

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

**PROTOTIPO DE MÁQUINA CORTADORA DE TUBOS DE FIERRO (PVC)
CONTROLADO POR UN PLC**

PRESENTADO POR:

ARIAS QUIÑONES, Alexandra 201910559
CANALES SUDARIO, Edwin 201810564
SALAZAR MONZON, Bruno Alexander 201911293
ZAVALETA HUAPAYA, Greta 201621211
ZAMUDIO SAUÑE , Abraham 201910536

DOCENTE:

Dr. José Antonio Velásquez Costa

**LIMA - PERÚ
2023**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
CAPITULO I: MARCO TEORICO	5
1.1 Fundamento teórico.....	5
1.2 Objetivos	6
1.2.1 Objetivo general	6
1.2.2 Objetivos específicos	7
CAPITULO II: DESCRIPCION DETALLADA DEL PROCESO ACTUAL	7
2.1 Descripción del proceso	7
2.2 Descripción y detalle de los indicadores de producción antes de la automatización.....	8
CAPITULO III: DISEÑO ACTUAL DEL PROCESO	9
3.1 Planos CAD en 3D de la situación actual o video de la situación actual.....	9
CAPITULO IV: DISEÑO DE PROPUESTA PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO.....	9
4.1 Descripción detallada del proceso propuesto	9
4.2 Planos CAD en 3D de la situación propuesta elegida (debe mostrar cada componente con un color distinto) o video de la situación mejorada.....	10
4.2.1 Cilindro Neumático de doble efecto- Pistón.....	10
4.2.2 Electroválvula 1 y 2	11
4.2.3 Base del Proyecto	11
4.2.4 Mangueras	12
4.3 Diagrama de análisis del proceso propuesto	13
4.3.1 Diagrama de Flujo	13
4.3.2 Diagrama de Actividades.....	14
4.4 Descripción detallada de los materiales a emplear (sensores, pre actuadores, actuadores, motores, PLC, etc).....	14
4.5 Diseño del circuito electroneumático del proceso propuesto.....	18
4.6 Programación en lenguaje ladder del proceso (comentario cada uno de los segmentos empleados en su programación Ladder).....	20
4.7 Descripción y detalle de los indicadores de producción después de la automatización.....	21
CAPITULO V: COSTOS DE INVERSION Y OPERACION	22
5.1 Flujo de caja	22
5.2 Viabilidad económica (VAN, TIR).....	23

CONCLUSIONES	24
RECOMENDACIONES	24
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Datos de la inversión	22
Tabla N°2: Estados de pérdidas y ganancias	22
Tabla N°3: Flujo de caja económico	23
Tabla N°4 : VAN y TIR económico del proyecto	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Línea del Tiempo	6
Figura 2: Marcado de tubo	7
Figura 3: Colocado del tubo en la base y corte	8
Figura 4: Corte del trazo del tubo	8
Figura 5: Prototipo Cortadora de tubo	10
Figura 6: Cilindro Neumático	10
Figura 7: Electroválvulas	11
Figura 8: Base del proyecto	11
Figura 9: Mangueras	12
Figura 10: Diagrama de flujo de proceso propuesto	13
Figura 11: Diagrama de Actividades	14
Figura 12: Botonera	14
Figura 13: Sensor foto reflectivo	15
Figura 14: Amoladora	15
Figura 15: Cilindros de doble efecto	16
Figura 16: Válvula 5/2	16
Figura 17: Mangueras	16
Figura 18: Reguladores	17
Figura 19: Programador lógico programable	17
Figura 20: Fuente de poder	18
Figura 21: Relay 24V	18
Figura 22: Circuito electroneumático de la máquina cortadora de tubos.	19
Figura 23: PLC electroneumático de la máquina cortadora de tubos	19
Figura 24: Circuito electroneumático en el software LOGO	20
Figura 25: Circuito electroneumático en el software LOGO	21

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en la elaboración de un prototipo de máquina cortadora de fierro, que a manera de precaución y simulación, se realizó mediante el uso de tubos de PVC; y de un controlador lógico programable (PLC), respectivamente.

Para la ejecución del presente proyecto, se realizó un estudio preliminar a fin de diagnosticar la situación actual en el sector manufacturero y mediante la planificación y aplicación, poder brindar soluciones automatizadas a diversas actividades en el rubro que se realizan de manera manual y pueden ser susceptible a automatizar.

El objetivo principal de este proyecto es aplicar tecnologías de automatización en procesos reales y conocimientos aprendidos a lo largo del curso y de la carrera profesional de Ingeniería Industrial, para el correcto funcionamiento de la cortadora de fierro. Además, de poner en práctica el trabajo en equipo, que nos permite prepararnos como futuros profesionales.

Luego de la aplicación de las tecnologías automatizadas, mediante el uso de sensores, actuadores neumáticos/ electro neumáticos controlados por un PLC, se concluyó que la aplicación de estas herramientas optimizará tiempos y gastos en la producción manual de cortes de fierro.

Palabras clave: Controlador lógico programable, automatización, máquina cortadora, tubos de PVC.

ABSTRACT

This research work consists in the elaboration of a prototype of an iron cutting machine, which as a precaution and simulation, was carried out through the use of PVC pipes; and a programmable logic controller (PLC), respectively.

For the implementation of this project, a preliminary study was carried out in order to diagnose the current situation in the manufacturing sector and through planning and application, to be able to provide automated solutions to various activities in the field that are carried out manually and may be susceptible to automate.

The main objective of this project is to apply automation technologies in real processes and knowledge learned throughout the course and the professional career of Industrial Engineering, for the correct operation of the iron cutter. In addition to this, to put teamwork into practice, which allows us to prepare ourselves as future professionals.

After the application of automated technologies, through the use of sensors, pneumatic/electro-pneumatic actuators controlled by a PLC, it was concluded that the application of these tools will optimize times and expenses in the manual production of iron cuts.

Keywords: Programmable logic controller, automation, cutting machine, PVC pipes

INTRODUCCIÓN

Desde siempre, los procesos manuales han sido una parte fundamental durante mucho tiempo en nuestras labores cotidianas, sin embargo; con los avances de la ciencia, tecnológicos y la aparición de los sistemas automatizados, cada vez más industrias y organizaciones están optando por reemplazar los procesos manuales con soluciones automatizadas. Esta transición de lo manual a lo automatizado ofrece numerosos beneficios, que van desde el aumento de la eficiencia y la reducción de costos, hasta la mejora de la precisión y la calidad del trabajo realizado.

Es por ello que en este trabajo de investigación se expone la elaboración de una máquina cortadora de tubos de fierro (PVC) controlado por un PLC, con la finalidad de aplicar, métodos, conocimientos y sobre todo brindar soluciones automatizadas a diversas actividades en el rubro que se realizan de manera manual y pueden ser susceptible a automatizar. Cabe señalar que los procesos automatizados utilizan tecnología para realizar tareas de manera más rápida, eficiente y precisa a través del uso de software, hardware y algoritmos especializados que pueden reemplazar las tareas manuales por flujos de trabajo automatizados. Para este caso, haremos uso de un controlador lógico programable el cual conlleva una configuración propia del PLC.

Así mismo, la elaboración de este proyecto tiene como finalidad la mejora del proceso y acabado manual de corte de fierro en la industria manufacturera mediante la automatización.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1 Fundamento teórico

La automatización industrial se basa en la integración de sistemas y tecnologías para controlar y operar de manera autónoma los procesos en la industria. En el caso de una cortadora automatizada de tubos de fierro, se utilizan dispositivos y componentes automatizados para supervisar y regular de forma eficiente y precisa el proceso de corte.

En primer lugar, la automatización industrial se apoya en sistemas de control que desempeñan un papel fundamental al supervisar y regular los procesos industriales. Estos sistemas emplean sensores para medir variables como la posición y el tamaño de los tubos de fierro, y actuadores para controlar el movimiento de la cortadora y las cuchillas de corte. Mediante controladores programables, como los controladores lógicos programables (PLC), se ejecutan instrucciones lógicas basadas en programas previamente desarrollados. Esto permite activar o desactivar actuadores, realizar cálculos y leer sensores, entre otras funciones, para llevar a cabo el proceso de corte de manera automatizada.

La instrumentación también resulta esencial en la automatización de una cortadora de tubos de fierro. La instrumentación permite medir y monitorear variables como la temperatura, presión y caudal, proporcionando datos en tiempo real que se utilizan para ajustar el funcionamiento de los procesos. En el caso específico de la cortadora, la instrumentación permite medir parámetros clave como la velocidad de corte y la presión de las cuchillas, lo cual contribuye a obtener cortes precisos y consistentes.

Además, las redes industriales desempeñan un papel vital en la automatización industrial y en una cortadora automatizada. Estas redes facilitan la comunicación y la integración de los diferentes dispositivos y sistemas de automatización, permitiendo el intercambio de datos entre controladores, sensores, actuadores y otros dispositivos. Esto facilita la supervisión y el control centralizado del proceso de corte de los tubos de hierro.

La interacción entre los operadores y la cortadora automatizada se lleva a cabo a través de interfaces hombre-máquina (HMI). Estas interfaces, que pueden ser pantallas táctiles, paneles de control o software de supervisión, permiten a los operadores monitorear el estado del proceso de corte, recibir alarmas y realizar ajustes o intervenciones según sea necesario.

En resumen, la automatización industrial y una cortadora automatizada de tubos de hierro se basan en sistemas de control, instrumentación, redes industriales e interfaces hombre-máquina. Estos componentes trabajan en conjunto para supervisar, regular y optimizar el proceso de corte, mejorando la eficiencia, la precisión y la productividad en la industria del corte de tubos de hierro.

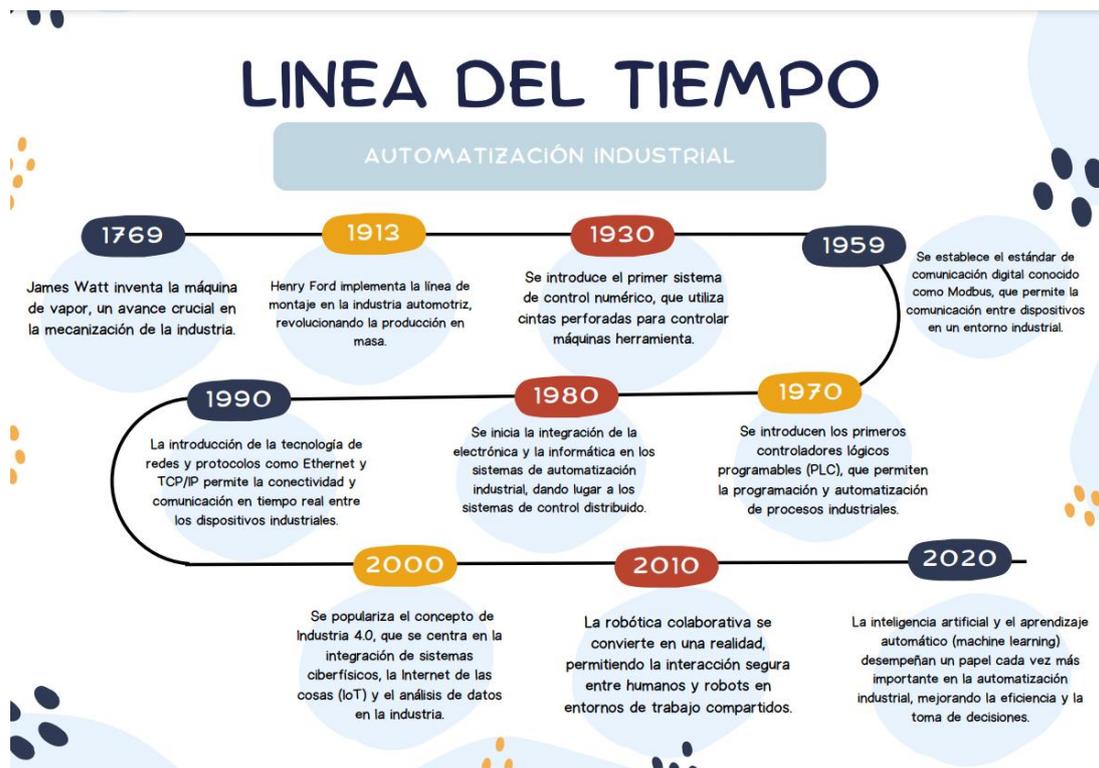


Figura 1: Línea del Tiempo
Fuente: Elaboración propia

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Mejorar el proceso de corte de hierro manual en la industria metalúrgica.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Mejorar la productividad del proceso de corte de tubos de fierro sin afectar la calidad.
- b) Reducir el tiempo del ciclo de 30 segundos por corte.

CAPITULO II: DESCRIPCION DETALLADA DEL PROCESO ACTUAL

2.1 Descripción del proceso

Se debe seleccionar el tubo a cortar teniendo en cuenta que sea óptimo para los clientes, luego se debe medir la longitud que se desea del tubo y marcar donde deberá ser el corte, luego se pone el tubo en la base de forma horizontal, y se baja la cortadora de forma vertical.



Figura 2: Marcado de tubo

Fuente: Laredo, A. (2013) Corte de tubo de fierro longitudinal [Video]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=Q200DhyVnsM>

Luego del corte , el tubo caerá por gravedad al recipiente que se encuentra debajo de la misma, por lo que después el operario le dará un acabado al tubo pvc o a los fierros, para así tenerlos de forma adecuada, ya sea para la construcción o las empresas metalmecánicas que son las que necesitan estas piezas con sus medidas específicas requeridas para así tener la función a la que se solicita.



Figura 3: Colocado del tubo en la base y corte

Fuente: Laredo, A. (2013) Corte de tubo de fierro longitudinal [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=Q200DhyVnsM>

2.2 Descripción y detalle de los indicadores de producción antes de la automatización

Este proceso de corte por manera convencional o manual, tiene un carácter peligroso, ya que al cortar los tubos o fierros de manera manual, el operario tiene un alto índice de peligro e incidentes, ya que no es una manera segura de realizar un proceso, por lo que la moladora es una herramienta peligrosa que puede ocasionar daños a la persona que lo opera, por tal motivo se ha pensado en un prototipo de corte de tubos y fierros automatizada, incrementando la producción en menos tiempo, siendo más eficiente y más segura para el operario, evitando así los daños en la salud de los trabajadores y mejorando la productividad de la misma.



Figura 4: Corte del trazo del tubo

Fuente: Laredo, A. (2013) Corte de tubo de fierro longitudinal [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=Q200DhyVnsM>

Tiempo de ciclo: Este indicador mide el tiempo total requerido para completar un ciclo de corte de tubos, desde la carga del tubo hasta la descarga del tubo cortado. Cuanto menor sea el tiempo de ciclo, mayor será la productividad, por lo que la manera de corte convencional no es eficiente en las empresas ya que demora mucho tiempo en realizar el corte de manera manual, haciendo que la empresa presente cuellos de botella en la producción de la misma y así genera tiempos muertos.

El tiempo de ciclo es de 30 segundos.

Rendimiento: El rendimiento es la cantidad de tubos cortados en un período de tiempo determinado. Se expresa generalmente como una relación entre los tubos cortados y los tubos totales procesados. Un rendimiento más alto indica una mayor productividad.

El rendimiento en el periodo de una 1 hora es de 120 piezas cortadas.

Este rendimiento registrado no es el adecuado, ya que en una empresa metalmeccánica se necesitan innumerables piezas para así poder satisfacer la demanda, pero con este número no se puede cubrir lo suficiente, por lo tanto se necesita idear algun prototipo de cortadora para así poder cubrir los pedidos de corte en tubos pvc o fierros y así satisfacer la demanda y a los clientes que requieren este producto.

CAPITULO III: DISEÑO ACTUAL DEL PROCESO

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

En el siguiente link se demuestra la situación actual del proyecto elaborado.

<https://www.youtube.com/watch?v=z8fnfs9fJt8>

CAPITULO IV: DISEÑO DE PROPUESTA PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO

4.1 Descripción detallada del proceso propuesto

Se hace mención que el objetivo de nuestro proyecto es la novedad en el proceso de cortadora de tubos.

Por lo tanto, se comienza a presentar la descripción del proceso:

El proceso de la cortadora de tubos empieza con el desplazamiento del tubo, este caerá por efecto de la gravedad hasta el tope de la regla, que tendrá adaptada previamente una medida.

Posterior a esto, el sensor fotoreflexivo iniciará su función, detectando la presencia del tubo y mandando la señal al PLC; teniendo en cuenta que si el tubo mide distinto a la medida adaptada, seguirá de largo cayendo a una caja de residuos.

En ese momento, el PLC comenzará a realizar su función, iniciando con la activación de las electroválvulas.

Las electroválvulas enviarán el aire comprimido a presión por las mangueras, con dirección al primer actuador, que hará que este se expanda y sujete el tubo, continuará con el segundo cilindro, al expandirse la amoladora empezará a girar y por consiguiente realiza el corte.

El sensor al no detectar ninguna presencia envía una señal, por ende el actuador se retrae y el tubo vuelve a caer hasta el tope donde el ciclo se repite continuamente, hasta concluir con todos los cortes.

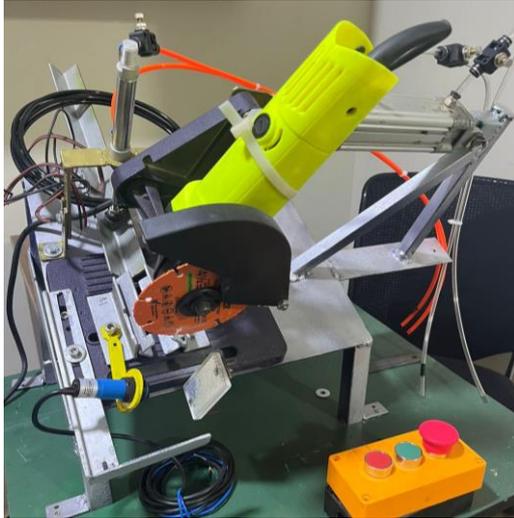


Figura 5: Prototipo Cortadora de tubo
Fuente: Elaboración propia

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

En el siguiente link se demuestra la situación mejorada del proyecto elaborado.
<https://youtu.be/3qV0d6hzcqQ>

4.2.1 Cilindro Neumático de doble efecto- Pistón



Figura 6: Cilindro Neumático
Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Electroválvula 1 y 2

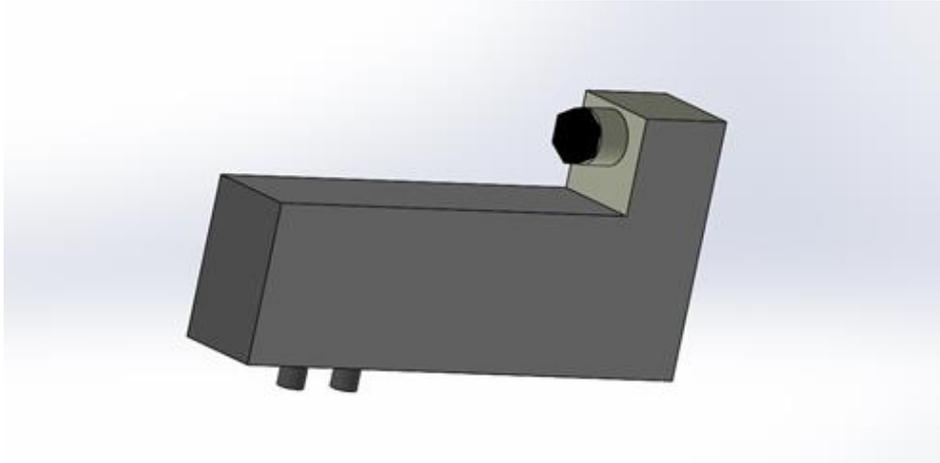


Figura 7: Electroválvulas
Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Base del Proyecto

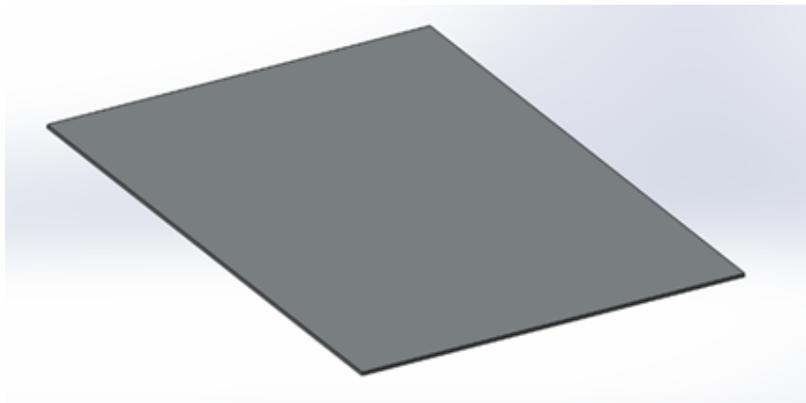


Figura 8: Base del proyecto
Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Mangueras

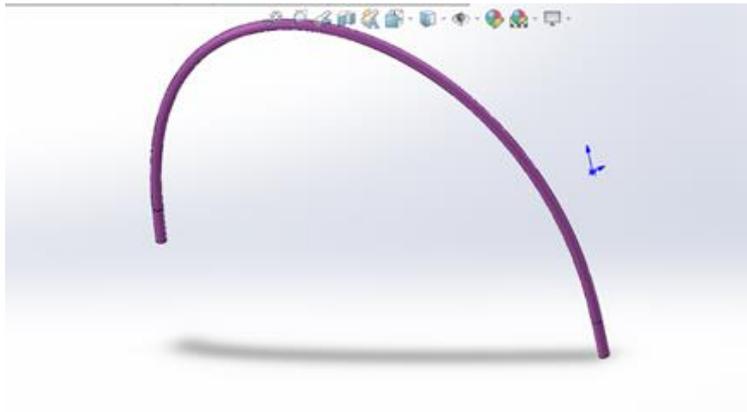


Figura 9: Mangueras
Fuente: Elaboración propia

4.3 Diagrama de análisis del proceso propuesto

4.3.1 Diagrama de Flujo

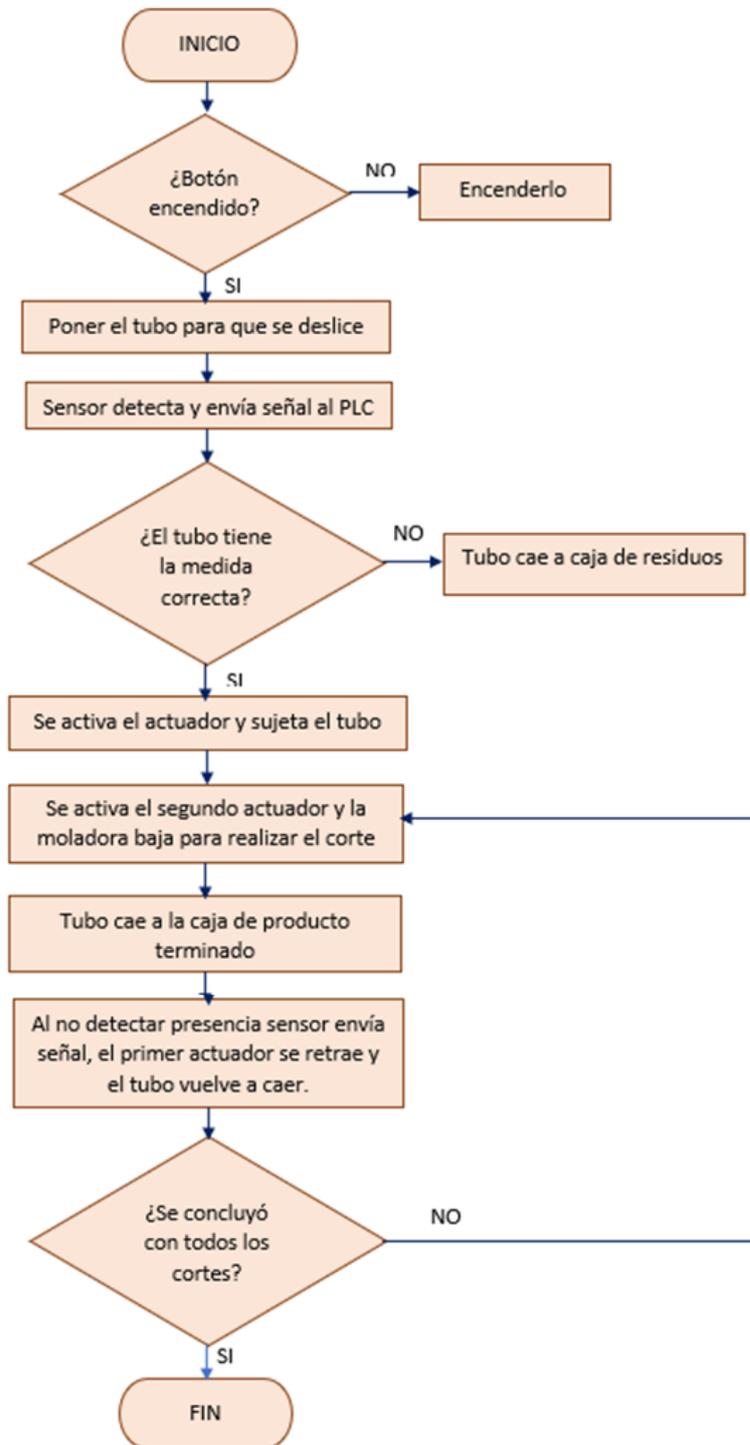


Figura 10: Diagrama de flujo de proceso propuesto
Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Diagrama de Actividades



Figura 11: Diagrama de Actividades
 Fuente: Elaboración propia

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

Botonera: Nos permite dar inicio y fin al proceso.



Figura 12: Botonera
 Fuente: Elaboración propia

Sensor foto reflectivo: Se utiliza para detectar el haz de luz reflejado desde el objeto.



Figura 13: Sensor foto reflectivo
Fuente: Elaboración propia

Amoladora: Cortadora de objetos con una hoja circular.



Figura 14: Amoladora
Fuente: Elaboración propia

Cilindros de doble efecto: Se expanden y retraen de manera controlada.

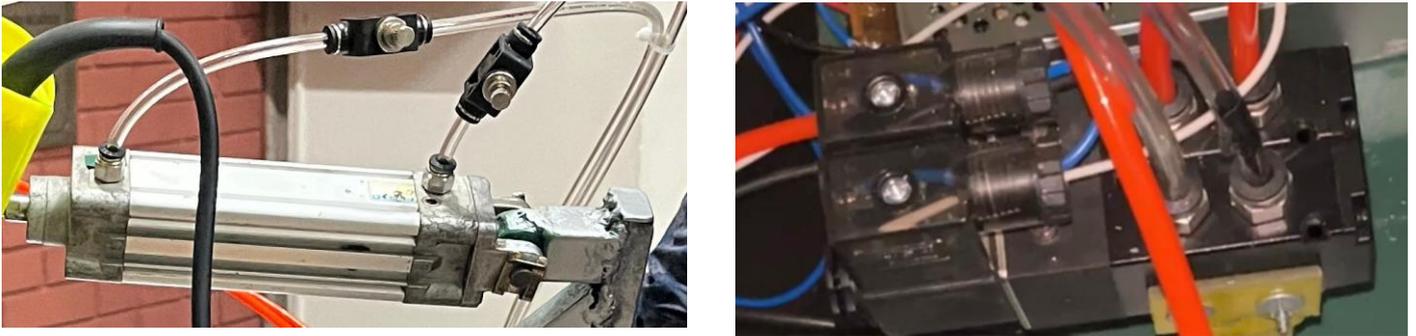


Figura 15: Cilindros de doble efecto
Fuente: Elaboración propia

Válvula 5/2: Válvulas por donde entra y sale el aire comprimido.



Figura 16: Válvula 5/2
Fuente: Elaboración propia

Mangueras: Mangueras que conducen el aire comprimido.



Figura 17: Mangueras
Fuente: Elaboración propia

Reguladores: Regulan la presión del aire comprimido.



Figura 18: Reguladores
Fuente: Elaboración propia

PLC: Detecta diversos tipos de señales del proceso, envía y elabora acciones de acuerdo a lo que se ha programado.



Figura 19: Programador lógico programable
Fuente: Elaboración propia

En la segunda figura, tenemos el PLC donde será el encargado de controlar el circuito electropneumático, donde se utilizará los temporizadores para poner el tiempo que estará conectado cada pistón.

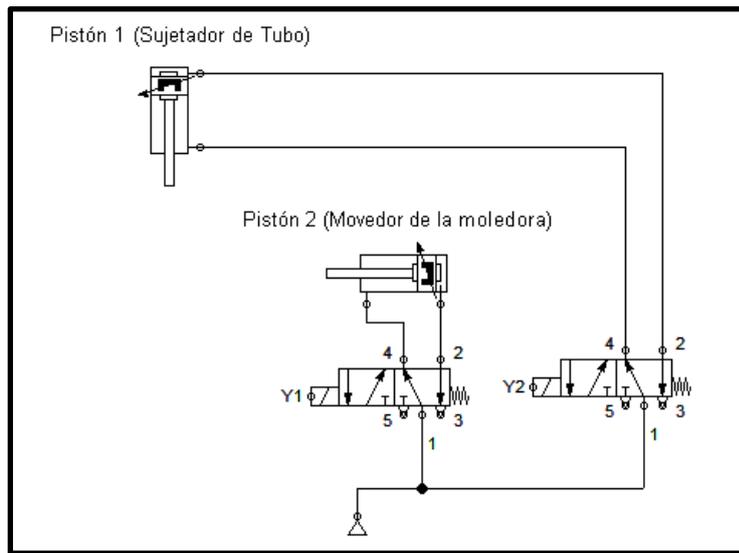


Figura 22: Circuito electropneumático de la máquina cortadora de tubos.
Fuente: Elaboración propia

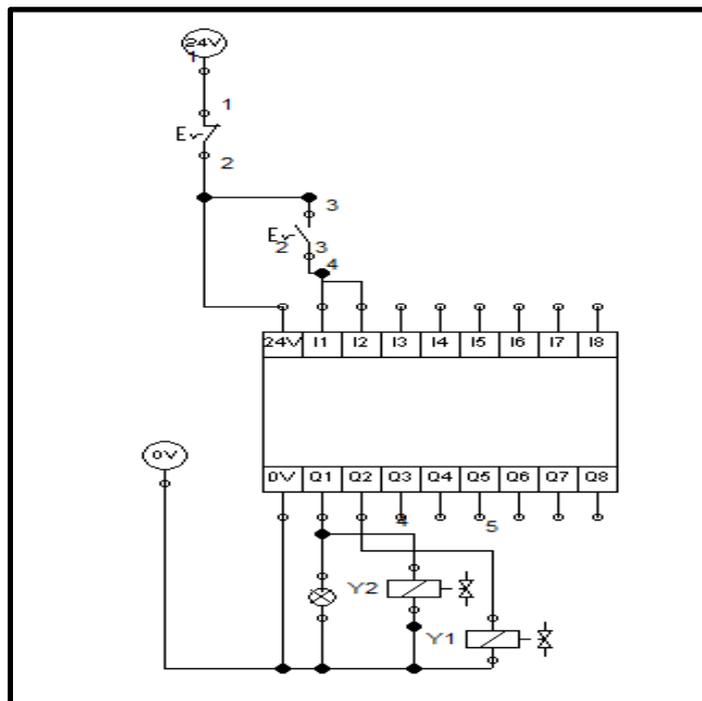


Figura 23: PLC electropneumático de la máquina cortadora de tubos
Fuente: Elaboración propia.

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

Para la programación utilizamos el software llamado LOGO que es el indicado para el tipo de PLC que vamos a utilizar. Los elementos que vamos a utilizar son: Contactos normalmente abiertos, contactos normalmente cerrados, relé autoenclavador, bloque AND de flanco positivo, temporizador de retardo a la desconexión, bobina (representan los actuadores) y temporizador de retardo a la conexión.

Primero, vamos a poner un contacto normalmente abierto para el encendido y otro contacto cerrado para el apagado del sistema. Estos dos están unidos a un relé autoenclavador que detectará el botón de encendido o apagado. Después conectamos otro contacto normalmente abierto que en este caso será el sensor, que al activarse, hará que corra toda la programación.

Primero se activará el pistón que sujetará el tubo de forma automática, después se activará la moledora por 1 segundo, todo se hará gracias al temporizador de retraso a la conexión; luego, se activará el pistón que hará mover la moledora por otro segundo y por último el sistema se apagará luego de 2 segundos gracias a al temporizador de retraso a la desconexión, por ende cortará en ese tiempo y se apagará 2 segundos después porque estará conectado al contacto normalmente cerrado del botón apagado.

Cabe resaltar que todo el sistema está adaptado en el software y nos pareció más práctico realizarlo en Ladder, porque en el LOGO también se puede realizar el lenguaje de diagrama de bloques.

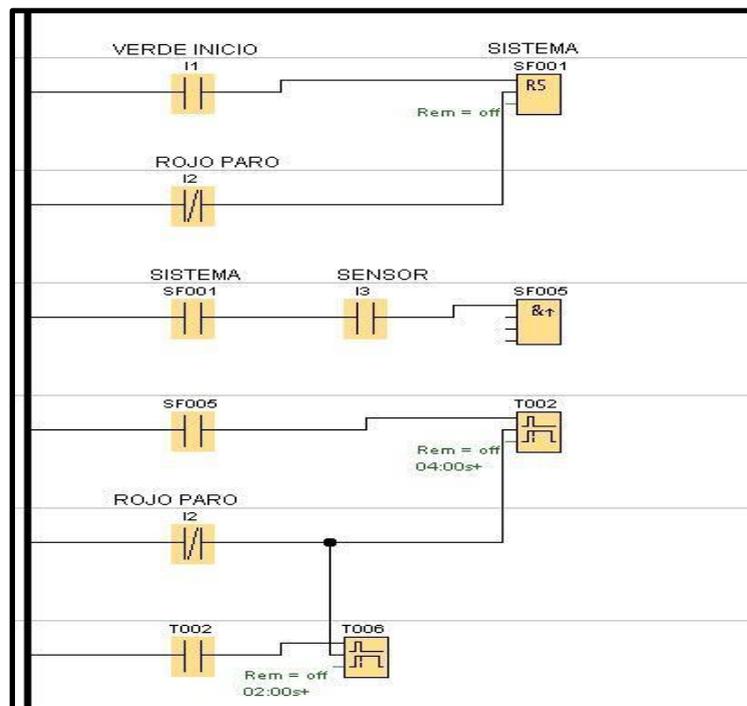


Figura 24: Circuito electroneumático en el software LOGO

Fuente: Elaboración propia

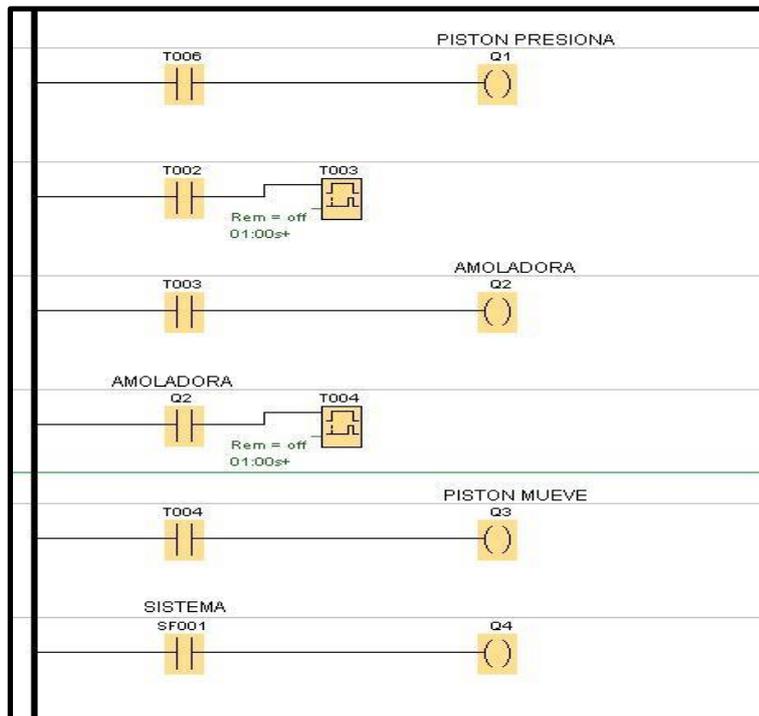


Figura 25: Circuito electroneumático en el software LOGO
Fuente: Elaboración propia

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

Tiempo de ciclo: Este indicador mide el tiempo total requerido para completar un ciclo de corte de tubos, desde la carga del tubo hasta la descarga del tubo cortado. Cuanto menor sea el tiempo de ciclo, mayor será la productividad.

El tiempo de ciclo es de 4 segundos.

Rendimiento: El rendimiento es la cantidad de tubos cortados de manera exitosa en un período de tiempo determinado. Se expresa generalmente como una relación entre los tubos cortados y los tubos totales procesados. Un rendimiento más alto indica una mayor productividad.

El rendimiento en el periodo de una 1 hora es de 700 piezas cortadas.

CAPITULO V: COSTOS DE INVERSION Y OPERACION

La inversión de la unidad de cortadora automatizada de tubos pvc y fierros es 950 soles y la venta de la misma será por un valor de 1500 soles, por lo que se estimó que en el primer año se vendieron 24 unidades, en el segundo año 48 unidades, en el tercer año 72 unidades y en el cuarto año se vendieron 96 unidades, abarcando así más mercado con el pasar del tiempo.

5.1 Flujo de caja

INVERSION INICIAL	22800
COK	20%
TASA DE INFLACION ANUAL	1.80%
RIESGO DEL PROYECTO	2%
INTERES DEL APOORTE FINANCIADO	15%
PERIODO	4
INGRESO POR VENTAS	
PRIMER AÑO	36000
SEGUNDO AÑO	72000
TERCER AÑO	108000
CUARTO AÑO	144000
DEPRECIACION	125
CMV	30%
GASTOS OPERATIVOS	10%
TASA IMPOSITIVA	20%

Tabla N°1: Datos de la inversión

Fuente: Elaboración propia

EPG AÑO 1		EPG AÑO 2		EPG AÑO 3		EPG AÑO 4	
	ECONOMICO		ECONOMICO		ECONOMICO		ECONOMICO
VENTAS	36,000	VENTAS	72,000	VENTAS	108000	VENTAS	144000
CMV	10,800	CMV	21,600	CMV	32400	CMV	43200
UTILIDAD BRUTA	25,200	UTILIDAD BRUTA	50,400	UTILIDAD BRUTA	75600	UTILIDAD BRUTA	100800
GASTOS	3,600	GASTOS	7,200	GASTOS	10800	GASTOS	14400
DEPRECIACION	125	DEPRECIACION	125	DEPRECIACION	125	DEPRECIACION	125
UAII	21,475	UAII	43,075	UAII	64675	UAII	86275
INTERES	0	INTERES	0	INTERES	0	INTERES	0
UAI	21,475	UAI	43,075	UAI	64675	UAI	86275
IMPUESTOS	4,295	IMPUESTOS	8,615	IMPUESTOS	12935	IMPUESTOS	17255
U. NETA	17,180	U. NETA	34,460	U. NETA	51740	U. NETA	69020

Tabla N°2: Estados de pérdidas y ganancias

Fuente: Elaboración propia

FLUJO DE CAJA ECONOMICO					
	0	1	2	3	4
UTILIDAD NETA ECONOMICA		17,180	34,460	51,740	69,020
DEPRECIACION		125	125	125	125
INVERSIONES	-22,800				
SALDO NETO DE CAJA	-22,800	17,305	34,585	51,865	69,145

Tabla N°3: Flujo de caja económico

Fuente: Elaboración propia

5.2 Viabilidad económica (VAN, TIR).

FLUJO DE CAJA ECONOMICO					
	0	1	2	3	4
UTILIDAD NETA ECONOMICA		17,180	34,460	51,740	69,020
DEPRECIACION		125	125	125	125
INVERSIONES	-22,800				
SALDO NETO DE CAJA	-22,800	17,305	34,585	51,865	69,145
TASA DE DESCUENTO	24.60%				
VAN:	-22,800	13,888	22,276	26,809	28,684
VAN:	68,857				
TIR:	120%				

Tabla N°4 : VAN y TIR económico del proyecto

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos se concluye que aplicar la automatización en el proceso manual de corte de fierro en la industria metalúrgica, optimizará los tiempos de producción, reduciendo costos, accidentes, errores e incrementando la productividad, eficiencia y calidad del acabado del producto.

Luego de la implementación de la automatización en un proceso de corte manual, evidenciamos de inmediato que sería de gran beneficio la implementación de esta en la industria metalúrgica por motivos notorios como la rentabilidad resultante en el VAN y la superación de la rentabilidad que supera el coste del capital demostrado en el TIR.

Como última conclusión, se indica que la aplicación de las tecnologías automatizadas en procesos reales, mejora la productividad, eficiencia, aumenta la calidad y precisión, reduce los costos, brinda mayor seguridad, el proceso es flexible, puede recopilar y analizar mayores datos, así como mostrar una mayor innovación y competitividad en el sector.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a la aplicación de las tecnologías automatizadas en el presente trabajo de investigación, se registra notablemente la mejora y aumento de la productividad que tendría el sector en el proceso de corte de fierros, lo cual se hace mención a los diferentes pasos lo siguiente:

- Se recomienda en la planificación, establecer claramente los objetivos y requisitos del prototipo. Considerando aspectos como el diámetro y el grosor máximo de los tubos que la máquina debe cortar, la precisión requerida en los cortes, la velocidad de corte deseada y cualquier otra característica especial que se desee.
- Se propone incorporar características de seguridad, como protecciones para el operador, sistemas de parada de emergencia y elementos de seguridad en los mecanismos de sujeción y corte.
- Se recomienda realizar pruebas exhaustivas para evaluar el rendimiento, precisión y durabilidad del prototipo, realizando los ajustes necesarios en función de los resultados de las pruebas y repetir el proceso hasta estar seguros y/o encontrar la satisfacción propia con el desempeño del prototipo.
- Se aconseja llevar un registro detallado de todo el proceso de diseño, construcción y pruebas del prototipo, de esta manera será de utilidad para futuras mejoras y referencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Muro, M., Maxim, R., & Whiton, J. (2019). *Automation and Artificial Intelligence: How machines are affecting people and places*. Brookings Institution.

The International Federation of Robotics (IFR). (2021). *World Robotics 2021: Industrial Robots*.

World Economic Forum (WEF). (2018). *The Future of Jobs Report 2018*.

Gustavo Barona López, Luis Efrain Velasteguí (2021). *Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0*.

Jorge Enrique Maldonado- Pinto, Luisa Fernanda Portilla- Barco (2020). *Procesos de innovación en la industria manufacturera colombiana*.

Dwarakinath, V., & Srivastava, S. (2019). *Automation in metal processing: An overview*. *Journal of Manufacturing Processes*, pág. 42, 48-65.

Rao, V., & Somani, M. C. (2020). *Automation and Robotics in Foundry Operations: A Comprehensive Review*. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, pág. 73(8), 2179-2196.

Almeida, G. R., & Ferreira, P. M. (2020). *A framework for automation project management: Lessons from industry*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*

Universal Robots. (2023). *Robótica en el proceso industrial de metal y mecanizado*. Recuperado de <https://www.universal-robots.com/es/industrias/metal-y-mecanizado/>

Pamela, A., Caceres, H., & Capelo, L. (n.d.). UNIVERSIDAD CASA GRANDE FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN Y CIENCIAS POLÍTICAS ANÁLISIS Y ESTRATEGIA DE MARKETING DEL MODELO DE NEGOCIOS “MAQUINAS EXPENDEADORAS PARA EL SECTOR INDUSTRIAL METALÚRGICO” Recuperado de <http://dspace.casagrande.edu.ec:8080/bitstream/ucasagrande/1409/4/Tesis1613HIDa.pdf>

Collins, S., & Jones, R. (2021). *Programmable Logic Controllers: Principles and Applications*. Pearson.

Bolton, W. (2019). *Programmable Logic Controllers*. Elsevier.

Hernández, F. J. (2021). *Automatización industrial con PLC*. Marcombo.

Pérez, J. M. G. (2020). *Controladores lógicos programables (PLC)*. Paraninfo.

Oliver, M. A. C., & Sanchis, J. S. (2019). *PLC y automatización industrial*. Marcombo.

Castro, L. (2021). *La automatización industrial y sus beneficios en el sector manufacturero*. *Revista Ciencia y Tecnología*, pág. 24(1), 49-58.

Gómez, C., & Menéndez, A. (2021). *Automatización industrial: beneficios y retos*. Universidad Politécnica de Madrid.

Arróspide, A., Lázaro, J. L., & Montero, J. M. (2020). *Guía práctica de programación en LOGO! Soft Comfort*. Ediciones ENI.

Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el Futuro*. In *Google Books*. Inter-American Development Bank. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=geiGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=tesis+de+automatizacion+industrial+en+la+industria+metalurgica+a+partir+del+2018&ots=n-ITdrybTM&sig=I62NJ1aJcTW7YHBLuVJpdSr02Qs#v=onepage&q&f=false>

Martínez-Carreras, M., Puig, V., & Quevedo, J. (2019). *Automation project life cycle: A review and an iterative approach*.