transmisión y control de la energía utilizando aire a presión. El gas en un sistema neumático se comporta como un resorte ya que es compresible.] (p. 6)

## Sistemas de control

Acerca de los sistemas de control Frank (2018) describe lo siguiente:

A system changes over time, the standard description of dynamics. One can often describe changes over time as a combination of the different frequencies at which those changes occur. The duality between temporal and frequency perspectives sets the classical perspective in the study of control.

Open-loop control directly alters how a system transforms inputs into outputs. Prior knowledge of the system's intrinsic dynamics allows one

to design a control process that modulates the input–output relation to meet one's goals. By contrast, closed-loop feedback control allows a system to correct for lack of complete knowledge about intrinsic system dynamics and for unpredictable perturbations to the system. Feedback alters the input to be the error difference between the system's output and the system's desired target output. By feeding back the error into the system, one can modulate the process to move in the direction that reduces error. Such self-correction by feedback is the single greatest principle of design in both human-engineered systems and naturally evolved biological systems.

[Un sistema cambia a lo largo del tiempo, que es la descripción estándar de la dinámica. A menudo, se pueden describir los cambios a lo largo del tiempo como una combinación de las diferentes frecuencias en las que ocurren esos cambios. La dualidad entre las perspectivas temporal y de frecuencia establece la perspectiva clásica en el estudio del control.

El control en lazo abierto altera directamente cómo un sistema transforma las entradas en salidas. El conocimiento previo de la dinámica intrínseca del sistema permite diseñar un proceso de control que modula la relación entrada-salida para cumplir con los objetivos establecidos.

En contraste, el control en lazo cerrado permite a un sistema corregir la falta de conocimiento completo sobre la dinámica intrínseca del sistema y las perturbaciones impredecibles en el sistema. La retroalimentación altera la entrada para que sea la diferencia de error entre la salida del sistema y la salida objetivo deseada del sistema. Al retroalimentar el error en el sistema, se puede modular el proceso para moverse

en la dirección que reduce el error. Esta autocorrección mediante retroalimentación es el principio de diseño más importante tanto en sistemas diseñados por humanos como en sistemas biológicos evolucionados naturalmente.] (p. 2)

### **Sensores:**

Acerca de los sensores Manesis, S. & Nikolakopulus, G. (2018) afirman lo siguiente:

Sensors are devices that, when exposed to a physical phenomenon (temperature, pressure, displacement, force, etc.), produce an output signal capable of being processed by the automation system. The terms “transducer” and “meter” are often used synonymously with sensors, while simultaneously some sensors are combined with the term “switch”, causing confusion about the correct terminology. Furthermore, some writers consider that “sensor” is only the sensing element that detects the physical magnitude and not the whole device that, together with the sensing element, transforms the physical variable into a form of electrical signal. Let’s define the meaning of these terms as they will be used in this textbook. In general, sensors transform the variation of a physical quantity into an electrical output signal, which may be an analog or digital one. In the first case, the sensor produces a continuous output signal that is proportionally varied to the sensed parameter. For example, a pressure sensor may produce a 4–20 mA DC, or 0–10 V DC output signal for a 0–725 psi pressure variation. In the second case, the sensor produces a discrete output signal in the form of an ON or OFF, usually causing a SPDT contact to change state when the physical quantity gets over a predefined value. Sensors with analog output may also be called transducers, while sensors with discrete (or binary or digital) output are called switches, e.g., “proximity sensor or switch”. When transducers include an analog-to-digital converter (ADC), then they are called digital transducers, since their output can be directly fitted to a digital controller, and should not be confused with the binary or digital sensors of a switch operation type.

[Los sensores son dispositivos que, cuando se exponen a un fenómeno físico (temperatura, presión, desplazamiento, fuerza, etc.), producen una señal de salida capaz de ser procesada por el sistema de automatización. Los términos "transductor" y "medidor" se utilizan a menudo indistintamente con "sensores", al mismo tiempo

que algunos sensores se combinan con el término "interruptor", lo que genera confusión sobre la terminología correcta. Además, algunos escritores consideran que "sensor" es solo el elemento de detección que detecta la magnitud física y no todo el dispositivo que, junto con el elemento de detección, transforma la variable física en una forma de señal eléctrica. Definamos el significado de estos términos tal como se utilizarán en este libro de texto.

En general, los sensores transforman la variación de una cantidad física en una señal de salida eléctrica, que puede ser analógica o digital. En el primer caso, el sensor produce una señal de salida continua que varía de manera proporcional al parámetro medido. Por ejemplo, un sensor de presión puede producir una señal de salida de corriente continua de 4-20 mA o una señal de salida de corriente continua de 0-10 V para una variación de presión de 0-725 psi. En el segundo caso, el sensor produce una señal de salida discreta en forma de encendido o apagado, generalmente haciendo que un contacto de un solo polo y doble tiro (SPDT) cambie de estado cuando la magnitud física supera un valor predefinido. Los sensores con salida analógica también pueden llamarse transductores, mientras que los sensores con salida discreta (o binaria o digital) se llaman interruptores, por ejemplo, "sensor o interruptor de proximidad". Cuando los transductores incluyen un convertidor analógico-digital (ADC, por sus siglas en inglés), se denominan transductores digitales, ya que su salida se puede adaptar directamente a un controlador digital, y no deben confundirse con los sensores binarios o digitales de un interruptor.] (p. 7)

### **Válvulas:**

Acerca de las válvulas Pawar (2020) define lo siguiente:

One of the most important considerations in any fluid power system is control. If control components are not properly selected, the entire system does not function as required. In fluid power, controlling elements are called valves.

A valve is a device that receives an external signal (mechanical, fluid pilot signal, electrical or electronics) to release, stop or redirect the fluid that flows through it. The function of a DCV is to control the direction of fluid flow in any hydraulic system. A DCV does this by changing the position of internal movable parts. Any valve contains ports that are external openings through which a fluid can enter and

exit via connecting pipelines. The number of ports on a DCV is identified using the term “way.” Thus, a valve with four ports is a four-way valve. A DCV consists of a valve body or valve housing and a valve mechanism usually mounted on a sub-plate. The ports of a sub-plate are threaded to hold the tube fittings which connect the valve to the fluid conductor lines. The valve mechanism directs the fluid to selected output ports or stops the fluid from passing through the valve. DCVs can be classified based on fluid path, design characteristics, control methods and construction.

[Una de las consideraciones más importantes en cualquier sistema de energía fluida es el control. Si los componentes de control no se seleccionan adecuadamente, todo el sistema no funcionará como se requiere. En la energía fluida, los elementos de control se llaman válvulas.

Una válvula es un dispositivo que recibe una señal externa (mecánica, señal piloto de fluido, eléctrica o electrónica) para liberar, detener o redirigir el fluido que fluye a través de ella. La función de una válvula de control direccional (DCV, por sus siglas en inglés) es controlar la dirección del flujo de fluido en cualquier sistema hidráulico. Una DCV logra esto cambiando la posición de sus partes móviles internas.

Cualquier válvula contiene puertos, que son aberturas externas a través de las cuales un fluido puede entrar y salir mediante tuberías de conexión. El número de puertos en una DCV se identifica utilizando el término "vía". Por lo tanto, una válvula con cuatro puertos se llama válvula de cuatro vías. Una DCV está compuesta por un cuerpo de válvula o carcasa de válvula y un mecanismo de válvula generalmente montado en una placa base. Los puertos de una placa base tienen roscas para sujetar las conexiones de tubo que conectan la válvula a las líneas conductoras de fluido. El mecanismo de la válvula dirige el fluido hacia los puertos de salida seleccionados o detiene el paso del fluido a través de la válvula.

Las DCV se pueden clasificar según la ruta del fluido, las características de diseño, los métodos de control y la construcción.] (p. 44 -45)

## **Robótica:**

Acerca de la robótica Hamman (2018) describe lo siguiente:

America defines a robot as “a reprogrammable, multifunction manipulator” (1979)<sup>1</sup> and the European Common Market defines a robot as “an independently acting and self controlling machine.” When we define a robot based on what it needs to be complete, we can say that a robot needs manipulators to change either its own position within the environment or to change its environment. A robot also needs sensors to (partially) perceive the current state of the environment, it needs a computer to process these inputs, and it needs to calculate actuator values that control the robot’s motors. Usually, one adds that the robot should be a multipurpose machine, that is, it can be applied not only for exactly one task but many different tasks. We distinguish three classes of robots: mere manipulators, mobile robots, and hybrid robots. The manipulators are basically robot arms. The typical industrial robot is a robot arm and commonly found in many industrial settings.

[El Instituto de Robótica de América define un robot como "un manipulador reprogramable y multifuncional" (1979)<sup>1</sup>, y el Mercado Común Europeo define un robot como "una máquina de acción independiente y autocontrolada". Cuando definimos un robot en función de lo que necesita para estar completo, podemos decir que un robot necesita manipuladores para cambiar su propia posición dentro del entorno o cambiar su entorno. Un robot también necesita sensores para percibir (parcialmente) el estado actual del entorno, necesita una computadora para procesar estas entradas y necesita calcular los valores de los actuadores que controlan los motores del robot. Por lo general, se agrega que el robot debe ser una máquina multipropósito, es decir, que se puede aplicar no solo a una tarea específica sino a muchas tareas diferentes.

Distinguimos tres clases de robots: meros manipuladores, robots móviles y robots híbridos. Los manipuladores son básicamente brazos robóticos. El robot industrial típico es un brazo robótico y se encuentra comúnmente en muchos entornos industriales.] (p. 35-36)

## **Programación:**

Acerca de la programación Bell (2019) afirma lo siguiente:

Programming is essentially about solving problems. Each program you write must satisfy a specific need, which eventually makes work easier. Before you set out to write a program, you must first understand the issue at hand. Ask yourself what you are trying to solve. One of the best things about using computers is that they are programmed to solve repetitive assignments. You can use your calculator and work out answers to a given series of problems. It might take you a long time, but you will get it done eventually. However, with your computer, all you need is to create a formula and work out all the answers in seconds. Most problems have more than one possible solution. Some solutions are longer, others are shorter. However, at the end of the day you have an answer. Through programming, you solve problems in the shortest possible way. Programming is about useful resource allocation. You save time solving problems through the programs you write instead of going about them the manual way. Computer programs are nothing more than a set of instructions that perform a unique instruction when instructed by the computer.

[La programación se trata principalmente de resolver problemas. Cada programa que escribes debe satisfacer una necesidad específica, lo que eventualmente facilita el trabajo. Antes de comenzar a escribir un programa, primero debes entender el problema en cuestión. Pregúntate a ti mismo qué estás tratando de resolver. Una de las mejores cosas de usar computadoras es que están programadas para resolver tareas repetitivas. Puedes usar tu calculadora y obtener respuestas a una serie de problemas dados. Puede llevarte mucho tiempo, pero eventualmente lo lograrás. Sin embargo, con tu computadora, todo lo que necesitas hacer es crear una fórmula y obtener todas las respuestas en cuestión de segundos.

La mayoría de los problemas tienen más de una solución posible. Algunas soluciones son más largas, otras son más cortas. Sin embargo, al final del día, tienes una respuesta. A través de la programación, resuelves problemas de la manera más corta posible. La programación se trata de asignación útil de recursos. Ahorras tiempo resolviendo problemas a través de los programas que escribes en lugar de abordarlos de manera manual. Los programas de computadora no son más que un conjunto de

instrucciones que realizan una tarea única cuando son instruidos por la computadora.]  
(p. 14)

### **Productividad**

Según Bernal, Claudia(2019) “La Productividad en cualquier sistema de bienes o servicios se basa en la relación entre los resultados logrados y los recursos utilizados”. Productividad es un concepto muy utilizado para denotar en cuanto hemos mejorado o empeorado, este aspecto es crucial ya que si es favorable, permitirá mantenerse en un mercado cada vez más competitivo. Esta idea ha llevado a las empresas a implementar diferentes métodos de control con el objetivo de mejorar su rendimiento y optimizar sus indicadores de funcionamiento.

### **Sistemas neumáticos**

Duque, Rafael (2022) lo define como “un campo tecnológico que se enfoca en el estudio y aplicación del aire comprimido para generar movimiento o realizar alguna tarea”. El objetivo principal es utilizar la presión del aire como una fuente de energía para controlar y activar diferentes componentes que pueden ser válvulas, cilindros y motores. Estos sistemas son ampliamente utilizados en la industria y otras áreas debido a su simplicidad, bajo costo, facilidad de mantenimiento y capacidad para generar movimientos precisos y fuerzas controladas. La neumática tiene aplicaciones en la automatización industrial, la robótica, el transporte y el uso de herramientas neumáticas.

## **1.2. Formulación del problema**

En la actualidad la gestión adecuada de los residuos sólidos es un dolor de cabeza para muchas naciones, esto generó una necesidad que fueron siendo cubiertas por las empresas o compañías que vieron en la gestión de residuos sólidos una nueva fuente de ingresos mediante el aprovechamiento de los residuos metálicos o la succión de gas metano de los residuos orgánicos. El incremento de la empresas gestoras de residuos va de la mano con el incremento de residuos orgánicos e inorgánicos, que está reflejado en el estudio publicado por el MINAM en el que muestra que de 7781904,29 toneladas de residuos producidos el año 2019, el 22.49% son residuos inorgánicos. Esto significa que las empresas peruanas que gestionan los residuos sólidos como Petramas necesitan automatizar sus líneas de procesamiento de

residuos para así poder clasificar más de 1750458.41 toneladas cada año. De esa manera logrará reducir los tiempos de procesamiento, mejoramiento en la calidad de detección de residuos y la reducción de los costos de producción.

### **1.2.1. Problema general**

- ¿En qué grado, la implementación de un sistema automatizado mejorará la eficiencia en una línea manual de clasificación de metales y no metales?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿En qué grado, el desarrollo de un sistema clasificador automático reducirá los tiempos de producción en una línea procesadora de metales y no metales?
- ¿En qué grado, el desarrollo de un sistema clasificador automático mejorará la precisión en la detección de metales y no metales?
- ¿En qué grado, el desarrollo de un sistema clasificador automático reducirá los costos de producción en una línea procesadora de metales y no metales?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar un sistema clasificador automático para mejorar la productividad en una línea procesadora de metales y no metales

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Implementar un sistema clasificador automático para reducir los tiempos de producción en una línea procesadora de metales y no metales.
- Desarrollar un sistema clasificador automático para mejorar la precisión en la detección de metales y no metales.
- Desarrollar un sistema clasificador automático para reducir los costos de producción en una línea procesadora de metales y no metales.

## CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO ACTUAL

### 2.1. Descripción del proceso

Según un informe de Servicios de comunicación intercultural (SERVINDI, 2022) en el Perú se genera un promedio de 21 millones de toneladas de residuos sólidos al día, lo que hace la clasificación y reciclaje de estos sea un desafío constante así como también una oportunidad para mejorar los métodos en los procesos que se realizan para que sean más eficientes.

En la planta de reciclaje actual, el proceso de clasificación de metales y no metales se lleva a cabo de manera manual, utilizando una faja transportadora como medio para la manipulación de los residuos sólidos. En este proceso, los residuos son depositados en la faja transportadora y son los trabajadores quienes se encargan de la clasificación, separando los materiales en dos categorías principales: metales y no metales. Los objetos identificados como metales son colocados en un recipiente específico, mientras que los no metales son depositados en otro recipiente designado para ellos.

Sin embargo, este enfoque de clasificación manual presenta algunas limitaciones. En primer lugar, no es muy eficiente, ya que requiere la participación de varias personas para llevar a cabo la tarea. Además, este método manual consume mucho tiempo, lo cual puede afectar la productividad general de la planta de reciclaje. Además, existe la posibilidad de que se cometan errores en la clasificación debido a la subjetividad y el cansancio de los trabajadores, lo que podría conducir a una mezcla inapropiada de materiales y a una disminución en la calidad de los productos finales obtenidos del reciclaje.



Fig 1: Clasificación de residuos sólidos.

Fuente: Planta de reciclaje de Lima, Voces por el clima

## **2.2. Descripción y detalle de los indicadores de producción antes de la automatización**

En el proceso de clasificación de residuos metálicos y no metálicos en las plantas de Lima, donde se realiza principalmente de forma manual, se utilizan diferentes indicadores de producción para medir la eficiencia y el rendimiento del proceso. Estos indicadores permiten evaluar el desempeño de las plantas y realizar mejoras en la gestión de los residuos. A continuación, se describen algunos de los indicadores de producción utilizados en este proceso:

**Toneladas procesadas:** Este indicador mide la cantidad total de residuos metálicos y no metálicos que se procesan en las plantas de clasificación. Proporciona una visión general del volumen de residuos que se manejan y puede ser utilizado para establecer metas de producción y evaluar la capacidad de las plantas para manejar la demanda.

**Eficiencia del personal:** Este indicador evalúa el rendimiento y la productividad del personal involucrado en el proceso de clasificación. Se puede medir utilizando diferentes métricas, como la cantidad de residuos clasificados por operador en un período de tiempo determinado o la cantidad de errores cometidos. La capacitación adecuada, el seguimiento del desempeño y la retroalimentación constante pueden contribuir a mejorar la eficiencia del personal.

**Tiempo de procesamiento por unidad:** Este indicador mide el tiempo promedio que se tarda en procesar cada unidad de residuo. Puede ser útil para evaluar la productividad y la eficiencia del proceso de clasificación. Un menor tiempo de procesamiento por unidad indica una mayor capacidad de manejo de residuos y una mayor eficiencia operativa.

**Tasa de recuperación:** La tasa de recuperación se refiere a la cantidad de materiales valiosos que se recuperan de los residuos durante el proceso de clasificación. Se calcula dividiendo la cantidad de materiales reciclados o reutilizados por la cantidad total de residuos procesados. Este indicador refleja la eficiencia en la separación y recuperación de metales y otros materiales valiosos.

**Porcentaje de residuos desviados de vertederos:** Este indicador mide la proporción de residuos que se desvían de los vertederos y se envían a procesos de reciclaje o valorización. Un alto porcentaje indica una gestión más sostenible de los residuos, ya que se evita la disposición final en vertederos y se promueve el reciclaje y la reutilización de los materiales.

Estos indicadores de producción en el proceso de clasificación de residuos metálicos y no metálicos en plantas de Lima ayudan a monitorear y mejorar el desempeño de las plantas, promoviendo una gestión más eficiente y sostenible de los residuos. Además, contribuyen a la reducción de la extracción de recursos naturales y a la conservación del medio ambiente.

## CAPÍTULO III: DISEÑO ACTUAL DEL PROCESO

### 3.1. Planos CAD en 3D de la situación actual o video de la situación actual.

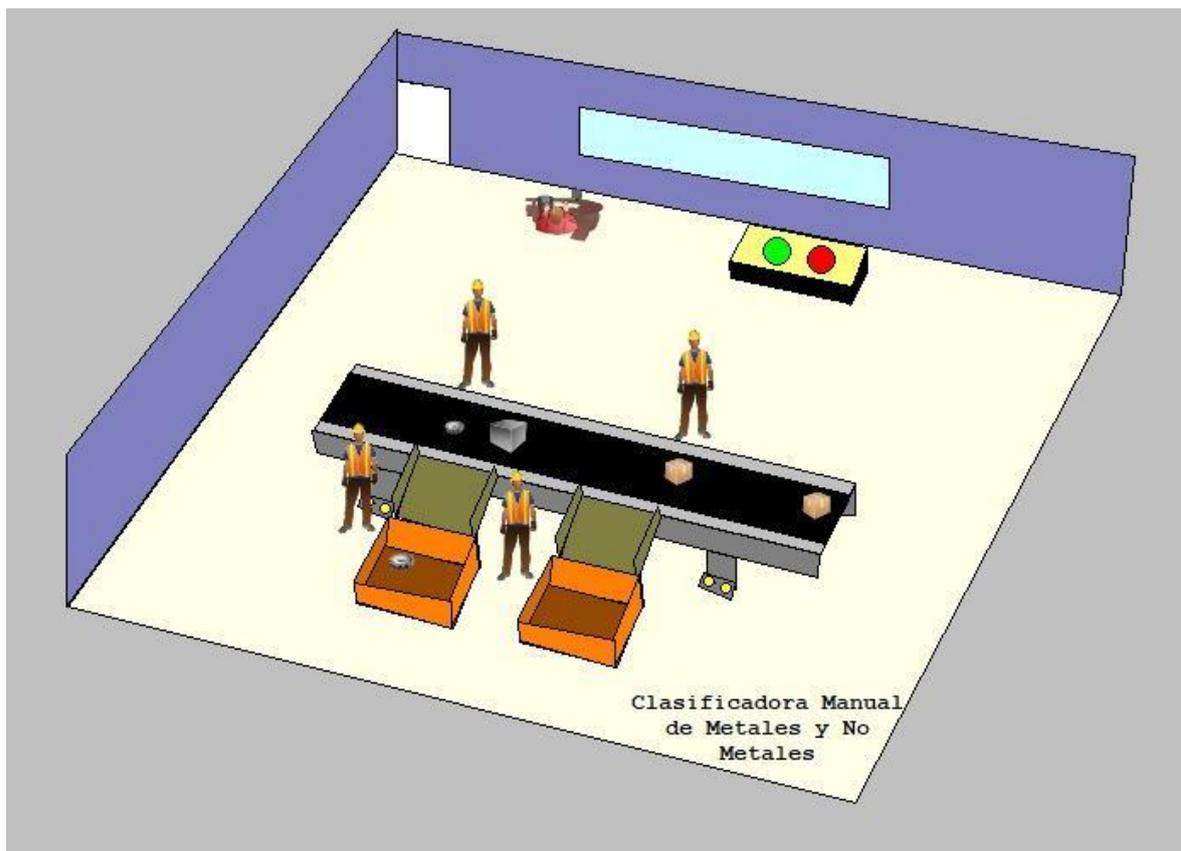


Fig 2: Proceso actual de clasificación de metales y no metales simulados en el software Promodel.

Fuente: Elaboración propia

# CAPÍTULO IV: DISEÑO DE PROPUESTA PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO

## 4.1. Descripción detallada del proceso propuesto

En el presente trabajo de investigación desarrollamos el clasificador automatizado de metales y no metales donde para iniciar levantamos la palanca del interruptor colocándolo en On y procedemos a presionar el pulsador verde para que el proceso de clasificación comience.

Seguidamente se colocarán las piezas de metal y de otro material una por una en la faja transportadora que van a circular cerca a los sensores para ser detectados, en caso la pieza que se esté transportando sea metálica esta será detectado por el primer sensor siendo el inductivo emitió una alerta para que el pistón se active y se expanda con el propósito de desviar la pieza hacia el compartimiento que le corresponde luego se retrae automáticamente a su posición original mientras que la pieza ha caído en el contenedor de los materiales metálicos.

Sin embargo, si la pieza que se transporta es de otro material pasa por el primer sensor inductivo y al no detectar nada la pieza sigue su curso hacia el segundo sensor que es el óptico, esté al no tener el paso de la luz emitirá una alerta haciendo que el pistón accione y se expanda para cambiar el curso del material desplazándose por su compartimiento correspondiente cayendo en el contenedor de materiales no metálicos.

Finalmente, una vez que se hayan pasado todas las piezas requeridas por la faja transportadora culminamos el proceso presionando el pulsador rojo para apagar nuestros componentes y bajando la palanca del interruptor en off.

## 4.2. Diagrama de flujo

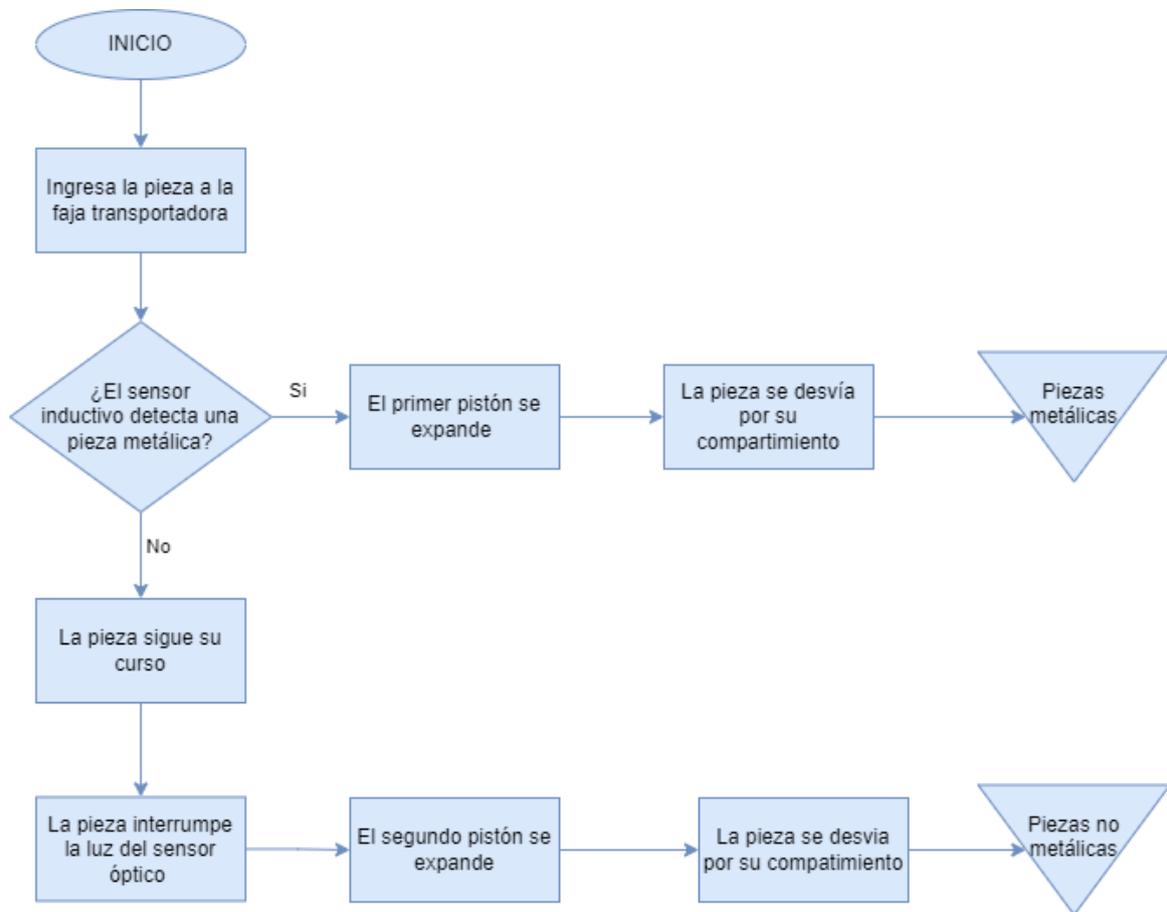


Fig. 3 : Diagrama de flujo del proceso

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3. Diagrama de análisis del proceso

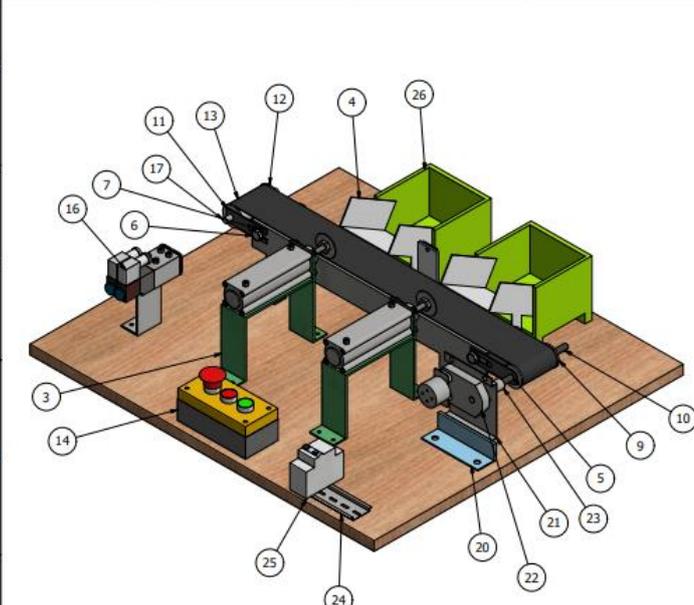
Descripcion	●	➔	◐	◑	◒	Tiempo	Observaciones
Ingreso de pieza desconocida	●					1	Las piezas ingresan uno en uno
Pieza pasa por la faja transportadora		●				2	
Sensor reconoce material no metalico			●			4	No tiene accionamiento
Pieza sigue por la faja transportadora		●				3	
La pieza obstruye la luz del sensor			●			3	
El piston acciona	●					2	Se expande
La pieza pasa por su compartimiento		●				1	
Cae al almacen correspondiente					●	0	
TOTAL	2	3	2	0	1	16	

Fig. 4 : DAP del proceso

Fuente: Elaboración Propia

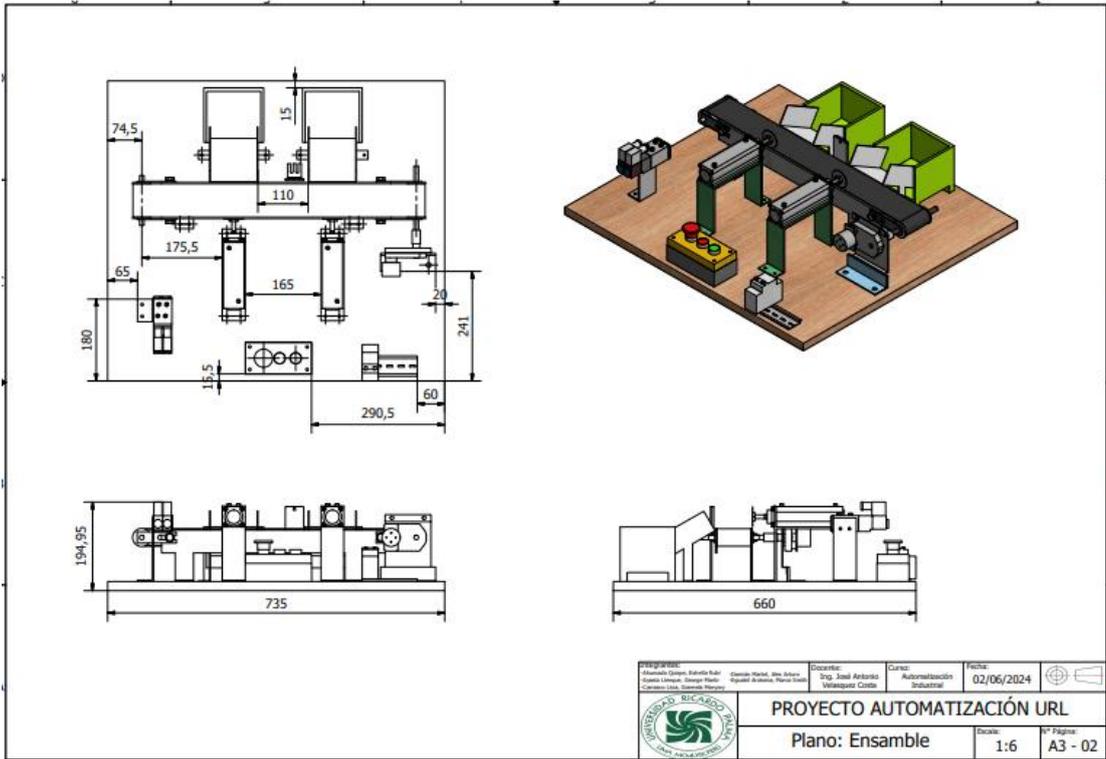
### 4.4. Planos CAD en 3D de la situación propuesta elegida (debe mostrar cada componente con un color distinto) o video de la situación mejorada

#### 4.4.1. Plano del ensamblaje

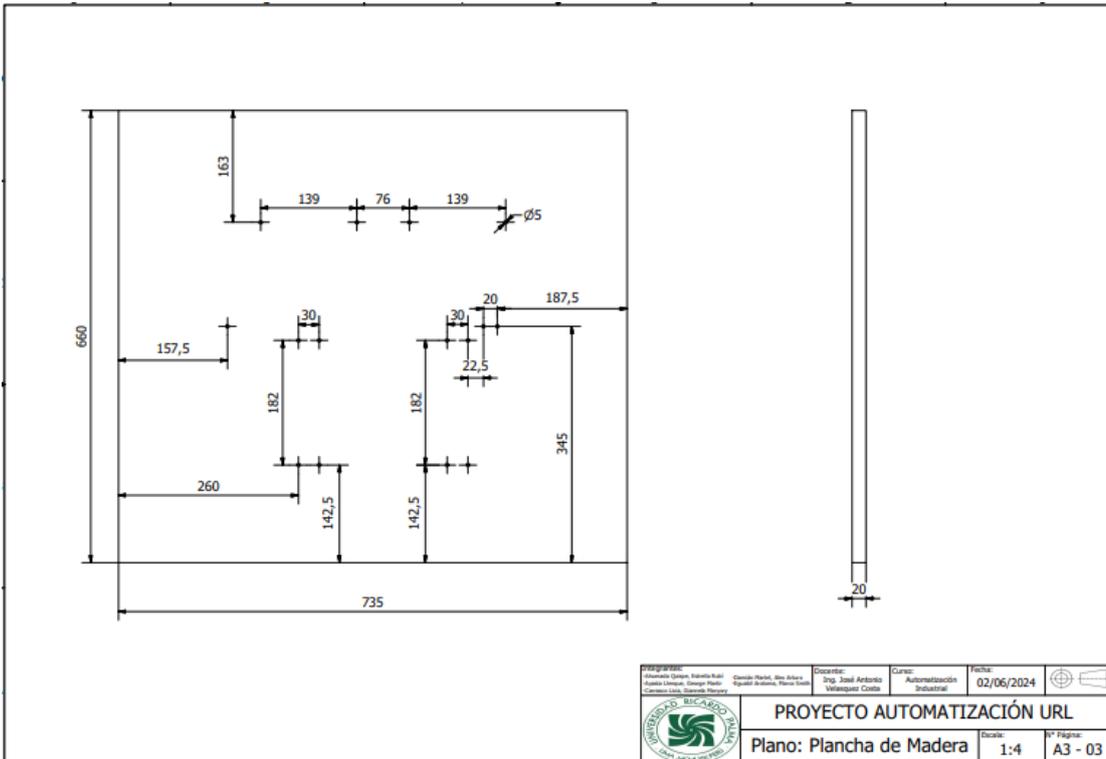


PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL
1	1	Plancha de Madera	Wood (Birch)
2	1	Base Metálica de la Faja	Steel, Mild
3	2	Ensamble de Base y Pistón	
4	2	Bandeja de Salida	Aluminum 6061
5	2	Placa de Ajuste	Steel, Carbon
6	4	ISO 4017 - M10 x 20	Steel, Mild
7	4	ISO 7091 - 10	Steel, Mild
8	4	DIN 934 - M10	Steel, Mild
9	1	Rodillo de Faja	PBT Plastic
10	1	Eje de Rodillo	Stainless Steel
11	2	Placa de Ajuste I	Steel, Carbon
12	1	Rodillo de Faja I	PBT Plastic
13	1	Faja	Rubber
14	1	Interruptor	PPS Plastic
15	1	Placa Base de Electroválvula	Steel, Cast
16	1	Electroválvula	Steel, Mild
17	1	Eje de Rodillo I	Stainless Steel
18	1	Placa base Central	Steel, Cast
19	1	Placa Rectangular	PAEK Plastic
20	1	Base de Plancha	Iron, Gray
21	1	Plancha Metálica para Roto	Steel, Galvanized
22	1	Mecanismo Reductor	Steel, Cast
23	1	Conector	Stainless Steel
24	1	Base de Interruptor	Steel, Mild
25	1	Interruptor automático magnetotérmico	PPS Plastic
26	2	Recipiente	PAEK Plastic

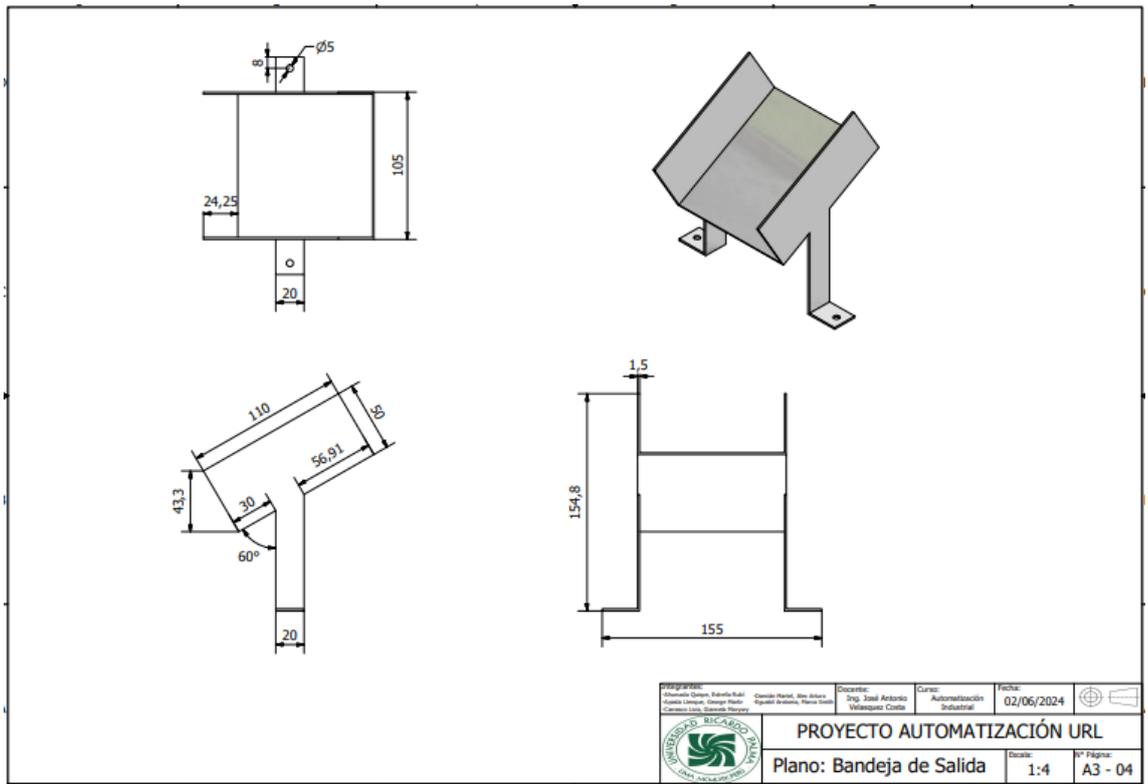
Proyecto: Automatización de la Línea de Ensamblaje de Productos Plásticos  
 Docente: Dr. José Antonio Velásquez Castro  
 Fecha: 02/06/2024  
 Curso: Automatización Industrial  
 Proyecto AUTOMATIZACIÓN URL  
 Plano: Ensamble  
 Escala: 1:4  
 N° Página: A3 - 01



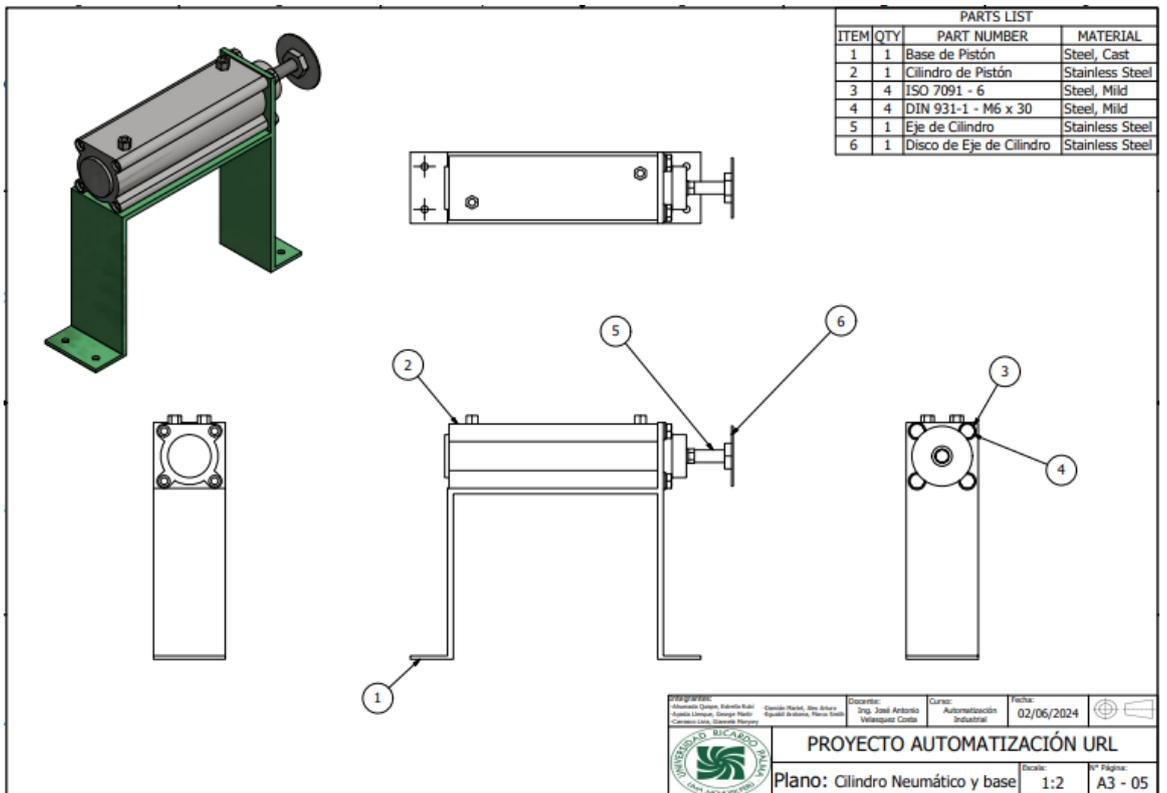
#### 4.4.2. Plano de plancha de madera

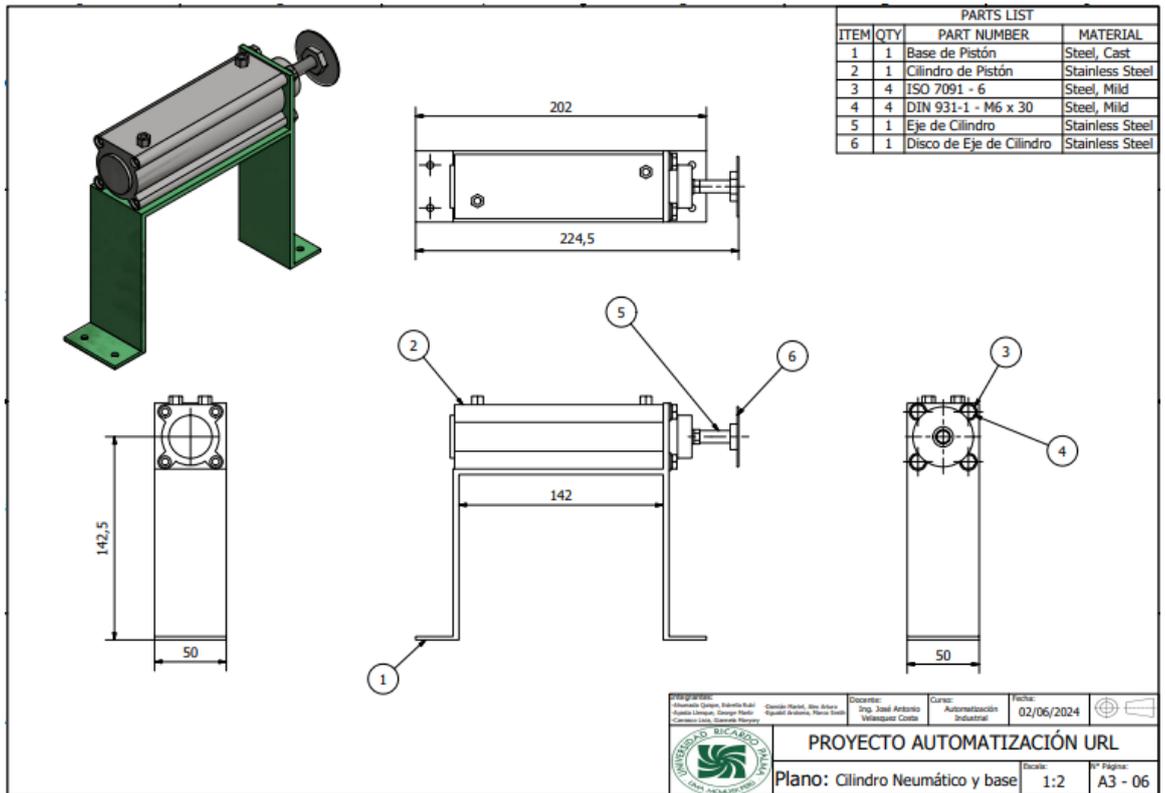


#### 4.4.3. Plano de bandeja de Salida

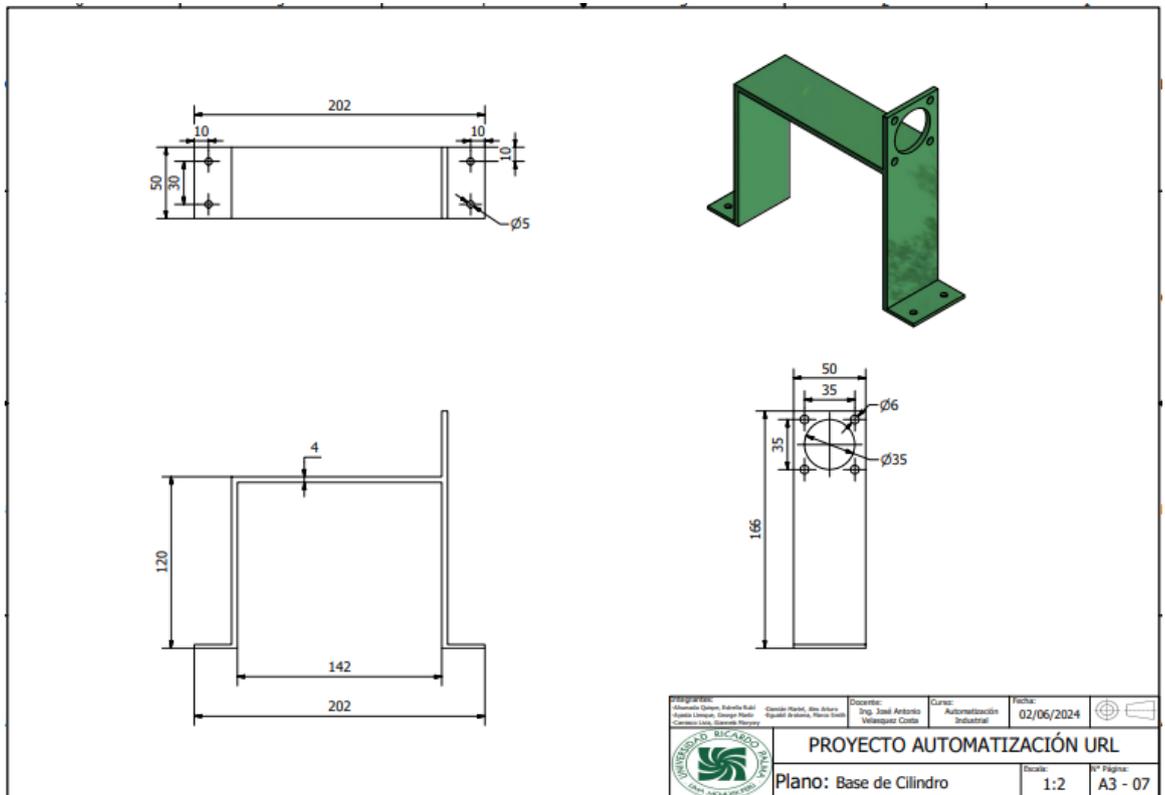


#### 4.4.4. Plano del cilindro neumático y base

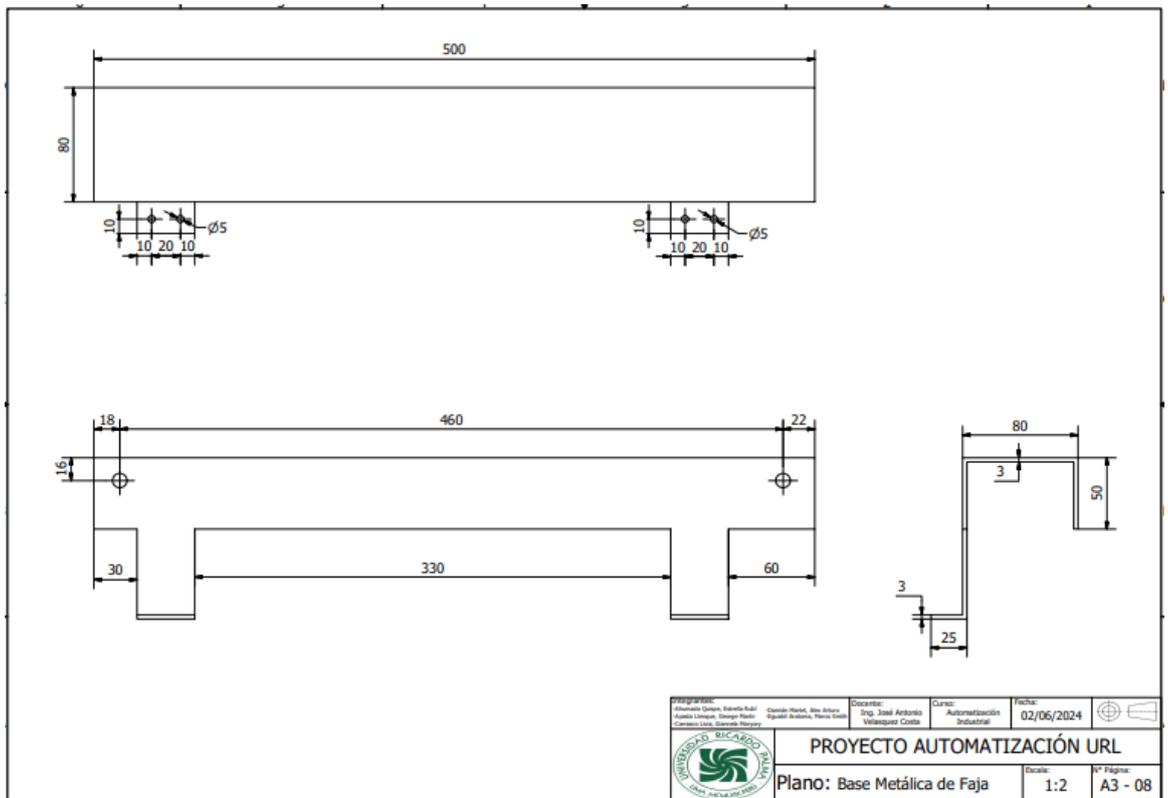




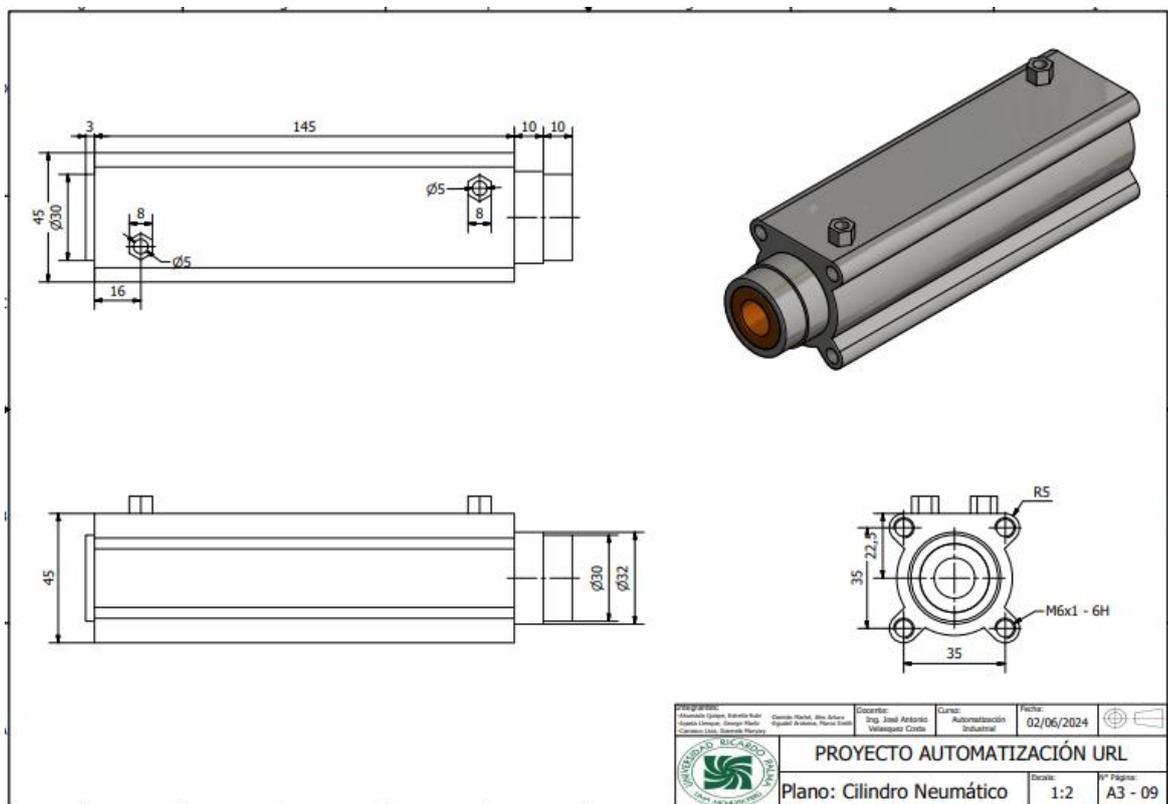
#### 4.4.5. Plano de base de cilindro



#### 4.4.6. Plano de base metálica de faja

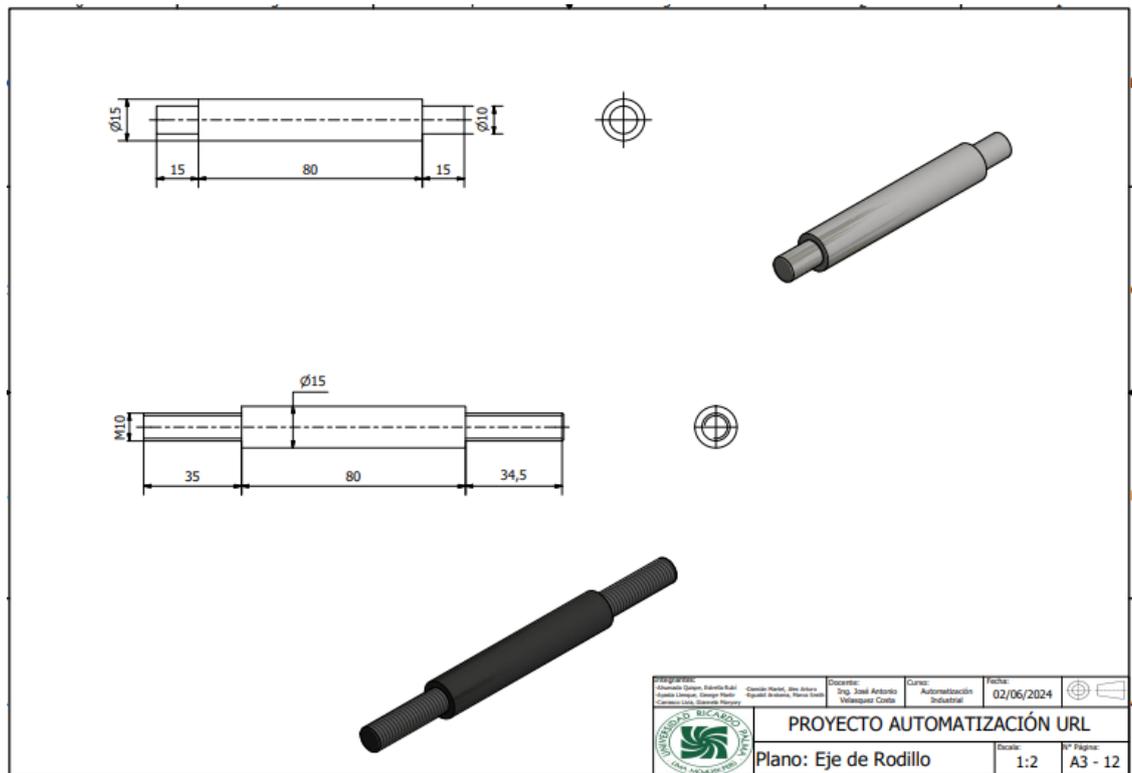


#### 4.4.7. Plano del cilindro neumático





#### 4.4.10. Plano del eje de rodillo



#### 4.5. Descripción detallada de los materiales a emplear (sensores, pre actuadores, actuadores, motores, PLC, etc)

##### 4.5.1. Válvulas neumáticas

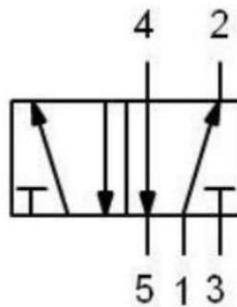
El trabajo principal de las válvulas neumáticas es distribuir y controlar el aire comprimido dentro de un circuito neumático. Estos controlan el flujo o lo detienen según las instrucciones especificadas. También determinan el curso que debe tomar el fluido. Pero a medida que estábamos programando, descubrimos que hay muchos tipos diferentes de válvulas, y es aconsejable comprenderlas completamente para adquirir los resultados ideales tanto en la programación como en la clasificación automática de procesos de metales y no metales.

Se pueden dividir en cuatro categorías por el uso de válvulas: direccional, bloqueo, reguladoras y secuenciales. Cada uno tiene un propósito particular que es beneficioso de alguna manera para los numerosos procesos ya existentes.

Hablaremos de las válvulas direccionales (también conocidas como distribuidores) como parte de este trabajo porque nuestro sistema de clasificación automática requiere que distribuyan el aire comprimido correctamente.

Hay numerosas orientaciones y lugares disponibles para estas válvulas. Es importante darse cuenta de que el número total de roscas y la cantidad de vías en la válvula coinciden. Las combinaciones más comunes son las siguientes:

Válvulas 5/2 (5 vías y 2 posiciones): Las válvulas 5/2 cuentan con dos conexiones de escape debido al diseño interno de la válvula, que proporciona una salida en lugar de un escape común. La válvula 5/2 se usa con mayor frecuencia para configurar una válvula de doble efecto de tal manera que avance y retroceda cuando se coloque en una válvula y permanezca estacionaria en la otra.



#### 4.5.2. Sensores inductivos

Una bobina, un núcleo de ferrita, un oscilador, un detector de circuito y una salida de estado sólido componen este componente. Los componentes ferrosos son detectados por este sensor.

En el proyecto actual, utilizaremos un sensor inductivo para distinguir los componentes metálicos separados en un contenedor.



### 4.5.3. Sensores ópticos

La luz infrarroja entre un emisor y un receptor actúa como un medio refractivo y reflectante, y cuando esta señal es obstruida por un objeto, el sensor puede detectar.

Los sensores ópticos que pueden detectar dinero y billetes falsos son los más comunes para su uso.

Se empleará un sensor óptico con espejo, el cual detectará todas las piezas que interrumpa el haz de luz y así caigan al contenedor asignado para lograr los objetivos del proyecto.

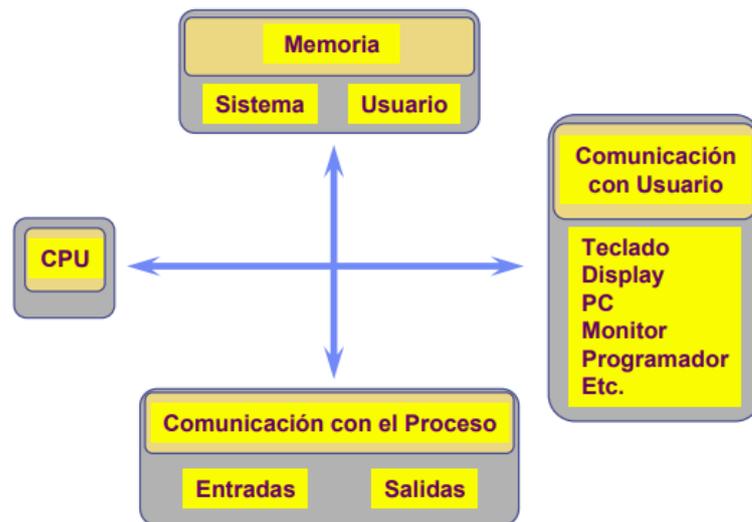


### 4.5.4. Controlador Lógico Programable-PLC

Es un sistema de control que sondea la condición de los equipos o instrumentos que se adjuntan como entradas. Se requiere tener un programa que administre los instrumentos o dispositivos de salida que están conectados a él y almacene datos en la memoria.

#### Estructura de PLC:

- ❖ CPU
- ❖ Memoria
- ❖ Comunicación con el Proceso
- ❖ Comunicación con Usuario



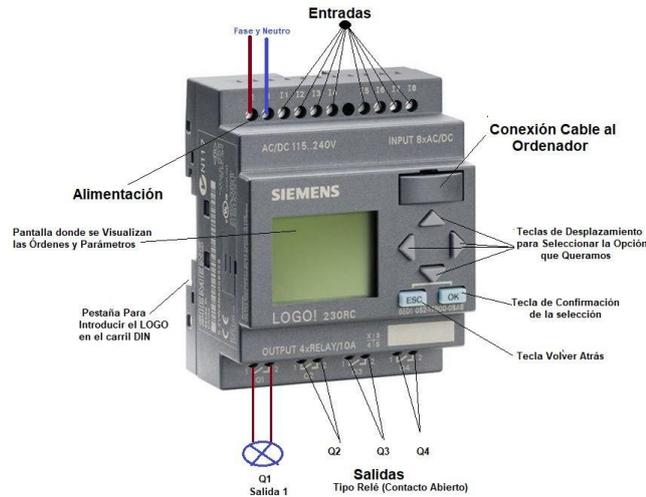
### Aplicaciones y usos:

- ❖ Tecnología de Banda ancha.
- ❖ Se puede conectar mediante ADSL o cable.
- ❖ Se usa la red existente.
- ❖ Transmisión al mismo tiempo de voz y datos.
- ❖ La zanja no es necesaria, ni cambios, ni cablear.
- ❖ Acción rápida y al instante, usa la parte eléctrica ya instalada para su uso

### Programación de un PLC Logo

El técnico ejecuta el software descrito anteriormente, que se basa en la información recopilada de los sensores o entradas y toma las medidas necesarias (salidas).

### **PARTES DEL LOGO! DE SIEMENS**



### **4.5.5. Actuadores Lineales**

Los componentes denominados "actuadores lineales" utilizan un movimiento lineal para transformar la energía del aire comprimido en trabajo mecánico.

➤ Cilindros o pistones

Los cilindros neumáticos son los que causan el movimiento, que convierten la energía de trabajo mecánico de forma rectilínea que se divide en movimiento hacia adelante y hacia atrás. Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos. Los tres cilindros se dividen en grupos basados en cómo se retrocede el vástago, de los cuales se tiene: cilindros de simple efecto, cilindros de doble efecto y cilindro de rotación.

Asimismo para el trabajo de investigación se dará la utilización de cilindro de doble efecto.



#### 4.5.6. Motor reductor 24v

Un motorreductor es un dispositivo muy pequeño que combina un motor y un reductor de velocidad. Estos se juntan en una sola unidad y se utilizan para relentizar automáticamente un aparato. Un motorreductor es distinto ya que tiene múltiples partes. Los tres principales, sin embargo, se destacan. Afirmamos que se requieren un par de pares para que esta máquina gire porque son esenciales para su funcionamiento ideal. La fuerza que hace que el equipo viaje a cierta velocidad es lo que se está discutiendo.

La fuerza que impulsa un motor es la "flecha de partida", que es como se conoce mientras está activo. Utilizan una variedad de unidades de medida, como kilogramos, metros, libras, etc. La potencia de un motorreductor se define como la suma de este primer componente y la duración fija de la ejecución de la rotación.

Asimismo, el segundo elemento junto con la velocidad, lo que permite que el motor se liberara. En otras palabras, debido a que el par o torque depende directamente de la fuerza de rotación, la carga debe ser proporcional a esa fuerza. La potencia suministrada al motor reductor controla la rapidez con la que gira la máquina.



#### 4.5.7. Fuente de 220v a 24v

Fuente 220v a 24v también llamada como fuente de alimentación, fuente de conmutación o dispositivo electrónico 24V. Es un convertidor electrónico, el cual es un componente que transforma la corriente esporádica en corriente continua a través de uno o más pasos. Funcionan como una unidad que eleva el voltaje para mejorar la potencia de salida como resultado de su continua energización y aprobación, pasan a la siguiente fase, donde bajan el voltaje una vez más para aumentar la potencia de

salida, cuando han alcanzado un voltaje aceptable. Además, la eficiencia de las fuentes de conmutación varía de 68 a 90%, lo que reduce el costo del equipo de energía.

#### 4.5.8. Electroválvula

Las electroválvulas son dispositivos que responden a pulsos eléctricos, es posible abrir o cerrar la válvula y así controlar el flujo de fluidos debido a la corriente que pasa a través del solenoide. Un campo magnético que atrae el núcleo móvil también se produce a medida que la corriente fluye a través del solenoide. El núcleo vuelve a



su posición original una vez que el campo magnético ha dejado de funcionar, generalmente como resultado de un resorte. Las aplicaciones de software son más fáciles de usar para controlar electroválvulas. Además, un número considerable de sistemas y divisiones industriales emplean electroválvulas para controlar fluidos como agua, aire, vapor, aceite liviano, gas, neutrones y otros.

#### 4.5.9. Racores

Un conector neumático, también conocido como accesorio neumático o conector, es una pieza utilizada en sistemas neumáticos para conectar sus partes, incluidos cilindros, válvulas y unidades de mantenimiento, entre otros. Aunque ocasionalmente

se pueden usar con otros fluidos, su propósito principal es para el aire comprimido. Su vínculo es experto en cooperar con otros elementos como mangueras, válvulas y la activación de cilindros neumáticos. El tipo de roscado y la rigidez de estas cuerdas están especificados por la norma NPT, también conocida como Tubería Cónica Nacional .



#### **4.5.10. Botonera**

Los pulsadores o botones, están compuestos por una armadura de plástico que los protege parcialmente de las intemperies, incluso si operan de manera similar a un equipo. Sin embargo, la botonera presenta 3 botones de los cuales se accionan, cuando se presiona. Para el proyecto se utilizó el botón rojo, botón verde y un botón de presión amplio paro de emergencia.

**Botón Rojo:** EL botón se acciona para que los dispositivos se paren, este accionamiento no permite que los dispositivos vuelvan a su posición inicial, lo cual se utiliza para el Stop de los dispositivos.

**Botón Verde:** Se acciona para dar el inicio del proceso y así comience a operar los dispositivos en condicionales normales.

**Botón de paro de emergencia:** Si bien este botón se acciona para significado de emergencia, esto se da delante de un peligro, lo que no solamente va a permitir que los dispositivos se paren sino que van a retornar a su posición inicial.



#### **4.6. Programación en lenguaje ladder del proceso (comentario cada uno de los segmentos empleados en su programación Ladder)**

Para garantizar el correcto desempeño del proyecto, se requirió el uso de un Controlador Lógico Programable (PLC) con sus entradas y salidas correspondientes, las cuales fueron programadas utilizando el software LOGO Soft Comfort V8.3. Para lo cual se necesitó definir primero las fases del proceso.

- Inicio del programa:

Inicia el programa y establece todas las variables y temporizadores necesarios.

- Control del transportador:

Utiliza una bobina para encender el motor del transportador y hace que avance de forma continua.

- Sensor inductivo:

Utiliza una bobina para leer el estado del sensor inductivo.

Cuando el sensor inductivo detecta una pieza metálica, la bobina se activa, enviando una señal para iniciar el proceso de clasificación para los metales.

- Clasificación de metales:

Utiliza una bobina para activar el cilindro de doble efecto que empuja la pieza metálica hacia la salida de clasificación para los metales.

- Sensor fotoeléctrico:

Utiliza una bobina para leer el estado del sensor fotoeléctrico.

Cuando el sensor fotoeléctrico detecta una pieza no metálica, la bobina se activa, enviando una señal para iniciar el proceso de clasificación para los no metales.

- Clasificación de no metales:

Utiliza una bobina para activar el cilindro de doble efecto que empuja la pieza no metálica hacia la salida de clasificación para los no metales.

- Retorno al estado inicial:

Una vez que se completa el proceso de clasificación, el sistema debe volver al estado inicial para esperar la siguiente pieza.

Se establecen temporizadores para que haya un tiempo adecuado entre cada ciclo de clasificación antes de que la siguiente pieza sea detectada y clasificada.

- Fin del programa:

Termina el programa y finaliza la ejecución del sistema clasificador.

#### **4.7. Descripción y detalle de los indicadores de producción después de la automatización**

- Tiempo

La máquina automatizada de clasificación de metales y no metales puede realizar la tarea de clasificación de forma más rápida y eficiente que los métodos manuales. Esto puede llevar a una mejora en la eficiencia de clasificación, lo que significa que se puede procesar una mayor cantidad de materiales en menos tiempo.

- Precisión

La automatización de la clasificación de metales y no metales puede reducir los errores humanos que pueden ocurrir durante el proceso manual. Esto disminuye la posibilidad de mezclar materiales incorrectamente y mejora la precisión general del proceso de clasificación.

- Costo Operativos

La máquina automatizada puede trabajar de manera continua sin fatiga, lo que permite un procesamiento constante de materiales y una mayor salida de productos clasificados.

Aunque la inversión inicial en la máquina automatizada puede ser significativa, a largo plazo se generará una reducción en los costos operativos. La automatización requiere menos mano de obra y minimiza los costos asociados con errores, retrabajos y tiempos de inactividad.

## CAPÍTULO V: COSTOS DE INVERSIÓN

### 5.1. Presupuesto

<b>CANTIDAD</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>PRECIO</b>
1	Motorreductor 24 v	S/.48.00
1	Polietileno 30 cm	S/.3.00
2	Rodamiento 6000	S/.36.00
1	Sensor inductivo	S/.55.00
1	Sensor de proximidad fotoeléctrico	S/.60.00
2	Pistón neumático	S/.600.00
2	Electroválvula 5/2 24V	S/.140.00
6	Racores para electroválvula - Manguera 6mm	S/.60.00
1	Manguera de 3m	S/.6.00
1	Caja botones	S/.25.00
2	Pulsador	S/.12.00
1	Pulsador de seguridad	S/.15.00
1	Llave térmica	S/.45.00
20	Tornillos	S/.6.00
1	Cable de 3m	S/.10.00
10	Cintillos	S/.2.00
3	spray	S/.21.00
1	melamina	S/.80.00
1	Estructura metálica	S/.210.00
1	Faja	S/.10.00
2	Estranguladores	S/.30.00
3	Envases	S/.10.00
	<b>TOTAL</b>	<b>S/.1,484.00</b>

## CONCLUSIONES

- La implementación del sistema automatizado en la línea de clasificación de metales y no metales ha resultado en una mejora significativa en la eficiencia del proceso. El sistema automatizado permite una mayor velocidad y precisión en la identificación y separación de los metales y no metales, lo que ha llevado a un aumento en la productividad y una reducción considerable en el tiempo requerido para completar el proceso. Esto ha permitido un procesamiento más rápido y una mayor capacidad para manejar volúmenes más altos de residuos, lo que se traduce en una mejora general en la eficiencia operativa del proyecto.
- La implementación del sistema automatizado ha mejorado la calidad de los materiales recuperados. Al eliminar la subjetividad y el cansancio asociados con el proceso manual, se ha logrado una mayor precisión en la separación de los metales y no metales, evitando la contaminación cruzada y mejorando la pureza de los materiales recuperados. Esto ha resultado en productos finales de mayor calidad y un aumento en el valor de los materiales reciclados, lo que contribuye a una mayor rentabilidad económica en el proyecto.
- La implementación del sistema automatizado ha reducido la dependencia de mano de obra manual en el proceso de clasificación. Esto ha llevado a una disminución en los costos laborales y una mayor seguridad en el lugar de trabajo al reducir la exposición de los trabajadores a situaciones potencialmente peligrosas. Además, al liberar a los trabajadores de tareas repetitivas y monótonas, se ha mejorado su bienestar y se ha brindado la oportunidad de desempeñar roles más especializados y de mayor valor en otras áreas del proyecto.
- La implementación del sistema automatizado ha promovido una gestión más eficiente y sostenible de los residuos. Al aumentar la velocidad, la precisión y la capacidad de procesamiento, se ha reducido la cantidad de residuos que llegan a los vertederos, lo que contribuye a la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. Además, al mejorar la calidad de los materiales recuperados, se fomenta el uso de recursos reciclados en lugar de extraer nuevos materiales, lo que promueve la economía circular y la sostenibilidad a largo plazo.

## RECOMENDACIONES

- Realizar una evaluación periódica del sistema automatizado para identificar posibles áreas de mejora. Es importante llevar a cabo análisis de rendimiento y eficiencia del sistema para detectar posibles deficiencias y oportunidades de optimización. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras continuas en el sistema automatizado, garantizando un proceso de clasificación eficiente y preciso.
- Establecer un plan de mantenimiento regular para el sistema automatizado. Un mantenimiento adecuado y periódico del sistema es fundamental para garantizar su correcto funcionamiento a largo plazo. Se deben programar inspecciones, limpiezas y calibraciones regulares, así como la reparación o reemplazo de piezas y componentes desgastados. Esto ayudará a prevenir averías inesperadas y a maximizar la vida útil del sistema.
- Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real para detectar y solucionar problemas de manera proactiva. La instalación de sensores y herramientas de monitoreo en la línea de clasificación automatizada permitirá detectar y responder rápidamente a cualquier anomalía o mal funcionamiento. Esto ayudará a minimizar los tiempos de inactividad y a optimizar la eficiencia operativa.
- Brindar capacitación continua al personal involucrado en la operación y mantenimiento del sistema automatizado. A medida que el sistema evoluciona y se actualiza, es importante que los operadores y el personal de mantenimiento se mantengan actualizados con las nuevas características y funcionalidades. La capacitación continua garantizará un conocimiento sólido del sistema y permitirá aprovechar al máximo sus capacidades.

## REFERENCIAS

Bell, A. (2019). *Computer programming. Fundamentals for absolute beginners*.

Cáceres, R. (2017). Clasificación de residuos sólidos. Editorial Universitaria.

Cámara de Comercio de Lima. (2018). Automatización y robótica en la industria peruana. Cámara de Comercio de Lima editorial

Frank, S (2018). *Control Theory Tutorial. Basics concepts illustrated by software examples*. Springer Open Editorial.

Groover, M. P. (2018). Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing. Pearson.

Hamman, H (2018) *Swarm Robotics: A Formal Approach*. Springer editorial.

Hughes, A. (2018). Electro-pneumatics: Basic level. Festo Didactic.

Manesis, S., Nikolakopulus, G. (2018). *Introduction to industrial automation*. CRC Press editorial.

Pawar, P (2020). *Industrial Hydraulic and Neumatic*. Sankalp Publication editorial.

Sánchez-Rivera, J. D., & García-Sánchez, A. (2019). Industry 4.0: Industrial automation and robotics. Springe

Servicios de comunicación intercultural (2022), La realidad de los residuos sólidos en el Perú. <https://www.servindi.org/actualidad-noticias/12/07/2022/la-realidad-de-los-residuos-solidos-en-el-peru>

eleconomistaamerica.pe. (2019, septiembre 16). Presentan lo último en innovaciones de la automatización y tecnología para la industria peruana. <https://eleconomistaamerica.pe/empresas-eAm-peru/noticias/10087658/09/19/Presentan-lo-ultimo-en-innovaciones-de-la-automatizacion-y-tecnologia-para-la-industria-peruana.html>