



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN
DE MÓDULO DIDÁCTICO DE
AUTOMATIZACIÓN PARA LA
OPERATIVIDAD DE MÁQUINAS
TEXTILES DE GÉNERO DE PUNTO
POR TRAMA DE LA CARRERA DE
MECATRÓNICA TEXTIL DEL SENATI
LIMA, 2025**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
DOCENCIA PROFESIONAL
TECNOLÓGICA**

JUAN DANIEL PINEDA CERRON

LIMA – PERÚ

2025

ASESOR

Mg. Alejandro Charre Montoya

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DRA. MARIELLA MARGOT QUIPAS BELLIZZA

PRESIDENTE

DRA. LIDIA SERRANO MIRANDA DE AGUILAR

VOCAL

MG. LISSY CANAL ENRIQUEZ

SECRETARIA

DEDICATORIA.

A Dios, mi esposa e hijas y a las personas que
encuentren valor a este estudio

AGRADECIMIENTOS.

A mi asesor de proyecto Mg. Alejandro Charre y al
profesor, amigo y colega Fernando Yupanqui por su
apoyo al presente trabajo

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo de investigación autofinanciado

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1 Antecedentes	5
1.2 Planteamiento del problema.....	7
1.3 Justificación del estudio	11
1.4 Pregunta de investigación	13
II. OBJETIVOS.....	13
2.2 Objetivo general.....	13
2.3 Objetivos específicos	13
III. DESARROLLO DEL ESTUDIO	14
3.1 Método, técnicas e instrumentos.....	14
3.2 Fundamentos teóricos y prácticos del estudio.	18
3.2.1 Módulo didáctico de automatización especializado para la operatividad de máquinas textiles de género de punto por trama.	20
3.2.2 Curso Seminario de Complementación Práctica III	28
3.3 Elaboración del estudio.....	33
3.3.1 Descripción técnica de la máquina circular de género de punto.	36
3.3.2 Diseño del módulo de automatización.	57
3.3.3 Elaboración del Prototipo Módulo automatizado.....	62
IV. CONCLUSIONES	77
V. RECOMENDACIONES	79
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
VII. ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Identificación de sensores por sistema.....	51
Tabla 2 Datos técnicos MPF-L alimentador de hilo.	53
Tabla 3 Componentes del módulo automatizado.	60
Tabla 4 Herramientas y materiales.....	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 plc, schneider-electric	22
Figura 2 Características del PLC. SCHNEIDER M221	23
Figura 3 Fases del desarrollo del programa	24
Figura 4 Variador de frecuencia altivar 320	25
Figura 5 ALTIVAR 320.....	26
Figura 6 electric switch	27
Figura 7 Diagrama técnico Sensor Fotoeléctrico	27
Figura 8 Unidades de calificación mecatronico textil.....	28
Figura 9 Estructura curricular mecatronica textil.....	29
Figura 10 Cuadro Programa	31
Figura 11 Guía de desarrollo.....	36
Figura 12 Sistemas integrados de la máquina	40
Figura 13 Sistema de alimentación de hilado.	41
Figura 14 Sistema de tisaje	42
Figura 15 Ensanchador de tela	43
Figura 16 Sistema de estiraje de tejido	44
Figura 17 Sistema de lubricación.....	44
Figura 18 Sistema electromotriz.	46
Figura 19 Sistema electrónico y control.....	49
Figura 20 Diagrama explicativo de máquina.	50
Figura 21 Sistemas de máquina circular.	51
Figura 22 Distribución de componentes automatizados	52
Figura 23 Sensores y alimentadores de hilado.....	52
Figura 24 Diagrama de conexión alimentadores de hilo.....	53
Figura 25 Alimentador en explosión.....	54
Figura 26 Sensor de aguja.....	54
Figura 27 Diagrama eléctrico de sensor de aguja.	55
Figura 28 Sensor de puerta.....	55
Figura 29 Plano tanque de lubricación.....	56
Figura 30 Esquema general del módulo automatizado	58
Figura 31 Esquema de distribución de componentes.....	59
Figura 32 Instalación de componentes y pruebas de continuidad.....	62

Figura 33 Primeros ensayos de funcionamiento	63
Figura 34 Programación Ladder parte1	64
Figura 35 Programación Ladder parte 2.....	65
Figura 36 Secuencia de configuración VDF	66
Figura 37 Configuración VDF a 3 hilos.....	67
Figura 38 Placa de características motor trifásico.....	67
Figura 39 HMI VIPA	68
Figura 40 Características técnicas HMI VIPA.....	69
Figura 41 Diseño de interfaz gráfica.....	70
Figura 42 Desarrollo de Pantallas gráficas	70
Figura 43 Configuración para ejecución de control.....	71
Figura 44 Prueba de funcionamiento interfaz y funciones de operación.....	72
Figura 45 Módulo automatizado para máquina circular.....	74

RESUMEN

El presente trabajo de innovación tecnológica aplicada consistió en la descripción técnica de la máquina circular de tejido de punto por trama, el diseño de un módulo didáctico automatizado y la elaboración del módulo como prototipo funcional, destinado a la carrera de Mecatrónica Textil del SENATI. El proyecto respondió a la necesidad de contar con recursos formativos que integren la teoría con la práctica en el ámbito de la automatización industrial textil, fortaleciendo las competencias en programación de PLC, instrumentación y control.

En la primera fase, se desarrolló una descripción técnica detallada de la máquina circular, identificando sus sistemas mecánicos, eléctricos y de control, con apoyo en documentación de fabricantes, observación directa y experiencia profesional. En la segunda fase, se diseñó el módulo didáctico automatizado, considerando principios de seguridad eléctrica, ergonomía y aplicabilidad pedagógica. Finalmente, en la tercera fase, se elaboró el prototipo, integrando los componentes seleccionados (PLC Schneider M221CE40R, variador de frecuencia Altivar, HMI, sensores y actuadores) y configurando rutinas básicas de control en el software SoMachine Basic.

Los resultados demostraron que el módulo reproduce los principales procesos de una máquina circular, constituyendo un recurso didáctico pertinente e innovador para la enseñanza de la automatización textil. Se recomienda continuar con su actualización tecnológica e incorporación de nuevas rutinas para fortalecer su aplicabilidad educativa.

PALABRAS CLAVES

Módulo didáctico, automatización textil, PLC, mecatrónica, prototipo.

ABSTRACT

This applied technological innovation project involved the technical description of a circular knitting machine, the design of an automated didactic module, and the development of the module as a functional prototype for the Textile Mechatronics program at SENATI. The project addressed the need for educational resources that integrate theoretical and practical knowledge in the field of textile industrial automation, strengthening competencies in PLC programming, instrumentation, and control.

The first phase included a detailed technical description of the circular knitting machine, identifying its mechanical, electrical, and control systems through manufacturer documentation, direct observation, and professional expertise. In the second phase, the automated didactic module was designed following principles of electrical safety, ergonomics, and pedagogical applicability. Finally, in the third phase, the prototype was built, integrating selected components (Schneider M221CE40R PLC, Altivar frequency inverter, HMI, sensors, and actuators) and configuring basic control routines using SoMachine Basic software.

The results demonstrated that the module accurately reproduces the main processes of a circular knitting machine, serving as an innovative and relevant educational tool for teaching textile automation. Continuous updates and the addition of new control routines are recommended to enhance its didactic value.

Keywords: didactic module, textile automation, PLC, mechatronics, prototype.

I. INTRODUCCIÓN

La automatización industrial es una tecnología clave en la transformación de los procesos productivos del sector textil. Existe una creciente demanda de técnicos especializados en este ámbito, lo cual también requiere herramientas formativas que integren conocimientos teóricos y prácticos. El objetivo de este trabajo es el diseño e implementación de un módulo didáctico de automatización especializado, orientado a la operatividad de máquinas textiles de género de punto por trama, destinado al curso Seminario III de la carrera de Mecatrónica Textil del SENATI.

El módulo se implementa sobre un tablero que integra un controlador lógico programable (PLC), un variador de frecuencia, una interfaz HMI, y tecnologías de comunicación industrial como MODBUS TCP/IP, permitiendo simular condiciones reales de funcionamiento de una máquina circular. Esta configuración reproduce funciones esenciales como arranque, paros automáticos por seguridad y señalización.

La finalidad es proporcionar a los estudiantes un recurso didáctico que facilite el aprendizaje de conceptos fundamentales de automatización aplicada a procesos textiles, fomentando habilidades técnicas como el diagnóstico, la configuración y el control de sistemas industriales. Con este enfoque, se busca mejorar la experiencia educativa, fortaleciendo el vínculo entre teoría y práctica, y preparando a los futuros técnicos para afrontar los retos de una industria textil cada vez más tecnificada y exigente.

1.1 ANTECEDENTES

Antecedentes Nacionales

Snayder (2021), en su tesis de Maestría en la Universidad Católica de Santa María (UCSM) de Arequipa, titulada “*Diseño e implementación de un módulo didáctico de automatización por redes de comunicación industrial PROFINET, PROFIBUS, MODBUS mediante PLC y periféricos maestro y esclavo*”. Su objetivo fue desarrollar un módulo didáctico que permitiera capacitar a estudiantes en redes de comunicación industrial, integrando tecnologías como HMI, SCADA y monitoreo a distancia mediante VPN. Los resultados mostraron que la implementación del módulo permitió una integración efectiva de protocolos de comunicación y componentes electrónicos, facilitando un entorno de aprendizaje práctico. Esta investigación aporta al estudio propuesto tanto en el aspecto técnico como metodológico, ya que ofrece una base para el diseño de un módulo didáctico orientado a la formación práctica, con tecnologías industriales reales aplicables al ámbito textil.

Sucari y Roldán (2024), en su tesis de la Universidad Privada de Tacna, desarrollaron el trabajo titulado “*Diseño e implementación de un módulo didáctico para la simulación de procesos industriales en el laboratorio de control y automatización*”. Su objetivo fue crear un módulo que simule procesos industriales mediante PLC Siemens S7-1200, módulos SM1234 y HMI KTP700. El sistema permitió la interacción de los estudiantes con simulaciones de procesos industriales, mejorando su comprensión y habilidades técnicas. Esta investigación aporta al estudio actual al resaltar la importancia de integrar componentes reales en un entorno de

simulación controlado, lo cual es aplicable al diseño del módulo especializado propuesto para la formación técnica del curso Seminario III de la carrera de Mecatrónica Textil.

Antecedentes Internacionales

Valverde (2024), en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, presentó la tesis *“Implementación de un módulo didáctico basado en comunicación industrial utilizando Modbus RTU y TCP/IP para el monitoreo y control de un motor trifásico”*. El objetivo fue desarrollar un módulo que permita la práctica de protocolos de comunicación industrial en contextos educativos. Se evidenció que el módulo contribuye al aprendizaje práctico, permitiendo a los estudiantes abordar la problemática de integración de equipos de diferentes marcas. Este estudio aporta al presente trabajo al enfatizar la importancia de la interoperabilidad y la integración de tecnologías heterogéneas, aspecto esencial en el diseño de módulos adaptables a distintas máquinas textiles.

Alman Corozo y Campoverde Rea (2019), de la Universidad Politécnica Salesiana, realizaron la tesis *“Diseño e implementación de un módulo didáctico electroneumático para prácticas de procesos industriales utilizando un PLC S7-1200 e interfaz HMI”*. Este trabajo tuvo como objetivo diseñar un módulo electroneumático y un manual de prácticas para mejorar la formación técnica. Los resultados mostraron una mejora significativa en la comprensión de procesos automatizados por parte de los estudiantes. Esta investigación es relevante para el estudio propuesto porque evidencia

la utilidad de integrar sistemas físicos y digitales en un entorno educativo, lo que se alinea con el propósito del módulo especializado que se busca implementar en el curso Seminario III de la carrera de Mecatrónica Textil del SENATI.

1.2 Planteamiento del problema

Desde hace varios años, el mundo laboral ha expresado su preocupación por la creciente desconexión entre la educación y el trabajo. Esta brecha se acentúa especialmente en el ámbito de la formación profesional, donde la oferta formativa resulta limitada. Esta situación es particularmente crítica en los sectores tecnológicos, donde las empresas valoran más la experiencia práctica y la capacidad de adaptación que los títulos académicos (Filgueira, 2018).

En este contexto, se vuelve crucial mantener y fortalecer los vínculos entre la ciencia, la tecnología y las actividades productivas, promoviendo innovaciones tecnológicas ya sea a nivel general o en sectores específicos que requieren atención prioritaria. Muchas empresas, al no disponer de tecnologías de última generación, optan por desarrollar innovaciones propias con fuerte componente local que, a pesar de sus limitaciones, constituyen valiosos aportes al conocimiento técnico y al desarrollo de capacidades tecnológicas. (Sagasti et al., 2003).

Frente a este panorama, las instituciones de formación técnica enfrentan el reto de diseñar programas educativos alineados con las exigencias del sector productivo. Para lograr una conexión efectiva con el mercado laboral, resulta fundamental

incorporar innovaciones tecnológicas que simulen condiciones reales de trabajo, permitiendo a los estudiantes adquirir competencias pertinentes y aplicables.

El sector textil, es una importante fuente de empleos para el país. Produce y exporta prendas de vestir, abarcando diversos procesos que van desde la obtención de la fibra para elaborar el hilado hasta la confección de las prendas y otros artículos (Ministerio de la Producción 2020)

El aumento de la población mundial, el impacto del desarrollo tecnológico y una fuerte evolución de la moda en todas las actividades relacionadas mantiene y eleva la demanda de los productos textiles. A nivel internacional, se observa una tendencia hacia la integración de tecnologías para la optimización de procesos de producción, incluyendo la mecanización de tareas, el control de calidad y el uso de software para la gestión de la cadena productiva. En América Latina y Perú, la automatización se presenta como una necesidad para mejorar la competitividad, especialmente en la producción de prendas de vestir y textiles para el hogar, donde la demanda de productos de calidad y precios competitivos es alta. De acuerdo con el Centro Nacional de Planeamiento Estratégico una propuesta estratégica es promover la innovación y el desarrollo tecnológico en el sector textil, implementando tecnologías avanzadas, materiales sostenibles y técnicas de diseño y fabricación digital. (CEPLAN, 2023).

En la actualidad, se ofrecen programas de formación técnica orientados a la integración de tecnologías avanzadas, tales como la mecánica, la electricidad y la electrónica, cuya convergencia ha dado lugar al campo de estudio conocido como Mecatrónica. Considerando los avances tecnológicos en el sector textil, la Escuela Textil del

SENATI ha desarrollado una nueva carrera especializada en sus procesos productivos, denominada Mecatrónica Textil. Esta propuesta formativa tiene como propósito desarrollar en los estudiantes competencias técnico-profesionales y personales en el ámbito de la automatización industrial especializada, mediante experiencias formativas alineadas con las demandas del sector.

En cumplimiento de este propósito, la carrera de Mecatrónica Textil del SENATI Zonal Lima-Callao presenta un contenido curricular diseñado para responder a las exigencias tecnológicas actuales. En el último semestre de la carrera, se incluye el curso denominado *Seminario III*, cuyo objetivo general es desarrollar aplicaciones para procesos de producción automatizados. Este curso permite al estudiante aplicar los conocimientos adquiridos en el manejo de sistemas de automatización y control, específicamente en máquinas circulares utilizadas en la industria textil.

Como parte del diagnóstico, y en mi condición de docente responsable del curso, se realizó una revisión detallada de la *hoja de programación* correspondiente al módulo formativo *Seminario III*, documento que forma parte del programa de formación profesional. Dicha hoja establece las tareas y operaciones que el estudiante debe ejecutar para alcanzar los objetivos del módulo. A partir de este análisis, se identificó que varias de las tareas no pueden ejecutarse de manera integral debido a que el recurso didáctico disponible —un módulo automatizado— no se encuentra alineado con los requerimientos del curso. Este módulo carece de los componentes y principios de funcionamiento propios de una máquina circular de tejido de punto, lo que limita el

desarrollo pleno de las competencias profesionales previstas en la formación del mecatrónico textil.

Esta situación evidencia una necesidad formativa concreta: contar con un módulo didáctico que simule de manera adecuada las condiciones operativas y los procesos de automatización de una máquina textil circular de género de punto por trama. Disponer de este recurso permitiría ejecutar correctamente las tareas formativas planificadas y fortalecer la relación entre los contenidos teóricos y las aplicaciones prácticas.

Para el desarrollo del curso *Seminario III* de la carrera de Mecatrónica Textil del SENATI Zonal Lima-Callao, se requiere un módulo de aprendizaje especializado que permita la operatividad y simulación de sistemas automatizados en máquinas textiles de género de punto por trama. Este módulo debe representar de manera funcional los principales elementos de campo involucrados en un proceso de automatización, alineados con los componentes reales de una máquina circular de tejido de punto.

En base al problema expuesto, se propone la implementación de un módulo didáctico de automatización especializado, diseñado para replicar las condiciones operativas esenciales de una máquina textil circular. El tablero incluirá componentes clave como: sistemas de control de encendido y apagado, control de lubricación, sensor de la alimentación del material, sensores de seguridad para puertas de máquina, así como interruptores y sistemas de paro de emergencia. Esta infraestructura permitirá a los estudiantes interactuar con un entorno controlado que simula condiciones reales de automatización, facilitando así el desarrollo de competencias en el manejo,

configuración y optimización de sistemas automatizados en el sector textil de género de punto por trama de la carrera de Mecatrónica Textil del SENATI Lima, 2025.

1.3 Justificación del estudio

En un entorno productivo cada vez más competitivo y tecnológicamente avanzado, la formación técnica debe responder a las exigencias reales de la industria. En el caso del sector textil, la automatización industrial se ha convertido en una necesidad urgente para elevar la productividad, mejorar la calidad del producto y reducir los costos operativos. Sin embargo, en el ámbito educativo persisten limitaciones que impiden una formación práctica adecuada, especialmente en especialidades como la Mecatrónica Textil.

La carrera de Mecatrónica Textil del SENATI, única en su tipo en el país, busca desarrollar competencias especializadas en procesos textiles automatizados. No obstante, el diagnóstico efectuado mediante la revisión de la hoja de programación del curso *Seminario III* evidenció que el módulo didáctico existente no permite ejecutar de manera integral las tareas formativas planificadas, al no reproducir los sistemas ni principios de funcionamiento característicos de una máquina circular de tejido de punto. Esta limitación reduce las oportunidades de aprendizaje práctico en automatización aplicada al sector textil.

En este contexto, la propuesta de diseñar, desarrollar e implementar un módulo didáctico de automatización especializado constituye una innovación tecnológica y pedagógica. Este módulo permitirá simular las condiciones operativas reales de una

máquina circular de género de punto por trama, integrando los conocimientos de mecánica, electricidad y electrónica en un entorno seguro y controlado. Además, su diseño especializado permitirá adaptarlo a distintos tipos de máquinas circulares, promoviendo una formación integral, transversal y alineada con los requerimientos actuales del sector productivo.

Desde la perspectiva institucional, esta iniciativa contribuye al fortalecimiento de la infraestructura didáctica y se alinea con la misión del SENATI de formar profesionales altamente calificados y con competencias pertinentes a las demandas del mercado laboral. Asimismo, responde a los lineamientos estratégicos nacionales orientados al fortalecimiento de capacidades tecnológicas, la promoción de la innovación y la mejora de la competitividad del sector textil (CEPLAN, 2023).

En síntesis, el proyecto se justifica por su relevancia pedagógica, al mejorar la calidad de la formación práctica; su pertinencia tecnológica, al reproducir condiciones reales de operación de una máquina circular automatizada; y su impacto institucional, al fortalecer la vinculación entre educación técnica e industria, contribuyendo al desarrollo tecnológico del país.

1.4 Pregunta de investigación

De acuerdo con lo expuesto, la pregunta de investigación se expresa del siguiente modo:

¿Cómo diseñar, desarrollar e implementar un módulo didáctico de automatización especializado que reproduzca los principales procesos operativos de una máquina textil circular de género de punto por trama, y que responda a los requerimientos formativos del curso Seminario III de la carrera de Mecatrónica Textil del SENATI Lima?

II. OBJETIVOS

2.2 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un módulo didáctico de automatización especializado que simule la operatividad de máquinas textiles de género de punto por trama, con el fin de fortalecer el desarrollo de competencias técnicas en los estudiantes de la carrera de Mecatrónica Textil del SENATI Lima.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Caracterizar técnicamente el funcionamiento de las máquinas textiles de género de punto por trama, identificando sus mecanismos de trabajo y sistemas eléctricos y electrónicos, para definir los procesos a automatizar.
- b) Diseñar un módulo didáctico que represente los sistemas operativos automatizados fundamentales de una máquina circular de género de punto por trama.

- c) Elaborar el diseño del prototipo del módulo didáctico automatizado y realizar pruebas de funcionamiento.

III. DESARROLLO DEL ESTUDIO

3.1 Método, técnicas e instrumentos

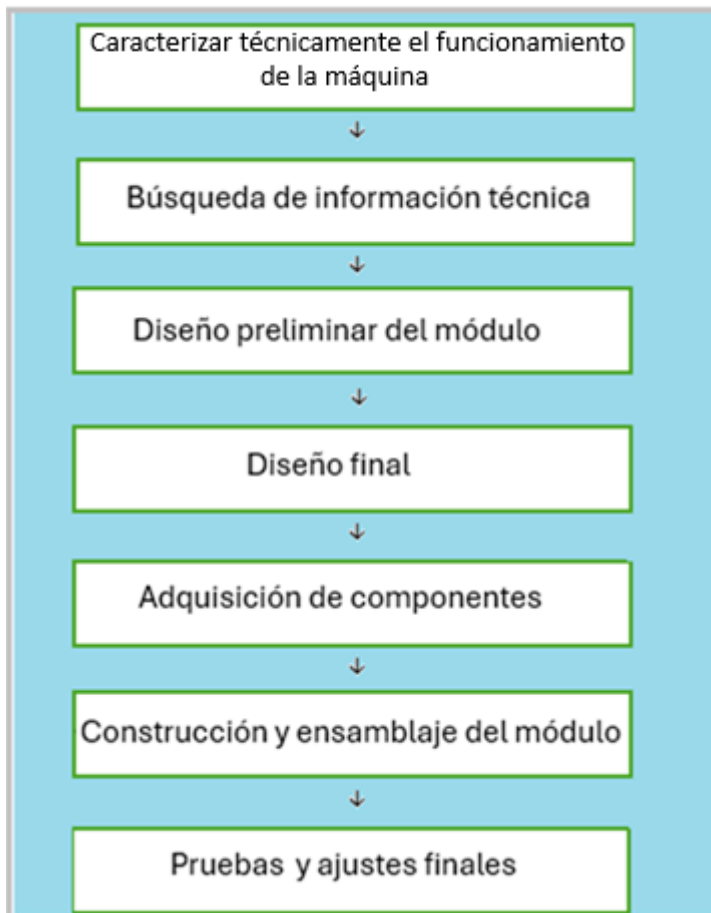
La presente investigación se enmarca en un enfoque cualitativo aplicado, de tipo tecnológico-propositivo, ya que busca diseñar e implementar un módulo especializado que responda a necesidades específicas de formación técnica. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), este tipo de enfoque es adecuado para estudios donde se desarrollan soluciones tecnológicas a problemas reales, especialmente cuando no se busca generalización estadística sino funcionalidad operativa.

El tipo de investigación es de tecnológica aplicada. Este tipo de diseño se basa en la prueba directa de sistemas desarrollados por el investigador, sin intervención de sujetos externos, tal como lo describe Sampieri et al. (2014).

Para el diseño e implementación del módulo didáctico de automatización especializado, la principal fuente de información técnica se basa en la experiencia profesional directa del autor, quien posee trayectoria en el área de mecatrónica aplicada a procesos textiles, con énfasis en la operatividad de máquinas de género de punto por trama. Esta experiencia es complementada con la revisión de planos eléctricos de máquinas circulares modelo UP 472, así como con la consulta de documentación técnica y recursos digitales disponibles en páginas web de fabricantes reconocidos como *Orizio*, *Terrot* y *Mayer*. Asimismo, se realizó observación directa del

funcionamiento de las máquinas, lo cual permitió identificar puntualmente los sistemas esenciales para su automatización.

Flujograma de las fases de diseño e implementación del módulo:



Funcionamiento del módulo didáctico

El funcionamiento del módulo didáctico de automatización especializado se llevó a cabo mediante pruebas funcionales orientadas a verificar el cumplimiento de los objetivos establecidos en el curso *Seminario III* de la carrera de Mecatrónica Textil. Estas pruebas fueron realizadas por el autor del presente trabajo, quien, en su condición de experto en el área, diseñó, implementó y ejecutó todas las fases del proyecto.

Protocolo de funcionamiento

La verificación se realizó energizando el sistema mediante la activación de las llaves termomagnéticas que alimentan el módulo. Posteriormente, el sistema fue puesto en funcionamiento desde dos interfaces distintas:

1. Panel HMI (Human Machine Interface)
2. Panel de pulsadores tradicionales.

Desde ambas interfaces se controló el encendido del motor principal, que representa al motor de la máquina circular textil real. Se evaluaron las siguientes funciones básicas:

- Arranque estándar del motor
- Parada normal
- Marcha lenta

Una vez comprobadas estas funciones, se procedió a probar el sistema de seguridad automatizada, que incluye la activación de sensores clave utilizados en las máquinas

textiles de género de punto por trama. Estos sensores simulan condiciones reales de operación y seguridad:

- Sensor de hilado
- Sensor de aguja
- Sensor de puerta

La activación de cada uno de estos sensores debía generar la detención inmediata del motor, emulando el comportamiento de la máquina en situaciones reales. Cada disparo fue registrado visualmente en la interfaz HMI, permitiendo identificar con precisión cuál sensor fue activado, tal como ocurre en los sistemas industriales actuales.

Criterios de Funcionamiento

Los criterios utilizados para la operatividad del módulo fueron los siguientes:

- Funcionamiento completo del sistema de alimentación eléctrica
- Respuesta del motor a comandos desde el HMI y pulsadores físicos
- Correcta activación y respuesta de los sensores simulados
- Visualización clara de los disparos y estados en el HMI
- Correspondencia del comportamiento del módulo con los procesos reales de la máquina textil

Instrumentos utilizados

- Lista de verificación funcional (checklist técnico) (Anexo 4)

- Observación directa del comportamiento del sistema
- Registro de fallos o respuestas inesperadas
- Interfaz HMI como herramienta de diagnóstico en tiempo real

3.2 Fundamentos teóricos y prácticos del estudio.

1. Módulo didáctico: definición general, finalidad y usos.

Un módulo didáctico es un recurso educativo diseñado para facilitar procesos de enseñanza-aprendizaje mediante la integración de contenidos teóricos, prácticos y evaluativos. Según Díaz Barriga (2002), los módulos permiten organizar la instrucción de forma estructurada y flexible, promoviendo el aprendizaje autónomo y significativo. Su finalidad es brindar experiencias formativas que desarrollen competencias específicas a través de la experimentación y el análisis de casos prácticos. En la formación técnica, los módulos didácticos se usan como herramientas que vinculan teoría y práctica, favoreciendo la transferencia del conocimiento al entorno laboral (López & Tünnermann, 2018).

2. Máquinas textiles: definición y tipos.

De acuerdo con Terrot Textilmaschinen GmbH, “las máquinas textiles industriales son equipos mecánicos-electrónicos diseñados para la producción eficiente de tejidos, al integrar control electrónico y mecánico en la fabricación de vestuario, textil para el hogar y aplicaciones técnicas”.

Según Kumar y Senthil Kumar (2018), las máquinas textiles son equipos industriales instrumentados que permiten convertir fibras en productos tejidos o confeccionados mediante procesos automatizados de hilatura, tejido, punto, acabado o confección.

3. Máquina textil de género de punto: definición, tipos y características.

Las máquinas de punto son equipos industriales diseñados para la producción de tejidos, donde la integración de sistemas automáticos ha permitido mejorar la eficiencia y la calidad del producto final. (Ajgaonkar, 1998). El género de punto es una estructura textil obtenida por el entrelazamiento de bucles formados con uno o más hilos. Se divide en género de punto por urdimbre y por trama, siendo este último el más empleado en la industria por su elasticidad, versatilidad y bajo costo de producción (Spencer, 2001). La máquina circular de género de punto por trama (MCGP) está conformada por sistemas de alimentación de hilado, tisaje, estirado y control, que permiten producir tejidos para confección, ropa deportiva y moda. Sus principales características son la alta productividad, capacidad de variación de diseños y requerimiento de control preciso de velocidad, tensión y lubricación (Orizio, 2023).

4. Módulo didáctico especializado para la enseñanza-aprendizaje de la operatividad de máquinas textiles de punto por trama como recurso didáctico.

Un módulo didáctico especializado en automatización para Máquina Circular de Género de Punto constituye una réplica funcional a escala en entorno controlado de los sistemas mecánicos y electrónicos de la máquina, diseñado con fines educativos (Anexo 6). Según Valverde (2024), este tipo de recursos potencia el aprendizaje activo, permitiendo que los estudiantes simulen procesos industriales reales sin riesgos

operativos ni altos costos. Sus componentes suelen incluir un controlador lógico programable (PLC), sensores, actuadores, interfaz HMI y mecanismos de representación de la máquina textil. Su finalidad es formar competencias en programación, instrumentación y control automatizado, aplicables directamente a la industria textil. Este tipo de módulos fortalece la enseñanza técnica al articular teoría, práctica y desarrollo de habilidades en un solo dispositivo didáctico (Alman Corozo & Campoverde Rea, 2019).

3.2.1 Módulo didáctico de automatización especializado para la operatividad de máquinas textiles de género de punto por trama.

Los módulos didácticos en automatización constituyen secuencias de enseñanza-aprendizaje diseñadas para que los estudiantes comprendan, diseñen y controlen sistemas automatizados, integrando pensamiento computacional, programación y tecnología de control industrial (Cwi, 2022).

En el caso específico del curso Seminario III de la carrera de Mecatrónica Textil, el módulo didáctico especializado estará orientado a simular el funcionamiento automatizado de una máquina textil de género de punto por trama. Este módulo se encontrará estructurado sobre un tablero que incorpora un sistema de control basado en un Controlador Lógico Programable (PLC) (Figura 1), acompañado por tecnologías de instrumentación, comunicación y visualización, lo que permite replicar condiciones industriales con mínima intervención humana.

Una de sus funciones esenciales es el control del arranque, operación continua y marcha lenta de la máquina, ejecutado por el operador a través de una interfaz HMI desarrollada empleando el software Movicon 11.3. Este sistema, además, integra mecanismos de seguridad que, ante cualquier evento detectado por los sensores (por ejemplo, rotura y/o falta de hilado, falta de lubricación, guardas abiertas), activa un paro automático del motor, desactivando inmediatamente el funcionamiento del sistema. A su vez, estos eventos se visualizan tanto mediante señalización luminosa como en la interfaz gráfica del HMI. La comunicación se establece a través del protocolo Modbus TCP/IP, utilizando un cable RJ45.

Los componentes técnicos del módulo son los siguientes:

- Sistema de alimentación trifásica con cables de línea y llaves térmicas de distribución.
- PLC Schneider Electric modelo TM221C40R 24 entradas digitales, 16 salidas digitales relé, 1 ethernet, 1 MODBUS, 110...240vac.
- Variador de frecuencia ALTIVAR 320 modelo ATV320U15M3C
- Motor trifásico de inducción tipo jaula de ardilla de 220V, 1HP, 2.95 A
- Tres pulsadores para las funciones de parada, marcha continua y marcha lenta
- Interfaz HMI desarrollada en MOVICON 11.3
- Pantalla táctil modelo VIPA Modelo 62H-MHC0-DH
- Rieles, borneras de conexión y cableado estructurado
- Software de programación: SoMachine Basic (Schneider Electric)

Este conjunto de elementos permite desarrollar prácticas de automatización industrial mediante la reproducción a escala de procesos presentes en las máquinas circulares. Por tanto, el módulo representa una herramienta pedagógica esencial que potencia el aprendizaje activo, la experimentación y la adquisición de competencias especializadas.

Desde un enfoque didáctico, el módulo cumple con el principio de pertinencia educativa, al estar alineado con los contenidos del Módulo Ocupacional del curso y con los requerimientos reales del entorno laboral. Asimismo, constituye una innovación educativa, al simular situaciones reales de trabajo, permitiendo a los estudiantes enfrentarse a retos técnicos y operativos en un contexto formativo.

Figura 1

PLC, SCHNEIDER-ELECTRIC

Fuente datasheet SCHNEIDER M221



Un Controlador Lógico Programable (PLC, por sus siglas en inglés: Programmable Logic Controller) es un dispositivo electrónico utilizado en sistemas de automatización industrial, diseñado para supervisar, controlar y regular procesos mediante instrucciones programadas. Funciona mediante la lectura de entradas (sensores), procesamiento lógico y la activación de salidas (actuadores), operando en tiempo real y de forma continua.

Figura 2

Características del PLC. SCHNEIDER M221

Fuente datasheet del fabricante.

Complementary

Discrete I/O number	40
Maximum number of I/O expansion module	7 (local I/O-Architecture) 14 (remote I/O-Architecture)
Supply voltage limits	85...264 V
Network frequency	50/60 Hz
Inrush current	40 A
Maximum power consumption in VA	70 VA at 100...240 V with max number of I/O expansion module 41 VA at 100...240 V without I/O expansion module
Power supply output current	0.52 A 5 V for expansion bus 0.24 A 24 V for expansion bus
Discrete input logic	Sink or source (positive/negative)
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Analogue input resolution	10 bits
LSB value	10 mV
Conversion time	1 ms per channel + 1 controller cycle time for analogue input analog input
Permitted overload on inputs	+/- 30 V DC for 5 min (maximum) for analog input +/- 13 V DC (permanent) for analog input
Voltage state 1 guaranteed	>= 15 V for input
Voltage state 0 guaranteed	<= 5 V for input
Discrete input current	7 mA for discrete input 5 mA for fast input

Aug 11, 2025

Life Is On | Schneider
Electric

Hoja de datos técnicos del fabricante del PLC empleado en la implementación del módulo automatizado.

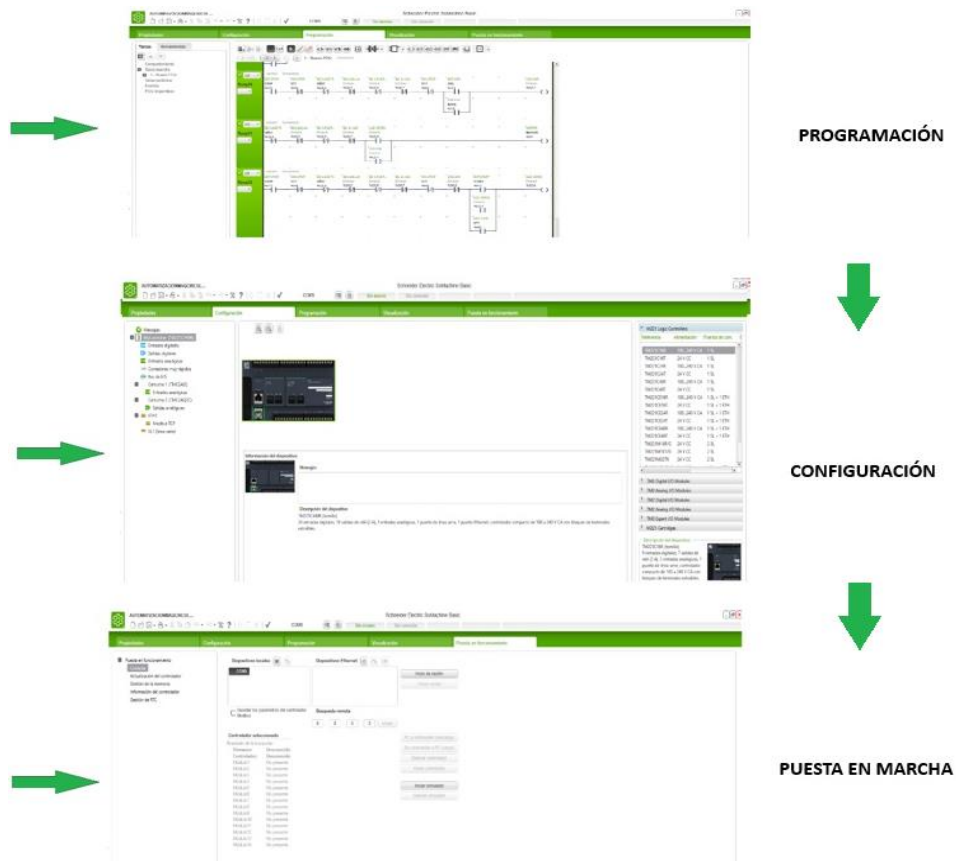
- **Programación del PLC (Controlador Lógico Programable).**

La programación del PLC se ejecutó con el software SoMachineBasic desarrollado por la empresa SCHNEIDER. SoMachine® es el software de programación universal para las máquinas automatizadas por controladores MachineStruxure. Para reducir la complejidad de la programación se emplea SoMachine Basic, una herramienta de ingeniería simplificada para el nuevo controlador Modicon M221 (Fuente datasheet fabricante).

Figura 3

Fases del desarrollo del programa

Fuente Catalogo 2014 Modicon M221



- **Programación del variador de frecuencia**

Mediante el manual de programación se configuró el variador de frecuencia, es importante tener presente las medidas de seguridad y datos del motor para llevar a cabo este proceso.

Figura 4

Variador de frecuencia altivar 320

Fuente: Autor.



La imagen muestra las borneras de conexión del VDF durante la instalación, y su tapa de cierre. De la marca Schneider el modelo Altivar 320 soporta hasta 1hp para motores asíncronos. Se muestra las borneras de conexión empleados en la implementación.

Figura 5
ALTIVAR 320

Fuente: Manual del fabricante

Hoja de datos del producto

Características

ATV320U15M3C

Variador De Velocidad Atv320 - 1.5Kw - 200V -
3 Fases - Compacto



Principal

Rango de producto	Máquina Altivar ATV320
Tipo de producto o componente	Variador velocidad variable
Aplicación específica producto	Maquinas complejas
Variante	Versión estándar Versión estándar
Modo de montaje	Montaje en pared
Protocolo de puerto de comunic.	Serie Modbus CANopen
[Us] tensión de alimentación nominal	200...240 V - 15...10 %
Relative symmetric mains voltage tolerance	10 %
Relative symmetric network frequency tolerance	5 %
Corriente de salida nominal	0,458333333333333 A
Potencia del motor en kW	1,5 kW para tarea pesada
Filtro CEM	Sin filtro CEM
Grado de protección IP	IP20

• Sensor switch Photoelectric E3F RB2R4

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo que detecta cambios en la intensidad de la luz. su funcionamiento se basa en la interacción entre una fuente emisora de luz y un receptor que capta esa luz. todos los tipos de detección que emplean estos sensores operan bajo este mismo principio. están fabricados para tareas como la detección, el reconocimiento y el posicionamiento de objetos, así como para identificar formas,

colores y variaciones en las superficies, incluso en condiciones ambientales adversas. los sensores de luz tienen la función de medir la cantidad de luz presente y generar una señal de salida proporcional a esa medición. estos sensores incorporan un transductor fotoeléctrico que convierte la luz en una señal eléctrica, y pueden incluir circuitos electrónicos adicionales para procesar, ajustar y dar formato a dicha señal.

Figura 6
electric switch

Fuente: Autor.



Sensor de Proximidad Fotoeléctrica Reflex -E3F-R

Voltaje de alimentación: DC (NPN, PNP): 6 – 36V; AC: 90 – 250V 50/60Hz

Respuesta en frecuencia: DC: 2.5m.s – AC: 30ms

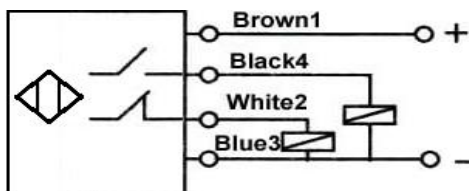
Circuitos de protección: DC (NPN, PNP): Protección de corto circuito. AC: Supresor de pico de corriente

Temperatura de ambiente: -25 – 60°C

Voltaje residual: DC (NPN, PNP): 1V max. AC (2 hilos) 7V max (Fuente DataSheet Fabricante)

Figura 7
Diagrama técnico Sensor Fotoeléctrico

Fuente: Autor



Sensor de 4 hilos con 2 salidas, una abierta y otra cerrada. Salida dos hilos positivos.

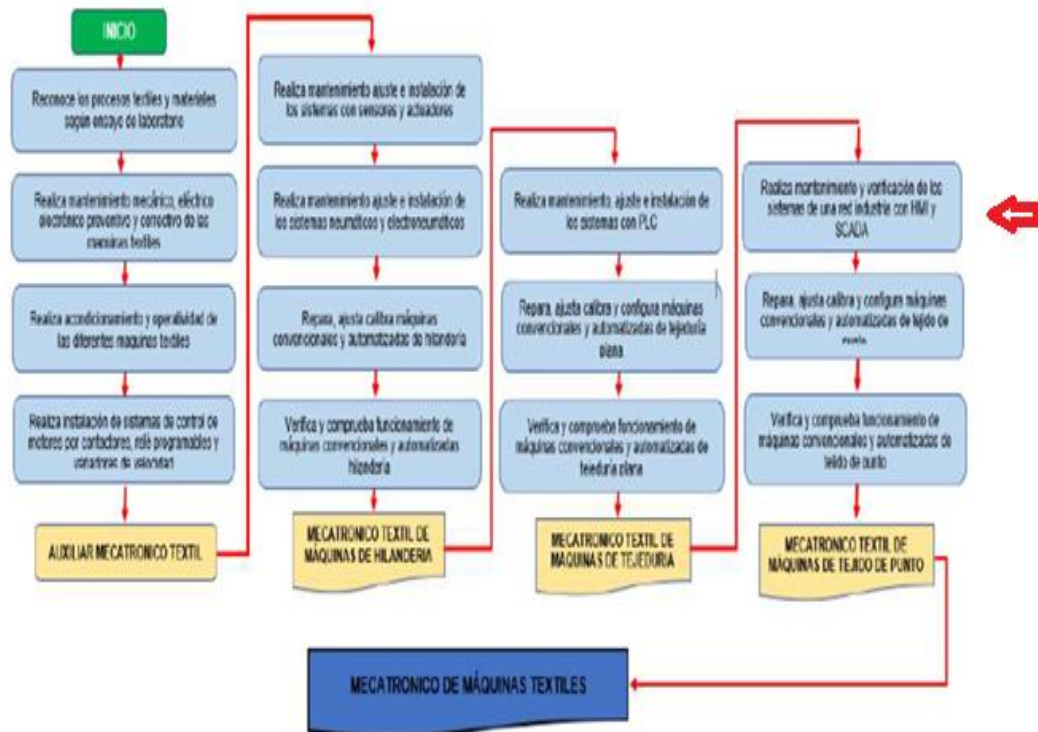
3.2.2 Curso Seminario de Complementación Práctica III

El curso Seminario III constituye una unidad de calificación dentro de la carrera de Mecatrónico Textil.

Figura 8

Unidades de calificación MECATRONICO TEXTIL

Fuente: SENATI



El curso Seminario III se desarrolla en el 6to Semestre de la carrera con un total de 128 horas pedagógicas las cuales se pueden observar en la estructura curricular (figura 9) del programa de formación profesional.

Figura 9
Estructura curricular MECATRONICA TEXTIL

Fuente: SENATI

ESTRUCTURA CURRICULAR PROGRAMA DE FORMACIÓN PROFESIONAL												
CARRERA		: MECATRÓNICA TEXTIL (XMTD)										
NIVEL		: PROFESIONAL TÉCNICO										
GRADO		: PROFESIONAL TÉCNICO										
PERIODO DE CATÁLOGO		: 202310										
SEMESTRE	MATERIA	N° DE CURSO	MÓDULO FORMATIVO/ CURSO	sem	TECNOL	TALLER/ EMPRESA	VIRTUAL	EVALUACIÓN	DURACIÓN		CRÉD.	
									SUB TOT	TOTAL		
I	SCIU	178	MATEMÁTICA		64		16	5	85	510	5	30
	SCIU	179	FÍSICA Y QUÍMICA		32		16	3	51		3	
	SPSU	867	LENGUAJE Y COMUNICACIÓN		32		16	3	51		3	
	SCOU	213	INGLÉS		48		144	12	204		12	
	SINU	151	INFORMÁTICA BÁSICA			16	16	2	34		2	
	SPSU	861	TÉCNICAS Y MÉTODOS DE APRENDIZAJE INVESTIGATIVO		16		16	2	34		2	
	SPSU	868	DESARROLLO PERSONAL Y TALLER DE LIDERAZGO			32	16	3	51		3	
II	XMTD	214	MATERIALES Y PROCESOS TEXTILES	2	10	24	18	3	55	510.0	3.3	30
	XMTD	215	METROLOGÍA Y AJUSTE MECÁNICO APLICADO	2	10	24	18	3	55		3.3	
	XMTD	216	MANTENIMIENTO MECÁNICO DE MÁQUINAS TEXTILES	3	15	36	27	5	83		4.9	
	XMTD	217	ELECTRÓNICA ANALÓGICA	4	20	48	36	7	111		6.5	
	XMTD	218	INSTALACIONES Y MEDICIONES ELÉCTRICAS	5	25	60	45	8	138		8.0	
	CGEU	247	SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL		32			2	34		2.0	
	SPSU	865	TÉCNICAS DE COMUNICACIÓN		32			2	34		2.0	
III	XMTD	315	FUNDAMENTOS OPERATIVOS DE MÁQUINAS TEXTILES	6	30	72	54	10.0	166	510	9.8	30
	XMTD	316	ELECTRÓNICA APLICADA PARA MÁQUINAS TEXTILES	4	20	48	36	6.0	110		6.5	
	XMTD	317	CONTROL INDUSTRIAL DE MOTORES	6	30	72	54	10.0	166		9.7	
	SPSU	866	DESARROLLO HUMANO			32		2.0	34		2.0	
	CGEU	239	CAIDAD TOTAL			32		2.0	34		2.0	
IV	XMTD	413	SENSORES Y ACTUADORES APLICADO A LA INDUSTRIA TEXTIL	4	28			2	30	510	1.8	23
	XMTD	414	SISTEMAS NEUMÁTICOS Y ELECTRONEUMÁTICOS	4	28			2	30		1.8	
	XMTD	415	SISTEMAS ELECTROMECANICOS DE MAQUINAS DE HILANDERIA	8	56			3	59		3.4	
	XMTD	416	FORMACIÓN PRÁCTICA EN EMPRESA I			208		21	229		6	
	XMTD	417	SEMINARIO DE COMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA I			128			128		8	
	SCOU	217	INGLÉS TÉCNICO		32			2	34		2	
V	XMTD	510	AUTOMATISMO POR PLC DE MÁQUINAS TEXTILES	8	56			4	60	510	3.5	24
	XMTD	511	SISTEMAS ELECTROMECANICOS DE MAQUINAS DE TEJEDURIA PLANA	8	56			3	59		3.5	
	XMTD	512	FORMACIÓN PRÁCTICA EN EMPRESA II			208		21	229		7	
	XMTD	513	SEMINARIO DE COMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA II			128			128		8	
	CGEU	240	FORMACIÓN DE MONITORES DE EMPRESA		32			2	34		2	
VI	XMTD	610	SCADA PARA LA INDUSTRIA TEXTIL	8	56			4	60	510	3.5	24
	XMTD	611	SISTEMAS ELECTROMECANICOS DE MAQUINAS DE GENERO DE PUNTO	8	56			3	59		3.5	
	XMTD	612	FORMACIÓN PRÁCTICA EN EMPRESA III			208		21	229		7	
	XMTD	613	SEMINARIO DE COMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA III			128			128		8	
	CGEU	241	MEJORA DE MÉTODOS EN EL TRABAJO		32			2	34		2	
									3060	3060	161	161

• Estructura curricular del curso

El Módulo formativo SCADA PARA LA INDUSTRIA TEXTIL, tiene como fin principal capacitar a los aprendices en la identificación de los componentes principales de un sistema de control y supervisión, desarrollando aplicaciones para procesos de producción automatizados en la industria textil, cumpliendo las normas técnicas las normas de seguridad y salud. Tiene una duración de 128 Horas Pedagógicas, se desarrolla en cuatro semanas del total de 16 semanas que dura un semestre académico, consta de 7 tareas y 33 operaciones.

Componentes del Módulo Formativo SCADA para la industria textil:

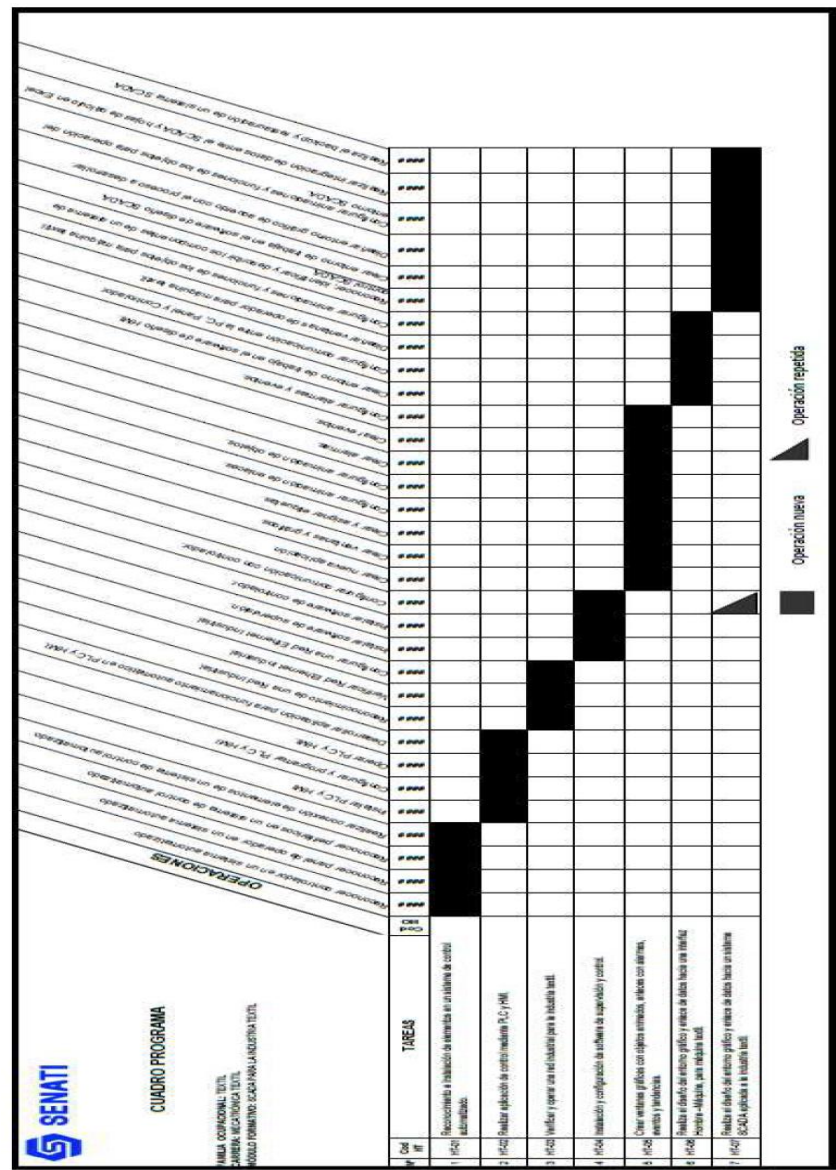
- Objetivo General: Al concluir el módulo formativo, el estudiante será capaz de comprender el funcionamiento de un sistema SCADA aplicado a la industria textil.
- Plan de estudios: El módulo formativo de SCADA para la industria textil pertenece al módulo ocupacional Mecatrónico de Máquinas de Género de Punto que es el último de la carrera compuesto de un total de cinco módulos que se cursan en el sexto semestre de la carrera de Mecatrónico Textil.
- Cuadro programa: Es la distribución de datos académicos de un módulo formativo y el desarrollo curricular, organizado en Competencias, Tareas y Operaciones. (Figura 10).

• Diseño Curricular:

Es el proceso sistemático y planificado mediante el cual se organiza la formación técnica y profesional que ofrece SENATI. Este diseño pretende asegurar que los

programas educativos y de formación respondan a las necesidades del mercado laboral y cumplan con los estándares de calidad educativa. (Anexo 01).

Figura 10
Cuadro Programa
Fuente: SENATI



Nota: la gráfica muestra las 7 tareas y 33 operaciones a desarrollar en las semanas correspondientes de duración del curso.

La carrera de Mecatrónica Textil, impartida por el SENATI, responde a las exigencias del sector textil contemporáneo, que demanda profesionales capaces de integrar conocimientos multidisciplinarios para optimizar procesos industriales. En este contexto, el Profesional Técnico en Mecatrónica Textil está capacitado para configurar, operar y optimizar sistemas que abarcan desde procesos semiautomáticos hasta sistemas mecatrónicos industriales en áreas como hilandería, tejeduría plana, género de punto y acabados.

• **Competencias de acción profesional:**

El egresado de esta carrera cuenta con competencias para:

- Aplicar conocimientos científicos y tecnológicos en áreas como mecánica, electricidad, neumática, electrónica, control e informática, con el objetivo de mejorar la productividad y eficiencia de las máquinas textiles.
- Adaptar y resolver de forma creativa problemas técnicos que surjan en la producción de hilos y tejidos, proponiendo soluciones innovadoras.
- Comprometerse con los objetivos y valores institucionales de la empresa donde se desempeñe profesionalmente.

• **Competencias técnicas específicas:**

El egresado está capacitado para:

- Realizar el diagnóstico, calibración, configuración y mantenimiento de máquinas de hilandería, tejeduría plana y género de punto.
- Intervenir técnicamente en máquinas de hilandería, tejeduría plana y máquinas de género de punto.

- Ejecutar acciones de diagnóstico y mantenimiento en sistemas de control automáticos aplicados a maquinaria textil.

El módulo didáctico especializado que se propone responde de forma directa a los requerimientos de formación técnica en la línea de género de punto por trama, permitiendo la adquisición de competencias clave como el diagnóstico de fallas, la configuración de sistemas de automatización y el mantenimiento preventivo y correctivo. Su implementación está pensada no solo como una herramienta técnica, sino como una plataforma pedagógica que permite contextualizar los aprendizajes en escenarios reales y relevantes para la industria textil.

3.3 Elaboración del estudio

Para el presente trabajo se inició con una descripción técnica del funcionamiento de la máquina circular con el objetivo de analizar e identificar los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos determinando los principios de funcionamiento de cada componente o sistema para finalmente poder diseñar y elaborar el módulo didáctico de automatización que permita emular los controles automatizados del proceso de trabajo.

Para el diseño de un módulo didáctico de automatización especializado aplicado a la operatividad de máquinas textiles de género de punto por trama módulo se basó en un modelo tecnológico-propositivo, orientado a reproducir los sistemas esenciales de la MCGP en un tablero didáctico de fácil operación. El plan de implementación consideró los siguientes elementos:

- Controlador lógico programable (PLC Schneider TM221CE4R0 / Relay out), como unidad central de procesamiento.
- Variador de frecuencia Schneider Altivar 320, para el control de velocidad del motor.
- Fuente de alimentación Schneider Phaseo AB8LREM24030 110-240 VAC Out 24 Vdc 3Amp, para la alimentación del sistema.
- Sensores inductivos y fotoeléctricos, para la detección de movimiento, fallas de hilado y seguridad.
- Actuadores eléctricos, que simulan los movimientos de los mecanismos de tisaje y alimentación.
- Interfaz Hombre-Máquina (HMI), para la visualización de parámetros, control del proceso y gestión de alarmas.
- Sistema de alimentación de hilado a escala, representado por guías, tensores y mecanismos simulados.
- Esquemas eléctricos, diagramas funcionales y planos de distribución, que aseguran la coherencia técnica y pedagógica del módulo.

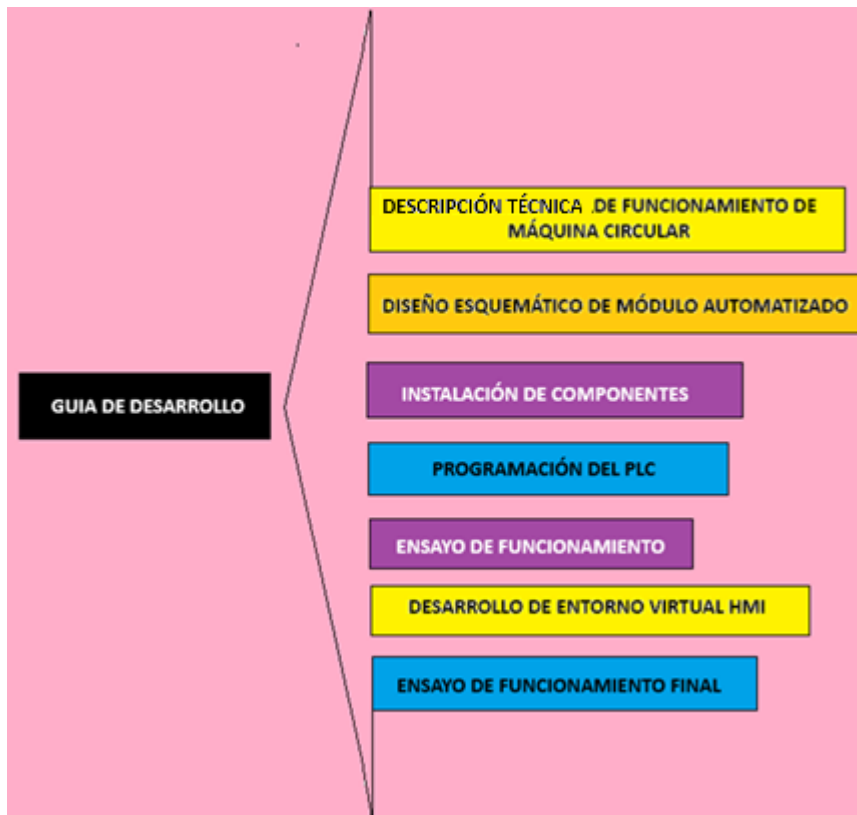
El módulo se diseñó con una estructura que permite la reconfiguración y ampliación, de modo que pueda adaptarse a distintos niveles de complejidad en la enseñanza.

La elaboración del módulo didáctico de automatización se realizó en tres fases:

1. **Construcción del tablero didáctico:** instalación del PLC, variador, cableado, sensores, actuadores y protecciones eléctricas.
2. **Programación y configuración:** desarrollo de rutinas en SoMachineBasic para el control de velocidad, paro de emergencia, simulación de rotura de hilo y monitoreo de lubricación.
3. **Funcionamiento del módulo:** pruebas de funcionamiento en condiciones simuladas, asegurando que los estudiantes pudieran replicar prácticas de programación, diagnóstico de fallas y control de procesos textiles.

El resultado fue un módulo plenamente operativo, que reproduce las funciones esenciales de la máquina circular, permitiendo a los estudiantes experimentar en un entorno seguro, desarrollar competencias técnicas en automatización y comprender la interacción funcional entre los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos presentes en la máquina real.

Figura 11
Guía de desarrollo



Nota: En la imagen se muestra el proceso operacional llevado a cabo para la implementación del módulo automatizado.

3.3.1 Descripción técnica de la máquina circular de género de punto.

• Funcionamiento.

Las máquinas circulares de punto por trama emplean como materia prima hilados de algodón en formato tipo cono o tronco de cono, hilados elaborados sobre la base de polímeros condensados (nylon, poliéster) en formatos tipo piña y elastómeros (en formatos tipo queso) para desarrollo de telas Spandex.

- **Sistemas conformantes de la máquina.**

Las máquinas se clasifican en una fontura y dos fonturas constituidos por el:

- a. Sistema de alimentación de hilado.
- b. Sistema de tisaje o mecanismo de construcción de la estructura del tejido.
- c. Sistemas estirador-enrollador de tejido.
- d. Sistemas de lubricación.
- e. Sistema eléctrico o de fuerza.
- f. Sistema electrónico o de control.

- **Descripción de componentes de los sistemas en máquina.**

- 1. Sistema de alimentación.**

Conformado por:

- a. La fileta porta hilo.
- b. Tubos guía de hilo.
- c. Aro porta alimentadores de hilado.
- d. Alimentadores de hilado (poleas de pequeño diámetro).
- e. Polea principal de diámetro variable.
- f. Faja plana dentada.
- g. Poleas tensoras de faja.
- h. Cable de dos hilos de alimentación de sensores de paro de hilado.

2. Sistema de tisaje o elaboración de la estructura del tejido.

Conformado por:

- a. Aro porta guiahilos.
- b. Aro portalevas de placa de platinas.
- c. Platinas de retención de tejido.
- d. Cilindro y Disco acanalados. (una o dos fonturas respectivamente).
- e. Agujas de lengüeta.
- f. Placa porta levas de aguja y cerrojos de regulación de malla.
- g. Plataforma móvil de placas portalevas de agujas. (algunos modelos).
- h. Mecanismo de elevación de la fontura del plato. (Dos fonturas).
- i. Placa porta levas de aguja del plato. (máquinas de dos fonturas).
- j. Disparos de aguja.
- k. Cableado de conexión para los sensores de aguja.

3. Sistema estirador-enrollador de tejido.

Conformado por:

- a. Mecanismo estirador de tejido.
- b. Ensanchador de tela.
- c. Foco de iluminación.
- d. Mecanismo enrollador de tejido.
- e. Conexión de iluminación de tejido.
- f. Conexión de sensores de puerta abierta de máquina.

4. Sistema de lubricación.

Conformado por:

- a. Tanque de lubricación con bomba automática de inyección.
- b. Tanque de lubricación con flujo de lubricante por aire.
- c. Depósito de lubricación para transmisión liviana.

5. Sistema eléctrico o de fuerza.

Conformado por:

- a. Cableado desde acometida hasta caja de tablero de máquina.
- b. Llaves termomagnéticas y diferenciales de protección.
- c. Cables de conexión.
- d. Motor trifásico.
- e. Línea de alimentación para el motor.
- f. Relés electromecánicos.

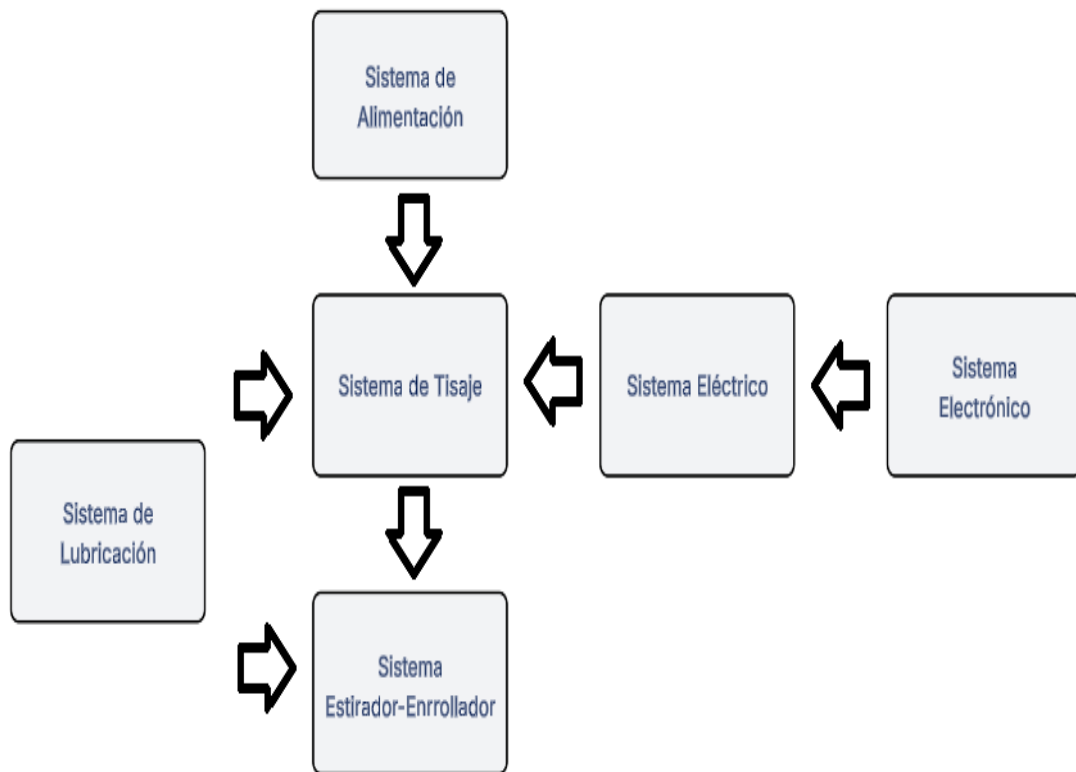
6. Sistema electrónico o de control.

Conformado por:

- a. Caja de Pulsadores para las funciones de marcha, marcha lenta y parada.
- b. Cableado para señales de 24 VDC.
- c. Fuente de alimentación de 24VDC para los sensores de paro.
- d. Tarjetas electrónicas con sistema embebido de control de máquina.
- e. Pantalla o HMI de control para operador de máquina.
- f. Variador de velocidad.

Figura 12

Sistemas integrados de la máquina



En el gráfico se muestra todos los sistemas de la máquina. Se observa que confluyen con el sistema de tisaje, constituyéndose el sistema principal para los distintos tipos de tejidos a obtener. (Autor).

Descripción de las funciones específicas de cada sistema.

• Sistema de alimentación de hilado.

Este sistema tiene como función principal alojar los formatos de hilados y facilitar su devanado hacia las unidades de trabajo de la máquina. Permite además regular la cantidad de material (hilado) que se suministra al sistema de tisaje, garantizando un flujo constante y controlado durante el proceso. Cuenta con sensores por cada unidad

de alimentación cuya función es detener la máquina ante la falta de material, rotura o sobre alimentación de esta. Los sensores reciben una alimentación de 24VDC los cuales presentarán una luminosidad al ser activados. Dichas unidades de alimentación presentan un giro sobre su mismo eje dado por la faja dentada plana engranada a ella y todas las unidades obedecen a una polea central de diámetro variable.

Figura 13

Sistema de alimentación de hilado.

Fuente: Autor-imagen adaptada de la web.



La imagen muestra el sistema de alimentación de las máquinas circulares. Se observa la fileta lateral(izq). La polea de diámetro variable, fajas de conexión y alimentadores positivos de alimentación(der.)

- **Sistema de tisaje o mecanismo de construcción de la estructura del tejido.**

Este sistema corresponde a la sección de la máquina encargada de transformar el hilado en tejido. En esta etapa se encuentran sincronizados los mecanismos responsables de la formación de la estructura del tejido, permitiendo la creación de múltiples variantes o diseños según los requerimientos del proceso.

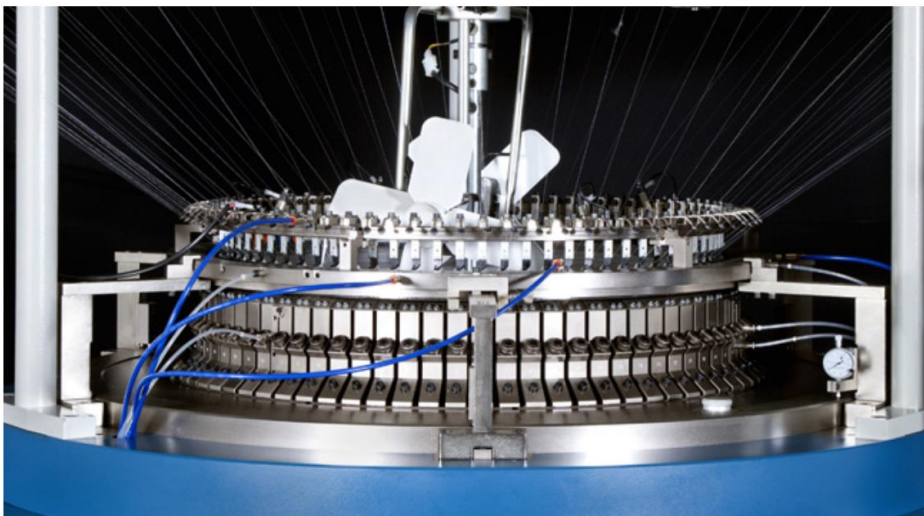
El sistema de tisaje constituye el núcleo funcional de la máquina circular, ya que interactúa directamente con el resto de los subsistemas, asegurando un funcionamiento coordinado y eficiente.

Está equipado con sensores tipo switch de activación mecánica, los cuales controlan con precisión el accionar de las agujas durante el proceso de construcción del tejido, garantizando la correcta ejecución del patrón estructural.

Figura 14

Sistema de tisaje

Fuente: ORIZIO portal web.



modelo john-c.

- **Sistema enrollador-estirador de tejido**

El sistema enrollador-estirador tiene la función de recolectar el tejido a medida que se produce, realizando simultáneamente un proceso de estiramiento y enrollado continuo. Está equipado con un ensanchador de tela y rodillos estiradores, los cuales cumplen la función de eliminar pliegues y ondulaciones, asegurando una tensión constante y uniforme en la superficie del tejido.

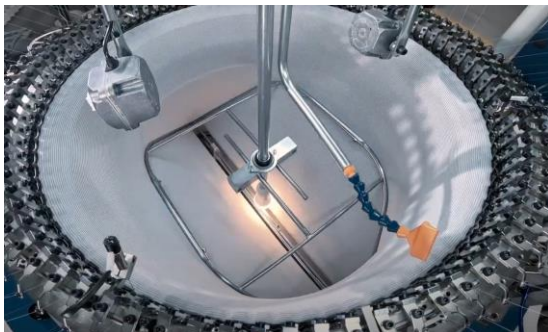
Esta condición es crítica para garantizar la correcta formación del punto y prevenir defectos estructurales, como los puntos cargados.

El sistema se encuentra ubicado en la parte inferior de la máquina y permite la recolección del producto en dos presentaciones: enrollado en rollo continuo o plegado en forma de piezas. En ambos formatos, las piezas suelen tener un peso aproximado de 15 a 20 kg, equivalentes a 45 a 60 metros lineales de tejido, dependiendo del gramaje.

Figura 15

Ensanchador de tela

Fuente: ORIZIO portal web.

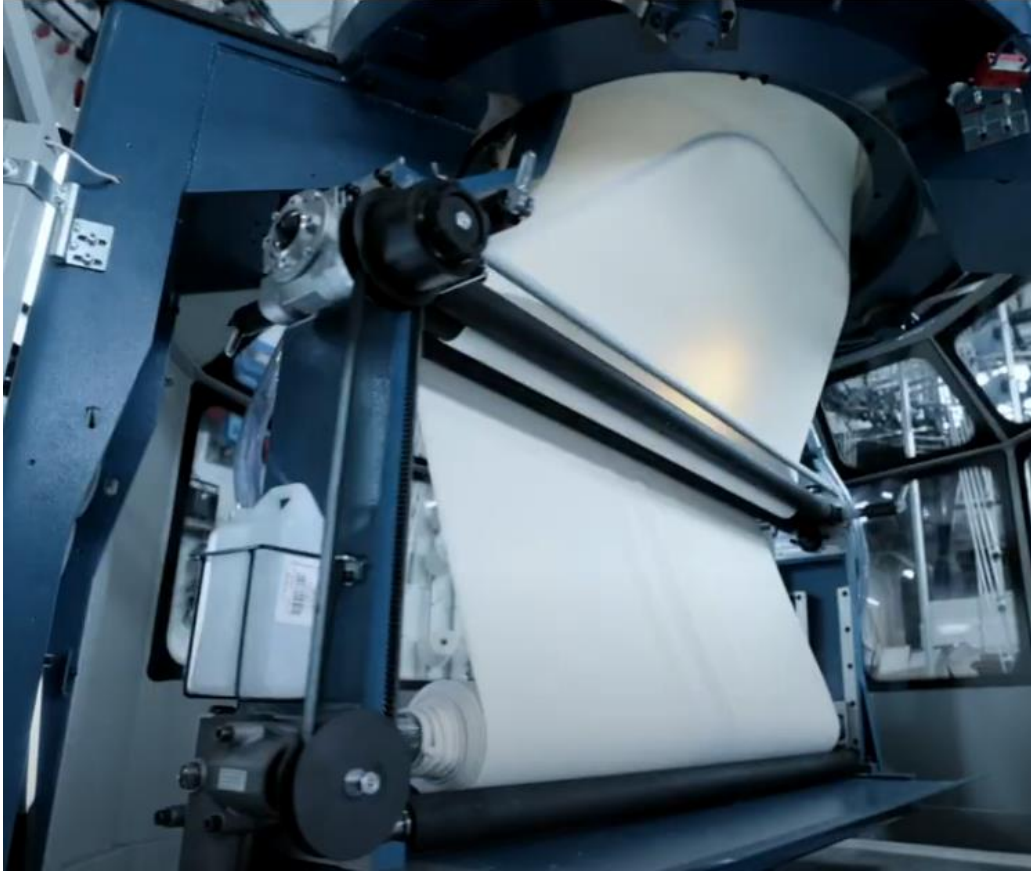


En la figura se observa una construcción cromada en el centro e interior del tejido, este es llamado ensanchador de tejido, el cual incorpora un mecanismo de barra y tornillo para regular la longitud de ensanchado de acuerdo con la densidad del tejido. (Autor).

Figura 16

Sistema de estiraje de tejido

Fuente: ORIZIO portal web.



En la imagen se visualiza como el tejido pasa de un formato lineal a uno tipo rollo, es así como se obtiene el producto una vez tejido 20 kg. aproximadamente 60 m de tela. (Autor).

• Sistema de lubricación

La máquina está equipada con un sistema de lubricación automática, el cual puede ser de dos tipos, dependiendo del modelo y configuración: lubricación por presión mediante bomba automática o lubricación por aerosol mediante inyección de aire. Ambos sistemas son comúnmente utilizados en maquinaria textil de este tipo, aunque cada máquina incorpora solo uno de ellos (véase Figura 17).

En el caso del sistema de lubricación por bomba automática, el lubricante es suministrado desde un tanque presurizado que alimenta pulverizadores ubicados alrededor del sistema de tisaje. Este sistema opera con una alimentación eléctrica de 24 VDC y cuenta con una tarjeta electrónica integrada que regula el flujo del lubricante, administrando aproximadamente 60 ml por minuto.

Por otro lado, el sistema de lubricación por aerosol funciona mediante un tanque que opera con una electroválvula de 24 VAC. Esta permite la entrada de aire seco desde un compresor, generando una neblina lubricante que se aplica con una frecuencia aproximada de 80 ml por minuto, a una presión de entre 4 y 6 bar.

En ambos casos, la lubricación está dirigida exclusivamente a los elementos del sistema de tisaje responsables de la formación del tejido, específicamente platinas y agujas, ubicadas en las fonturas. El lubricante utilizado es de baja viscosidad, con un rango de 22 a 32 cSt (centistokes), según las especificaciones del fabricante.

En cuanto a los sistemas de transmisión, tanto liviana como pesada, estos emplean tanques cerrados que arrastran el lubricante como parte de un sistema de autolubricación. En este caso, la viscosidad del lubricante varía: desde 68 cSt (líquido) para transmisiones livianas, hasta 320 cSt (pastoso) para transmisiones pesadas.

Figura 17

Sistema de lubricación



En las imágenes se observa dos tanques de lubricación el de la izquierda emplea el sistema aerosol para la inyección del lubricante. En la derecha se aprecia el sistema de inyección por bomba automática. (Fuente: portal web. Imagen adaptada)

• Sistema eléctrico y de fuerza.

Las máquinas son energizadas con una alimentación eléctrica trifásica de 220 VAC y una frecuencia de 60 Hz. En caso de requerirse una tensión diferente —por ejemplo, 380 VAC u otro valor específico—, se deben instalar transformadores de conversión adecuados, según el estándar eléctrico del país de origen o destino del equipo.

La alimentación principal se realiza desde la acometida eléctrica hasta el tablero de control de la máquina, mediante un cable tipo 10 AWG, el cual garantiza una capacidad de conducción adecuada para la carga eléctrica del sistema. Esta línea ingresa a través

de una bornera diseñada específicamente para recibir y distribuir las tres fases de alimentación hacia los distintos componentes eléctricos y electrónicos del equipo.

Entre los elementos de distribución y protección conectados a este sistema se encuentran: fusibles de protección, selector de encendido, interruptores termomagnéticos, guardamotores, variadores de frecuencia y controladores electrónicos o PLCs (según el modelo y nivel de automatización de la máquina).

Figura 18

Sistema electromotriz.

Fuente: portal web



De la imagen (Izquierda) motor asíncrono trifásico jaula de ardilla. (Derecha) variador de velocidad y tablero de distribución de corriente.

• Sistema electrónico y de control

Conformado por el conjunto de dispositivos electrónicos encargados de la conversión de corriente alterna (AC) en corriente continua (DC) mediante fuentes de rectificación, filtros de entrada y reguladores de voltaje, los cuales garantizan una alimentación estable y adecuada para los componentes electrónicos de la máquina.

Este sistema integra microprocesadores, circuitos integrados y módulos lógicos que gestionan y supervisan las distintas funciones críticas del proceso de tejido (Figura 19), como el control de velocidad del motor principal, monitoreo de sensores de hilo, regulación de tensiones, sincronización del alimentador, control de lubricación automática, entre otros.

En el desarrollo del módulo automatizado, las tarjetas electrónicas tradicionales fueron reemplazadas por Controladores Lógicos Programables (PLC). Estos dispositivos incorporan microprocesadores industriales que centralizan el procesamiento de señales de entrada/salida (E/S), permitiendo una mayor flexibilidad, diagnóstico en tiempo real y robustez operativa. Además, los PLCs se integran con Interfaces Hombre-Máquina (HMI), facilitando la visualización de parámetros operativos, configuración para el control de la máquina y gestión de alarmas y mantenimiento preventivo.

Esta transición tecnológica optimiza la eficiencia operativa, mejora la trazabilidad del proceso y reduce los tiempos de paro por fallas electrónicas, alineándose con los requerimientos de automatización y digitalización en la industria textil moderna.

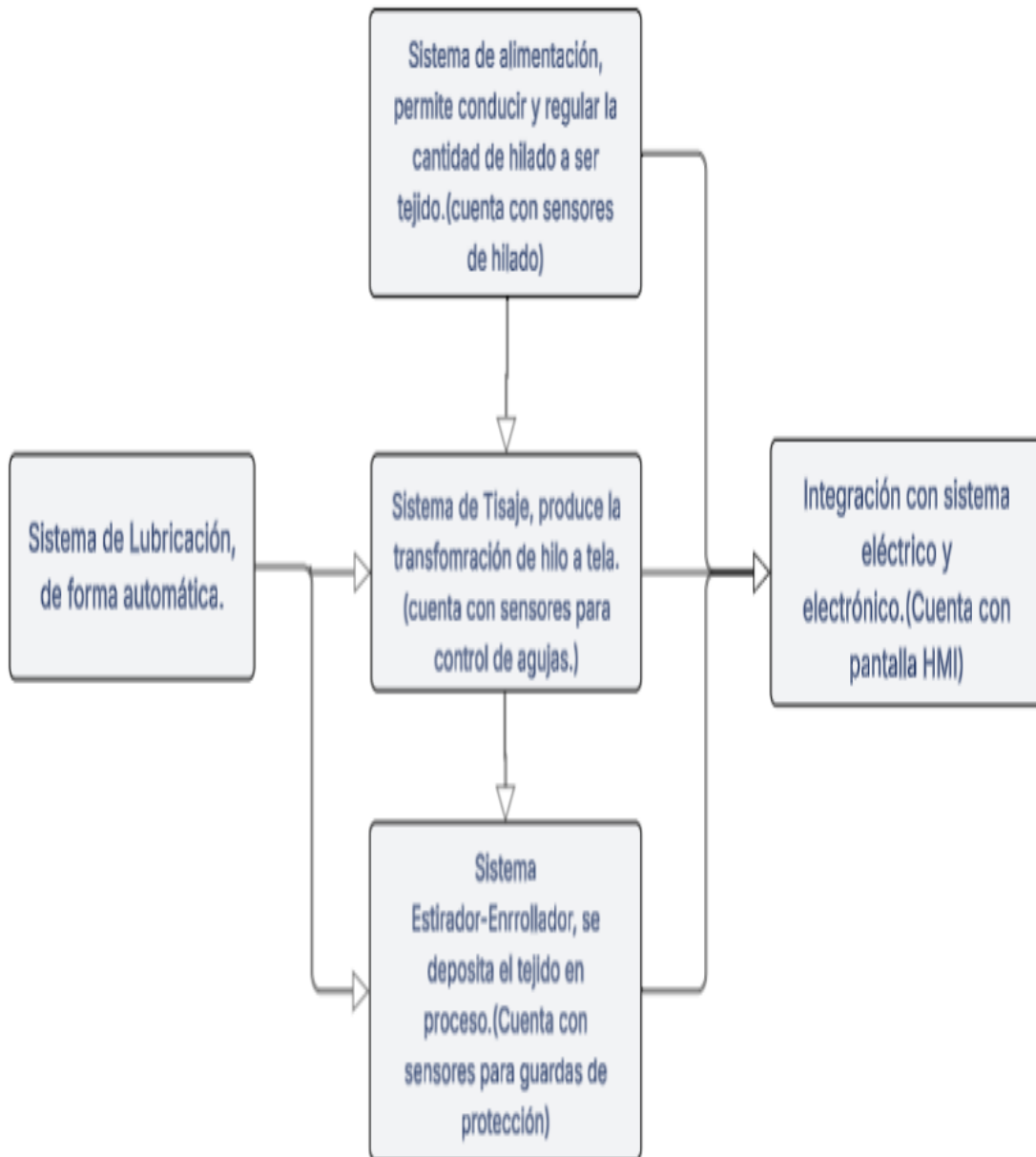
Figura 19
Sistema electrónico y control.



En la figura se observa dos paneles de control de máquina uno táctil, el otro analógico. en el extremo derecho una tarjeta electrónica para el control de máquina.

Figura 20

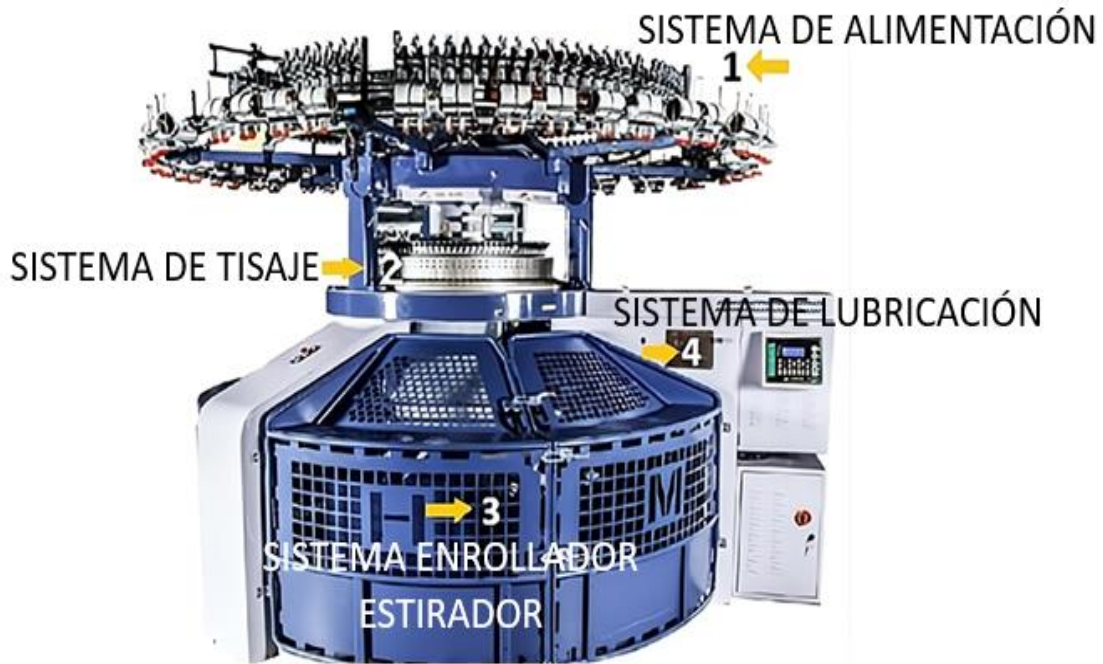
Diagrama explicativo de máquina.



El diagrama muestra el flujo del material y los sistemas integrados durante el funcionamiento de la máquina. (Autor).

Figura 21

Sistemas de máquina circular.



Distribución de los sistemas en las máquinas circulares. (Fuente: portal web. imagen modificada)

Tabla 1

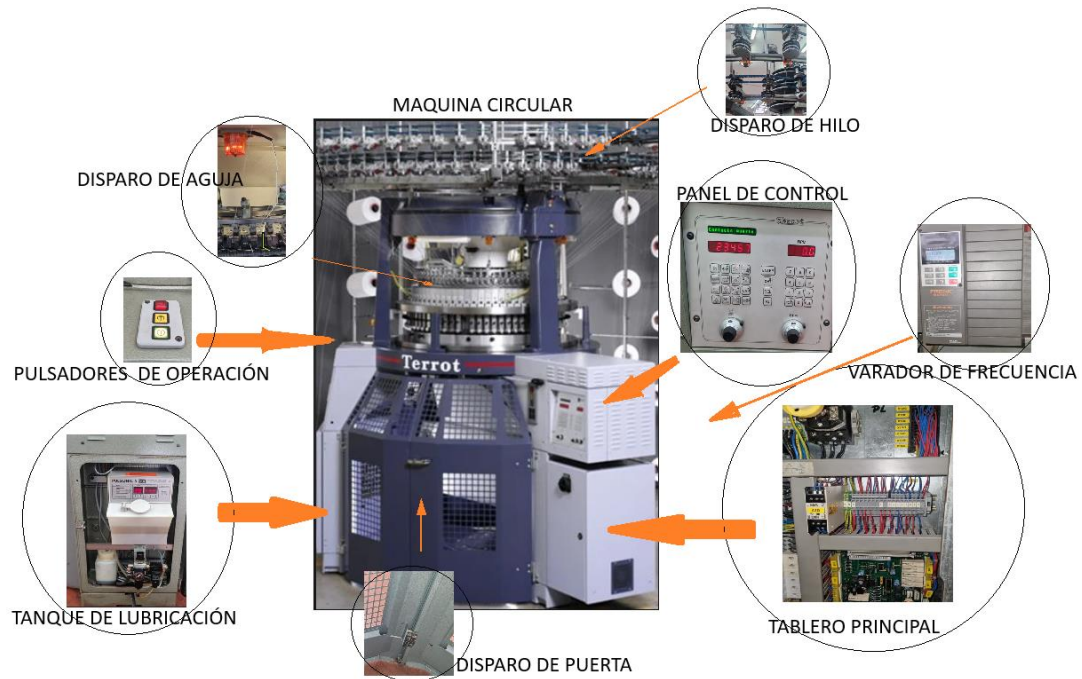
Identificación de sensores por sistema.

ITEM	SISTEMA DE:	DESCRIPCIÓN	MODELO
1	ALIMENTACIÓN	SENSORES QUE IDENTIFICAN LA FALTA DE HILADO	MPF20-K1F
2	TISAJE	SENSORES QUE DETECTAN AGUJA EN MAL ESTADO	SWITCH MECÁNICO
3	ESTIRADOR-ENROLLADOR	SENSORES QUE DETECTAN LA ABERTURA DE GUARDA DE LA MÁQUINA	SWITCH MECÁNICO
4	LUBRICACIÓN	SENSOR DE BOMBEO	FUENTE DC

- **Descripción de los sensores de cada sistema**

Se analizó la distribución de los componentes que automatizan el trabajo de la máquina (figura 22) con el objetivo de evaluar la conveniencia de su distribución en el módulo propuesto.

Figura 22
Distribución de componentes automatizados



- **Sensor de hilado modelo MPF L - Alimentador positivo**

Figura 23
Sensores y alimentadores de hilado.



Alimentadores de hilado que integra los sensores de entrada y salida del material (Fuente: Iro Meminger. Imagen modificada).

• Aplicación

El MPF L cuenta con anillos tensores autolimpiantes en el tensor de entrada del hilo y rueda de alimentación del hilo de giro continuo antidesgaste. Permite el arrollamiento del hilado al mismo tiempo que su entrega a las agujas ofreciendo una tensión de salida del hilo accesible hasta aprox. 1 cN.

Tabla 2

Datos técnicos MPF-L alimentador de hilo.

Circuito de apagado por rotura de hilado. Rango de voltaje (parada de máquina)	24 V
Rango de corriente:	60 mA o 50 mA
Tensión mínima de hilado:	1 cN
Peso (DE ACUERDO CON la versión):	desde 430 g a 660 g (aprox.)

Figura 24

Diagrama de conexión alimentadores de hilo.

Fuente: Autor

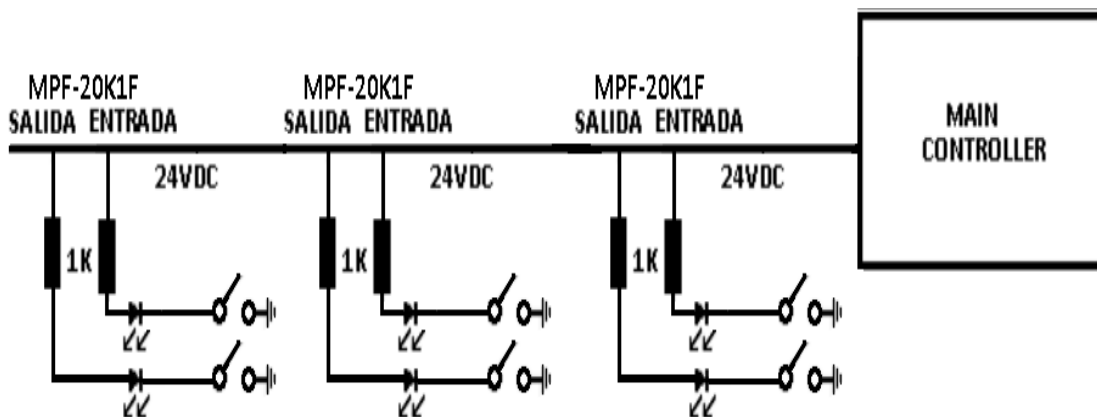


Figura 25
Alimentador en explosión

Fuente: Autor

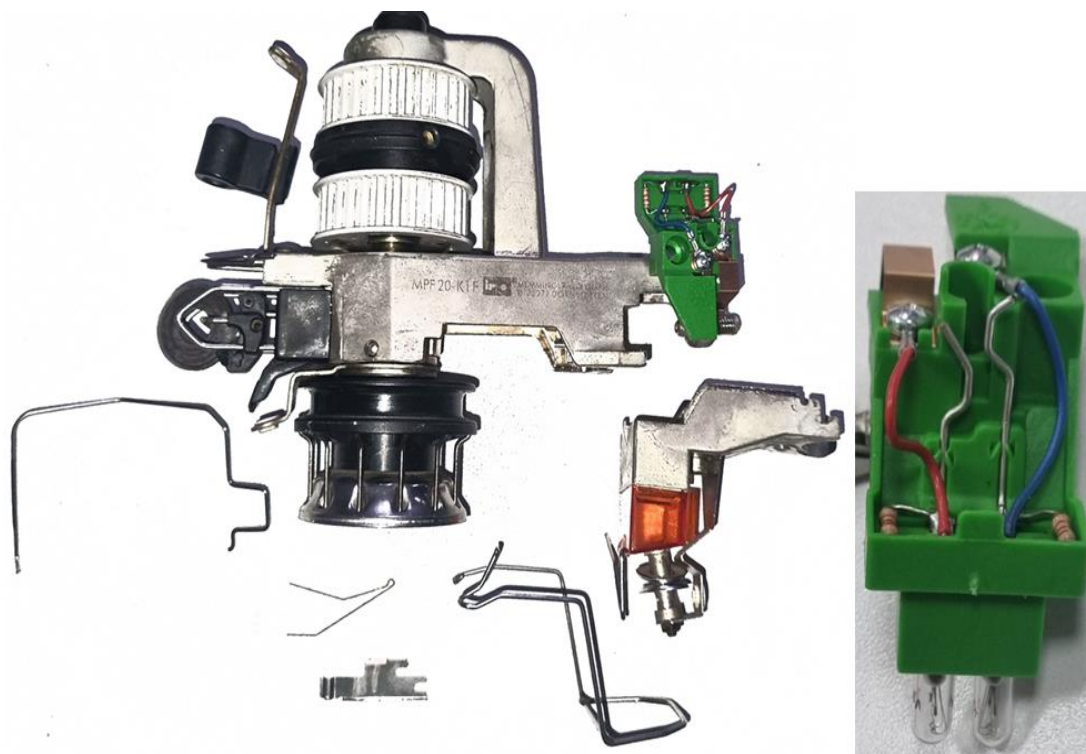


Figura 26
Sensor de aguja.

Fuente: Autor.



Estos modelos de sensor se ubican muy próximo a las agujas en movimiento, para detectar talones de aguja rota y/o lengüetas torcidas.

Figura 27

Diagrama eléctrico de sensor de aguja.

Fuente: Plano de máquina. modificado

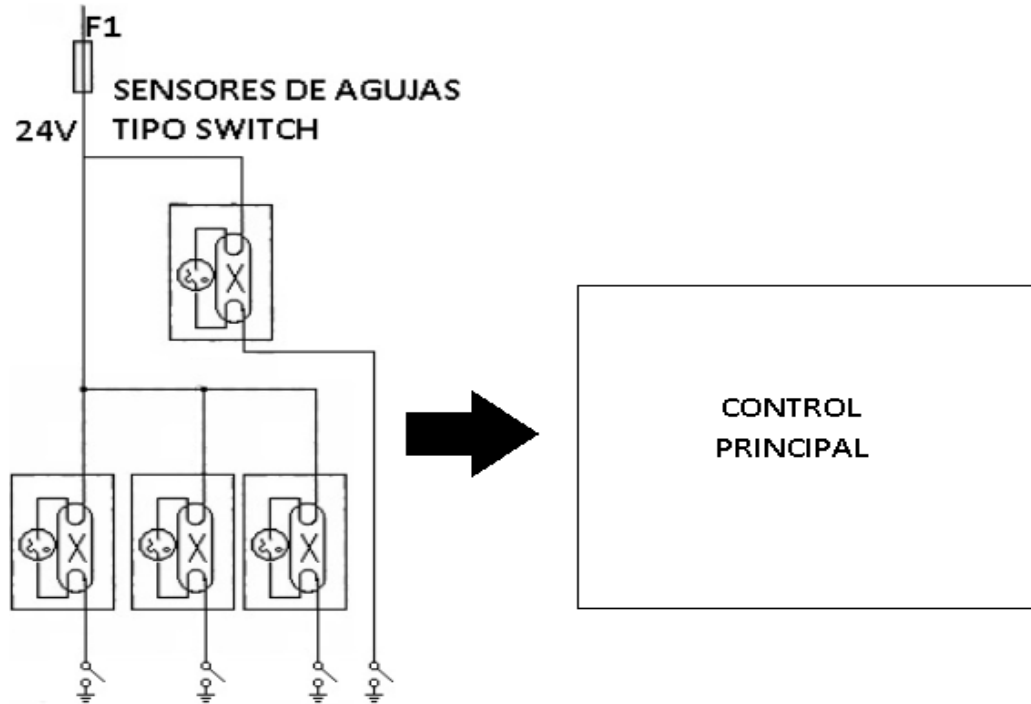
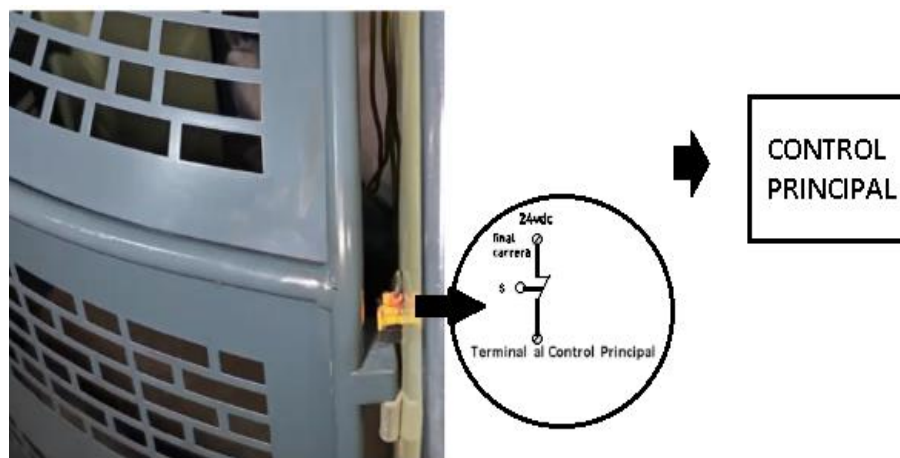


Figura 28

Sensor de puerta.

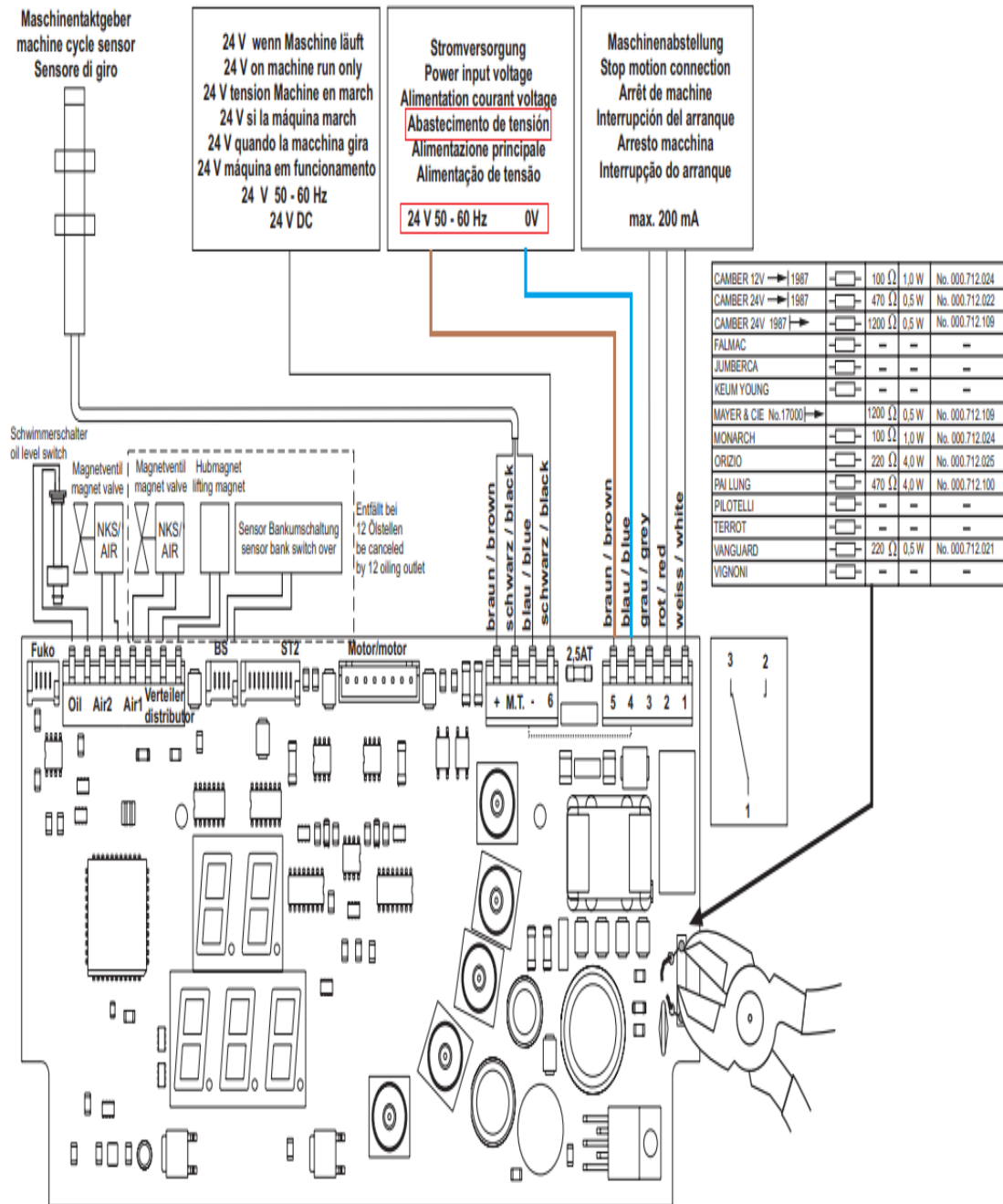


Sensor electric switch que se activa por cierre mecánico al abrir la puerta. (Fuente: autor).

Figura 29

Plano tanque de lubricación.

Fuente: Manual fabricante.



En color marrón y azul se resalta la condición de funcionamiento del sistema, gobernado por una tarjeta electrónica dedicada. (Fuente: autor).

3.3.2 Diseño del módulo de automatización.

A continuación, se procedió al diseño detallado del tablero de automatización esto incluía la selección de componentes, el diseño del esquemático, la disposición y organización de elementos, considerando aspectos como la facilidad de uso, la integración con los contenidos del curso y la robustez del diseño para aplicaciones prácticas.

Diseñar un módulo de automatización implica varios pasos que cubren tanto el diseño esquemático como la implementación física de los componentes.

Planificación del módulo de automatización:

Una vez definidos los componentes y el diseño del circuito (anexo 2) para el módulo de automatización, se procedió a establecer el esquema general del sistema. El módulo didáctico de automatización, diseñado para una máquina circular, fue estructurado en tres secciones instrumentales principales (véase Figura 30):

1. Sección de alimentación y protección

Esta sección abarca el suministro eléctrico desde la acometida principal, e incluye los dispositivos de protección del módulo, tales como llaves termomagnéticas y sensores de seguridad integrados a la máquina (con capacidad de disparo automático ante fallos).

2. Sección de control y monitoreo

Comprende la fuente de alimentación en corriente continua (DC) para el

sistema, así como el PLC, las borneras de distribución, y los elementos asociados al monitoreo y procesamiento de señales.

3. Sección de ejecución y comunicación

Incluye los dispositivos encargados de la ejecución y control del proceso, tales como el Variador de Frecuencia (VDF) Schneider, pulsadores de mando, y los canales de comunicación de señales entre los distintos componentes del sistema.

Nota técnica:

El motor de accionamiento no se encuentra fijado permanentemente al módulo debido a la necesidad de mantener el sistema móvil para los distintos ensayos. Por esta razón, aunque el motor corresponde a la tercera sección funcional, no se incluye físicamente en el módulo y se traslada por separado. Puede utilizarse cualquier motor compatible con los parámetros de configuración del VDF (véase Figura 38).

Figura 30
 Diseño del esquema general del módulo automatizado
 Fuente: Autor

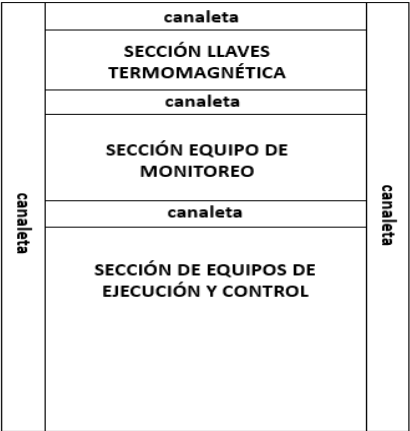
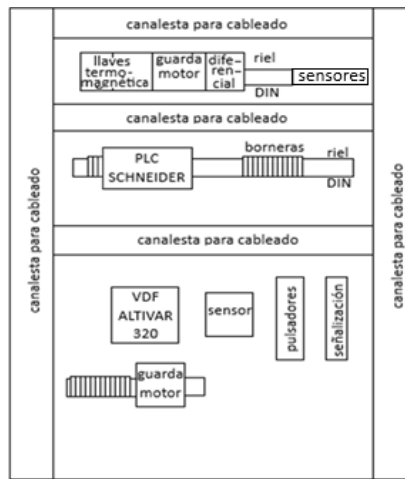


Figura 31

Diseño del esquema de distribución de componentes



Proyección final del módulo implementado. (Fuente: autor).

- **Selección y organización de los componentes.**

Reunir y clasificar todos los componentes necesarios para el ensamblado, como llaves termomagnéticas, guardamotor, plc, variador, sensores, borneras, etc. En las tablas 3 y 4 se muestra los componentes utilizados y herramientas. En la tabla 3 se muestran los precios. Tener los componentes antes de comenzar es crucial por varias razones:

- **Planificación y organización**

Contar con todos los componentes permite asegurarse de que el diseño está completo y que no faltan partes esenciales, evitando interrupciones y errores. durante el proceso.

- **Flujo de trabajo continuo**

Evita interrupciones durante el proceso de ensamblaje, permitiendo la instalación de manera rápida y eficiente sin tener que detenerse para buscar o adquirir piezas faltantes. Verificar que los valores de los componentes sean los correctos según diseño y que no

falte ninguno. También es importante organizar los componentes por tipo o por el orden en que serán colocados.

Tabla 3
Componentes del módulo automatizado.

ítem	componentes	cantidad	precio
1	Llave termomagnética C25 General electric YCL7-63	1	30
2	Llave termomagnética Stronger ALF6K/3 C10	1	25
3	Guarda motor ABB MS116	2	300
4	Diferencial Stronger 25A - 30mA	1	75
5	PLC Schneider M221CE40R	1	1800
6	Bornera universal 16 mm ²	30	60
7	Variador Schneider mod Altivar320	1	1200
8	Cable THW -90 12AWG 450/720V 3.5mm	1	10
9	Cable 16AWG 300V	1	30
10	Motor 3Φ jaula de ardilla 1HP	1	750
11	Rieles para cable	1	50
12	Pulsador eléctrico verde	1	20
13	Pulsador eléctrico rojo	1	20
14	Pulsador eléctrico amarillo	1	20
15	Enchufe trifásico MENNEKES	1	39
16	Cable NPT 4x8 AWG Vulcanizado 0.6/1 KV	1	15
17	Sensores tipo switch	3	150
		Total	4594

Tabla 4
Herramientas y materiales.

ítem	Herramientas	Cantidad	precio
1	Alicate de corte	1	15
2	Pela cable	1	15
3	Destornillador estrella	1	10
4	Destornillador plano	1	10
5	broca 5mm HSS	1	7
6	Taladro de mano 550w	1	300
7	Multitester	1	160
8	broca 5mm HSS	1	7
9	Tornillos de sujeción	20	15
10	Materiales de oficina, internet, transporte.	1	100
11	Tablero de control + montaje + estructura	1	150
		total	789

3.3.3 Elaboración del Prototipo Módulo automatizado

Los componentes se colocan manualmente en sus respectivas posiciones en el tablero. Esto es común en pequeños lotes o prototipos. Los componentes deben ser colocados de acuerdo con el diagrama de referencia. (ANEXO 2 Y 5).

En las figuras (32 y 33) se muestran los avances en colocar los componentes y pruebas de continuidad.

Figura 32

Instalación de componentes y pruebas de continuidad.

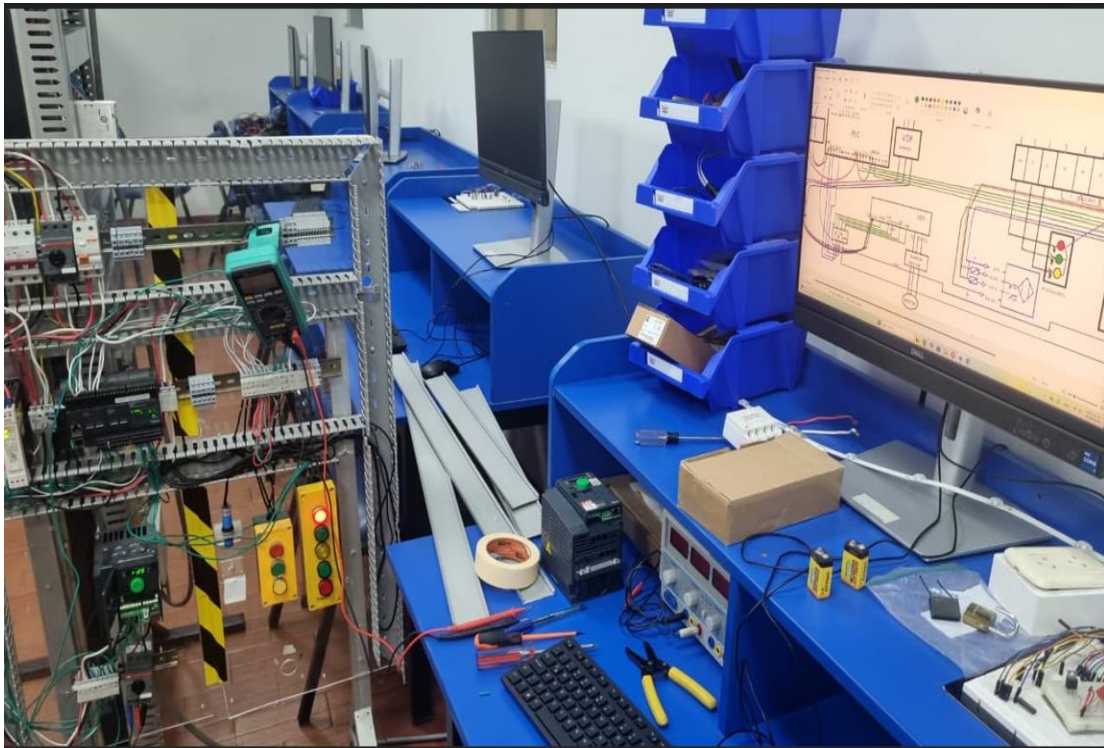


Figura 33

Primeros ensayos de funcionamiento

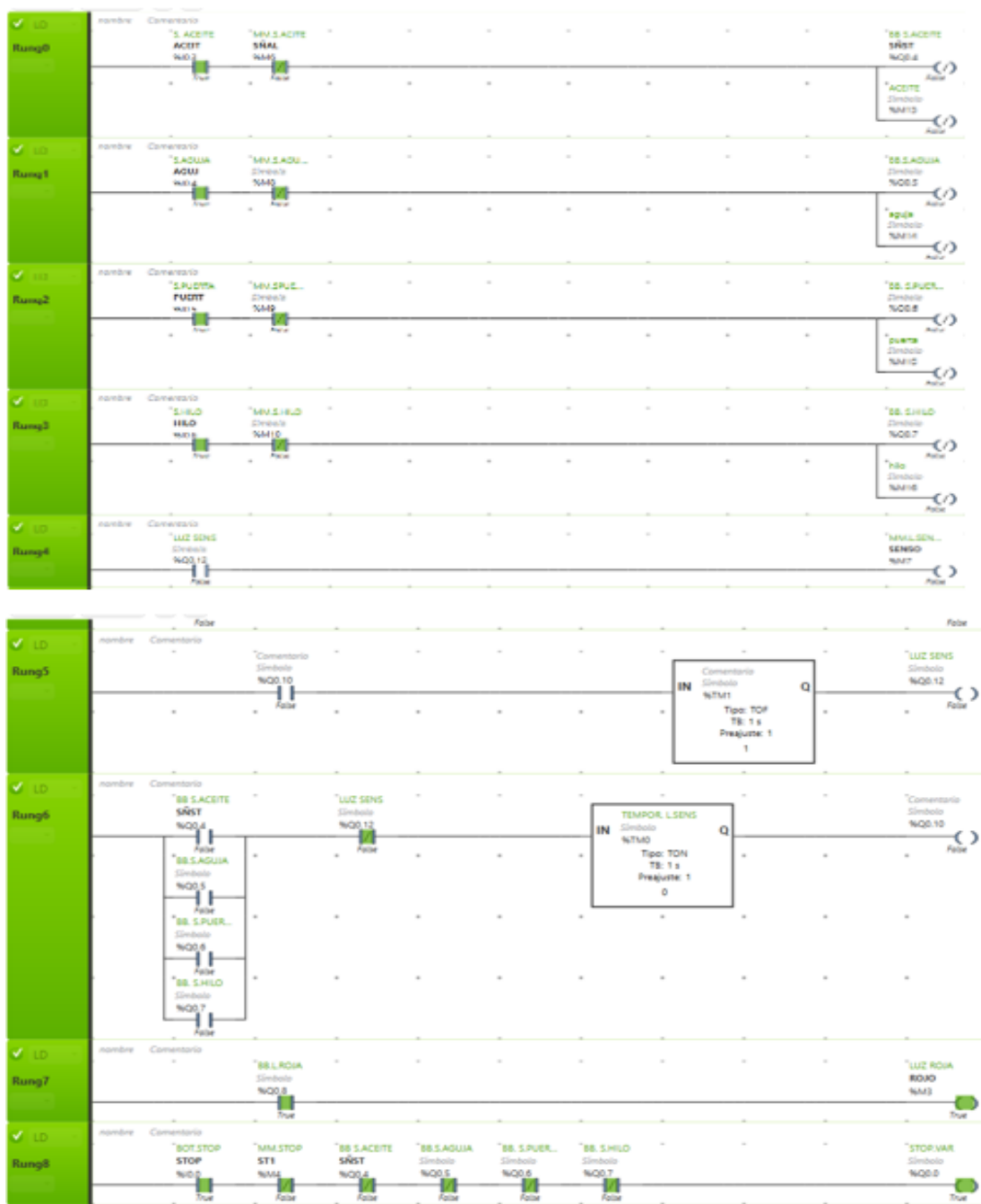


Implementación de Módulo Automatizado

- **Programación en lenguaje Ladder del PLC**

Se procedió a desarrollar la configuración; en lenguaje Ladder, de la lógica de funcionamiento del sistema automatizado. Se tiene en cuenta que la configuración obedece estrictamente al funcionamiento del sistema de trabajo de la máquina circular. El desarrollo lo componen 16 líneas definidas como Rung e iniciando desde el nivel 0.

Figura 34
Programación Ladder parte1.



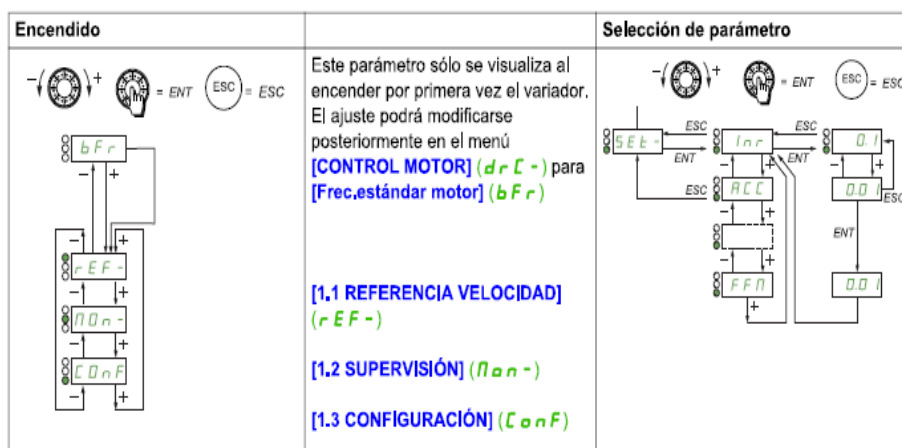
[illegible]

- Configuración del variador de velocidad ALTIVAR 320 modelo ATV320U15M3C

Figura 36
Secuencia de configuración VDF

Descripción general

Estructura de los menús



En la pantalla de 7 segmentos, se utiliza un guión tras los códigos de menú y de submenú para diferenciar éstos de los códigos de parámetro.

Ejemplo: [FUNCIONES APLICACIÓN] (F u n -), que es menú, y [Rampa aceleración] (A C C), que es parámetro.

Se procedió con la configuración a 3 hilos de acuerdo con las indicaciones del fabricante. Teniendo en cuenta las características del motor, variables de la red eléctrica de lima - Perú para la correcta configuración de los parámetros que por defecto obedecen al estándar europeo. (Fuente: Manual Fabricante).

Figura 37
Configuración VDF a 3 hilos.

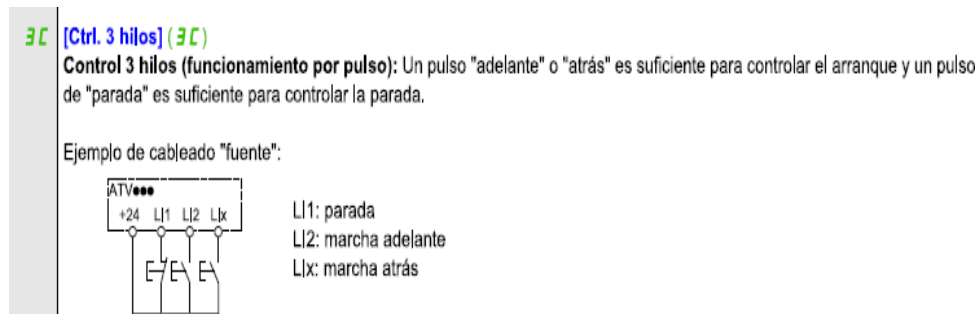


Figura 38
Placa de características motor trifásico

Fuente: Autor



Es importante tener presente la relación de cálculo para determinar los polos del motor, dato importante para la correcta configuración del VDF.

Para determinar el número de polos de un motor a partir de su velocidad y la frecuencia de la red, usa la fórmula:

$$P = 120F/S$$

Donde:

P = Número de polos

F = Frecuencia en Hertz (Hz)

S = Velocidad síncrona del motor en RPM.

Para motores de uso común en 60 Hz.

- **Configuración del software MOVICON 11.3 para desarrollo de HMI**

HMI es la interfaz que permite la interacción del operador con la máquina, en este caso se emplea un display de la marca Schneider

Figura 39
HMI VIPA

Fuente: Autor



Pantalla táctil VIPA de la firma SCHNEIDER. Se muestra el frontal y la parte posterior con puerto ETHERNET para conexión del PLC y puerto USB para la descarga de pantallas diseñadas. (Fuente: autor)

Figura 40
Características técnicas HMI VIPA.

Fuente: Portal Web. Fabricante.

Data sheet

Touch Panel TP 607LC+ (62H-MHC0-DH)

Technical data

Order no.	62H-MHC0-DH
Type	Touch Panel TP 607LC+
General information	
Note	-
Features	7", TFT, 800x480 pixel Cortex-A8 processor, 1000MHz 256 MB work memory, 128 MB user memory RS232, RS422/485, USB-A, Ethernet RJ45 (MPI/DP interface optional available) Windows Embedded CE 6.0 Core, Runtime Movicon CE Basic
Display	
Display size (diagonal)	7 "
Display size (width)	152 mm
Display size (height)	91 mm
Resolution	480 x 800 / 800 x 480
Aspect ratio	5:3
Type of display	TFT color (64K colors)
MTBF Backlights (25°C)	50000 h

- **Desarrollo de entorno virtual**

Se procedió configurando el entorno y controles de acuerdo con la lógica de funcionamiento en el software MOVICOM 11.3.

Figura 41

Diseño de interfaz gráfica.

Fuente: autor.



Desarrollo de la configuración y asignación de variables en el entorno virtual. Se llevó a cabo la configuración del entorno virtual y la asignación de variables necesarias para el diseño de una interfaz gráfica que permite la interacción del operador con el funcionamiento del módulo de automatización. La interfaz fue desarrollada utilizando el software Movicon 11.3, y posteriormente grabada en la memoria flash del HMI Vipa, perteneciente a la línea de automatización industrial de Schneider Electric. La imagen correspondiente muestra la personalización del entorno gráfico, diseñada específicamente para representar los procesos de la máquina circular, permitiendo una visualización clara del estado operativo y el control de los diferentes componentes del sistema.

Figura 42
Desarrollo de Pantallas gráficas

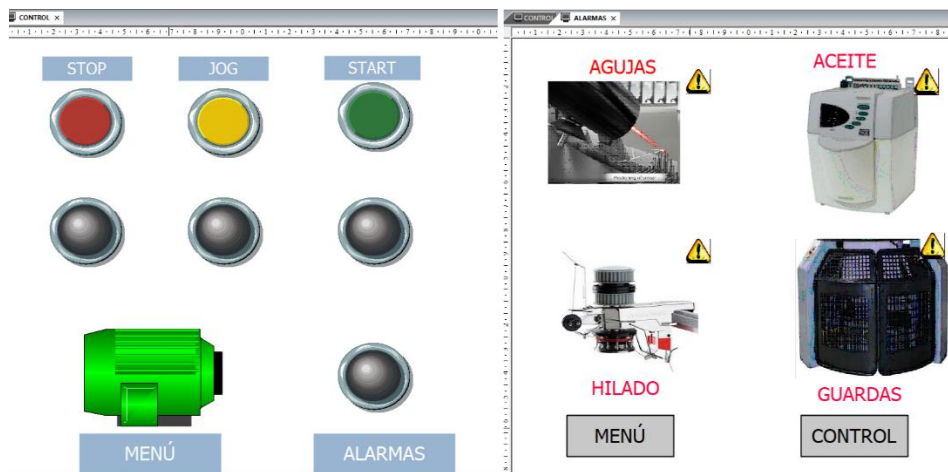


Figura 43
Configuración para ejecución de control



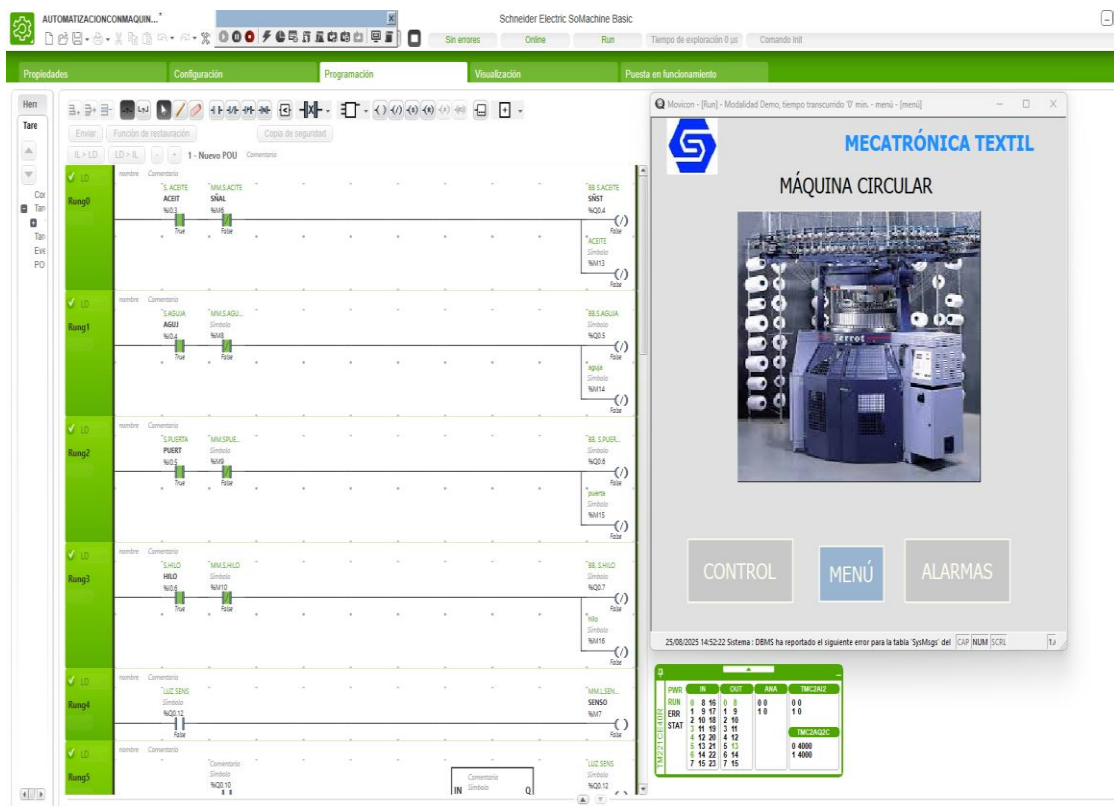
Finalizado el entorno de programación gráfica, se realizó la asignación de comandos según programación a ejecutar en el módulo. (Fuente: autor).

- **Ensayo de funcionamiento final**

Se realizó el enlace del entorno virtual HMI con el programa de funcionamiento, debiendo conectar el entorno desarrollado en el software Movicon 11.3 con el programa desarrollado en el software SoMachine Basic.

El ensayo debe ser exacto, sin ningún tipo de conflictos entre ambos softwares.

Figura 44
Prueba de funcionamiento interfaz y funciones de operación.



Las funciones ejecutadas responden a la interfaz desarrollada. (fuente. autor).

Funcionamiento del módulo de automatización

El funcionamiento del módulo se lleva a cabo con un enfoque pedagógico, considerando su aporte académico en el desarrollo de las actividades del curso Seminario III. Se constata que los contenidos abordados cumplen con lo establecido en el diseño curricular y resaltan la importancia de la práctica en el proceso de aprendizaje. La incorporación de un módulo automatizado para las máquinas circulares brinda a los estudiantes la oportunidad de interactuar directamente con la lógica operativa del equipo, la conexión de sensores y la automatización de funciones, aspectos contemplados en el plan del curso. Esto fortalece la comprensión teórica mediante la aplicación práctica. Asimismo, la revisión de las tareas y evaluaciones realizadas evidenció el logro efectivo de los objetivos de aprendizaje, garantizando una formación coherente con los requerimientos del curso y promoviendo el desarrollo de competencias técnicas clave para el ámbito industrial. A continuación, se presenta el detalle de la evaluación técnica.

Prueba de funcionalidad

Durante el desarrollo del módulo especializado, se verifican las conexiones mediante pruebas de continuidad entre los distintos componentes. Esta verificación debe realizarse progresivamente durante el ensamblaje para garantizar el correcto funcionamiento y facilitar la detección y corrección inmediata de posibles fallos.

En el proceso, se conecta el módulo a la fuente de alimentación y se utilizan instrumentos de medición, como el multímetro, para monitorear los niveles de voltaje.

Una función clave consiste en descargar desde la PC al PLC la configuración programada en lenguaje Ladder, que corresponde a las funciones automáticas específicas de la máquina circular, asegurando la correcta operación del módulo.

Figura 45

Módulo automatizado para máquina circular.



Ensayos de funcionamiento realizados empleando pantalla HMI (Fuente: autor).

• **Comparativo de funcionamiento que explica de manera detallada la riqueza del módulo entre Máquina Circular Real y Módulo Didáctico de Automatización**

El siguiente cuadro presenta una comparación técnica entre una máquina circular de género de punto por trama y el módulo didáctico de automatización especializado desarrollado en el presente trabajo. El propósito del cuadro es destacar las correspondencias funcionales, diferencias de escala y adaptación pedagógica que permiten comprender la equivalencia técnica entre ambos sistemas.

<u>Aspecto</u>	<u>Máquina Circular Real</u>	<u>Módulo Didáctico de Automatización Especializado</u>	<u>Observación</u>
Escala	Industrial, tamaño grande, motor >3HP	De laboratorio, motor 1HP	Permite prácticas seguras y controladas.
Fuente de energía	Trifásica 220V – 380V	Trifásica 220V con protecciones	Mismo principio de potencia con protección didáctica.
Sistema de alimentación de hilo	Alimentadores con sensores de rotura	Simulación mediante sensores mecánicos de carrera	Se replica la señal de falta de hilo como entrada digital.
Tisaje (formación del tejido)	Movimiento mecánico de agujas sincronizadas	Emulación de movimiento mediante motor y señales de control	Se interpreta la lógica de trabajo de levas y agujas.
Lubricación automática	Bombas controladas por temporizador o sistemas embebidos	Temporización de salida digital (simulada)	Permite estudiar el principio de control.
Enrollado y estirado	Rodillos con control de velocidad variable	Motor trifásico controlado por variador Altivar 320	Reproduce el control de velocidad por VFD.
Control y automatización	PLC o sistema embebido con sensores y actuadores industriales	PLC Schneider M221CE40R con salidas a relés y variador	Mantiene el principio de control lógico secuencial.
Interfaz de usuario	Pantalla de operador para monitoreo de funcionamiento.	Pantalla táctil para funciones de control y marcha.	Facilita la interacción educativa.

	Panel industrial con pulsadores y luces de estado	Tablero didáctico con pulsadores (marcha, paro, lenta) y luces piloto	
Propósito	Producción textil continua	Formación técnica, simulación y diagnóstico	Aplicación pedagógica con enfoque técnico.
Seguridad operativa	Barreras físicas, enclavamientos, paros de emergencia	Sistema de protección eléctrica y paro de emergencia	Condiciones seguras para prácticas.

Nota: El módulo didáctico mantiene los principios de control y automatización de la máquina circular real, pero adaptados a una escala segura, pedagógica y de bajo consumo, con el objetivo de facilitar la enseñanza práctica de la automatización industrial aplicada al sector textil.

IV. CONCLUSIONES

- Se logró cumplir el objetivo general mediante el diseño e implementación exitosa de un módulo didáctico de automatización especializado, capaz de reproducir los principales sistemas funcionales de una máquina circular de género de punto por trama. Este módulo integra un PLC Schneider M221CE40R, un variador de frecuencia Altivar 320, sensores, pulsadores y dispositivos de protección eléctrica que permiten emular, de manera controlada, los procesos de alimentación, tisaje y control de la máquina textil. Su desarrollo demostró la viabilidad técnica y pedagógica de implementar recursos que integran la automatización industrial real con fines educativos, fortaleciendo el proceso formativo de los futuros técnicos en Mecatrónica Textil.
- El estudio técnico permitió comprender con precisión la estructura y la lógica operativa de las máquinas circulares, identificando los subsistemas esenciales: alimentación de hilado, tisaje, enrollado, lubricación, fuerza y control. Este análisis sirvió de base para seleccionar los procesos susceptibles de ser representados mediante automatización didáctica, garantizando correspondencia funcional con la máquina real. La caracterización permitió establecer la arquitectura técnica del módulo y definir los parámetros eléctricos y electrónicos adecuados.
- El diseño del módulo se estructuró en tres secciones instrumentales: alimentación y protección, control y monitoreo, y ejecución y comunicación. Estas etapas se planificaron de acuerdo con criterios de seguridad, accesibilidad pedagógica y correspondencia industrial. La integración del PLC con el variador de frecuencia y los sensores permitió desarrollar un sistema modular, escalable y flexible, apto para la

simulación de fallos, el análisis de señales y la programación de secuencias lógicas. El diseño logró conjugar la ingeniería eléctrica con la didáctica aplicada.

- El proceso de implementación comprendió el ensamblaje eléctrico, la conexión de los dispositivos de control y la programación del PLC en lenguaje Ladder, conforme a la norma IEC 61131-3. Las pruebas de funcionamiento confirmaron la estabilidad del sistema, la correcta comunicación entre los sensores y el variador, y la respuesta automática ante condiciones de falla simuladas. Los resultados con la operatividad del módulo y su fidelidad respecto a los principios funcionales de la máquina textil circular, es satisfactorio, asegurando su efectividad como herramienta formativa.

V. RECOMENDACIONES

- Incorporar nuevos elementos de automatización, como comunicación industrial Modbus y monitoreo remoto, que permitan simular redes de control distribuidas y prácticas de supervisión de procesos textiles.
- Revisar periódicamente los componentes del módulo (PLC, variador, sensores) para mantenerlos actualizados con las tecnologías vigentes en el ámbito de la automatización industrial textil.
- Elaborar manuales de prácticas y protocolos de operación para orientar el uso pedagógico del módulo, asegurando una secuencia progresiva desde la comprensión básica del sistema hasta la programación avanzada.
- Incorporar el módulo dentro del plan de estudios de *Seminario III* como unidad práctica obligatoria, articulándolo con los cursos de control industrial, instrumentación y mantenimiento mecatrónico.
- Implementar una evaluación continua sobre el impacto del módulo en el aprendizaje, recopilando retroalimentación de docentes y especialistas, con el fin de perfeccionar su diseño y funcionalidad.
- Promover la replicación del módulo en otras sedes del SENATI o en programas similares de formación técnica, con el propósito de estandarizar recursos innovadores para la enseñanza de automatización textil.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ajgaonkar, D. B. (1998). *Knitting: Technology*. Universal Publishing Corporation.

Alman Corozo, C., & Campoverde Rea, J. (2019). *Diseño e implementación de un módulo didáctico electroneumático para prácticas de procesos industriales utilizando un PLC S7-1200 e interfaz HMI* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS.

Booth, J. E. (2011). *Textile Mathematics*. Textile Institute.

Centro Nacional de Planeamiento Estratégico [CEPLAN]. (2023). *Lineamientos para el desarrollo tecnológico del sector textil*. CEPLAN.

Cwi, M. (2022). *Robótica y automatización: de los conceptos a la didáctica. Programación. Educación tecnológica. Pensamiento computacional. Interdisciplina*. Noveduc.

Díaz Barriga, F. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. McGraw-Hill.

Filgueira, R. (2018). Cerrando la brecha futura de habilidades en América Latina y el Caribe a través de la innovación del aprendizaje aplicado. *Boletín Técnico de Senac*, 44(3). <https://doi.org/10.26849/bts.v44i3.723>

García, L., & Pérez, M. (2021). *Sistemas de automatización industrial*. Ediciones Técnicas.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.

- International Electrotechnical Commission [IEC]. (2013). *IEC 61131-3: Programmable controllers – Part 3: Programming languages*. IEC.
- International Textile Manufacturers Federation [ITMF]. (2021). *Textile Machinery in the 21st Century*. ITMF Publications.
- Kumar, L. A., & Senthil Kumar, M. (2018). *Automation in textile machinery: Instrumentation and control system principles*. CRC Press.
- López, L., & Tünnermann, C. (2018). *Innovación educativa en la formación técnica*. Fondo Editorial Universitario.
- Ministerio de la Producción. (2020). *Informe sobre la industria textil peruana*. Gobierno del Perú.
- Orizio. (2023). *Single jersey circular knitting machine*. <https://www.orizio.com/>
- Rockwell Automation. (2021). *Programmable Logic Controllers (PLCs): The basics*. <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/blogs/what-is-a-plc.html>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2022). *Fundamentos de metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Spencer, D. J. (2001). *Knitting technology: A comprehensive handbook and practical guide*. Woodhead Publishing.
- Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Paidós.

- Terrot Textilmaschinen GmbH. (s. f.). *Products – Circular knitting machines: Electronically and mechanically controlled machines*.
<https://www.terrot.de/en/produkte/default.aspx>
- Terrot Textilmaschinen GmbH. (s. f.). *Press kit – Terrot GmbH: Success story, company profile*. https://www.terrot.de/pdf/en/press_kit_terrot.pdf
- Tobón, S. (2010). *Formación basada en competencias: Pensamiento complejo y educación*. Ecoe Ediciones.
- UNESCO. (2019). *Educación técnica y formación profesional: Recomendaciones para América Latina*. UNESCO Publishing.
- Valverde, J. (2024). *Implementación de un módulo didáctico basado en comunicación industrial utilizando Modbus RTU y TCP/IP para el monitoreo y control de un motor trifásico* [Tesis de maestría, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio UPSE.

VII. ANEXOS

anexo 1 funciones de configuración del variador de frecuencia altivar 320

Modo Configuración (ConF)

Acceda a los parámetros que se describen en esta página mediante:

DRI- > CONF > FCS-

Ajustes de fábrica

Código	Nombre/Descripción	Ajuste de fábrica
ConF	[1,3 CONFIGURACIÓN]	
FCS-	[AJUSTES DE FÁBRICA]	
FCS,	[Config. fuente]	[Macroconf.] (no)
★	Opciones de configuración. Si la función de conmutación de configuración está configurada, no se podrá acceder a [Config. 1] (F F G 1) ni a [Config. 2] (F F G 2) . Nota: Para cargar los preajustes del variador memorizados previamente ([Config. 1] (S E r 1) o [Config. 2] (S E r 2)), seleccione la configuración fuente [Config. fuente] (FCS-) = [Config. 1] (F F G 1) o [Config. 2] (F F G 2) seguida de un ajuste de fábrica [Ret. AJUSTES FÁBRICA] (GFS-) = [SI] (YES) .	
no F F G 1 F F G 2	[Macroconf.] (no) : Configuración de fábrica que restablece la macroconfiguración seleccionada. [Config. 1] (F F G 1) : Configuración 1 [Config. 2] (F F G 2) : Configuración 2	
F r y -	[GRUPOS PARÁMETROS] Selección de los menús que se van a cargar. Consulte el procedimiento de selección múltiple de la página 37 para el terminal integrado y el de la página 28 para el terminal gráfico. Nota: En la configuración de fábrica y después de restablecer los ajustes de fábrica, el menú [GRUPOS PARÁMETROS] estará vacío.	
RLL d r n	[Todos] (RLL) : Todos los parámetros (el programa de bloques funcionales también se borrará). [Config. variador] (d r n) : El menú [1 MENÚ VARIADOR] (d r n -) sin [COMUNICACIÓN] (C o n -) . En el menú [2,4 CONFIG. VISUALIZACIÓN] , el parámetro [Ret. nombre estándar] (GSP) de la página 293 se vuelve a establecer en [No] (no) .	
no C o n	[Parámetros motor] (no) : Parámetros del motor (consulte la página 301). Sólo se puede acceder a las selecciones siguientes si [Config. fuente] (FCS-) se establece en [Macroconf.] (no) . [Menú COMUNIC.] (C o n) : El menú [COMUNICACIÓN] (C o n -) sin los parámetros de [Direcc. Scan In1] (n n R 1) a [Direcc. Scan In8] (n n R 8) ni de [Dirección Scan Out1] (n C R 1) a [Dirección Scan Out8] (n C R 8) . [Config. visualización] (d i S) : El menú [3,3 PANTALLA SUPERVISIÓN] (n C F -) .	
GFS	[Ret. AJUSTES FÁBRICA]	
★ 2 s	⚠ ADVERTENCIA FUNCIONAMIENTO NO DESEADO DEL EQUIPO Compruebe que el restablecimiento de la configuración de fábrica sea compatible con el tipo de cableado utilizado. El incumplimiento de estas instrucciones puede causar la muerte, lesiones serias o daño al equipo. Sólo se pueden recuperar los ajustes de fábrica si previamente se ha seleccionado al menos un grupo de parámetros.	
no YES	[No] (no) : No [SI] (YES) : El parámetro vuelve a establecerse automáticamente en [No] (no) en cuanto se termina la operación.	
SCS,	[Guardad config.]	[No] (no)
★	La configuración activa que se va a guardar no aparece en la selección. Por ejemplo, si es [Config. 0] (S E r 0) , sólo aparecen [Config. 1] (S E r 1) y [Config. 2] (S E r 2) . El parámetro vuelve a establecerse en [No] (no) en cuanto se termina la operación.	
no S E r 0 S E r 1 S E r 2	[No] (no) : No [Config. 0] (S E r 0) : Mantenga pulsada la tecla ENT durante 2 segundos. [Config. 1] (S E r 1) : Mantenga pulsada la tecla ENT durante 2 segundos. [Config. 2] (S E r 2) : Mantenga pulsada la tecla ENT durante 2 segundos.	

★ Estos parámetros sólo aparecen cuando se ha seleccionado la función correspondiente en otro menú. Cuando se puede acceder a los parámetros y ajustarlos desde el menú de configuración de la función correspondiente, su descripción se detalla en las páginas indicadas de estos menús para facilitar la programación.

2 s Para cambiar la asignación de este parámetro, pulse la tecla ENT durante 2 segundos.

NVE41298 10/2017

81

Acceda a los parámetros que se describen en esta página mediante:

DRI- > CONF > FULL > SIM

Código	Nombre/Descripción	Rango de ajuste	Ajuste de fábrica
ƒ F r	[Frecuencia Máxima] El ajuste de fábrica es 60 Hz o se sustituye por 72 Hz si [Frec.estándar motor] (b F r) se establece en 60 Hz. El valor máximo está limitado por las condiciones siguientes: No debe superar 10 veces el valor de [Frec. nom.Motor] (F r 5) . Consulte [Frecuencia Máxima] (ƒ F r) , página 104.	De 10 a 599 Hz	60 Hz
ƒ u n ()	[Autoajuste] Para los motores asíncronos, consulte la página 107. Para los motores síncronos, consulte la página 112.		[No acción] (n a)
ƒ u 5	[Estado autoajuste] Este parámetro no se guarda al apagar el variador. Muestra el estado del autoajuste desde la última vez que se encendió. Consulte [Estado autoajuste] (ƒ u 5) en la página 107.		[No realiz.] (ƒ R b)
ƒ R b P E n d P r o G F A i L d o n E	[No realiz.] (ƒ R b) : No se ha realizado el autoajuste. [Pendiente] (P E n d) : Se ha solicitado el autoajuste pero aún no se ha realizado. [En Curso] (P r o G) : El autoajuste está en curso. [Fallo] (F A i L) : El autoajuste ha detectado un fallo. [Realizado] (d o n E) : La resistencia estática medida por la función de autoajuste se utiliza para controlar el motor.		
5 ƒ u n	[Autoajuste usado] Consulte [Autoajuste usado] (5 ƒ u n) en la página 107.		[Por defecto] (ƒ R b)
ƒ R b P E n d C u 5	[Por defecto] (ƒ R b) : El valor predeterminado de la resistencia estática se utiliza para controlar el motor. [Medida] (P E n d) : La resistencia estática medida por la función de autoajuste se utiliza para controlar el motor. [Cliente] (C u 5) : La resistencia estática establecida manualmente se utiliza para controlar el motor.		
i ƒ H ()	[I Térmica motor] La corriente de protección térmica del motor debe ajustarse a la corriente nominal que se indica en la placa de características. Consulte [I Térmica motor] (i ƒ H) , página 90.	De 0,2 a 1,5 In (1)	Según el calibre del variador
R ƒ C ()	[Rampa aceleración] Tiempo necesario para acelerar desde 0 hasta la [Frec. nom.Motor] (F r 5) (página 86). Para tener repetibilidad en las rampas, el valor de este parámetro debe establecerse de acuerdo con las posibilidades de la aplicación. Consulte [Rampa aceleración] (R ƒ C) , página 88.	De 0,00 a 6.000 s (2)	3,0 s
d ƒ C ()	[Rampa deceleración] Tiempo necesario para decelerar desde la [Frec. nom.Motor] (F r 5) (página 86) hasta 0. Para tener repetibilidad en las rampas, el valor de este parámetro debe establecerse de acuerdo con las posibilidades de la aplicación. Consulte [Rampa deceleración] (d ƒ C) , página 88.	De 0,00 a 6.000 s (2)	3,0 s
L 5 P ()	[Velocidad Mínima] La frecuencia del motor con referencia mínima puede establecerse entre 0 y [Vel.máxima] (H 5 P) . Consulte [Velocidad Mínima] (L 5 P) , página 89.	De 0 a 599 Hz	0
H 5 P ()	[Vel.máxima] La frecuencia del motor con referencia máxima puede establecerse entre [Velocidad Mínima] (L 5 P) y [Frecuencia Máxima] (ƒ F r) . El ajuste de fábrica cambia a 60 Hz si [Frec.estándar motor] (b F r) se establece en [60Hz NEMA] (b 0) . Consulte [Vel.máxima] (H 5 P) , página 89.	De 0 a 599 Hz	50 Hz

(1) Corresponde a la corriente nominal del variador que se indica en el Manual de instalación y en la placa de características del variador.

(2) Rango de 0,01 a 99,99 s, de 0,1 a 999,9 s o de 1 a 6.000 s en función del **[Incremento rampa] (i n r)**, página 169.

Estos parámetros sólo aparecen cuando se ha seleccionado la función correspondiente en otro menú. Cuando se puede acceder a los parámetros y ajustarlos desde el menú de configuración de la función correspondiente, su descripción se detalla en las páginas indicadas de estos menús para facilitar la programación.



Parámetro que puede modificarse cuando el dispositivo está en funcionamiento o detenido.



Para cambiar la asignación de este parámetro, pulse la tecla ENT durante 2 segundos.

JOG

Código	Nombre/Descripción	Rango de ajuste	Ajuste de fábrica
Fun -	[FUNCIONES APLICACIÓN] (continuación)		
Jog -	[JOG] Nota: Esta función no puede utilizarse con algunas de las demás funciones disponibles. Siga las instrucciones de la página 162 .		
Jog	[JOG] Funcionamiento con pulsos. La función JOG sólo está activa si el canal de control y los canales de referencia se encuentran en las bornas. La función está activa cuando la entrada o el bit asignado se encuentra en posición 1. Ejemplo: Funcionamiento en control 2 hilos (tCC = 2C).		[L3] (L, 3)
no L, I ...	[No] (no) : No asignado [L1] (L, I) : Entrada lógica L1 [...] (...): Consulte las condiciones de asignación en la página 152 (excepto de [CD00] (C d 0 0) a [CD15] (C d 1 5))		
JGF	[Frecuencia Jog]	De 0 a 10 Hz	10 Hz
★ () (1)	Referencia en funcionamiento normal (jog). Se puede acceder a este parámetro si [JOG] (Jog) no se establece en [No] (no) .		

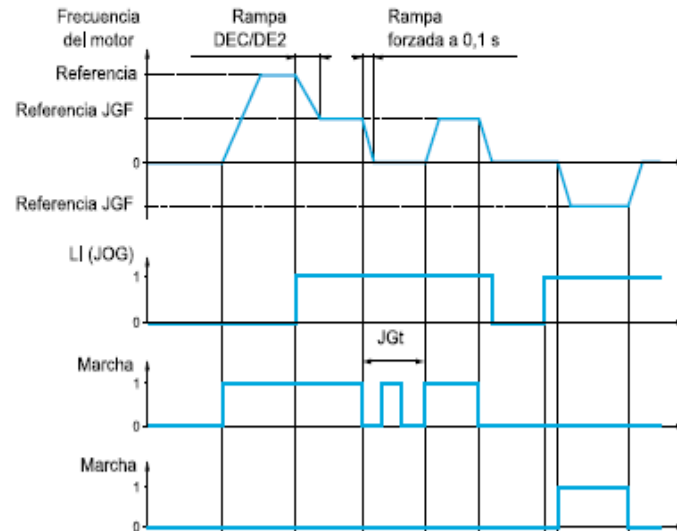
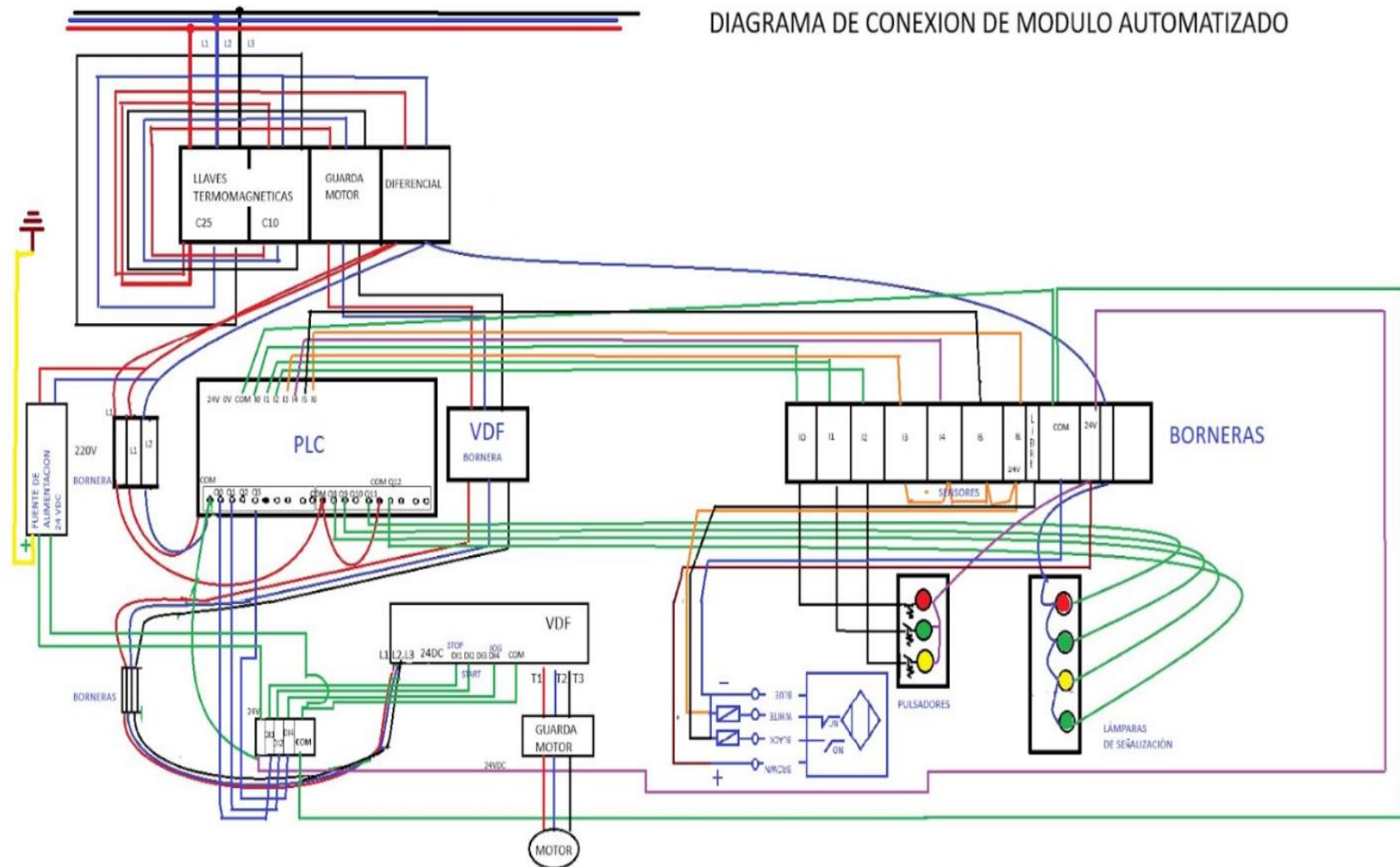


DIAGRAMA DE CONEXION DE MODULO AUTOMATIZADO



anexo 2 conexión fundamental

anexo 3

TOTAL SALIDAS EMPLEADAS

SECUENCIA	SEÑAL	FUNCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
8	%Q0.0	STOP VDF	-(I)-	ID1/SALIDA FÍSICA
9	%Q0.1	START VDF	-(I)-	ID2/ SALIDA FÍSICA
10	%Q0.3	JOG VDG	-(I)-	ID3/SALIDA FÍSICA
11	%Q0.3	JOG VDF	NO	CONTACTO ABIERTO
13	%Q0.3	JOG VDF	NC	CONTACTO CERRADO
14	%Q0.3	JOG VDF	NO	CONTACTO ABIERTO
16	%Q0.3	JOG VDF	NC	CONTACTO CERRADO

0	%Q0.4	ACEITE	(I)	SALIDA NEGADA FÍSICA
6	%Q0.4	ACEITE	NO	CONTACTO ABIERTO
8	%Q0.4	ACEITE	NC	CONTACTO CERRADO
9	%Q0.4	ACEITE	NC	CONTACTO CERRADO
10	%Q0.4	ACEITE	NC	CONTACTO CERRADO
11	%Q0.4	ACEITE	NC	CONTACTO CERRADO
13	%Q0.4	ACEITE	NC	CONTACTO CERRADO
16	%Q0.4	ACEITE	NC	CONTACTO CERRADO

1	%Q0.5	AGUIAS	(I)	SALIDA NEGADA FÍSICA
6	%Q0.5	AGUIAS	NO	CONTACTO ABIERTO
8	%Q0.5	AGUIAS	NC	CONTACTO CERRADO
9	%Q0.5	AGUIAS	NC	CONTACTO CERRADO
10	%Q0.5	AGUIAS	NC	CONTACTO CERRADO
11	%Q0.5	AGUIAS	NC	CONTACTO CERRADO
13	%Q0.5	AGUIAS	NC	CONTACTO CERRADO
16	%Q0.5	AGUIAS	NC	CONTACTO CERRADO

2	%Q0.6	PUERTA	(I)	SALIDA NEGADA FÍSICA
6	%Q0.6	PUERTA	NO	CONTACTO ABIERTO
8	%Q0.6	PUERTA	NC	CONTACTO CERRADO
9	%Q0.6	PUERTA	NC	CONTACTO CERRADO
10	%Q0.6	PUERTA	NC	CONTACTO CERRADO
11	%Q0.6	PUERTA	NC	CONTACTO CERRADO
13	%Q0.6	PUERTA	NC	CONTACTO CERRADO
16	%Q0.6	PUERTA	NC	CONTACTO CERRADO

MEMORIAS EMPLEADAS

ITEM	MEMORIAS	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	%M0	START OK	PULSADOR
2	%M1	MOTOR OK	ICONO
3	%M3	LUZ ROJA OK	SEÑAL MOTOR
4	%M4	STOP OK	PULSADOR
5	%M5	JOG OK	PULSADOR
6	%M6	ACEITE	IMAGEN
7	%M7	SENSOR DISPARO OK	LUZ
8	%M8	AGUIAS	IMAGEN
9	%M9	PUERTA	IMAGEN
10	%M10	HILO	IMAGEN
11	%M11	LUZ VERDE OK	RUNG12
12	%M12	LUZ AMARILLO OK	RUNG14
13	%M13	aceite OK	VARIABLE ICONO ADVERTENCIA
14	%M14	aguija OK	VARIABLE ICONO ADVERTENCIA
15	%M15	puerta OK	VARIABLE ICONO ADVERTENCIA
16	%M16	hilado OK	VARIABLE ICONO ADVERTENCIA

SECUENCIA	SEÑAL	FUNCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
3	%Q0.7	HILO	(I)	SALIDA NEGADA FÍSICA
6	%Q0.7	HILO	NO	CONTACTO ABIERTO
8	%Q0.7	HILO	NC	CONTACTO CERRADO
9	%Q0.7	HILO	NC	CONTACTO CERRADO
10	%Q0.7	HILO	NC	CONTACTO CERRADO
11	%Q0.7	HILO	NC	CONTACTO CERRADO
13	%Q0.7	HILO	NC	CONTACTO CERRADO
16	%Q0.7	HILO	NC	CONTACTO CERRADO

7	%Q0.8	LUZROJA	NO	CONTACTO ABIERTO
16	%Q0.8	LUZROJA	-(I)-	SALIDA FÍSICA

11	%Q0.9	LUZVERDE	NO	CONTACTO ABIERTO/M1
13	%Q0.9	LUZVERDE	NO	CONTACTO ABIERTO
13	%Q0.9	LUZVERDE	-(I)-	SALIDA FÍSICA
16	%Q0.9	LUZVERDE	NC	CONTACTO CERRADO

5	%Q0.10	Alim TOF	NO	HACIATOF 1s
6	%Q0.10	HACIA LINEAS	-(I)-	SALIDA VIRTUAL a Lin5

14	%Q0.11	LUZYELLOW	-(I)-	SALIDA FÍSICA
----	--------	-----------	-------	---------------

4	%Q0.12	LUZSENSOR	NO	CONTACTO ABIERTO
5	%Q0.12	LUZSENSOR DISPARO	-(I)-	SALIDA FÍSICA
6	%Q0.12	LUZSENSOR DISPARO	NC	HACIATON 1s

15	%Q0.13	LUZRED/STOP ON	-(I)-	SALIDA FÍSICA
----	--------	----------------	-------	---------------

12	%Q0.14	LUZGREEN	-(I)-	SALIDA
----	--------	----------	-------	--------

SALIDAS EMPLEADAS

SECUENCIA	SEÑAL	FUNCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	8	%Q0.0	STOP VDF	-(I)- ID1/SALIDA FÍSICA ok
2	9	%Q0.1	START VDF	-(I)- ID2/ SALIDA FÍSICA ok
3	10	%Q0.3	JOG VDG	-(I)- ID3/SALIDA FÍSICA ok
4	1	%Q0.5	AGUIAS	(I) LIBRE SALIDA NEGADA FÍSICA
5	0	%Q0.4	ACEITE	(I) LIBRE SALIDA NEGADA FÍSICA
6	2	%Q0.6	PUERTA	(I) LIBRE SALIDA NEGADA FÍSICA
7	3	%Q0.7	HILO	(I) LIBRE SALIDA NEGADA FÍSICA
8	16	%Q0.8	LUZROJA	-(I)- SALIDA FÍSICA ok
9	13	%Q0.9	LUZVERDE	-(I)- SALIDA FÍSICA ok
10	14	%Q0.11	LUZYELLOW	-(I)- SALIDA FÍSICA ok
11	5	%Q0.12	LUZSENSOR DISPARO	-(I)- SALIDA FÍSICA ok
12	15	%Q0.13	LUZRED/STOP ON	-(I)- SALIDA FÍSICA X
13	12	%Q0.14	LUZGREEN	-(I)- SALIDA FÍSICA X

ENTRADAS EMPLEADAS

0	%I0.3	ACEITE	NO	CIERRE FÍSICO
1	%I0.4	AGUIAS	NO	CIERRE FÍSICO
2	%I0.5	PUERTA	NO	CIERRE FÍSICO
3	%I0.6	HILO	NO	CIERRE FÍSICO
8	%I0.0	STOP	NO	CIERRE FÍSICO
9	%I0.1	START	NO	IMPULSIVO/Q0.1
9	%I0.2	JOG	NO	IMPULSIVO/Q0.1
10	%I0.2	JOG	NO	IMPULSIVO/Q0.3
13	%I0.0	STOP	NO	CIERRE FÍSICO
13	%I0.1	START	NO	IMPULSIVO/Q0.9
16	%I0.0	STOP	NO	CIERRE FÍSICO

anexo 4

Lista de Verificación Técnica – Módulo Didáctico de Automatización

Proyecto: Módulo de automatización para máquinas textiles de género de punto

Responsable: Juan Daniel Pineda Cerrón

Fecha de evaluación: octubre 2025

Nº	Elemento o Función a Evaluar	Cumple (ok/No)	Observaciones
1	Energización correcta del sistema mediante llaves termomagnéticas	Ok.	
2	Encendido del motor desde el panel de pulsadores	Ok	
3	Encendido del motor desde el panel HMI	Ok.	
4	Parada normal del motor desde ambas interfaces	Ok	
5	Activación de la función de marcha lenta	Ok	
6	Activación del sensor de hilado genera parada inmediata del motor	Ok	
7	Activación del sensor de aguja genera parada inmediata del motor	Ok	
8	Activación del sensor de puerta genera parada inmediata del motor	Ok	
9	Visualización en HMI del disparo correspondiente a cada sensor activado	Ok	
10	Correspondencia entre sensores activados y diagnóstico visual en pantalla HMI	Ok	
11	Respuesta rápida del sistema ante fallos simulados	Ok	

N° Elemento o Función a Evaluar	Cumple (ok/No)	Observaciones
12 Estabilidad del sistema durante operación continua	Ok	
13 Orden y seguridad del cableado eléctrico	Ok	
14 Accesibilidad y usabilidad del panel didáctico	Ok	
15 Cumplimiento de los objetivos de aprendizaje del curso	Ok	

Anexo 6

Anexo Técnico Pedagógico: Descripción del Módulo de Automatización como Recurso Didáctico.

1. Descripción general

El módulo didáctico de automatización especializado es un recurso pedagógico diseñado con el propósito de facilitar el aprendizaje práctico de los sistemas de control y automatización aplicados a las máquinas circulares de género de punto por trama. Este módulo reproduce a pequeña escala las condiciones de operación de una máquina industrial, permitiendo a los estudiantes observar, comprender y manipular los principios que rigen la automatización textil, en un entorno seguro y controlado.

El diseño del módulo se fundamenta en el principio de aprendizaje basado en la práctica (learning by doing), promoviendo la experimentación directa con elementos reales de control y potencia. Esto permite que el estudiante desarrolle competencias en programación de PLC, diagnóstico de fallas, instrumentación industrial y control secuencial de procesos textiles.

2. Finalidad educativa

El módulo cumple un doble propósito:

- **Formativo:** Brindar a los aprendices la oportunidad de comprender la estructura y funcionamiento de los sistemas automatizados presentes en las máquinas textiles modernas, aplicando conocimientos teóricos a escenarios reales.

- Pedagógico: Servir como puente entre la teoría de automatización y la práctica operativa en el taller de Mecatrónica Textil, fomentando el pensamiento lógico, la resolución de problemas técnicos y la comprensión integral de los sistemas mecatrónicos textiles.

Este enfoque responde al modelo educativo del SENATI, centrado en la formación por competencias, donde el aprendiz construye el conocimiento a través de la práctica y la reflexión.

3. Características técnicas

El módulo se encuentra montado sobre un tablero metálico estructural con rieles DIN y canalizaciones para cableado industrial. Sus componentes principales son:

Elemento	Descripción técnica	Función didáctica
Controlador Lógico Programable (PLC)	Schneider M221CE40R	Controla la secuencia del proceso; permite la programación y monitoreo de señales digitales y analógicas.
Variador de Frecuencia (VFD)	Altivar 320 ATV320U15M3C	Regula la velocidad del motor trifásico simulando las variaciones del proceso de tisaje.
Motor Trifásico de Inducción	1 HP, 220 V, 60 Hz	Simula el movimiento principal de la máquina circular.
Sensores Industriales	Fotoeléctricos y de proximidad, 24 VDC	Detectan condiciones de paro, falta de hilado y seguridad.
Pulsadores y señalización	Botones de marcha, paro y luces piloto	Permiten la interacción del operador con el sistema de control.
Protecciones eléctricas	Llaves térmicas y guardamotores	Aseguran la protección de los componentes eléctricos.

Elemento	Descripción técnica	Función didáctica
Software de programación	SoMachine Basic (Schneider Electric)	Herramienta de configuración, simulación y monitoreo del PLC.
HMI	Touch Control Vipa (Schneider Electric)	Herramienta de control y comunicación para el funcionamiento del módulo.

El sistema opera con alimentación trifásica de 220 V AC, incorpora una fuente de 24 VDC para los circuitos de control, y dispone de conexiones Modbus TCP/IP para la comunicación con dispositivos externos.

4. Principio de funcionamiento

El módulo reproduce las funciones esenciales de una máquina circular textil, simulando los procesos de:

- **Alimentación de material:** detección de presencia/ausencia de hilo mediante sensores.
- **Movimiento mecánico (tisaje):** control de velocidad y sentido de giro del motor trifásico a través del variador de frecuencia.
- **Lubricación y seguridad:** simulación de alarmas por falla en la alimentación del sistema de lubricación, apertura de puertas o bloqueo del punto de operación.
- **Paro automático del sistema:** activado por la señal de cualquier sensor de fallo.

El proceso es gestionado por el PLC, que recibe señales de entrada (sensores) y envía órdenes de salida (actuadores), ejecutando una **lógica secuencial** programada bajo normas IEC 61131-3.

5. Aplicación pedagógica

Desde el punto de vista didáctico, el módulo:

- Favorece la comprensión de los principios de control industrial, relacionando el comportamiento de la máquina circular con sus diagramas eléctricos y de flujo.
- Permite ejercitar la programación de PLC para resolver situaciones reales de control.
- Desarrolla habilidades de diagnóstico, al analizar fallas inducidas en el sistema.
- Facilita la visualización de estados del proceso mediante indicadores luminosos y software de monitoreo.

Asimismo, el módulo puede integrarse en prácticas de los cursos Seminario III y Automatización Textil, sirviendo como herramienta transversal para distintos niveles de formación.

6. Conclusión del anexo

El módulo didáctico de automatización constituye un recurso pedagógico innovador, diseñado específicamente para la enseñanza de la operatividad automatizada de las máquinas textiles de género de punto.

Su diseño modular, adaptable y basado en tecnología industrial real, garantiza una formación técnica pertinente y actualizada, fortaleciendo la competencia profesional de los futuros mecatrónicos textiles del SENATI.



SENATI