



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

TESIS

**Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico con
Mención en Telecomunicaciones**

Diseño y automatización de máquinas circulares antiguas
para competir en producción con máquinas circulares modernas
mediante arranque por RF

PRESENTADO POR

Baldeón Pérez, Christian Ángel

ASESOR

Cano Tejada, Julio José Antonio

Lima, Perú, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD ANTIPLAGIO TURNITIN

Mediante la presente, Yo:

1. Christian Ángel Baldeón Pérez; identificado con DNI 21293082

Soy egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería electrónica con mención en telecomunicaciones del año 2021 – 2, y habiendo realizado la¹ Tesis para optar el Título Profesional de ² Ingeniero Electrónico con mención en Telecomunicaciones, se deja constancia que el trabajo de investigación fue sometido a la evaluación del Sistema Antiplagio Turnitin el 26 de setiembre de 2024, el cual ha generado el siguiente porcentaje de similitud de ³: 17%

En señal de conformidad con lo declarado, firmo el presente documento a los 30 días del mes de octubre del año 2024.



Egresado



Nombre del Asesor: Julio José
Antonio Cano Tejada
DNI: 41845302

¹ Especificar qué tipo de trabajo es: tesis (para optar el título), artículo (para optar el bachiller), etc.

² Indicar el título o grado académico: Licenciado o Bachiller en (Enfermería, Psicología ...), Abogado, Ingeniero Ambiental, Químico Farmacéutico, Ingeniero Industrial, Contador Público ...

³ Se emite la presente declaración en virtud de lo dispuesto en el artículo 8°, numeral 8.2, tercer párrafo, del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI, aprobado mediante Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD, modificado por Resolución de Consejo Directivo N° 174-2019-SUNEDU/CD y Resolución de Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD.

VERIFICACION DE SIMILITUD A TRAVES DE TURNITING

tesis

por Christian Baldeon

Fecha de entrega: 02-sep-2024 02:06p.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2443294521
Nombre del archivo: TESIS-final.docx (20.79M)
Total de palabras: 10949
Total de caracteres: 61353

tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	1%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uch.edu.pe	6%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.uisrael.edu.ec	2%
	Fuente de Internet	
3	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
4	www.coursehero.com	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.utn.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
6	Submitted to Universidad Tecnológica Israel	1%
	Trabajo del estudiante	
7	Submitted to Aliat Universidades	1%
	Trabajo del estudiante	
8	dspace.ups.edu.ec	<1%
	Fuente de Internet	
9	repositorio.uta.edu.ec	<1%
	Fuente de Internet	

Dedicatoria

A Dios, ya que él es mi roca y mi refugio; a mi esposa, por ser mi soporte y no soltar mi mano en todo este camino; a mi hijo, por ser mi motivación a mejorar constantemente; y, a mis padres, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

Resumen

Según el Blog Análisis del IGBVL del año 2020, el 10% del mercado manufacturero en el Perú pertenece al rubro textil, de los cuales el 25% proviene de pequeñas empresas que no cuenta con maquinaria moderna, los cuales trabajan con maquinaria textil circular de hace aproximadamente 30 años de antigüedad a más, que no producen la misma cantidad de rollos de tela que las máquinas modernas y que además necesitan de un operario de manera continua para trabajarla, es aquí donde nuestro proyecto de investigación cumplirá una labor muy importante para el pequeño empresario, ya que se estudiará el funcionamiento completo de este tipo de máquina textil y se le dotará de equipos y componentes electrónicos diversos, para que termine automatizada. Lo que se pretende lograr es una mayor producción de rollos de tela en menor tiempo y a un bajo costo de mantenimiento, además que ya no trabaje un solo operario por cada máquina, sino un operario con tres máquinas a la vez. De esta manera, poder competir a la par con las tecnificadas máquinas circulares de tejido de punto modernas. Este proyecto ayudará a resolver los problemas de producción en máquinas circulares antiguas, hasta un 35%, un logro muy significativo. El trabajo del operario textil, también resultará más fácil, por la interface hombre-máquina instalada, ya que todo el proceso se visualizará de manera clara y precisa en el panel de trabajo.

Palabras claves: PLC, HMI, automatización, producción, mantenimiento.

Abstract

According to the IGBVL Analysis Blog of the year 2020, 10% of the manufacturing market in Peru belongs to the textile industry, of which 25% have small companies with non-modern machinery, they work with circular textile machinery from approximately 30 years old or more, that do not produce the same number of rolls of cloth as modern machines and that also need an operator to work it continuously, it is here where our research project will fulfill a very important task for the small businessman, Since the complete operation of this type of textile machine will be studied and it will be equipped with various electronic equipment and components, so that it ends up automated, what is intended to be achieved is a greater production of fabric rolls in less time and at a low cost of production. maintenance, in addition that no longer works a single operator for each machine, but an operator with three machines at the same time. In this way to be able to compete on a par with the modern circular knitting machines. This project helps solve the production problems in old knitting machines, up to 35%, a very significant achievement. The work of the textile operator will also be easier due to the man-machine interface installed, since the entire process will be displayed clearly and precisely on the work panel.

Keywords: PLC, HMI, automation, production, maintenance.

Contenido

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	4
1.1.1. Planteamiento y descripción del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema general.....	5
1.1.3. Formulación de los problemas específicos.....	5
1.2. DEFINICION DE LOS OBJETIVOS DE INVESTIGACION.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.3.1. Justificación técnica.....	6
1.3.2. Justificación económica.....	7
1.3.3. Justificación social.....	7
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.4.1. Alcances.....	7
1.4.2. Limitaciones.....	8
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	9
2.1. ANTECEDENTES.....	10
2.1.1. Internacionales.....	10
2.1.2. Nacionales.....	12
2.2. MARCO TEORICO.....	12
2.2.1. Máquina circular de tejido de punto.....	13
a. Carcasa o Estructura.....	13
b. Corona.....	14
c. Memminger.....	15
d. Cilindro.....	16
e. Enrollador de tejido.....	16
2.2.2. Entrevistas.....	17
2.2.3. Evaluación de procesos.....	17
2.2.4. Estadísticas.....	18
2.3. MARCO METODOLÓGICO.....	18

2.3.1. Tipo de diseño de Investigación.....	18
2.3.2. Metodología de la Investigación.....	18
2.4. MARCO LEGAL.....	19
2.5. ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	20
CAPITULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO.....	21
3.1. DESCRIPCION ACTUAL DE LAS MÁQUINAS CIRCULARES ANTIGUAS.....	22
3.2. COMPONENTES ELECTRICOS Y ELECTRONICOS EXISTENTES EN LAS MÁQUINAS CIRCULARES ANTIGUAS.....	24
3.3. COMPONENTES ELECTRÓNICOS EXISTENTES A USAR EN EL MERCADO NACIONAL DE IMPORTACIÓN.....	25
3.3.1. Motor de corriente alterna trifásico.....	25
3.3.2. PLC.....	26
a. Funcionamiento del PLC.....	26
3.3.3. HMI.....	31
a. Características principales.....	34
3.3.4. Variador Electrónico de Frecuencia.....	34
a. Funcionamiento.....	35
b. Esquema de conexiones.....	36
c. Ventajas.....	37
3.3.5. Motor de tiraje.....	38
3.3.6. Sensor Inductivo.....	38
3.3.7. Contacto Rotativo de Mercurio.....	39
3.3.8. Unidad de disparo de hilo y aguja.....	40
3.3.9. Lubricador de aceite.....	41
3.3.10. Sistemas de control.....	43
3.3.11. Sistema de Control de lazo Abierto.....	43
3.3.12. Sistema de Control de Lazo Cerrado.....	44
3.3.13. Fuentes de poder.....	44
3.3.14. Tarjeta de control RF.....	45

3.4. MONTAJE Y CONEXIONES A REALIZAR PARA EJECUTAR EL PROYECTO.....	46
3.4.1. Montaje.....	46
3.4.2. Funcionamiento.....	48
3.5. EFICIENCIA DEL PROYECTO EN RELACION A LA PRODUCCION DE TELA DESPUES DE LA AUTOMATIZACION.....	51
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS.....	52
4.1. ANÁLISIS DE COSTOS.....	53
4.1.1. Recursos humanos.....	53
4.1.2. Recursos materiales.....	53
A. Costos de materiales.....	53
B. Costo de recursos para implementación y pruebas.....	54
4.1.3. Costo de desarrollo.....	54
4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS.....	54
4.2.1. Beneficios tangibles.....	54
4.2.2. Beneficios intangibles.....	55
4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	55
4.3.1. Desarrollo de flujo de caja.....	55
4.3.2. Análisis de VAN.....	57
4.3.3. Análisis de TIR.....	57
4.3.4. Detalles Prácticos, mediciones.....	58
Conclusiones.....	59
Recomendaciones.....	62
Referencias.....	63
Glosario.....	65
Anexos.....	65

Lista de figuras

Figura 1. Máquina Circular.....	14
Figura 2. Corona de máquina circular.....	15
Figura 3. Memminger.....	15
Figura 4. Cilindro.....	16
Figura 5. Enrollador de tejido.....	17
Figura 6. Diagrama en bloques.....	20
Figura 7. Máquina circular Mayer.....	22
Figura 8. Tablero eléctrico de máquina circular Mayer de 1970.....	23
Figura 9. Máquina circular Monarch de 1975.....	23
Figura 10. Máquina circular Monarch de 1975.....	24
Figura 11. Resistencia para limitar velocidad de motor.....	25
Figura 12. Motor de corriente alterna antiguo.....	25
Figura 13. Motor de corriente alterna trifásico.....	26
Figura 14. Estructura del PLC.....	27
Figura 15. PLC Siemens.....	28
Figura 16. Diagrama en bloques.....	28
Figura 17. Programa en PLC, bloque 1.....	29
Figura 18. Programa en PLC, bloque 2.....	29
Figura 19. Programa PLC, bloque 3.....	29
Figura 20. Programa PLC, bloque 4.....	29
Figura 21. Programa PLC, bloque 5.....	30
Figura 22. Programa PLC, bloque 6.....	30
Figura 23. Diagrama de conexiones del PLC Siemens.....	30
Figura 24. HMI.....	31
Figura 25. Indicadores de HMI.....	32
Figura 26. Indicadores de HMI.....	32
Figura 27. Indicadores de HMI.....	33
Figura 28. Diagrama de distribución.....	33

Figura 29. Diagrama de conexiones.....	34
Figura 30. Variador de frecuencia.....	35
Figura 31. Circuito interno del variador de frecuencia.....	36
Figura 32. Conexiones externas del variador de frecuencia.....	36
Figura 33. Motor de tiraje.....	38
Figura 34. Sensor Inductivo.....	39
Figura 35. Contacto Rotativo de Mercurio.....	39
Figura 36. Diagrama de la unidad de disparo.....	40
Figura 37. Circuito impreso.....	40
Figura 38. Circuito impreso, parte posterior	41
Figura 39. Tarjeta electrónica implementada.....	41
Figura 40. Lubricador Pulsonic.....	42
Figura 41. Diagrama de conexiones del lubricador.....	42
Figura 42. Partes del lubricador.....	43
Figura 43. Sistema de Control de lazo abierto de una lavadora.....	44
Figura 44. Fuente de Alimentación.....	44
Figura 45. Tarjeta y control de RF para el arranque y parada.....	45
Figura 46. Tablero.....	46
Figura 47. Panel de control.....	47
Figura 48. Variador de frecuencia y motor.....	47
Figura 49. Panel de control energizado.....	48
Figura 50. Variador electrónico energizado.....	49
Figura 51. Panel con señales de trabajo habilitadas.....	50
Figura 52. Señales de alarma en el panel de control.....	51
Figura 53. Alarma de puerta abierta.....	59
Figura 54. Alarma de hilo superior roto.....	60
Figura 55. Alarma de hilo inferior roto.....	60
Figura 56. Medición de corriente a pleno trabajo.....	61

Lista de tablas

Tabla 1. Recursos humanos.....	53
Tabla 2. Tabla de materiales y costos.....	53
Tabla 3. Costos de implementación y pruebas.....	54
Tabla 4. Gasto general del proyecto.....	54
Tabla 5. Tabla de utilidad.....	55
Tabla 6. Ingresos antes de la automatización.....	56
Tabla 7. Ingresos después de la automatización.....	56

Introducción

Debido al avance tecnológico, muchos equipos eléctricos quedaron en deficiencia en su forma de operación, ya que aparecieron componentes y equipos electrónicos que mejoraban el funcionamiento de las etapas; y obviamente, el trabajo de producción de la máquina textil.

Las máquinas textiles circulares de tejido de punto con una antigüedad de 30 años a más, compiten de manera desigual con las máquinas del mismo tipo, pero equipadas con lo último de la tecnología hasta nuestra actualidad. Hace muchos años no había adelantos tecnológicos sustanciales, como los que se encuentran ahora, por lo cual el proceso de implementación de las máquinas circulares fabricadas en los años ochenta no podía contar con variadores de frecuencia, sensores inductivos, contadores electrónicos o interfaces hombre- máquina. La implementación era más eléctrica que electrónica, motivo por lo cual no se podía aprovechar el funcionamiento de la máquina como se debería.

(Suarez, 2017) de la Universidad del Norte aplicó los accesorios similares a la máquina circular textil para automatizar una para trenzadora de cordones, sistema muy similar al funcionamiento de la máquina circular, obteniendo buenos resultados y demostrando que los accesorios electrónicos no solo sirven para la automatización de un solo tipo de maquinarias sino en lo que se necesite del área industrial.

Agustín y Cumbe (2019) de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, presentaron un trabajo de titulación en la cual describían el funcionamiento de una máquina circular marca MAYER, y su posterior automatización electrónica mediante PLC SIEMENS, con lo cual se puso en evidencia, que es posible dotar de tecnología moderna para lograr eficiencia en este tipo de maquinaria industrial.

Lo que se busca con la automatización de este tipo de máquinas textiles es aumentar su producción de forma secuencial y controlada, hasta un 35%, además de reducir el uso de horas-hombre en el trabajo y mantenimiento en la confección de rollos de tela. Para lograr este objetivo se hará uso del variador de

frecuencia, el cual dará gobernabilidad al motor asíncrono, también se usará contadores digitales, sensores inductivos, seguridades de protección para el operario, un panel de interface hombre-máquina, el cual enlazará todas las etapas de la mencionada máquina circular, a la vez que dará acceso al operario al control pleno para facilitar la labor textil. “La productividad es la relación directa que existe entre la producción y los recursos que se han usado, además, esta misma relación está basada en la eficiencia con la efectividad. En la primera se determina empezando del tiempo, seguidamente la energía y finalmente, el dinero que se requieren para lograr ciertos resultados mientras que la efectividad se logra al comparar lo que una máquina o proceso podría producir frente a lo que produce actualmente.” (Quispe, 2013, p.20)

Con la automatización planteada, es probable que se impulse significativamente el rendimiento de este tipo de máquinas textiles, permitiéndoles competir de manera casi equitativa en el mercado laboral con las máquinas circulares modernas, las cuales están tecnológicamente bien equipadas.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.1. Planteamiento y descripción del problema

Según el Ministerio de la Producción, en el 2018 la industria textil y de confecciones representaba el 10% de la producción manufacturera y el 1.5% del PBI en el Perú. También, se destaca que el 30% de las empresas textiles operan con maquinaria antigua. La máquina de tejido de punto circular es una de esas máquinas textiles, a la cual la falta de tecnología hace 30 años a más en la fabricación de estas máquinas, dio como resultado, que tengan una baja producción (aproximadamente tejían 1 rollo en 8 horas de trabajo) ya que el sistema era netamente eléctrico y no electrónico. En la actualidad hay máquinas textiles que tejen 1 rollo de tela en 3 horas aproximadamente, este tipo de máquinas están tecnificadas con PLC, interface HMI y variador de frecuencia en su mayoría. (Aguirre S., 2019) nos comenta en su tesis el problema que le sucedió: “La tecnología existente del sistema de automatización que controla la parte mecánica de la máquina está descontinuada por lo cual en el mercado no se cuenta con la tecnología adecuada para renovar la parte electrónica de la máquina textil, puesto que la producción de estos ya no se encuentra en el mercado electrónico”. Esto evidencia la falta de tecnología en el trabajo de dicha máquina circular.

Después de investigar y tener claro la cantidad de máquinas circulares que están trabajando como lo hacían hace muchos años, se evidencia una clara falta de tecnificación y automatización. Entonces, el siguiente paso será identificar los componentes electrónicos ideales, como variadores de frecuencia, PLC, interfaces HMI, sensores, actuadores, entre otros, para optimizarlas. De esta manera, una vez concluida la automatización, se podrá evidenciar la rapidez en la producción de tela, a la vez que también se reduce el costo de horas-hombre, el cual es un indicador de eficiencia en el desarrollo y fabricación de tela, en el tema textil.

Cabe resaltar que, si la automatización de estas máquinas no resulta como se espera, las máquinas circulares antiguas no podrán competir en eficiencia y producción con las máquinas modernas. En ese caso, la única opción sería adquirir máquinas nuevas, lo que representaría un gasto considerable para la pequeña y mediana empresa.

1.1.2. Formulación del problema general

¿Cómo incrementar la producción de tela de una máquina circular textil antigua?

1.1.3. Formulación de los problemas específicos

P.E.1: ¿Cuál es la cantidad y estado en el que están las máquinas circulares antiguas en Lima?

P.E.2: ¿Cuáles son los diferentes componentes electrónicos que están operativos y que se puedan usar en el nuevo sistema de automatización?

P.E.3: ¿Cómo se harán los diferentes enlaces de circuitos y equipos electrónicos?

P.E.4: ¿Qué componentes electrónicos se adquirirán y dónde se comprarán para complementar los ya existentes?

P.E.5: ¿Cuál será la producción de tela después de la implementación del proyecto?

1.2. DEFINICION DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.2.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de control automatizado de una máquina circular de tela para aumentar su producción textil.

1.2.2. Objetivos específicos

O.E.1: Describir la cantidad y estado en el que están las máquinas circulares antiguas en Lima.

O.E.2: Determinar los diferentes componentes electrónicos que están operativos y que se pueden usar en el nuevo sistema de automatización.

O.E.3: Implementar los diferentes circuitos y equipos electrónicos.

O.E.4: Investigar donde se adquirirán los nuevos componentes electrónicos para complementar los ya existentes.

O.E.5: Describir cual será la producción de tela después de la implementación del proyecto.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Justificación técnica

En la actualidad, el empleo de máquinas circulares modernas en el rubro textil se ha incrementado en gran manera, por el grado de tecnología y eficiencia que éstas ofrecen. Este tipo de proyecto que se realizará, busca repotenciar las máquinas circulares antiguas y dotarlas con un sistema similar a las actuales e igualarlas en su trabajo y eficiencia, esto involucra gran conocimiento del tema en el empleo de los diferentes accesorios electrónicos existentes en el mercado industrial, tales como: Sensores inductivos, contactos rotativos, anillos conductores, contadores digitales, variadores de frecuencia, amortiguadores de carga, interface HMI. Con esto se resolverá los problemas de producción existentes en las diferentes fábricas de tela que existen en la actualidad y que trabajan con estos modelos de más de 30 años de antigüedad. Existen equipos electrónicos capaces de dar gobernabilidad a cualquier tipo de motor ya sea de corriente alterna como de corriente directa, como los variadores de frecuencia; también se encuentra en el mercado tecnológico equipos capaces de enlazar varios dispositivos electrónicos para un trabajo en conjunto en lazo cerrado. El funcionamiento de este proyecto se basa principalmente de un sistema de seguridad para el operario, seguido de un sistema de recepción de señales provenientes de cada etapa de producción, para procesarlas en un PLC y finalmente para ser operada a través

de una interface hombre-máquina para su operatividad eficiente y sencilla por el operario.

1.3.2. Justificación económica

Actualmente existen máquinas circulares de diferentes marcas y modelos, las cuales resultan muy caras para adquirirlas, ya que están equipadas con lo último de la tecnología textil. Este proyecto busca reducir costos significativamente en el proceso de producción de tela, sin restarle beneficios ni calidad en la tela tejida, haciendo uso de los diferentes accesorios tecnológicos existentes ahora en el mercado se podrá garantizar el éxito en la merma de la producción; así como, en el empleo de operario por máquina, ya que hace años se requería un personal por máquina por lo precario del sistema y mantenimiento que se requería para su producción; después de la automatización, un solo operario debería trabajar con tres máquinas circulares a la vez, lo que reduciría significativamente el pago de planillas.

1.3.3. Justificación social

En la sociedad existen diversos sectores laborales, y la inversión en máquinas textiles repotenciadas para emprender en este ámbito resulta prometedora. De esta manera, sería posible adquirir máquinas circulares antiguas, repotenciarlas y hacer empresa, generando así empleo, mejoras económicas y sociales a todas las partes involucradas. A pesar de la masiva competencia en el rubro textil por el tratado de libre comercio con China, este sector se ha visto afectado; pero aun así se mantiene firme y con gran expectativa. Según el Ministerio de la Producción, el 5% de empresas nacionales se dedica a este importante rubro.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Alcances

- Se visualizará e investigará el modo de trabajo correcto de la máquina circular a automatizar.

- Se deberá diseñar el plano eléctrico y electrónico de la máquina circular.
- Se implementará una interface hombre-máquina para la mejor maniobrabilidad del operario.
- Se culminará la automatización con la implementación y pruebas requeridas para aumentar la producción textil.

1.4.2. Limitaciones

- El tiempo será una de las mayores limitaciones para la automatización a realizar.
- La disponibilidad de la máquina circular a automatizar será un reto a solucionar.
- La producción de tela en la máquina circular a automatizar, será posible en cualquier parte del Perú. Este punto no será limitante para el proyecto.
- El factor económico será imprescindible, de lo contrario será un limitante para lograr el proyecto de automatización.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Internacionales

En el resumen de Cachimuel (2017), se observó un problema en una máquina rectilínea de tejido de punto marca Rimach, muy similar a la máquina circular que se desea automatizar en el proyecto propuesto. El problema radicaba en la falta de comunicación entre el tablero de comandos y el sistema de trabajo, lo que resultaba en un rendimiento deficiente. Para superar esta dificultad, el autor del artículo presentó un proyecto de automatización basado en un PLC Siemens como elemento de control, logrando un aumento del 20% en la producción. El programa desarrollado en lenguaje LADDER en el PLC SIEMENS ofrece mejores alcances para el desarrollo de nuestro proyecto a presentar.

Un trabajo similar fue presentado por Imbaquingo (2017) en su proyecto de titulación, donde describe un problema ocasionado por la antigüedad y la falta de tecnificación en el funcionamiento de un PLC utilizado para la elaboración de cordones textiles. Debido a su antigüedad, el sistema era controlado de forma eléctrica, lo que resultaba en una baja producción. A través de su proyecto, lograron automatizar el proceso mediante la incorporación de sensores electrónicos, un PLC Schneider, y otros componentes, logrando recuperar la inversión en un período de 3 meses ya que lograron aumentar la producción en un 30%. Se logró apreciar claramente la programación en el PLC Schneider, la cual es muy entendible y relativamente fácil de implementar en el proyecto a desarrollar.

Se puede apreciar también el trabajo sobre control automatizado de una máquina de tejeduría circular, con acceso a internet e interfaz HMI, que presentó Pachacama (2020), el cual tenía muchos años de antigüedad y no tenía una buena producción. Este trabajo realizado resulta complejo y costoso (5500 dólares aproximadamente) ya que incorpora para la automatización: PLC, HMI, servidor web, CADE SIMU, sensores digitales, entre otros. Obteniendo una mejora en la

producción de un 20%. Este trabajo sirvió para ver otra opción para el proyecto a desarrollar, ya que presenta el uso de internet; pero un aspecto a considerar es el costo de su implementación.

Vega (2019), en su trabajo de titulación, presentó la automatización de una máquina de tejido de punto circular Mayer, la cual que tenía problemas en el acabado y cuya falla no había sido identificada. Para solucionar este problema, se implementó un PLC como elemento de control, lo que permitió corregir la falla y aumentar la producción en un 20%. Cabe resaltar en este trabajo, que la programación en el PLC fue de manera sencilla y comprensible, además que el costo de automatización no superó los 1500 dólares, por lo cual servirá de gran aporte para el proyecto a realizar.

Un trabajo muy interesante es presentado por Gómez (2017), en el que detalla la automatización de la máquina Scomar A80, utilizada para la fabricación de cuellos y puños de camisetitas tipo polo. Dicha máquina ya había sido retirada del mercado por baja productividad y alto costo de mantenimiento. Sin embargo, el proyecto de Gómez, que implementó un PLC Siemens como base de la automatización junto con sensores inductivos, mejoró significativamente su productividad, logrando un aumento del 15%. Además, el proyecto fue sencillo y económico, lo que resulta en una referencia para el proyecto a realizar, dado su bajo presupuesto.

Los antecedentes mostrados anteriormente, dan mayor claridad a la implementación de los diferentes sensores que se usarán, así como de la programación del variador de frecuencia a usar, la programación del PLC en sus diferentes formas y la viabilidad de poder hacerlo vía internet, implementar esta última aumentaría el costo de automatización ya que requiere de más accesorios.

2.1.2. Nacionales

En su resumen, Aguirre y Ubilluz (2020) presentaron un proyecto de reciclaje de una planta piloto automatizada de trituración, que tiene el objetivo de recuperar los residuos plásticos de polietileno de baja densidad (PEBD) que se obtuvieron en el área de preparación de pasta (pulper) de una empresa papelera privada, con la finalidad de producir plástico triturado en condiciones óptimas para fabricar ladrillos ecológicos. Lo destacable de esta tesis es la reducción de la cantidad plásticos generados, que se utilizarán como materia prima para un nuevo producto de bajo costo y de gran utilidad y mejora en el área de la construcción. Además, impulsa la economía circular en las empresas, contribuye al bienestar del medio ambiente y genera nuevas fuentes de trabajo. Este trabajo resulta novedoso, ya que, además del uso de PLC, incorporan motorreductores, una interfaz gráfica, otros accesorios modernos en la automatización, aunque con costos significativos.

En el trabajo de Hinostroza (2018), se observó que las fajas transportadoras no variaban su velocidad y carecían de control. Para resolver este problema, presentó un proyecto para automatizarla que incluyó un PLC Siemens y un variador de frecuencia, lo que permitió controlar el motor de 40 HP. De esa manera, logró incrementar la eficiencia de dicha máquina en un 15% y se mejoró la maniobrabilidad del sistema de faja transportadora. La programación aplicada para este trabajo, tanto en el variador de frecuencia, como en el PLC, resulta fácil e idóneo para replicarlo en el proyecto a realizar.

2.2. MARCO TEÓRICO

En la actualidad, percibimos los avances tecnológicos en el rubro textil, donde muchas empresas están adquiriendo maquinaria de última generación; sin embargo, aún hay otras que continúan trabajando con máquinas circulares antiguas. Por ello, se buscará encuestar a diferentes empresas para identificar las máquinas que no son modernas y que no

presentan una buena producción, con el objetivo de proponer posibles trabajos de automatización que mejoren su rendimiento y aumenten su rentabilidad. El principal inconveniente en la actualidad, es el elevado costo que genera la renovación de maquinaria. Si comparamos una máquina de tejeduría circular antigua con una moderna, la diferencia entre sus sistemas de control es evidente, a diferencia de la parte mecánica que convenientemente se mantiene. Teniendo en cuenta estas diferencias, se realizará un estudio con el propósito de mejorar la parte electrónica y monitorear la producción de la máquina de tejeduría circular, por medio de equipos electrónicos lógicos programables. En este capítulo, se detallan los conceptos teóricos necesarios para implementar el proyecto de automatización de una máquina de tejeduría circular textil mediante interfaz HMI.

2.2.1. Máquina circular de tejido de punto

Loya (2020), describe el funcionamiento de una máquina circular textil, que opera mediante una gran cantidad de agujas que entrelazan los hilos de forma continua en el tambor principal, formando los tejidos. Esta máquina trabaja con hilos de final abierto e hilos de anillos cardados y peinados, dependiendo del requerimiento por parte del cliente.

a. Carcasa o Estructura

La estructura metálica, en el que se incorporan todos los accesorios mecánicos y eléctricos necesarios para su óptimo funcionamiento, tales como el tablero eléctrico, motor asíncrono, ventiladores monofásicos, cilindro, corona, sensores, entre otros, está fabricada en hierro fundido. Esto le permite anclarse al suelo y absorber las pequeñas vibraciones, manteniéndose inmejorablemente estable durante el trabajo requerido (Loya, 2020).

Las máquinas circulares o de tejido de punto se utilizan para necesidades específicas en la producción de ciertos tipos de tejidos, distinguiéndose principalmente por su funcionamiento, el cual está adaptado para la fabricación de artículos determinados.

Figura 1.

Máquina Circular



Fuente: (Beck, 2019)

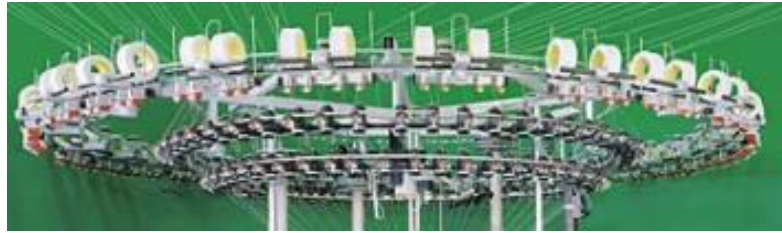
b. Corona

Está ubicada en la parte más elevada de la máquina de tejeduría circular y la conforman dos aros de acero, una encima de la otra, con una separación aproximada de 25 cm. En cada uno de ellos van ubicados los sensores de hilo llamados Memminger, como se muestra en la figura 2. El número de sensores oscila entre 40 a 70 unidades por cada aro (Cortijo, 2020).

En la corona de la máquina circular se ubican los conos de licra, si es que se requieren para la confección de una tela de mayor calidad.

Figura 2.

Corona de máquina circular



Fuente: (Fukahama, 2020)

c. Memminger

Son sensores de hilo roto, se ubican en la parte superior, exactamente en la periferia de la corona; funcionan con un voltaje de 24 voltios alternos. Su principal trabajo es iluminar la lámpara de señal cuando algún hilo se rompa, también que la tensión de hilo no sea la adecuada con las agujas fijadas en el cilindro alimentador, su trabajo es similar a la de dos interruptores cerrados cuando el hilo no está conectado en sus terminales y como interruptores abiertos cuando hay presencia de hilo, además presenta una luz piloto de color naranja o rojo que indica si el interruptor está en modo abierto o cerrado (Suarez, 2017).

En este accesorio de la máquina circular se encuentran ubicados los sensores de hilo roto, los cuales se encargarán de detener la máquina si algún hilo, ya sea de la parte superior o inferior, sufre roturas.

Figura 3.

Memminger



Fuente: (Terrot, 2020)

d. Cilindro

Fabricado en acero, con un diámetro aproximado de 30 pulgadas, varía según el tejido que se va a realizar. Se encuentra en la parte intermedia de la estructura y gira en una sola dirección. En el cilindro se ubican las agujas, dispuestas en las ranuras a lo largo de su contorno, donde comienza el proceso de formación del tejido en la máquina circular (Tapia, 2019).

En el cilindro de la máquina circular van ubicados los soportes mecánicos de las agujas, las cuales tienen la función de tejer la tela. En esta parte también están ubicados los sensores de aguja rota, los cuales detendrán la máquina en cuanto alguna aguja se rompa.

Figura 4.
Cilindro



Fuente: (Orizio, 2021)

e. Enrollador de tejido

Su trabajo es a la misma vez que el giro del cilindro, su diseño puede ser mecánico o electrónico para enrollar el tejido que se desliza hacia la parte inferior de la máquina circular. En la parte central está dotada de una lámpara de luz de 24vac, la que evidencia el eficiente tejido de la tela o fallas que se pueden producir al momento de la confección (Cachimuel, 2017).

El enrollador de tela puede ser mecánico o eléctrico; su función es girar a la velocidad de la máquina e ir acumulando la tela en forma de rollos para su fácil retiro de la máquina cuando alcance su volumen programado.

Figura 5.
Enrollador de tejido



Fuente: (Loya, 2020)

2.2.2. Entrevistas

Existen muchos tipos de entrevista que pueden dividirse según el ámbito en el que se desarrollan o la forma en la que se concretan. En todos los casos lo que se busca es que el entrevistado diga claramente datos o ideas que le servirán al entrevistador para tomar las mejores decisiones: seleccionar a un candidato para un puesto laboral, decidir cuál es el tratamiento médico o psicológico idóneo o publicar una nota periodística (Quiroz, 2019). Tenemos, por ejemplo: Entrevista periodística, entrevista psicológica, entrevista clínica, entrevista laboral, entre otras más.

2.2.3. Evaluación de procesos

Este proceso a continuación es muy importante, ya que brinda información detallada para contribuir a mejorar la gestión operativa de los modelos a presentar. De la totalidad de los tipos de evaluaciones, ésta es una de las de mayor empleabilidad para mejorar y optimizar la implementación de los programas a trabajar. La evaluación de procesos se determina mediante el trabajo de campo, en el cual se verifica si el programa realiza sus procesos operativos de manera real y eficiente, de esta manera se realiza el

mejoramiento de la gestión. En este sentido, por medio de estas evaluaciones, se determinan las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de la norma, estructura y trabajo de los programas determinados, aporta elementos para implementar estrategias que harán crecer la efectividad operativa y mejorar el diseño de los diferentes programas establecidos (CONEVAL, 2019).

2.2.4. Estadísticas

De acuerdo con el INEI (2019), el sector textil y de confecciones es crucial para la economía nacional, representando el 10% de la industria manufacturera y generando alrededor de 400,000 empleos, de los cuales 170,000 son directos.

“El sector textil y de la moda genera un significativo flujo de divisas a nivel global, lo que lo convierte en un sector destacado con una facturación promedio de \$2.6 mil millones. Esta industria aporta el 1.6% al PIB mundial y el 11% al PIB del Perú en el ámbito de las industrias manufactureras” (INEI, 2019, p.15).

Según la página web de ofertas laborales INDEED, 288 empresas del rubro textil operan en San Juan de Lurigancho, por lo cual dan trabajo a un aproximado de 25,000 obreros y 3,000 empleados.

2.3. MARCO METODOLÓGICO

2.3.1. Tipo de diseño de Investigación

El proyecto a realizar es de tipo investigación aplicada tecnológica. Se utilizarán equipos electrónicos de última generación, como PLC, HMI, variadores electrónicos de frecuencia, entre otros.

2.3.2. Metodología de la Investigación

Según la definición de Cortijo (2020) menciona que es un error “el comparar una máquina circular con más de veinte años de uso con una de última generación; se notan pocas diferencias en su estructura física, pero se evidencian avances significativos en su construcción eléctrica y electrónica”. El método que se presentará, se orienta a la aplicación tecnológica moderna, las cuales después de ser investigadas minuciosamente serán confirmadas si resultan

idóneas para el proyecto o rechazadas si no son de gran aporte para el mismo.

El desarrollo de este proyecto se llevará a cabo mediante la investigación de fuentes de aprendizaje, incluyendo textos, manuales técnicos y bibliografía relevante al tema de estudio. Se recopilará información, que será clave para cumplir con las necesidades específicas del proyecto.

- a) El proyecto se desarrollará en la empresa Full Tejidos S.A.C., en el distrito de San Juan de Lurigancho, calle Punkary 178, Urb. Mangomarca, en el distrito de San Juan de Lurigancho- PERU.
- b) Para seleccionar la empresa textil donde se realizará la automatización en una de sus máquinas circulares, se visitarán varias empresas para presentar propuestas de automatización, explicando el proceso, tiempo y costo. A las pequeñas y medianas empresas textiles que operen con máquinas circulares antiguas se les entregará una breve encuesta sobre el tipo de máquinas que poseen y la producción que obtienen de ellas, para tener una idea clara de la máquina a automatizar, y compararla con las demás una vez concluido el proceso de automatización.
- c) El proyecto se basará en la recepción de señales provenientes del potenciómetro, sensor inductivo, unidad de disparo de hilo y aguja, sensor magnético de puerta de máquina, a través del PLC y HMI, para ser procesada y enviada al variador electrónico de frecuencia para dotar de movimiento al motor asíncrono, de esta manera empezar la producción de rollos de tela.
- d) La recolección de información sobre la producción de rollos de tela se hará de manera semanal durante un periodo de un mes para corroborar el incremento de producción textil.

2.4. MARCO LEGAL

La Ley N° 30056 tiene como objetivo principal modificar diversas disposiciones legales con la finalidad de fomentar y facilitar la inversión en el sector textil en el Perú. A través de esta ley, se introdujeron ajustes normativos que buscan simplificar los procedimientos administrativos y

reducir las barreras que enfrentan los inversionistas en este sector estratégico para la economía nacional.

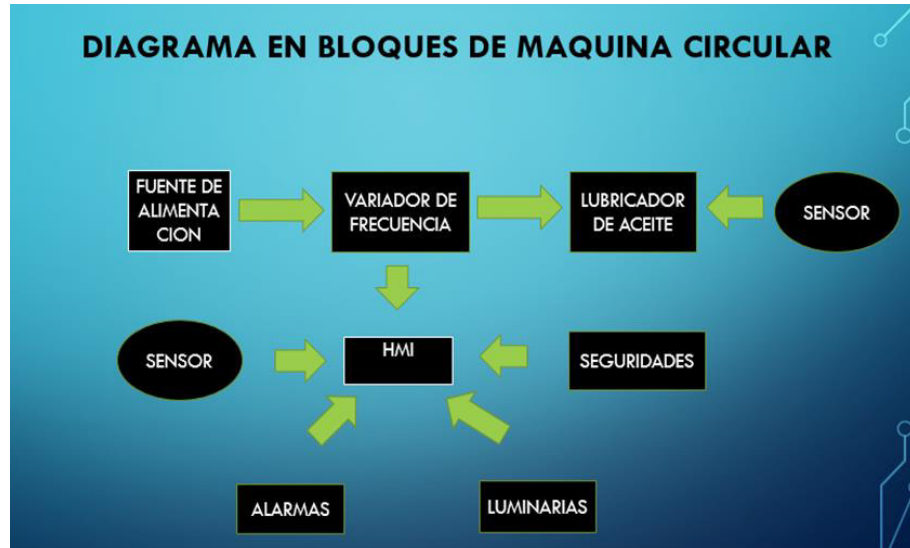
Complementariamente, el Decreto Supremo N° 004-2022 declaró en emergencia el sector textil y confecciones, reconociendo la necesidad urgente de adoptar medidas excepcionales para apoyar a las empresas que enfrentan dificultades económicas. Esta emergencia se justifica por la importancia del sector en la generación de empleo y su contribución al desarrollo económico del país, así como por los desafíos que enfrenta debido a la competencia internacional y las fluctuaciones del mercado global.

2.5. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

En el siguiente diagrama se visualiza las diferentes etapas eléctricas y electrónicas presentes en la máquina circular de tejido de punto, las cuales se describieron anteriormente.

Figura 6.

Diagrama en bloques



Fuente: (Imagen del autor)

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. DESCRIPCION ACTUAL DE LAS MÁQUINAS CIRCULARES ANTIGUAS

En la actualidad hay muchas grandes empresas textiles en la parte de tejeduría que poseen máquinas circulares antiguas, las cuales ya no están produciendo debido a su antigüedad. Han sido reemplazadas por máquinas circulares nuevas de última generación de diferentes marcas y modelos, tales como: Orizio. Phay Lungh, Beck, Mayer, Fukahama, entre muchas otras.

Estos modelos antiguos y obsoletos de máquinas circulares son una excelente oportunidad para los pequeños emprendedores y empresarios, ya que con una cómoda inversión las pueden volver operativas y con una producción muy importante en la fabricación de tela.

Máquina de tejido circular, fabricada en Alemania en 1970. No usa muchos sensores y trabaja con resistencias para limitar la velocidad de trabajo.

Figura 7.

Máquina circular Mayer



Fuente: (Imagen del autor)

El tablero eléctrico de la máquina circular Mayer emplea más componentes eléctricos y pocos componentes electrónicos.

Figura 8.

Tablero eléctrico de máquina circular Mayer de 1970



Fuente: (Imagen del autor)

La máquina de tejido circular construida en 1975 trabajaba con resistencias eléctricas para limitar la velocidad de trabajo y no usaba sensores electrónicos.

Figura 9.

Máquina circular Monarch de 1975



Fuente: (Imagen del autor)

En la máquina circular Monarch se muestra la máquina desarmada, la parte del eje superior y parte del castillo de suspensores de hilo.

Figura 10.

Máquina circular Monarch de 1975



Fuente: (Imagen del autor)

3.2. COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EXISTENTES EN LAS MÁQUINAS CIRCULARES ANTIGUAS

Las máquinas circulares antiguas eran básicamente eléctricas, ya que hace 40 años a más, el tema electrónico no era tan difundido como en la actualidad, los motores antiguos debían tener un banco de resistencias fijas para poder hacer el cambio de velocidad y solo eran para dos velocidades o tres como máximo, los sensores eran del tipo mecánico.

Resistencia eléctrica utilizada para limitar la velocidad de trabajo del motor.

Figura 11.

Resistencia para limitar velocidad de motor



Fuente: (Loya,2020)

El motor asíncrono trabaja con un banco de resistencias para reducir su velocidad.

Figura 12.

Motor de corriente alterna antiguo



Fuente: (Imagen del autor)

3.3. COMPONENTES ELECTRÓNICOS EXISTENTES A USAR EN EL MERCADO NACIONAL DE IMPORTACIÓN

Existe una gran variedad de modelos y marcas de distintos proveedores que se puede utilizar para llevar a cabo el proyecto de automatización. Entre los catálogos de proveedores, podemos mencionar los siguientes: Siemens, Allen Bradley, Rhymebus, Delta, Autonics, entre muchos más.

A continuación, se detallará los componentes a usar:

3.3.1. Motor de corriente alterna trifásico

El cual girará en un solo sentido y a tres velocidades programadas mediante el variador de frecuencia. Los caballajes adecuados dependerán de la marca de máquinas textiles, por lo general oscilan desde 5HP hasta 10HP (Suarez, 2017).

El motor de corriente alterna es el encargado de hacer girar la máquina circular; deberá ser de buen caballaje y no tener problemas al momento de arrancar la máquina circular debido a su inercia.

Figura 13.

Motor de corriente alterna trifásico



Fuente: (Motorex, 2021)

3.3.2. PLC

Es el cerebro de la máquina, un controlador lógico programable conocido por sus siglas en inglés como PLC (Programmable Logic Controller) o autómata programable. Antes de iniciar el trabajo, el PLC es programado para recibir pulsos digitales o analógicos. Es esencial el uso de estos equipos electrónicos para la automatización industrial, es una gran ayuda en la modernización industrial (Cortijo, 2020).

a. Funcionamiento del PLC

Loya (2020) describe este equipo electrónico y señala que el PLC optimiza los procesos industriales, ya sean de pequeña, mediana, o gran producción, según el trabajo a realizar. Su

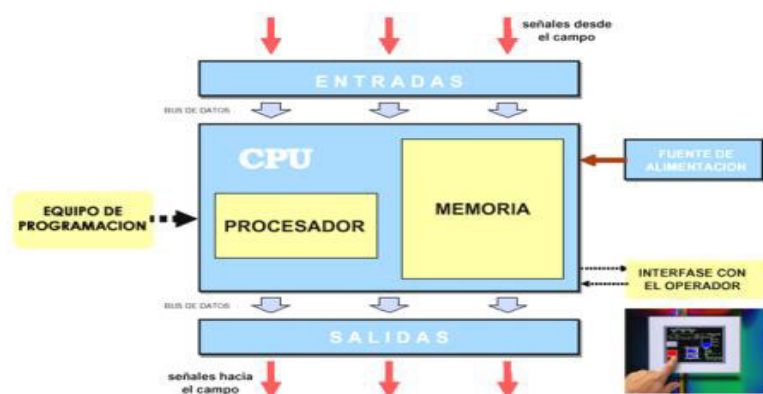
funcionamiento es cíclico, es decir, controla constantemente las entradas, ya que en su constitución hay comparadores digitales. Sus principales componentes son:

- **Entradas:** Las entradas del PLC son de manera digital o analógico, las cuales se procesan y activan mediante la programación a las diferentes salidas.
- **CPU:** Aquí se procesa la parte lógica, la cual se diseña mediante software, es el corazón del PLC. Su principal trabajo es supervisar el funcionamiento de las entradas de forma cíclica y dependiendo de ellas funcionarán las salidas programadas.
- **Salidas:** Las salidas habilitan los diferentes procesos programados para el eficiente funcionamiento de la máquina a automatizar, mediante salidas de relé o de contactos por transistor harán posible el trabajo de los diferentes actuadores conectados a dichas salidas del PLC.

Diagrama en bloques del PLC, el cual es el cerebro de la máquina circular, ya que recibirá los pulsos de los diferentes sensores, los procesará y los enviará al variador de frecuencia para su trabajo hacia el motor AC.

Figura 14.

Estructura del PLC



Fuente: (PLC M., 2018)

El modelo Nano PLC de la marca Siemens es el ideal para el trabajo de la máquina circular; sus 8 entradas y 4 salidas son suficientes para el buen desempeño de este tipo de máquina.

Fig. 15.

PLC Siemens

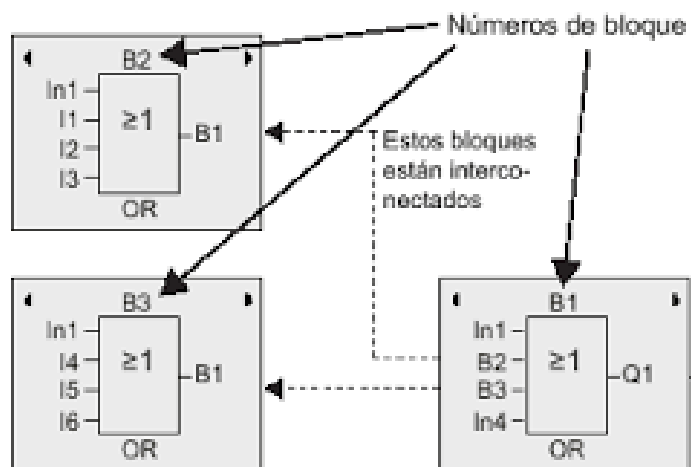


Fuente: (PLC M., 2018)

La opción del programa en bloques que ofrece este modelo de PLC es ideal para el proyecto a realizar, ya que se puede programar directamente en el PLC sin necesidad de una computadora e interfaz.

Fig. 16.

Diagrama en bloques



Fuente: (PLC M., 2018)

Descripción del programa en bloques:

En el bloque 1 se aprecia que la salida Q1 dependerá del bloque 2, de la salida Q2, de la memoria M1 y de la entrada I4 (alarma de hilo roto). El bloque 2 indica la dependencia de la salida B1, la cual está condicionada por la entrada 2 (arranque de alta velocidad), la salida Q1, la entrada In4 que esta inactiva, además del bloque 3, el cual se describirá en la figura siguiente.

Figura 17, 18.

Programa en PLC, bloques 1 y 2.



Fuente: (Imagen del autor)

En el bloque 3 se aprecia que la salida B2 dependerá de la entrada de la entrada 1 (parada) y de la entrada 2 (alarma de hilo roto). En el bloque 4 se aprecia que la salida Q2 dependerá del bloque 5, de la entrada 3 (marcha lenta), de la salida negada de Q1 y de la memoria interna M1, la cual se detallará en la siguiente figura.

Figura 19, 20.

Programa PLC, bloques 3 y 4.



Fuente: (Imagen del autor)

En el bloque 5 se aprecia la salida B4, dependiente de la entrada 4 (alarma de hilo roto) y de la entrada I5 (alarma de aguja rota). En el bloque 6 se aprecia que la memoria M1 está controlada por las entradas I7 (alarma de puerta), entrada 1 (parada), entrada 6 (alarma de contador) y entrada 5 (alarma de aguja rota).

Figura 21, 22.

Programa PLC, bloques 5 y 6

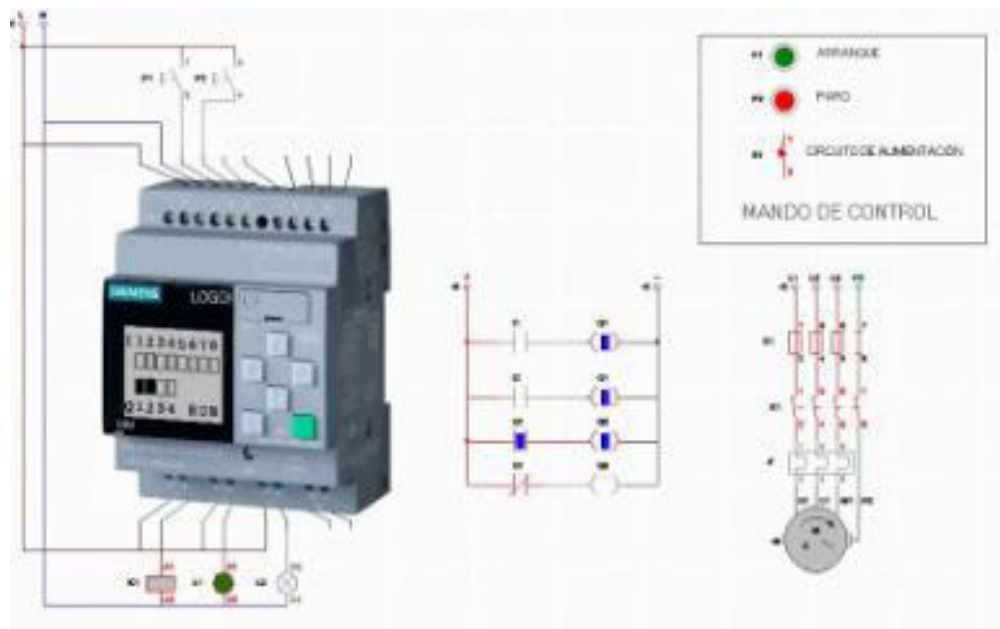


Fuente: (Imagen del autor)

Las borneras de entradas y salidas son de fácil ubicación y acceso; su instalación será sencilla mediante el diagrama de trabajo.

Figura 23.

Diagrama de conexiones del PLC Siemens



Fuente: (Siemens, 2019)

3.3.3. HMI

La interfaz HMI o interfaz hombre máquina, han evolucionado enormemente y son muy utilizadas en la industria textil y como se puede apreciar en la figura 24, se encargan de hacer visible al operario, el estado de trabajo de dicha máquina y traducir la información que se genera en el proceso, de esta manera hacer el trabajo más fácil para el operador (Cortijo, 2020).

El panel de control de la marca Beck será de gran importancia, ya que será el medio de control y visualización del proceso de trabajo e indicador de fallas en la secuencia de tejido de tela.

Figura 24.

HMI



Fuente: (Beck, 2020)

En esta parte se aprecian señales de operación de la máquina, como la habilitación del motor, los ventiladores, el movimiento, y las luces interior y exterior.

Figura 25.

Indicadores de HMI



This key is on/off the power of inverter. Turn on the power, the indicator is lighting. Turn off the power, the indicator isn't lighting.



Press the key is on the fan in running or not. If it starts up quickly, the fan will run after five seconds. If it is running in low speed, the fan will be off.



"MOTION": If the motion faction is opened(The indicator is light), the machine will still run in low speed. When top or bottom yarn broken, needle or spray oil abnormal and cloth broken, but other abnormal fault, the machine will stop.



Up Lamp: Press the key could control the lighting equipment (AC 110V and AC 220V).



Cloth Lamp: Press the key could control the lighting equipment (AC 110V 220V and AC 12V).

Fuente: (SAVCH, 2020)

En esta parte se aprecian las señales de falla en el panel de control, como por ejemplo: falla de hilo roto superior e inferior, falta de aceite, agujero en la tela y aguja rota.

Figura 26.

Indicadores de HMI



Top Yarn Indicator:

The indicator is flashing and the red lamp will flash among the three different-colored lamp, and the machine will stop automatically.



Bottom Yarn Indicator:

The indicator is flashing and the yellow lamp will flash among the three different-colored lamp, and the machine will stop automatically.



Needle Abnormal Indicator:

The indicator is flashing, the machine will stop automatically.



Broken Cloth Indicator:

When the machine abnormal to result in the cloth broken, the indicator will be flash, and the machine will stop automatically.



Absent Oil Indicator:

When the spray oil machine has no oil, the indicator will be flash, the machine will stop automatically.

Fuente: (SAVCH, 2020)

En esta figura se muestran señales de falla en el panel de control, como: falta de aire, falla de luz interna, puerta abierta y fusible abierto.

Figura 27.

Indicadores de HMI



Clean Indicator:

When the counter reaches the value set during first section, the indicator will be flash, and the green lamp among the three different-colored lamp will flash and machine will stop automatically. Press the "RESET" to made counter to zero.



Roll Cloth Indicator:

When the second section setting has been executed completely, the indicator will be flash, and the green lamp among the three different-colored lamp will flash and machine will stop automatically. Press the "RESET" to made counter to zero.



Safe Door Indicator:

If the safe door has not been closed well, the indicator will be flash and machine will stop automatically.



Short of Power Indicator:

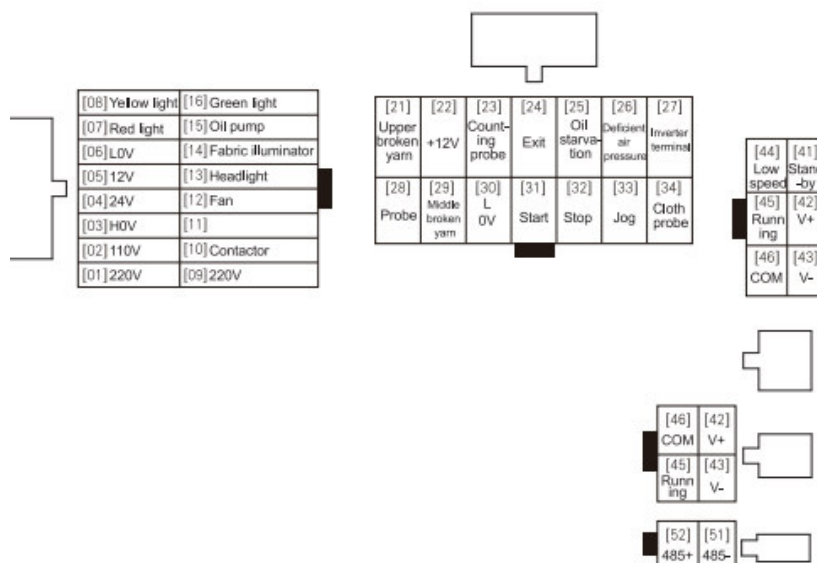
If the 12 volt is , the indicator will be flash and machine will stop automatically, and the power must be turn off to restart machine because

Fuente: (SAVCH, 2020)

En esta figura se aprecia claramente la distribución de los puntos de instalación, los diferentes voltajes de alimentación y las distintas salidas de trabajo, lo que facilita su correcta instalación.

Figura 28.

Diagrama de distribución

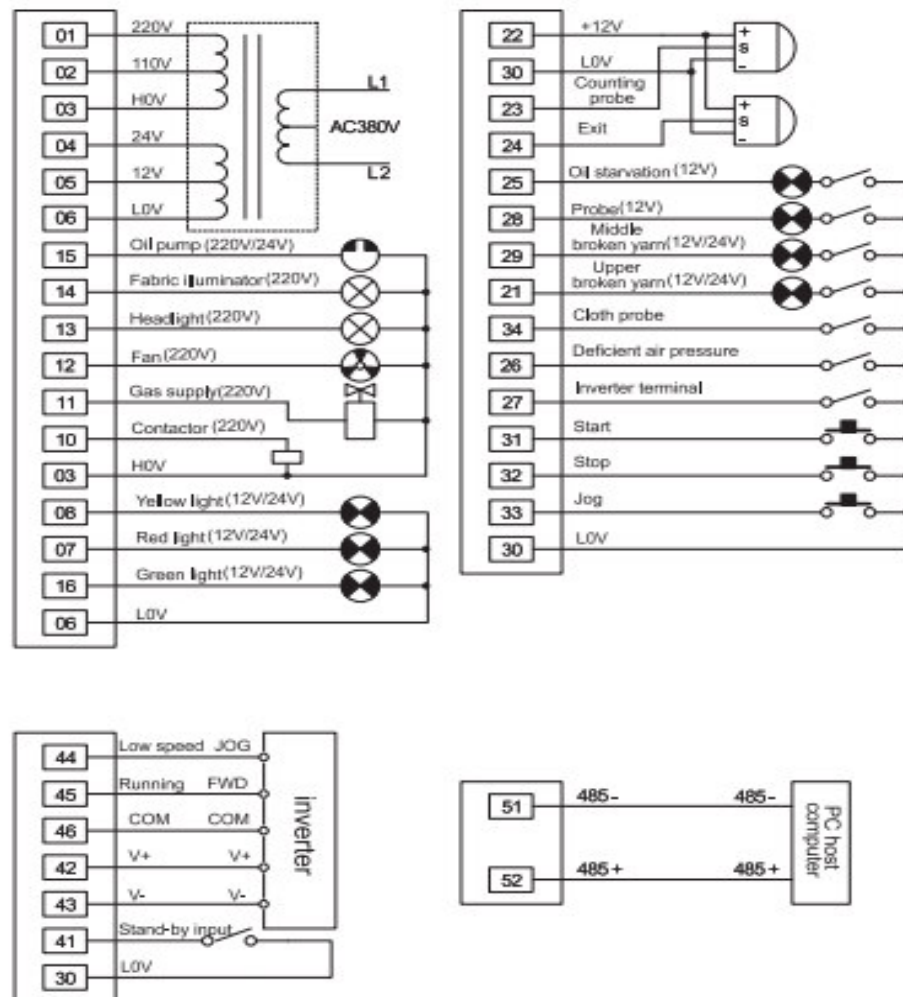


Fuente: (SAVCH, 2020)

En esta figura se aprecia otro modelo de panel de control, las mismas entradas y salidas de voltaje y trabajo, pero en diferentes ubicaciones y formas de borneras.

Figura 29.

Diagrama de conexiones



Fuente: (SAVCH, 2020)

a. Características principales

Entre las más importantes podemos destacar que: Posee puerto ethernet, memoria RAM y ROM, puerto USB, también tiene un PLC incorporado para múltiples aplicaciones (Suarez, 2017).

3.3.4. Variador Electrónico de Frecuencia

El variador de frecuencia está diseñado para controlar el motor de corriente alterna (AC) modificando la frecuencia de salida. Además, permite cambiar el sentido de giro si es necesario, y configurar

múltiples frecuencias de salida para diferentes procesos (Cachimuel, 2017).

El variador de frecuencia hace posible aumentar o disminuir la frecuencia de salida hacia el motor, lo que hace manejable el trabajo del mismo para obtener un producto textil en óptimas condiciones.

Figura 30.

Variador de frecuencia



Fuente: (Savch, 2021)

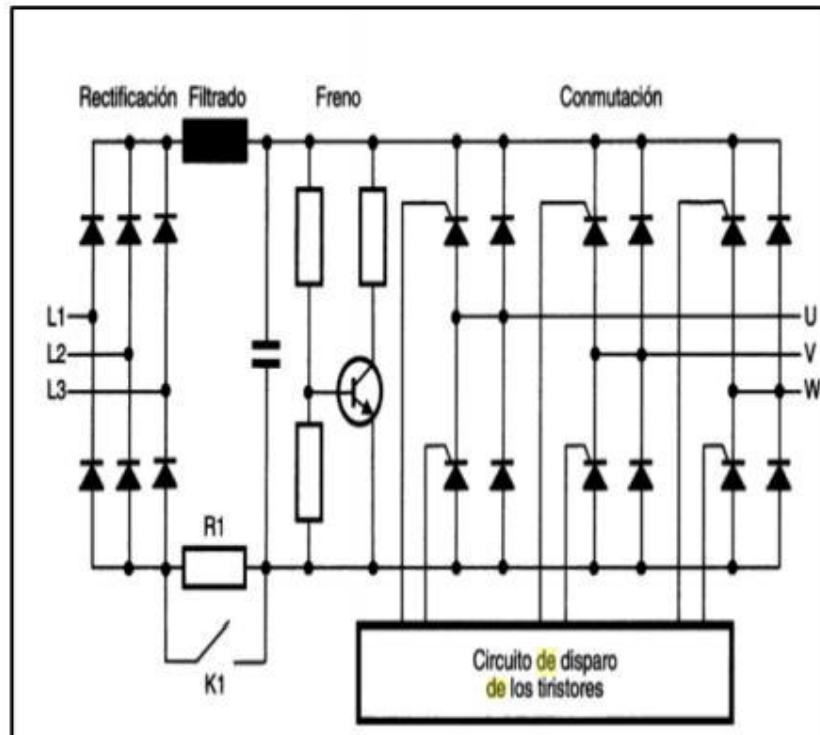
a. Funcionamiento

El detalle del trabajo del variador de frecuencia, al ver el diagrama, se evidencia que tiene varias etapas. En el instante que ingresa un voltaje de corriente alterna trifásica, la cual es rectificada por diodos de potencia y las convierte en corriente continua, para luego pasar por un banco de condensadores de buena capacidad, encargados de mantener la corriente continua de forma lineal y finalmente pasa por la etapa de conmutación que genera una onda cuadrática de corriente continua la que se aplica inmediatamente al motor asíncrono (Loya, 2020).

En esta figura se muestra la etapa de rectificación y distribución de los transistores de potencia del variador de frecuencia. Los transistores en conmutación son los que permiten la variación de frecuencia y, por ende, la variación de voltaje hacia el motor.

Figura 31.

Circuito interno del variador de frecuencia



Fuente: (Savch, 2021)

b. Esquema de conexiones

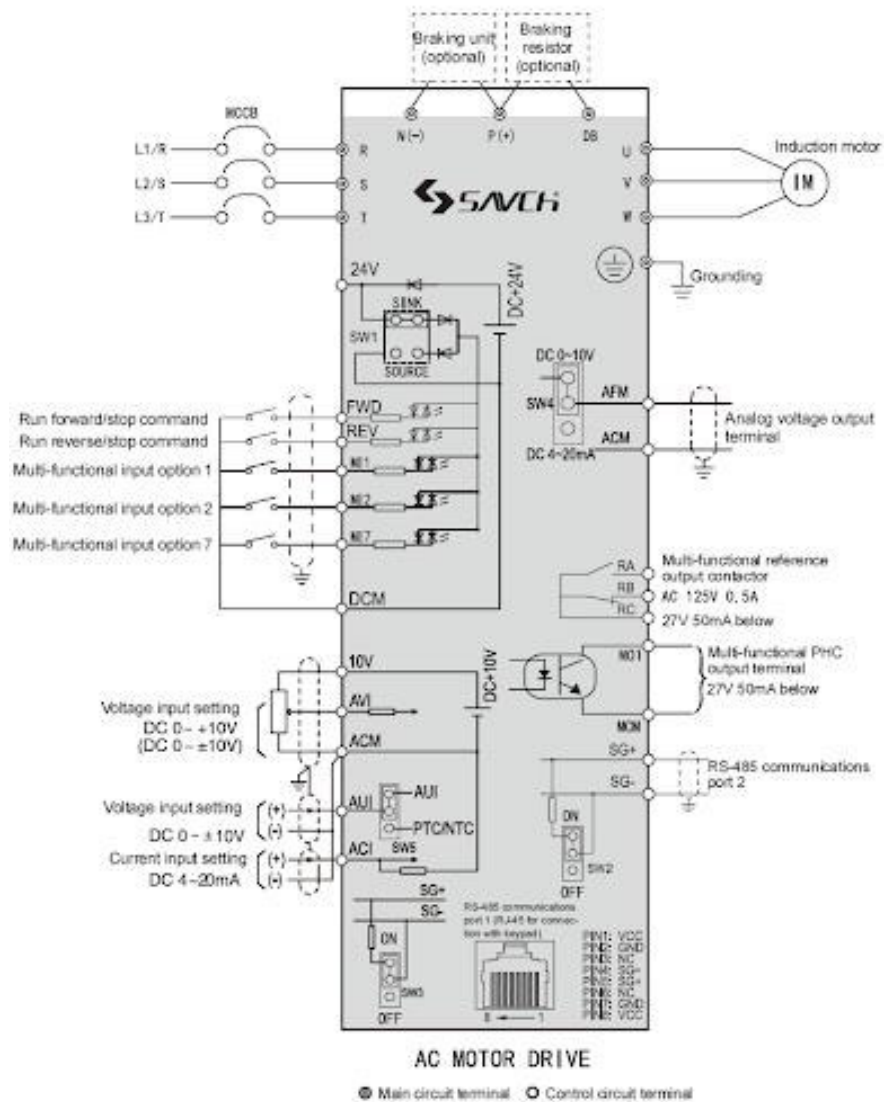
Se muestran las conexiones externas que hacen posible la gobernabilidad del motor, así como la interacción de los otros accesorios con el variador electrónico de frecuencia (Loya, 2020).

En la presente figura se aprecian las diferentes conexiones que posee el variador de frecuencia. Estas conexiones permitirán un mejor control para cada trabajo que se requiera, relacionado directamente con el motor y la máquina.

Figura 32.

Conexiones externas del variador de frecuencia

Wiring diagram(above 18.5kW (include 18.5kW))



Fuente: (Savch, 2021)

c. Ventajas

Entre sus principales ventajas se puede mencionar: Ahorro de energía eléctrica, excelente control de giro y velocidad, se puede conectar a una red bifásica y se obtiene a la salida una trifásica, la aceleración y desaceleración se puede programar fácilmente, posee protección interna, fácil mantenimiento, puede controlar motores conectado de forma paralela siempre y cuando no excedan su potencia (Loya, 2020).

3.3.5. Motor de tiraje

Este tipo de motor funciona a 24 VDC, con imán permanente y carbones. Al recibir el voltaje, permite que el eje gire con gran fuerza. A pesar de su pequeño tamaño, es muy importante para enrollar la tela que se va tejiendo en la máquina circular (Suarez, 2017).

Este tipo de motores DC se utilizan para enrollar la tela tejida en la parte inferior de la máquina circular con enrollamiento eléctrico.

Figura 33.

Motor de tiraje



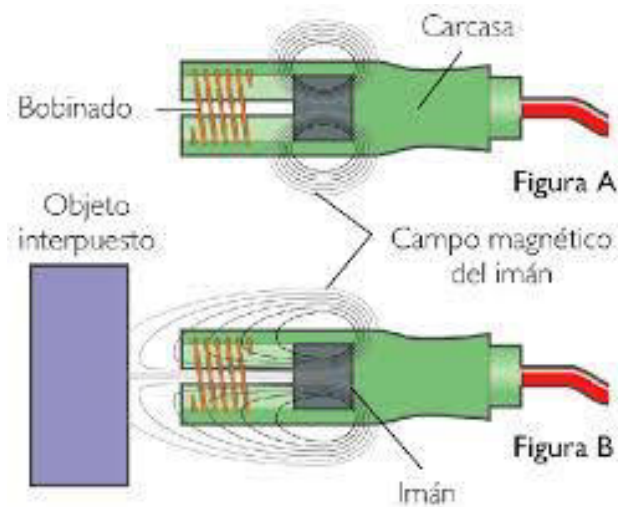
Fuente: (Terrot, 2020)

3.3.6. Sensor Inductivo

En la figura 34, se observa un sensor del tipo inductivo, su trabajo consiste en detectar materiales metálicos hasta un alcance de 60 mm. Dos bobinas colocadas en la cabeza del sensor permiten generar una inductancia, las cuales se alteran al acercar y de acuerdo con el tipo de circuito implementado puede funcionar como un circuito abierto y cerrado. Está diseñado para funcionar sin tener ningún tipo de contacto físico (Cachimuel, 2017).

Este tipo de sensor inductivo se encarga de detectar la cantidad de vueltas de la máquina circular y estará conectado a un contador electrónico para su visualización.

Figura 34.
Sensor Inductivo



Fuente: (Autonic, 2020)

3.3.7. Contacto Rotativo de Mercurio

También conocido como interruptor de mercurio, es un dispositivo que permite el flujo de corriente eléctrica AC o DC en sistemas rotacionales internos o externos dependiendo de su alineamiento relativo con una posición horizontal (Tapia, 2019).

Este contacto rotativo de mercurio trabaja con el motor DC de enrollamiento. Su función es llevar energía hacia el motor y evitar que los cables internos del enrollador se junten y se enrosquen.

Figura 35.
Contacto Rotativo de Mercurio



Fuente: (Mercotac, 2020)

3.3.8. Unidad de disparo de hilo y aguja

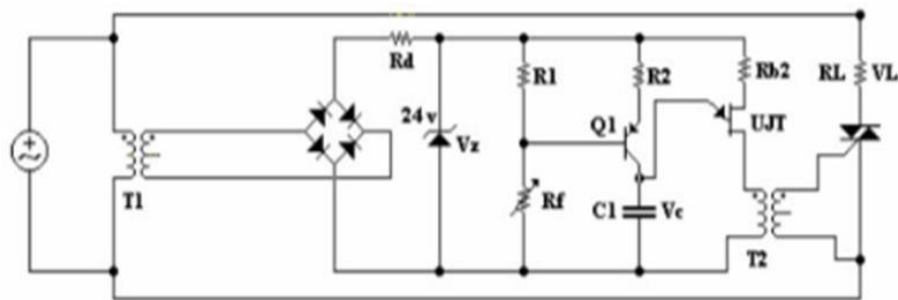
Circuito electrónico diseñado especialmente para máquina circular, el cual detendrá la marcha de la máquina respectivamente mencionada si percibe algún hilo roto de los 200 que ingresan a la parte de tejido, también detendrá la marcha si detecta alguna aguja rota de las 4000 que trabajan tejiendo la tela.

Este circuito trabaja con dos voltajes de alimentación, uno de 24VAC a 6A y otro de 18VAC a 0.5A, obteniendo a la salida un voltaje de 15VDC para la activación de lámparas de luz que van colocados a cada entrada de hilo hacia la máquina circular, como se aprecia en el plano a continuación.

Diagrama de circuito para detectar el hilo roto en el castillo de máquina circular.

Figura 36.

Diagrama de la unidad de disparo

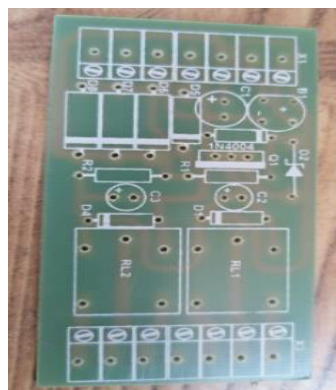


Fuente: (Imagen del autor)

Tarjeta de fibra de vidrio donde va impreso el circuito de disparo de hilo y aguja.

Figura 37.

Circuito impreso

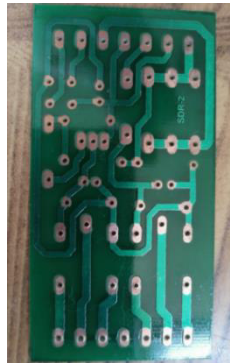


Fuente: (Imagen del autor)

Tarjeta de fibra de vidrio donde va impreso el circuito de disparo de hilo y aguja.

Figura 38.

Circuito impreso, parte posterior



Fuente: (Imagen del autor)

La unidad de disparo se encargará de alertar al PLC si hay hilo roto o aguja rota, para su inmediata detención, evitando posibles daños en la tela o en la máquina.

Figura 39.

Tarjeta electrónica implementada



Fuente: (Imagen del autor)

3.3.9. Lubricador de aceite

Un accesorio importante para el mantenimiento de la parte mecánica en la máquina de tejido de punto circular es el lubricador de aceite. Este dispositivo distribuye aceite a diferentes partes de la máquina por medio de mangueras ubicadas en diferentes puntos de la máquina textil. Este suministro de aceite será posible solo cuando la máquina este en operación, ya que funciona en conjunto con un sensor de vueltas, el cual activa el lubricador al detectar que la máquina está en funcionamiento.

Figura 40.
Lubricador Pulsonic



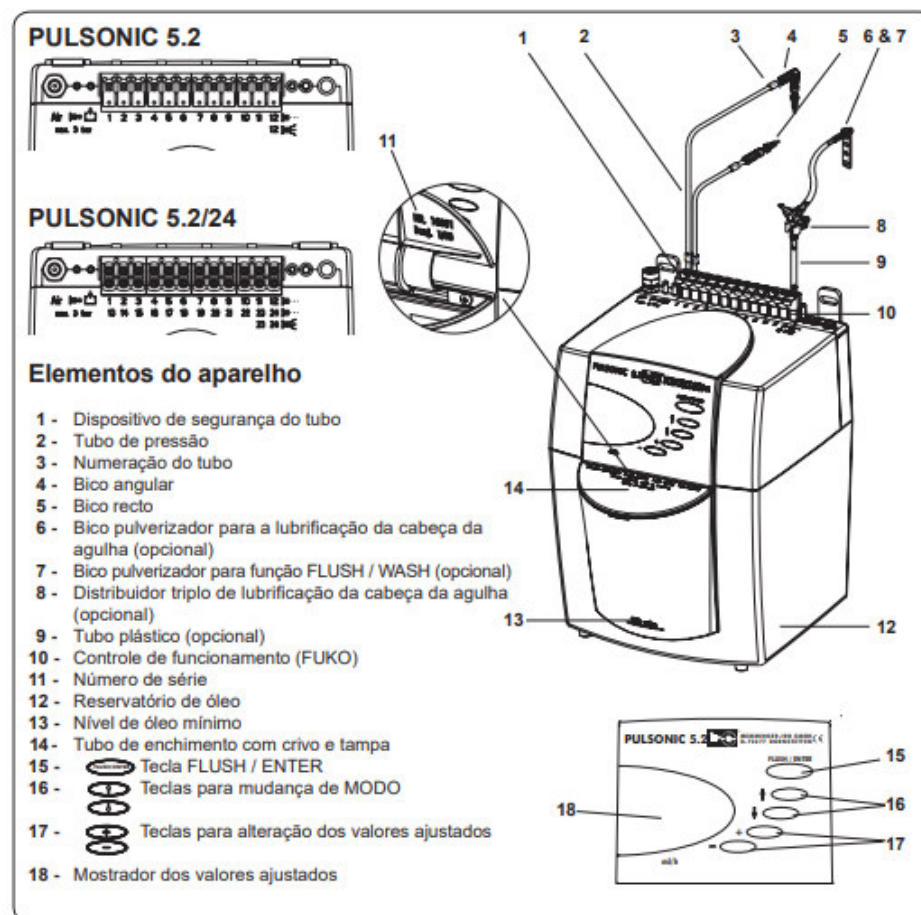
Figura 41.
Diagrama de conexiones del lubricador



En la presente figura se muestran las partes del lubricador, lo que facilitará su correcta identificación.

Figura 42.

Partes del lubricador



Fuente: (Pulsonic, 2021)

3.3.10. Sistemas de control

Los sistemas de control son muy utilizados para operaciones de mando con verificación y regulación. En estos sistemas la señal de salida puede influir o no en la operatividad del sistema (Loya, 2020).

3.3.11. Sistema de Control de lazo Abierto

Sistema de control en el cual la señal de salida no influye en el funcionamiento total del sistema (Loya, 2020).

El funcionamiento de la máquina circular se basa en lazo cerrado, ya que utiliza sensores de realimentación para asegurar un buen funcionamiento en la producción de tela.

Figura 43.

Sistema de Control de lazo abierto de una lavadora



Fuente: (Loya,2020)

3.3.12. Sistema de Control de Lazo Cerrado

En este tipo de sistemas, la señal de salida sí influye en el proceso, ya que realimenta el sistema. Entonces, podemos notar que el proceso no solo dependerá de la entrada, sino también de la salida. El proyecto de automatización a realizar aplicará este sistema de lazo cerrado (Loya, 2020).

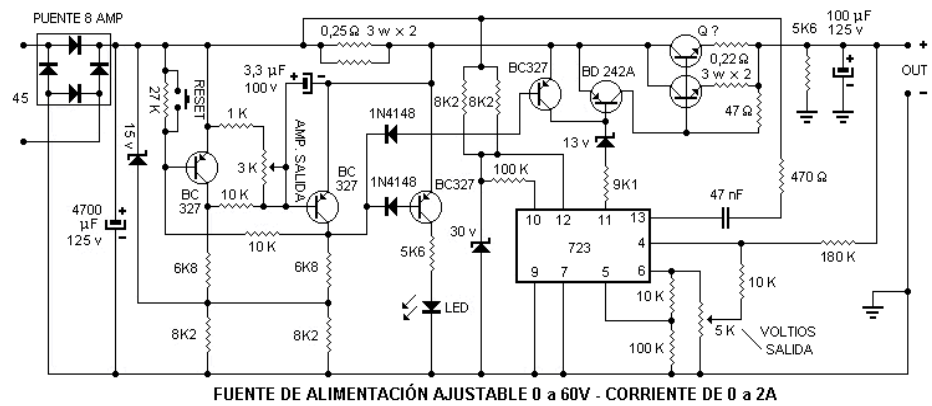
3.3.13. Fuentes de poder

Es un componente electrónico que provee de voltaje específico a diferentes partes de una determinada máquina o artefacto electrónico, se puede conseguir en diferentes voltajes y amperajes para el ideal funcionamiento de lo que se requiere alimentar electrónicamente (Quiroz, 2019).

La fuente de poder es fundamental, ya que proporcionará los diferentes voltajes necesarios para el correcto funcionamiento de cada etapa de la máquina circular.

Figura 44.

Fuente de Alimentación



Fuente: Loya (2020)

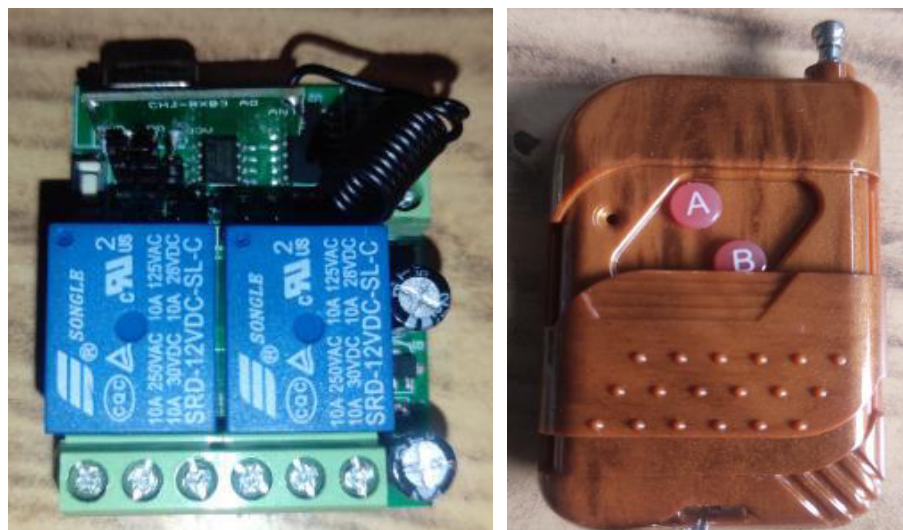
3.3.14. Tarjeta de control RF

Tarjeta diseñada para poder controlar de manera remota el arranque y parada de la máquina circular. Trabaja con un control a distancia, la cual envía una señal de radio frecuencia capaz de excitar a la tarjeta instalada en el tablero eléctrico de la máquina circular.

En la presente figura se muestra la tarjeta diseñada junto con el control a distancia para poder dar arranque y parada al proceso de la máquina circular.

Figura 45.

Tarjeta y control de RF para el arranque y parada



Fuente: (Imagen del autor)

3.4. MONTAJE Y CONEXIONES A REALIZAR PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO

3.4.1. Montaje

Teniendo los equipos electrónicos y componentes a utilizar se procederá a la implementación del proyecto.

Se procede a montar los componentes en su posición de trabajo, tales como: Llaves Termomagnética, PLC Siemens, unidad de disparo, unidad de control RF, contactor, transformadores reductores para alimentación de voltaje de los diferentes circuitos.

Figura 46.

Tablero



Fuente: (Imagen del autor)

Se procede a cablear el panel de control para poder enlazar todas las señales indicadoras de procesos y señales de alarmas del circuito, las cuales permitirán visualizar el óptimo trabajo de la máquina circular de tela.

Figura 47.

Panel de control



Fuente: (Imagen del autor)

De la misma forma, se instala el variador de frecuencia y el motor para visualizar el trabajo conjuntamente con el tablero y panel de control.

Figura 48.

Variador de frecuencia y motor



Fuente: (Imagen del autor)

3.4.2. Funcionamiento

Mediante el uso de la red de tensión alterna de 220V, se procede a energizar el tablero, junto con el panel de control, el variador de velocidad y los demás componentes conectados al circuito de automatización.

Panel electrónico donde se visualizará los detalles de la producción de tela de la máquina circular.

Figura 49.

Panel de control energizado



Fuente: (Imagen del autor)

Al tener todo el circuito energizado, se procede a verificar que ninguna alarma en el panel de control esté activada. En caso de que cualquiera de dichas alarmas esté activa, no será posible el funcionamiento del motor.

Figura 50.

Variador electrónico energizado



Fuente: (Imagen del autor)

En la parte lateral derecha se aprecian las señales habilitadas con LED de color verde, tales como: motor, sentido de giro, anulado, luz exterior y luz interior. Las cuales, de estar habilitadas, trabajarán según se necesite en el proceso de tejido de la tela.

Figura 51.

Panel con señales de trabajo habilitadas



Fuente: (Imagen del autor)

En la parte lateral izquierda se pueden visualizar las señales de alarma con LED de color rojo del panel de control, tales como: hilo superior roto, hilo inferior roto, aguja rota, aceite agotado, tela con agujero, puerta abierta y fusible abierto. Cualquiera de ellas, de estar iluminada, impedirá el trabajo del motor, dejando sin funcionamiento el tejido de la tela.

Figura 52.

Señales de alarma en el panel de control



Fuente: (Imagen del autor)

3.5. EFICIENCIA DEL PROYECTO EN RELACION A LA PRODUCCION DE TELA DESPUES DE LA AUTOMATIZACION

Las máquinas de tejido circular de tela de hace 30 años a más, les tomaba un promedio de dos horas y media para tejer un rollo de tela de 25 kilos, giraba a una frecuencia de 40 Hz; en la actualidad, las máquinas circulares modernas son capaces de girar a una frecuencia de 90 Hz, reduciendo considerablemente la producción de tela a menos de una hora en tejer un rollo de tela de 25 kilos.

El propósito del proyecto es reducir sustancialmente el tiempo en el tejido de tela. Con el sistema presentado, la eficiencia en la producción de tela será de un 35% en comparación con lo que inicialmente se tenía en dicha máquina circular de tela.

CAPÍTULO IV: ANALISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS

4.1. ANÁLISIS DE COSTOS

4.1.1. Recursos humanos

En esta sección se detallan los recursos humanos utilizados, que incluyen a un profesional encargado del proyecto, quien asesoró cada etapa para garantizar su correcto funcionamiento.

Tabla 1.

Recursos humanos

Descripción	Costo
Asesoramiento y fuentes bibliográficas	S/300.00
Total	S/300.00

El asesoramiento fue del tipo presencial, en diferentes horarios y en distintos días.

4.1.2. Recursos Materiales

A. Costo de materiales

En la siguiente tabla se aprecia los materiales usados en el proyecto con sus respectivos precios en el mercado actual.

Tabla 2.

Tabla de materiales y costos

Tipo	Actividad	Materiales/otros	Cantidad	Fuente financiadora	Costo (\$/)
Recursos disponibles	Investigación y desarrollo, laptop	laptop	1	Personal	0.00
Recursos necesarios	Recolección de información	Fuentes bibliográficas	5	Personal	300.00
		Variador de frecuencia de 10 HP	1	Personal	2000.00
	Adquisición de herramientas hardware	Motor trifásico de 10 HP	1	Personal	1200.00
		Sensor Inductivo	1	Personal	35.00
		Llave térmica trifásica de 45A	1	Personal	40.00
		Llave térmica monofásica de 25A	1	Personal	40.00
		Llave unipolar de 5 A	1	Personal	55.00
		Transformador de 15 A	1	Personal	120.00
		Selectores 0-1	1	Personal	25.00
		Lámparas de señal de 24v	1	Personal	25.00
		Potenciómetro de 10k	1	Personal	10.00
		Interfase HMI	1	Personal	1200.00
		Contactor de 24v/25 A	1	Personal	70.00
		Cables, canaletas, riel din	1	Personal	300.00
	Viáticos	Servicio de transporte	1	Personal	300.00
	Recursos Humanos	Ayudante de trabajo	1	Personal	1500.00
				TOTAL	7220.00

Se muestra el detalle de los costos del proyecto para su elaboración.

B. Costo de recursos para implementación y pruebas

Los costos que se mencionan a continuación son respecto a los materiales que fueron usados en la parte física del proyecto.

Tabla 3.

Costos de implementación y pruebas

Equipos	Costo
Movilidad	S/ 100.00
Otros (alimentación, seguridad, etc.)	S/ 150.00
Total	S/ 250.00

Costos de implementación y pruebas

4.1.3. Costo de Desarrollo

El costo que se menciona a continuación es el total, es la suma del costo de recursos humanos más los recursos usados en los materiales.

Tabla 4.

Gasto general del proyecto

Equipos	Precio
Recursos Humanos	S/ 300.00
Materiales	S/ 7,220.00
Recursos para implementación y pruebas	S/ 250.00
Costo total	S/ 7,770.00

Costo total a realizar en el proyecto

4.2. ANALISIS DE BENEFICIOS

4.2.1. Beneficios tangibles

El proyecto tendrá una utilidad del 60% del gasto total generado por el desarrollo del sistema, según la siguiente tabla:

Tabla 5.

Tabla de utilidad

Descripción	Costo
Inversión total	S/ 7,770.00
Utilidad del 60%	S/ 4,662.00
Precio Total	S/ 12,432.00

El cálculo del precio final de venta más el impuesto general a la venta (18%):

$\text{Precio}_{\text{final más IGV}} = \text{Precio}_{\text{de venta}} + \text{IGV}$

$\text{Precio}_{\text{final más IGV}} = 12,432 + 2,237.76$

$\text{Precio}_{\text{final más IGV}} = \text{S/ } 14,669.76$

El precio final de venta por el trabajo terminado será de:

S/ 14,669.76.

4.2.2. Beneficios Intangibles

- La visualización de las habilitaciones y alarmas se apreciarán de forma clara en el panel de control.
- La máquina circular, al ser más rápida en el tejido de la tela, aumentará su producción y por lo tanto las ganancias serán mayores en producto y horas hombre.
- Al ser operado por control RF, facilita al operario de manera eficiente el control de la máquina textil hasta una distancia de 8 metros.

4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

4.3.1. Desarrollo de flujo de caja

En las siguientes tablas se simulará la producción de la máquina automatizada en 3 meses de trabajo a 24 horas diarias, ya que hay dos turnos de 12 horas cada uno y se comparará con la producción realizada antes de que se le automatice. La producción de tela

antes de automatizar es de 1 rollo de tela de 25 kg. Cada 2.5 horas, un día completo de trabajo, se tejerá 9.6 rollos, después de la automatización se tejerá 12.973 rollos de tela, el precio por rollo es de 20 soles:

Tabla 6.

Ingresos antes de la automatización

MES	1	2	3	Por hora	Total S/
Producción de rollos de tela de 25 Kg	288	288	288	2.5	
Precio de rollos de tela sin IGV (S/)	5760.00	5760.00	5760.00		17280
Precio de rollos de tela + IGV (S/)	6796.8	6796.8	6796.8		20390.4

Tabla 7.

Ingresos después de la automatización

DÍA	1	2	3	Por hora	Total
Producción de rollos de tela de 25 Kg	389.19	389.19	389.19	1.85	
Precio de rollos de tela sin IGV (S/)	7783.8	7783.8	7783.8		23351.4
Precio de rollos de tela + IGV (S/)	9184.884	9184.884	9184.884		27554.652

Al hacer los cálculos de ambas producciones de tela, apreciamos claramente que en solo tres meses de trabajo se tendría una

utilidad de S/6,071.4, de esta manera se demuestra la rentabilidad del proyecto.

4.3.2. Análisis de VAN

En esta parte se calculará el valor actual neto (VAN) del proyecto realizado, por lo cual se trabajará con los datos obtenidos anteriormente en el flujo de caja.

Información:

- Tiempo (t) = 12 meses
- Inversión Inicial (I) = S/ 7,720.00
- Tasa de interés (i) = 10%

La fórmula del VAN se desarrolla mediante la siguiente expresión matemática.

$$VAN = I_0 \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^n}$$

$$VAN = S/ 36,027.00$$

4.3.3. Análisis de TIR

El TIR se calcula con los datos obtenidos del VAN, luego se iguala a cero, dándole un valor porcentual, de esta manera se tendrá claro si la inversión es rentable o no.

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n i * F_i}$$

Información:

- Tiempo (t) = 12 meses
- Inversión Inicial (I) = S/ 7,120.00 soles
- Tasa de interés (i) = 10%

Siendo el resultado:

$$TIR = 85\%$$

4.3.4. Detalles Prácticos, mediciones:

- La disponibilidad de la interfaz HMI se logrará una semana antes de la entrega final por razones de costos.
- La fabricación de la unidad de disparo requirió más tiempo de lo estimado, pero al concluir y hacer las pruebas correspondientes, el resultado fue lo esperado.
- La salida de voltaje de la unidad de disparo es de 16 VDC, lo cual está dentro del rango de trabajo para excitar al Memminger o sensor de hilo roto.
- Se tuvo problemas con el primer variador adquirido, ya que enunciaba en la pantalla CP2, la cual indicaba en el manual del equipo que se refería a falla en la tarjeta de control y se tuvo que conseguir otro variador electrónico de frecuencia.
- Se consiguió un motor en configuración estrella la cual se usa en voltajes de 380v, se procedió a su configuración en delta para su trabajo en 220v.
- El consumo del motor de la máquina circular es de 17A, sumado a los 8A del transformador principal y los 5A de la parte de control, tendríamos 30A, por lo cual la potencia total sería de 6600W o 6.6 Kw.
- Por dato de placa, el motor es de 2400 rpm a 60 Hz, pero gracias al variador de frecuencia la velocidad se puede variar a la necesidad de la máquina, el variador tiene un rango de frecuencia a variar de 0 a 400 Hz, lo cual es un gran aporte para el ideal trabajo de la máquina circular.

CONCLUSIONES

- Se probó primero el contador de vueltas junto al sensor de proximidad de tipo inductivo, se apreció su buen funcionamiento, previa configuración del contador.
- Seguidamente se probó la unidad de disparo fabricado en simulación con un foco de 24v que hará la vez del detector de hilo roto, también se probó la parte de disparo de aguja que hará la vez del detector de aguja rota con respecto a masa.
- Se probó también el motor junto con el variador de frecuencia, previa programación del variador, para evidenciar su desempeño y control.
- Se desarrolló el programa en el PLC Siemens, mediante bloques se terminó con la programación y se procedió a probar junto a las seguridades y lámparas de señales evidenciando su buen funcionamiento en enlace con las demás partes del tablero de control. Se trabajó la máquina circular por una hora y media, a una frecuencia de 70 Hz, tiempo en el cual terminó el proceso de tejido de tela. Antes de la implementación, el tiempo de trabajo para terminar de tejer un rollo de 20 Kg. era de 2 horas y 15 min aproximadamente. Se evidencia el buen trabajo de la máquina circular de tela, en comparación al trabajo que realizaba antes de la automatización.
- En la pantalla se puede visualizar las fallas que se pudo enlazar como, por ejemplo:

El LED indicador de puerta abierta se encenderá cuando la puerta se abra, lo que permitirá que la máquina se detenga para la seguridad del operario.

Figura 53.

Alarma de puerta abierta



Fuente: (Imagen del autor)

Como se muestra en la figura, el LED indicador de hilo roto en la pantalla de control se encenderá y la máquina detendrá su trabajo para que la tela no sufra daños en su proceso.

Figura 54.

Alarma de hilo superior roto



Fuente: (Imagen del autor)

Como en la figura anterior, el LED indicará la falla de hilo roto inferior en el panel de control, haciendo que se detenga la máquina circular.

Figura 55.

Alarma de hilo inferior roto



Fuente: (Imagen del autor)

En la figura se muestra la medición de corriente a una velocidad de 31 Hz, evidenciando el buen funcionamiento del motor, ya que está dentro de su rango nominal.

Figura 56.

Medición de corriente a pleno trabajo



Fuente: (Imagen del autor)

- Es importante destacar la relevancia económica de este proyecto para las pequeñas y medianas empresas, ya que el trabajo de automatización tiene un costo aproximado de 7700 soles, la producción de confección de tela tiene una mejora de hasta un 35%, lo cual es muy rentable. El precio de una máquina circular nueva, de última generación excede en aproximadamente 12 veces del precio de automatización, está claro también que el tiempo de producción de tela en estas máquinas nuevas es aproximadamente 1 hora de trabajo.

RECOMENDACIONES

Para que el proyecto se realice de manera óptima se requiere trabajar en conjunto con un mecánico de máquina circular de tejido de punto.

Es recomendable hacer el cambio integral del cableado de la máquina a automatizar.

Siempre es recomendable trabajar bajo los protocolos de seguridad vigentes.

Se deben verificar los voltajes de alimentación que llegan a las distintas etapas del sistema para asegurar que cada una funcione correctamente y según los requisitos establecidos.

Las señales de alarma deben funcionar correctamente deteniendo el proceso de tejido, ya que si presentan defectos pueden ocasionar accidentes al operario.

REFERENCIAS

- Aguirre, S. (2019). *Estudio de ingeniería de la máquina tejedora circular industrial marca Mayer & CIE. para la industria Textiles del Pacífico* [Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana] <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17041>
- Aguirre, S. y Cumbe K. (2019). *Estudio de ingeniería de la máquina tejedora circular industrial marca Mayer, para la Industria Textiles del Pacífico* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17041/1/UPS-ST004018.pdf>
- Cachimuel, J. (2017). *Reconstrucción, automatización y puesta en funcionamiento de una máquina rectilínea marca Rimach para tejido Jersey* [Trabajo de titulación, Universidad Tecnológica del Norte] <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7501/2/ARTICULO.pdf>.
- Contreras, M. (2016). *Desarrollo de nuevos artículos que se pueden producir en una máquina circular en la empresa pública nacional "ENATEX"* [Trabajo de grado, Universidad mayor de San Andrés] <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/21512>
- Herrera, L. (2019), *Mejoramiento de la productividad mediante herramientas organizativas y de gestión en el área de tejido circular de la empresa Indutexma* [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica del Norte] <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8820>
- Loya, O. (2020). *Monitoreo y control automático de una máquina tejedora circular vía internet e interfaz HMI en la empresa textil CONFEJSA* [Trabajo de Titulación, Universidad Tecnológica Israel] <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2438/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2020-023.pdf>
- Suarez, D. (2017). *Reconstrucción, automatización y puesta en funcionamiento de un equipo para la fabricación de cordones textiles para la planta textil*

[Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte, Ecuador]
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7408/1/04%20IT%20212%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Yalle, M. (2016), *Implementación de lean manufacturing aplicando la herramienta CIP en el área de tejeduría circular para la reducción de líneas verticales y mejora la productividad de la empresa textil del Valle*.
[Trabajo de grado, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]
<http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/2829>

Glosario

- HMI, El Interfaz Hombre-Máquina (HMI) es el interfaz entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario.
- PLC, Controlador Lógico Programable, controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales.
- NPN, PNP, designación a la polaridad del sensor inductivo.

Anexos:

- Sensor inductivo:
https://datasheet.eaton.com/datasheet.php?model=166838&locale=cs_CZ&ol=es_ES
- Lubricador Pulsonic:
<http://www.nzautomacao.com.br/Documentos%20Memminger/Pulsonic%205.2%20manual.pdf>
- PLC Logo:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf
- Interface HMI:
http://www.efesotomasyon.com/html/sanch-inverter/SANCH_CP_EN.pdf
- Contacto rotativo de mercurio:
<https://rsmation.com/es/mercotac/42-mercotac-205-h-2-contactos-4-amp-3600rpm.html>