



Diseño y construcción de un módulo para automatización industrial integrando software y hardware de control para fundamentación de competencias del área de automatización industrial en el programa de ingeniera electromecánica U.T.S.

Modalidad: Desarrollo Tecnológico

Iván Darío Ruiz Zapata
CC1098694586
Aner Duvan Delgado Parra
CC1095949188
Diego Leonid Ortiz Ardila
CC1098736985

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería Electromecánica
Bucaramanga y fecha (21,07, 2026)



Diseño y construcción de un módulo para automatización industrial integrando software y hardware de control para fundamentación de competencias del área de automatización industrial en el programa de ingeniería electromecánica U.T.S.

Modalidad: Desarrollo tecnológico

Iván Darío Ruiz Zapata
CC1098694586
Aner Duvan Delgado Parra
CC1095949188
Diego Leonid Ortiz Ardila
CC1098736985

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Electromecánico**

DIRECTOR
ESP LIC Milton Reyes Jiménez

Grupo investigación: Sistemas de Energía, Automatización y Control - GISEAC

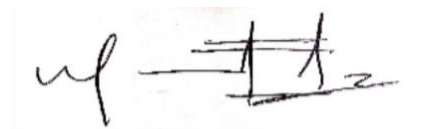
UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería Electromecánica
Bucaramanga y fecha 21, 07, 2026

Nota de Aceptación

Este informe final de trabajo de grado, en modalidad de desarrollo tecnológico, fue APROBADO en cumplimiento de uno de los requisitos exigidos por las Unidades Tecnológicas de Santander para optar el Título de Ingeniero Electromecánico, según acta No. 20 de Julio 27 de 2026, del Comité de Trabajo de Grado



Brayan Tarazona Romero
Firma del Evaluador



Milton Reyes Jiménez
Firma del Director

DEDICATORIA

Diego Leonid

Dedico este proyecto a Dios, por brindarme la fortaleza y la sabiduría necesarias para superar cada desafío. A mis padres, quienes con su esfuerzo, amor y ejemplo han sido el pilar fundamental de mi vida. A mi familia y amigos, por su apoyo incondicional y por acompañarme en este camino lleno de aprendizajes. Este logro también les pertenece a ellos, pues su confianza y motivación hicieron posible alcanzar esta meta.

Aner Duván

Con gratitud dedico este proyecto a Dios, por guiar mis pasos y brindarme la fortaleza necesaria para superar cada reto presentado durante este proceso académico. A mis padres, por su amor, dedicación y apoyo constante, quienes han sido una fuente de inspiración para alcanzar mis objetivos. Asimismo, dedico este logro a mi familia y amigos, por su confianza, comprensión y motivación en los momentos más importantes. Gracias a su acompañamiento y respaldo fue posible culminar satisfactoriamente esta etapa de mi formación profesional.

Iván Darío

Dedico este proyecto, en primer lugar, a Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para alcanzar esta importante meta en mi vida personal y profesional. A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación durante todo este proceso académico, permitiéndome culminar con éxito este gran logro. A mis docentes, por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas a lo largo de mi formación profesional, contribuyendo significativamente al cumplimiento de este sueño y al desarrollo de mis competencias en mi campo profesional. A todas las personas que, de una u otra manera, me acompañaron y apoyaron durante este camino, les expreso mi más sincero agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Diego Leonid

Expreso mi agradecimiento a los docentes que hicieron parte de mi proceso de formación académica, por compartir sus conocimientos y contribuir a mi crecimiento profesional. De manera especial, agradezco a quienes brindaron orientación y acompañamiento durante el desarrollo de este proyecto de grado, aportando recomendaciones y observaciones que enriquecieron el trabajo realizado. Asimismo, agradezco a la institución y a todas las personas que, de una u otra manera, colaboraron y apoyaron la culminación exitosa de este proyecto.

Aner Duván

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a todos los docentes que hicieron parte de mi proceso académico, por compartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas que contribuyeron significativamente a mi crecimiento profesional.

De manera especial, agradezco a las personas que brindaron su orientación y apoyo durante el desarrollo de este proyecto, aportando sugerencias y observaciones que permitieron fortalecer el trabajo realizado. Asimismo, agradezco a la institución educativa por proporcionar las herramientas y espacios necesarios para mi formación, y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, contribuyeron al logro de este importante objetivo académico.

Iván Darío

Agradezco a mis docentes por brindarme sus conocimientos y enseñanzas a lo largo de este camino universitario, los cuales fueron fundamentales para mi crecimiento personal y profesional. Asimismo, agradezco a cada una de las personas que me acompañaron durante este proceso lleno de esfuerzo, sacrificio y dedicación, contribuyendo de una u otra manera al logro de esta importante meta. Este proyecto representa el resultado del compromiso, la perseverancia y la dedicación que asumí en una etapa significativa de mi vida. Finalmente, expreso mi agradecimiento a la Universidad por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de formarme como profesional, permitiéndome adquirir los conocimientos y valores necesarios para afrontar los retos de mi vida laboral y personal.

TABLA DE CONTENIDO

<u>RESUMEN EJECUTIVO</u>	<u>13</u>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>14</u>
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</u>	<u>15</u>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2. JUSTIFICACIÓN	17
1.3. OBJETIVOS	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4. ESTADO DEL ARTE	19
<u>2. MARCO REFERENCIAL</u>	<u>23</u>
2.1. GENERALIDADES DE LA MANIOBRA ELÉCTRICA	23
2.1.1. CONTACTORES ELECTROMAGNÉTICOS	23
2.1.2. RELÉ TÉRMICO DE PROTECCIÓN	26
2.2. GENERALIDADES DEL CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE	29
2.3. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	35
2.4. TERMINALES DE DIALOGO	36
2.5. VARIADORES DE VELOCIDAD ELECTRÓNICOS	38
2.6. ARRANCADORES ELECTRÓNICOS	40
<u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</u>	<u>43</u>
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	43
3.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.4. FASES DE LA INVESTIGACIÓN	44
<u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</u>	<u>45</u>
4.1. FICHA TÉCNICA PROTECCIÓN TERMOMAGNÉTICA	45
4.2. FICHA TÉCNICA CONTACTOR LC1D09 SCHNEIDER	48
4.3. FICHA TÉCNICA CONVERTIDOR DE FRECUENCIA MS300 DELTA	49
4.3.1. UTILIZACIÓN DEL PANEL DE PROGRAMACIÓN	51
4.3.2 CONFIGURACIÓN BÁSICA PRELIMINAR	53

F-DC-125 INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO VERSIÓN: 2.0

4.3.2.	FUNCIONES COMUNES	59
4.3.3.	EJECUTAR LA FUNCIÓN DE AUTOAJUSTE (EL MOTOR DEBE ESTAR EN VACÍO):	59
4.3.4.	ACTIVAR EL CONTROL VECTORIAL DE LAZO ABIERTO: PONGA EL PR.00-11 = 2	60
4.3.5.	ACCESO A PARÁMETROS	60
4.4.	FICHA TÉCNICA ARRANCADORA ELECTRÓNICO ABB	66
4.5.	FICHA TÉCNICA PROGRAMADOR LÓGICO	69
4.6.	FICHA TÉCNICA TERMINAL DE DIÁLOGO TDE	70
4.7.	SOFTWARE LOGO SOFT DETERMINACIÓN	72
5.	<u>RESULTADOS</u>	76
5.1.	MONTAJE LOGO V8	76
5.2.	MONTAJE HMI TDE	77
5.3.	MONTAJE ARRANCADOR POR TIRISTORES ABB	79
5.4.	MONTAJE CONVERTIDOR DE FRECUENCIA MS300 DELTA	80
	RECOMENDACIONES DE MONTAJE	81
5.5.	APLICACIÓN PRÁCTICA PLC LOGO V8	83
5.5.1.	CONTROL PARA EL ARRANQUE DIRECTO DE MOTOR TRIFÁSICO	83
5.5.2.	CONTROL PARA EL ARRANQUE CON INVERSIÓN DE GIRO DE MOTOR TRIFÁSICO	84
5.5.3.	CONTROL PARA EL ARRANQUE ESTRELLA - DELTA DE MOTOR TRIFÁSICO	86
5.5.4.	CONTROL DE ALTERNANCIA DE SISTEMA DE BOMBEO AUTOMÁTICO	88
5.6.	APLICACIÓN PRÁCTICA CONVERTIDOR DE FRECUENCIA DELTA MS 300	90
5.6.1.	CONTROL DE ARRANQUE DIRECTO DE MOTOR TRIFÁSICO CON CONTROL DE VELOCIDAD 90	
5.6.2.	CONTROL DE ARRANQUE DIRECTO DE MOTOR TRIFÁSICO CON CONTROL DE VELOCIDAD E INVERSIÓN DE SENTIDO DE GIRO	93
5.7.	APLICACIÓN PRÁCTICA ARRANCADOR SUAVE ABB	98
5.7.1.	CONTROL PARA EL ARRANQUE Y PARADA SUAVE DE UN MOTOR TRIFÁSICO A TRAVÉS DE ARRANCADOR ABB CON TIEMPO DE RETARDO	98
5.7.2.	CONTROL PARA EL ARRANQUE Y PARADA SUAVE EN AMBOS SENTIDOS DE GIRO DE UN MOTOR TRIFÁSICO A TRAVÉS DE ARRANCADOR ABB CON TIEMPO DE RETARDO	100
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	103
7.	<u>RECOMENDACIONES</u>	107
7.1.	RESPECTO AL CONVERTIDOR DE FRECUENCIA DELTA MS300	107
7.2.	RESPECTO AL PROGRAMADOR LÓGICO LOGO V8	108
7.3.	RESPECTO AL ARRANCADOR SUAVE ABB	109
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	111
9.	<u>ANEXOS</u>	114

LISTA DE FIGURAS

Figura.1 Contactor Schneider electric	26
Figura 2 Relé térmico Schneider electric	27
Figura 3 Diagrama cableado con relé térmico y contactor	28
Figura 4 Estructura interna de un relé térmico	28
Figura 5 Gráfico de evolución de las prestaciones del Autómata Programable Industrial.	32
Figura 6 Esquema de bloques del entorno del Autómata Programable	34
Figura 7 Terminal de diálogo HMI	37
Figura 8 Tres etapas de un convertidor de frecuencia.....	39
Figura 9 Tarjeta de Potencia de arrancador electrónico	41
Figura 10 Modelos número de tiristores tarjeta de potencia en arrancadores electrónicos	41
Figura 11 Señal de tensión de tiristores arrancadores electrónicos	42
Figura 12 Interruptor termomagnético tripolar CHINT	45
Figura 13 Simbología de interruptor termomagnético	46
Figura 14 Contactor principal	49
Figura 15 Convertidor de frecuencia DELTA MS 300	50
Figura 16 Terminal de programación convertidor DELTA MS 3003	50
Figura 17 Borneras de conexión convertidor DELTA MS 300	51
Figura 18 Guía de operación de teclado DELTA MS 300.....	52
Figura 19 Presentación arrancadora suave ABB de gama baja.....	66
Figura 20 Estructura interna arrancador electrónico ABB	66
Figura 21 Estructura externa arrancador electrónico ABB	67
Figura 22 Ajustes del arrancador electrónico PSR ABB.....	68
Figura 23 Programador logo V8 Siemens.....	69
Figura 24 Conexión Logo V8 y terminal de dialogo HMI TDE.....	71
Figura 25 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 1.....	72
Figura 26 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 2.....	72
Figura 27 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 3.....	73
Figura 28 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 4.....	73
Figura 29 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 5.....	74
Figura 30 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 6.....	74
Figura 31 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 7.....	75
Figura 32 Montaje logo V8 en tablero proyecto.....	77
Figura 33 Visualización tablero logo V8 modulo accionamientos eléctricos.....	77
Figura 34 Visualización tablero HMI TDE.....	79
Figura 35 Visualización tablero Arrancador suave ABB.....	80
Figura 36 Visualización tablero Convertidor de frecuencia DELTA	81
Figura 37 Visualización tablero general proyecto	82
Figura 38 Visualización energización tablero general proyecto.....	82
Figura 39 Diagrama cableado potencia y control para el arranqué directo con p.l.c. logo	83
Figura 40 Diagrama ladder para el arranqué directo con p.l.c. logo	84
Figura 41 Diagrama cableado potencia y control para la inversión de sentido de giro de motor trifásico con p.l.c. logo	85

Figura 42 Diagrama ladder paso 1 para la inversión de sentido de giro de motor trifásico con p.l.c. logo	85
Figura 43 Diagrama ladder paso 2 para la inversión de sentido de giro de motor trifásico con p.l.c. logo	86
Figura 44 Diagrama cableado potencia y control para el arranque estrella - Delta de motor trifásico con p.l.c. logo.....	87
Figura 45 Diagrama ladder paso 1 para el arranque estrella – delta de motor trifásico con p.l.c. logo.....	87
Figura 46 Diagrama ladder paso 2 para el arranque estrella – delta de motor trifásico con p.l.c. logo.....	88
Figura 47 Diagrama cableado potencia y control alternación sistema de bombeo con p.l.c. logo	89
Figura 48 Diagrama ladder paso 1 alternación sistema de bombeo utilizando p.l.c. logo	89
Figura 49 Diagrama ladder paso 2 alternación sistema de bombeo utilizando p.l.c. logo	90
Figura 50 Conexión convertidor motor señala básica	91
Figura 51 Modo online Practica 1 ISP Soft Parte 1	92
Figura 52 Modo online Practica 1 ISP Soft Parte 2	92
Figura 53 Modo online Practica 1 ISP Soft Parte 3	93
Figura 54 Conexión Convertidor Motor Practica 2.....	94
Figura 55 Modo online Practica 2 ISP Soft Parte 1	95
Figura 56 Modo online Practica 2 ISP Soft Parte 2	96
Figura 57 Modo online Practica 2 ISP Soft Parte 3	97
Figura 58 Modo online Practica 2 ISP Soft Parte 4	97
Figura 59 Modo online Practica 2 ISP Soft Parte 5	98
Figura 60 Circuito de fuerza y mando de arranque por tiristores de un motor con tiempo de retardo	99
Figura 61 Circuito de fuerza y mando de arranque por tiristores de un motor con inversión de sentido de giro.....	101
Figura 62 Circuito de fuerza y mando arranque a tensión reducida de un motor trifásico con retardo a la conexión	101
Figura 63 Circuito de fuerza y mando arranque a tensión reducida en ambos sentidos de giro de un motor trifásico con señales de sensores	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Fases de la investigación.....	44
Tabla 2 Descripción bornera de control	53
Tabla 3 Ejemplo programación.....	55
Tabla 4 Ejemplo 1. Consigna de frecuencia mediante un potenciómetro conectado a la regleta de control (entrada AVI). Ordenes de marcha / paro a través de la regleta de control.	55
Tabla 5 Ejemplo N.º 2: Consigna de frecuencia mediante las teclas de la consola de programación. Ordenes de marcha / paro a través de las teclas de la consola de programación.	56
Tabla 6 Ejemplo N.º 3: Consigna de frecuencia mediante el potenciómetro de la consola de programación. Ordenes de marcha / paro a través de la regleta de control.....	56
Tabla 7 Ejemplo programación.....	57
Tabla 8 Aplicación 1. Consigna de frecuencia mediante un potenciómetro conectado a la regleta de control (entrada AVI). Ordenes de marcha / paro a través de la regleta de control.	57
Tabla 9 Aplicación N.º 2: Consigna de frecuencia mediante las teclas de la consola de programación. Ordenes de marcha / paro a través de las teclas de la consola de programación	58
Tabla 10 Aplicación N.º 3: Consigna de frecuencia mediante el potenciómetro de la consola de programación. Ordenes de marcha / paro a través de la regleta de control	58
Tabla 11 Parámetro 00-21	61
Tabla 12 Parámetro 00-32	61
Tabla 13 Parámetro 02-00	62
Tabla 14 Parámetro 02-03; 02-04	63
Tabla 15 Parámetro 02-13	63
Tabla 16 Parámetro 02-14	63
Tabla 17 Parámetro 04-00	64
Tabla 18 Parámetro 05-00	65

RESUMEN EJECUTIVO

El presente desarrollo de tecnológico del programa de ingeniería electromecánica, enmarca su objetivo principal, en la construcción de un módulo práctico que integra maniobra eléctrica, control de velocidad a través convertidor de frecuencia MS300 DELTA, sistema de arranque suave de un motor utilizando arrancador electrónico ABB, aplicaciones de lógica programa con logo V8 SIEMENS y su terminal de dialogo TDE, software y hardware específicos para fundamentación de competencias del área de automatización industrial en el programa de ingeniera electromecánica U.T.S.

Enfoque cualitativo, cuyo objetivo general será la descripción de las cualidades de la solución a la problemática que se estudia, para así mismo comprender la importancia a tener en cuenta esta información, empleando técnicas de revisión que se encuentran en los manuales y técnicas de las diferentes formas de trabajo de los controladores lógicos programables, terminales de diálogo y la Sensorica que se utilizan en el proyecto, bibliografía de la investigación y de artículos especializados

PALABRAS CLAVE. Automatización, Control. Variación velocidad, lógica programada

INTRODUCCIÓN

Establecer las competencias académicas de la automatización industrial garantizan los conocimientos, habilidades y capacidades que un estudiante para diseñar, operar, controlar y optimizar procesos industriales mediante tecnologías. Estas competencias permiten que un profesional de automatización industrial pueda participar en el diseño, implementación, supervisión y mejora de sistemas automatizados en sectores como manufactura, energía, minería, alimentos, petróleo. En el contexto del programa de ingeniería electromecánica de las UTS a través de proyectos de desarrollo tecnológico se han venido implementando módulos prácticos que integran software y hardware de controladores lógicos programables, convertidores de frecuencia, arrancadores electrónicos y terminales de diálogos como herramientas fundamentales en los procesos de aprendizaje que serán aplicados en entornos industriales.

Sistema para la gestión de parámetros y automatización de motores gobernado por un PLC mediante interfaz HMI y variadores de frecuencia. En el actual proyecto tiene como principal objeto la ejecución de dos sistemas de control y visualización de parámetros de dos motores mediante un sistema (Maya Morales, Miguel Ángel De. 2018.)

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dar cumplimiento a competencias específicas del área de automatización industrial en el programa de ingeniería electromecánica de las UTS; como lo es la comprensión y aplicación de la pirámide de automatización, las estrategias de control a través de lógica programada y la selección de interfaces de comunicación; requieren que los programas académicos establezcan herramientas prácticas y teóricas que fundamente en el egresado dichas competencias.

Las empresas del sector productivo y de servicios vienen exigiendo personal idóneo que mejore el control de los procesos como eficiencia en el proceso, menor tiempo de ejecución de tareas, menor horas de mantenimiento etc.

Software y hardware de controladores lógicos, variadores de velocidad terminales de dialogo, arrancadores electrónicos, sensores de proximidad electrónicos son las herramientas que constantemente la tecnología ha desarrollado siempre en buscas de beneficio del sector industrial.

El sistema propuesto está constituido por tecnología de control automática de PLC, el cual recibe y registra información captada por instrumentos de medición, tales como sensores de presencia, fotoeléctricos, de proximidad, inductivos, y RTD, que permite ejercer acciones de control con base en la lógica de control desarrollada y programada en el PLC, para enviar señales de control a los elementos actuadores que intervienen en el desarrollo del proceso, tales como resistencias eléctricas, motores eléctricos, pistones neumáticos, alarmas y lámparas indicadoras (Flores, 2019).

¿Cómo establecer una herramienta practica en el área de automatización industrial mediante el desarrollo de diferentes practicas enfatizadas en el control y monitoreo

de motores trifásicos para el laboratorio de accionamientos donde se podrán controlar variables de entradas y salidas?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El diseño e implementación de un proyecto de control para asegurar las competencias específicas del área automatización industrial en el programa de ingeniería electromecánica; se hace necesario debido a las temáticas que se van a desarrollar como los son: El control de velocidad de motores trifásicos a través de convertidores de frecuencia, el arranque de motores por medio de arrancadores suaves, el control de los circuitos de maniobra eléctrica con lógica programada, la visualización de estados del proceso con terminales de diálogo y la automatización con sensores electrónicos de proximidad. De igual manera la actualización de herramientas prácticas para los laboratorios de accionamientos y automatización industrial utilizando software y hardware de los equipos a utilizar garantiza en los egresados mejores competencias en el ámbito laboral.

Es importante destacar que la automatización industrial trae consigo desafíos como el desempleo de ciertos sectores de la población, también presenta numerosos beneficios. Entre ellos, se encuentran la mejora en la eficiencia, el aumento de la productividad y la competitividad, además de la optimización del tiempo y la reducción de costos laborales.

A pesar de que el reemplazo de la actividad humana genere un cierto impacto negativo donde pueden existir menos posibilidades de acceso al empleo, también se presenta la posibilidad, que las personas puedan prestar sus servicios en base a su conocimiento en esta área, ya que “la automatización puede tanto crear como eliminar puestos de trabajo, dependiendo del tipo de trabajo y de la industria en cuestión” (Carmona, 2023, p.13).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un módulo de control y maniobra eléctrica integrando software y hardware de variadores, arrancadores, terminales de dialogo y maniobra eléctrica para fundamentación de competencias del área de automatización industrial en el programa de ingeniera electromecánica U.T.S.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las fichas técnicas normalizadas de los equipos de maniobra, control, visualización necesarios para el diseño y desarrollo de un módulo de automatización industrial, para aplicar como herramienta práctica en el desarrollo de competencias especifica de área de automatización del programa de ingeniería electromecánica de las UTS
- Operacionalizar el convertidor de frecuencia MS300 delta, el arrancador suave ABB, el programador lógico logo V8, el terminal de dialogo LOGO TD TEXT DISPLAY y los diferentes equipos de maniobra de manera que sea un insumo en el diseño y aplicación de tareas de automatización industrial en el contexto del programa de asignatura de automatización industrial.
- Evaluar el rendimiento del módulo de control y maniobra eléctrica, para prácticas de automatización industrial a partir de pruebas operativas y análisis de resultados, y demostrar la viabilidad de la propuesta para su implementación en entornos

1.4. ESTADO DEL ARTE

1. Estudiantes de ingeniería Electrónica. Universidad Politécnica de Guayaquil” Diseño e implementación de un módulo para la elaboración de prácticas orientadas a procesos industriales con énfasis en sistemas neumáticos, electroneumaticos y la interfaz de un p.l.c y HMI” La aplicación de lógica programada utilizando un p.l.c (Siemens S7-1200, un p.l.c. Schneider M241 y un p.l.c. Omron CJ2M), en el proyecto que relaciona el diseño y montaje de un control automático de diversos procesos industriales que hacen parte del transporté y procesamiento de piezas y un sistema de reconocimiento de las piezas a montar en la cadena por percepción de color, se finiquitó con la construcción de tres modelos como maquetas que presentan el sistema de procesamiento y transporte de piezas, dos modelos forman parte de la cadena industrial y la otra ubicación de los productos según su posicionamiento en el sistema de producción. De igual manera se adoptó al proceso principal un control del horno de la Estación Multiproceso, utilizando el programador lógico siemens para su operación. Para el proceso de identificación por color de las piezas la cámara una cámara Kinect., nos brindó mejores resultados, igual manera a través de desarrollo una interfaz de comunicación de gran desarrollo tecnológico en la industria, con un amplio control, para diferentes modos de uso y un sistema de avisos sonoros. (Gregori Jorques 2017)
2. Automatización de procesos, desarrollo de material didáctico basado en el PLC COMPACTLOGICX 1769-L32 se encontró un avance por medio de los años y sus múltiples aplicaciones a estos autómatas como se relaciona con empresas nacionales de diferentes sectores requieren de la implementación de sistemas de automatización industrial en sus procesos con el fin de ser más productivas y competitivas ante tratados de libre comercio adelantados

por el gobierno nacional con otras naciones. Por tal razón, es muy importante fomentar el estudio de controladores lógicos programables, los cuales tienen beneficios tales como la implementación en espacios reducidos, su mantenimiento es económico y la posibilidad de realizar modificaciones a partir de una programación sin tener que interrumpir el proceso lo que permite a las industrias nacionales competir de manera eficaz en mercados internacionales. Este proyecto incluye la identificación de cada uno de los componentes de un tablero eléctrico de control perteneciente a la escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones E3T. El componente principal es el controlador de ALLEN- BRADLEY COMPACTLOGIX 1769-L32E, fabricado por ROCKWELL AUTOMATION. Puede ser programado el software RSLOGIX 500, en este caso puede controlar procesos de nivel. Velocidad y temperatura implementadas en LABVIEW. También controla otros procesos presentes en el laboratorio. El proceso de programación se muestra paso a paso en un manual de programación y una serie de videos”. Particularmente para nuestro proyecto se utilizará una estrategia similar cambiando el software, tipo de diseño y el LOGO. (Suarez Hernández José Antonio, Fernández Duarte Wyllinton Armando, 2016).

3. Estudio y análisis de variador de frecuencia comunicado con PLC Siemens
Autores: González Saravia, Paulo Roberto; Ceballos Morales, Diego Esteban
Año: 2020 Tipo: Tesis de técnico universitario. Universidad: Universidad Técnica Federico Santa María. País: Chile El proyecto analiza la comunicación entre un PLC Siemens y un variador de frecuencia (G120), incluyendo protocolos, normas de seguridad y puesta en marcha. Se enfoca en la correcta integración de equipos en sistemas de maniobra eléctrica. González Saravia, P. R., & Ceballos Morales, D. E. (2020). Estudio y análisis de variador de frecuencia comunicado con PLC Siemens (Tesis de técnico

universitario). Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.

<https://repositorio.usm.cl/entities/tesis/67e56e4b-c638-4f41-aae1-15c16dae7faa>

4. Diseño de sistema de control PLC-variador (S7-1200 y SINAMICS) Autor: Vera Larenas, Antonio Eladio. Año: 2025 Tipo: Tesis de ingeniería Universidad: Universidad Técnica Federico Santa María País: Chile, el proyecto desarrolla un sistema de control basado en PLC S7-1200 y variador SINAMICS G120C, utilizando TIA Portal. Se centra en el uso de bloques PID y comunicación industrial para mejorar el control de velocidad en motores. Vera Larenas, A. E. (2025). Diseño de un sistema de control para la comunicación entre un PLC S7-1200 y un variador de frecuencia SINAMICS G120C (Tesis de ingeniería). Universidad Técnica Federico Santa María, Chile. <https://repositorio.usm.cl/entities/tesis/5eb95769-69fa-4d9d-b537-6abed6a39cbc>.
5. Módulo de control con variador y PLC en red industrial DeviceNet Autores: Zapana Vargas, Carlos Adrián; Campos Riveros, Marlyn Yanira. Año: 2018. Tipo: Tesis de grado. Universidad: Universidad Privada de Tacna. País: Perú En el desarrollo del proyecto se implementa un sistema de control de motores trifásicos mediante PLC CompactLogix y variador PowerFlex 70, usando comunicación DeviceNet. Se enfoca en control remoto, arranque suave y regulación de velocidad. Zapana Vargas, C. A., & Campos Riveros, M. Y. (2018).
6. Diseño e implementación de un módulo con variador de frecuencia para el control óptimo del arranque y velocidad de un motor trifásico en red DeviceNet (Tesis de grado). Universidad Privada de Tacna, Perú. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1075>

7. Diseño de banco de prácticas con PLC y variador de velocidad. Autores: Hernández Medina, Nicolás; Novoa Preciado, Sergio Manuel; Pareja Garzón, Julián. Año: 2020. Tipo: Trabajo de grado. Universidad: Universidad Antonio Nariño. País: Colombia. El trabajo desarrolla un banco de prácticas con PLC Siemens S7-1200 y motor trifásico con carga variable. Permite simular condiciones reales de automatización, integrando maniobra eléctrica y control de velocidad. Hernández Medina, N., Novoa Preciado, S. (2020). Ingeniería conceptual y diseño de banco de prácticas con PLC Siemens S7 1200 y motor trifásico con carga variable. [Universidad Antonio Nariño] <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3077>.
<https://repositorio.uan.edu.co/items/dd9343eb-781a-44eb-ac3d-0dd5efca2536>
- 8 Automatización de sistema industrial con PLC y control de motores. Autor: Baldeón Castro, (nombre parcial disponible en documento). Año: 2024. Tipo: Tesis de ingeniería electrónica. Universidad: Universidad de Ciencias y Humanidades. País: Perú. El proyecto aborda la automatización de un sistema industrial con control de motores mediante PLC y variadores de frecuencia, incluyendo programación de velocidades y control de procesos industriales. Baldeón Castro, C. A. (2024). *Automatización de sistema industrial mediante PLC y variador de frecuencia* (Tesis de ingeniería electrónica). Universidad de Ciencias y Humanidad

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Generalidades de la maniobra eléctrica.

2.1.1. *Contactores electromagnéticos.*

Dispositivo con capacidad de establecer la corriente eléctrica de un receptor o instalación con accionamiento a distancia, con dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada".

Constitución de un contactor electromagnético.

- **Contactos principales.** Son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia. Están abiertos en reposo.
- **Contactos auxiliares.** Son los encargados de abrir y cerrar el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados.
- **Bobina.** Elemento que produce una fuerza de atracción (FA) al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24 y 220V de corriente alterna, siendo la de 220V la más usual.
- **Armadura.** Parte móvil del contactor. Desplaza los contactos principales y auxiliares por la acción (FA) de la bobina.
- **Núcleo.** Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.
- **Resorte.** Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez cesa la fuerza FA.

Operación del contactor.

A los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, será bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías. Los contactos auxiliares son de dos clases abiertos y cerrados. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las autoalimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo. Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactores principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos el circuito entre la red y el receptor. Este arrastre o desplazamiento puede ser:

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil. La bobina está concebida para resistir los choques mecánicos provocados por el cierre y la apertura de los contactos y los choques electromagnéticos debidos al paso de la corriente por sus espiras, con el fin de reducir los choques mecánicos la bobina o circuito magnético, a veces los dos se montan sobre amortiguadores. Si se debe gobernar desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y el de parada en serie.

Una combinación de ambos. Cuando se interrumpe la alimentación de la bobina, el circuito magnético se desmagnetiza y el contactor se abre por efecto de los resortes de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil, por la fuerza de gravedad, en determinados aparatos (las partes móviles recuperan su posición de partida). El contactor ofrece numerosas ventajas, entre las cuales se destacan:

- Interrumpir las corrientes monofásicas o polifásicas elevadas accionando un auxiliar de mando recorrido por una corriente de baja intensidad.
- Funcionar tanto en servicio intermitente como en continuo.
- Controlar a distancia de forma manual o automática, utilizando hilos de sección pequeña o acortando significativamente los cables de potencia
- Aumentar los puestos de control y situarlos cerca del operario.
- Es muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos delicados y se adapta con rapidez y facilidad a la tensión de alimentación del circuito de control (cambio de bobina).
- Garantiza la seguridad del personal contra arranques inesperados en caso de interrupción de corriente momentánea (mediante pulsadores de control), al igual que, facilita la distribución de los puestos de paro de emergencia y de los puestos esclavos, impidiendo que la máquina se ponga en marcha sin que se hayan tomado todas las precauciones necesarias.
- Protege el receptor contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima), también puede incluirse en equipos de automatismos sencillos o complejos. (Manual electrotécnico, Schneider Electric, 1999).



Figura.1 Contactor Schneider electric

Fuente: (Schneider electric. 2020)

- Un relé térmico es un aparato diseñado para la protección de motores contra sobrecargas, fallo de alguna de las fases y diferencias de carga entre ellas. El relé térmico posee:
- Dos contactos auxiliares (NO-97-98 y NC-95-96), para su uso en el circuito de mando. El cerrado en serie con la bobina del contactor
- Dispone de un botón regulador de la intensidad de protección. Incorpora un botón de prueba (STOP).
- Además, presenta un botón para RESET.

2.1.2. Relé térmico de protección

Dispositivo electro térmico donde la corriente del motor pasa por elementos bimetalicos dentro del relé. Si la corriente supera el valor ajustado durante un tiempo, los bimetales se calientan y se deforman. Esta deformación acciona un mecanismo que abre el circuito de control y desenergiza el contactor, deteniendo el motor. Sobrecargas prolongadas del motor. Pérdida de fase (en muchos modelos trifásicos). No protege contra cortocircuitos (para eso se usan fusibles o interruptores magnetotérmicos).

Partes principales

- Ajuste de corriente nominal.
- Botón de reset (manual o automático).
- Contacto normalmente cerrado (NC) para abrir el circuito de mando.
- Contacto normalmente abierto (NO) para señalización o alarmas.

Selección del relé térmico

Se ajusta según la corriente nominal indicada en la placa del motor. Por ejemplo:

- Motor: 8 A
- Relé térmico: rango 6-10 A
- Ajuste: aproximadamente 8 A



Figura 2 Relé térmico Schneider electric
Fuente: (Schneider electric. 2024)

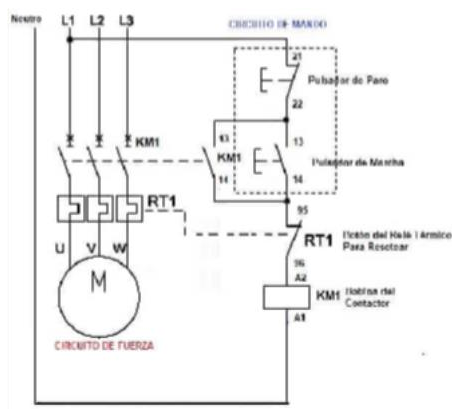


Figura 3 Diagrama cableado con relé térmico y contactor
Fuente: <https://images.openai.com/static-rsc-4?purpose=fullsize>

Funcionamiento relé térmico

Los relés térmicos poseen tres laminas bimetálicas (**ferro-níquel**) que van serie con la carga para detectar el aumento de corriente y temperatura del motor ya que detectan la sobrecarga mediante el calentamiento producido por la corriente de la carga. Cuando circula la corriente, los bimetales se calientan y se deforman, generando una curvatura que depende de la intensidad y del tiempo de exposición.

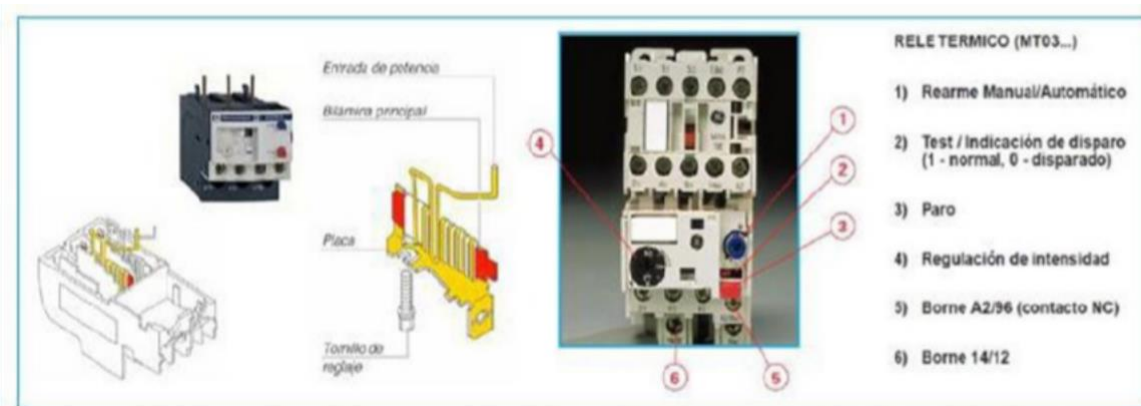


Figura 4 Estructura interna de un relé térmico
Fuente: Ing. Huber Murillo

2.2. Generalidades del control lógico programable.

Controlador Lógico Programable (PLC), máquina electrónica, destinada para controlar en tiempo real y en medio industrial, procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series (AND), paralelos (OR), temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos y regulaciones, etc. es un dispositivo electrónico diseñado para automatizar procesos industriales. Recibe señales de sensores, ejecuta un programa almacenado en memoria y controla actuadores como motores, válvulas o relés para realizar tareas automáticamente; diseñado para automatizar procesos industriales. Recibe señales de sensores, ejecuta un programa almacenado en memoria y controla actuadores como motores, válvulas o relés para realizar tareas automáticamente

La automatización de una máquina o proceso incorporación dispositivos electrónicos que se encarga de controlar su funcionamiento. Se distinguen tres grados de automatización:

Principales aplicaciones de un autómata programable (PLC) son:

1. Control de maquinaria industrial.

Cintas transportadoras.

Prensas y máquinas de empaquetado.

Máquinas de ensamblaje.

2. Automatización de procesos

Control de temperatura en hornos.

Dosificación de líquidos y mezclas.

Sistemas de bombeo y tratamiento de agua.

3. Control de motores

Arranque y parada de motores eléctricos.

Control de velocidad mediante variadores de frecuencia.

Protección y monitoreo de motores.

4. Sistemas de edificios

Iluminación automática.

Control de climatización (aire acondicionado y calefacción).

Gestión de ascensores y sistemas de seguridad.

5. Industria alimentaria

Líneas de embotellado.

Envasado y etiquetado.

Control de procesos de cocción y refrigeración.

6. Industria automotriz

Robots de soldadura.

Líneas de montaje.

Sistemas de pintura automatizados.

7. Energía y servicios públicos

Subestaciones eléctricas.

Plantas de generación de energía.

Redes de distribución de agua.

Los circuitos o esquemas serán aplicables a dispositivos neumáticos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos. La tecnología cableada ha sido y es, extensamente empleada en la industria, pero presenta ciertos inconvenientes:

- En general ocupa mucho espacio.
- Poca flexibilidad ante modificaciones o ampliaciones.
- Es difícil la identificación y resolución de averías.
- No están adaptados a funciones de control complejas.

A mediados de la década de los 60 la empresa General Motors, preocupada por los costes elevados que implicaban los sistemas de control a base de relés, debido a los tiempos de parada por averías y a su poca flexibilidad para adaptarse a las necesidades de producción de nuevos modelos, estaba trabajando con la empresa Digital para obtener un sistema de control que respondiera a los siguientes requisitos: Adaptación al medio industrial, es decir, a las condiciones ambientales de la planta de producción. Debían ser programables en un lenguaje asequible al

personal de operación y de Mantenimiento de la planta. De fácil mantenimiento. Debían ser reutilizables.

A lo largo de los últimos años han aparecido equipos pequeños y compactos que, junto con la reducción de los precios, ha hecho que su aplicación se extienda a todos los sectores industriales. En la figura 2 podemos ver una evolución temporal que recoge los aspectos más relevantes por los que han ido pasando las prestaciones de los Automatas y que se ofrece a modo de resumen de los puntos anteriores.

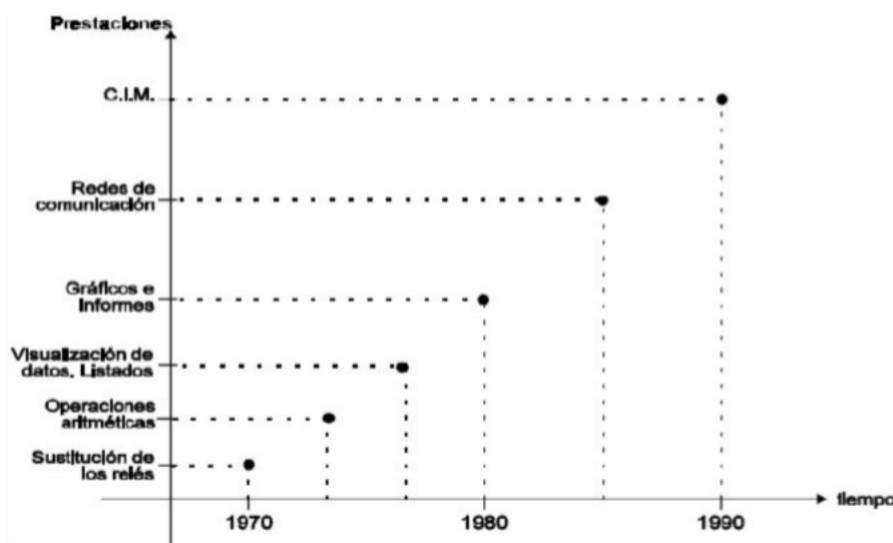


Figura 5 Gráfico de evolución de las prestaciones del Automata Programable Industrial
Fuente: Automatismo 2023

Autómatas en bloques

En la actual situación de los Automatas, su descripción por bloques puede recordarnos a los ordenadores personales, por lo que su comprensión resultará más fácil. Sin embargo, en el caso de los Automatas podemos hablar de una estructura

interna y de otra externa que, conjugadas correctamente, nos permitirán obtener una visión más clara de la parte física del equipo.

Estructuras de un autómata

Se refiere al aspecto físico exterior del mismo, es decir, los bloques o elementos en que está dividido. Actualmente, son dos las estructuras más significativas que existen en el mercado

Estructura compacta

Este tipo de Autómatas se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, E/S, etc.

Estructura modular: Como su nombre indica, la estructura de este tipo de Autómatas se divide en módulos que realizan funciones específicas. Aquí cabe hacer dos divisiones para distinguir entre las que denominaremos estructuras americana y europea.

Estructura Interna: El Autómata Programable Industrial es una máquina electrónica digital programable que está constituida por dos elementos básicos:

- La Unidad Central de Proceso (UCP o CPU).
- El sistema de Entradas y Salidas (E/S).

Con estos dos elementos, el equipo ya es operativo sobre la máquina o proceso a controlar, pero existen otros componentes que aunque no forman parte del Autómata como equipo, son necesarios para su aplicación. Estos componentes, generalmente denominados periféricos, son los equipos de programación, las unidades de dialogo y test, las impresoras, los visualizadores, terminales, etc.

También pueden formar parte del sistema de control del Autómata, otros autómatas, equipos de control numérico (CNC), robots y ordenadores. Estos conjuntos de equipos definen el entorno del Autómata, tal como se representa en la figura.3.

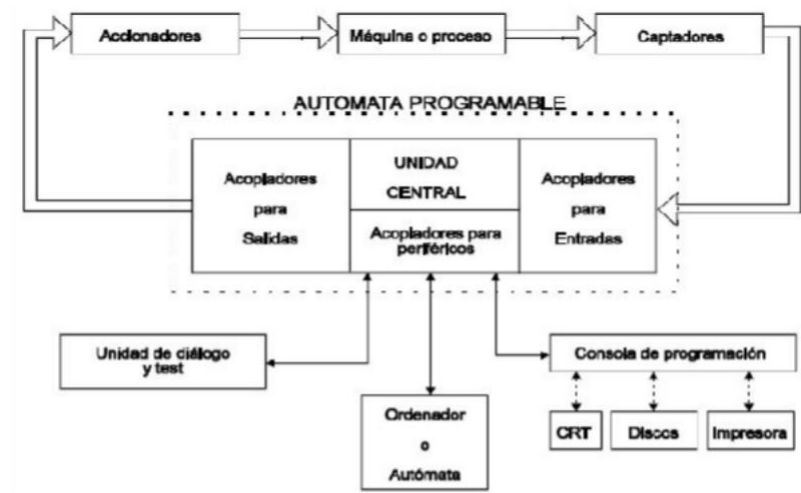


Figura 6 Esquema de bloques del entorno del Autómata Programable
Fuente: Autómatas programables 2020

La Unidad Central de Proceso, que se considera formada por el procesador y la memoria, es la inteligencia del sistema y se encarga de realizar las tareas de control interno y externo mediante la interpretación que el procesador hace de las instrucciones o códigos de operación almacenados en la memoria, y los datos que obtiene de las entradas y que genera hacia las salidas.

El Sistema de Entradas y Salidas se encarga de adaptar la tensión de trabajo de los dispositivos de campo a la tensión con que trabajan los circuitos electrónicos del Autómata y proporciona el medio de identificación de esos dispositivos ante el procesador.

Los fabricantes no han cesado en la mejora del producto para reducir la posible

Problemática causada por esas condiciones y aumentar al máximo la fiabilidad del Autómata. Para ello, en el diseño y fabricación, se siguen entre otros los siguientes procedimientos:

- Selección de componentes electrónicos de alta calidad.
- Dimensionado de los equipos para condiciones extremas de trabajo: tests de EMI y RFI, test de acoplamiento electrostático, test Landis de interferencias, entre otros.
- Comprobación de los componentes, mediante ordenador, previo a su montaje.
- Métodos de montaje automatizados.
- Prueba controlada por ordenador de todos los módulos funcionales.
- Prueba de temperatura, con ciclos térmicos, de los equipos acabados.

2.3. Automatización industrial

La automatización industrial consiste en la aplicación de tecnologías de control, sistemas computarizados y equipos programables para operar procesos de fabricación con mínima intervención humana. Su principal objetivo es aumentar la productividad, mejorar la calidad del producto y optimizar el uso de los recursos disponibles. Para lograrlo, integra elementos como sensores, actuadores, controladores lógicos programables (PLC), sistemas electrónicos y software especializado para monitorear y controlar automáticamente las operaciones. Además, la automatización facilita las tareas repetitivas y reduce el potencial de errores asociados a la intervención manual, lo que contribuye a la eficiencia y competitividad de las organizaciones industriales. Raffino, M. E. (2022). Automatización industrial: qué es, características, tipos, ejemplos. Lifeder.

La automatización industrial moderna se basa en la teoría del control automático, una disciplina que estudia el comportamiento de sistemas dinámicos y desarrolla

estrategias para regular las variables del proceso sin la intervención constante del operador. Este campo combina ingeniería, matemáticas, electrónica e informática para desarrollar sistemas que puedan responder de forma autónoma a los cambios en su entorno. El control automático permite mantener parámetros como temperatura, presión, velocidad o nivel dentro de los valores definidos, mejorando la estabilidad, precisión y seguridad de los procesos industriales. Gracias a estos principios, es posible implementar soluciones de automatización que aumentan la eficiencia operativa y garantizan una producción más uniforme y confiable. Brunete, A. (2023). Introducción a la automática. Bookdown.

En el contexto de la Industria 4.0, la automatización industrial se apoya en sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) que permiten monitorear y controlar los procesos productivos en tiempo real desde plataformas centralizadas. Estas tecnologías facilitan la recopilación, el almacenamiento y el análisis de información de diversos equipos y dispositivos industriales, facilitando la toma de decisiones basada en datos. Los sistemas SCADA actuales incluyen protocolos de comunicación abiertos, acceso remoto y tecnologías web que permiten integrar múltiples procesos en una única infraestructura digital. Como resultado, las empresas pueden aumentar la productividad, mejorar la eficiencia operativa y optimizar su gestión de recursos gestionando las operaciones industriales con mayor precisión y flexibilidad. atvise®. (2026). SCADA Software for Industry 4.0.

2.4. Terminales de dialogo

Para operaciones de interfaz hombre maquina tomando en cuenta el cambio del uso de pulsadores por un botón al operario, el cual ofrece un confort ya que la función “diálogo hombre-máquina” tiene un extenso conjunto de herramientas para poder interactuar, de la misma forma, ofrece soluciones que se ajusta de manera

precisa o perfecta a cualquier nivel de dialogo para controlar y vigilar de manera óptima todo tipo de equipos.



Figura 7 Terminal de diálogo HMI

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Delta-HMI-TP-Series-TP70P-22XA1R-1600279940643.html>

La Interfaz Hombre-Máquina es el sistema que permite a una persona interactuar con una máquina, equipo o proceso automatizado. En entornos industriales, una HMI suele ser una pantalla táctil o una aplicación que muestra información del proceso y permite al operador controlar equipos. Una HMI permite: Visualizar variables como temperatura, presión, nivel o velocidad, monitorear el estado de máquinas y procesos, recibir alarmas notificaciones, encender, apagar o ajustar equipos, registrar datos de operación.

En automatización industrial, una HMI suele trabajar junto con un PLC:

1. El PLC controla el proceso o la máquina.
2. La HMI muestra la información que recibe del PLC.
3. El operador envía comandos desde la HMI al PLC.

Por ejemplo, en una planta de bombeo, el PLC controla las bombas y sensores, mientras que la HMI muestra los niveles de agua, el estado de las bombas y permite arrancarlas o detenerlas.

Componentes típicos de una HMI

- Pantalla gráfica.
- Botones virtuales.
- Indicadores y medidores.
- Gráficas de tendencias.
- Alarmas y eventos.
- Menús de configuración.

2.5. Variadores de velocidad electrónicos

Un variador de frecuencia controla la velocidad de motores de corriente alterna (AC) regulando la frecuencia y el voltaje de alimentación.

También se conoce como AFD, driver de CA, inversor o VVVF.

Permite ahorrar energía ajustando la velocidad del motor según la demanda, reduciendo el consumo entre un 20% y un 70%. Los convertidores de frecuencia cuentan con una tarjeta de potencia y otra de control.

Esta tarjeta posee tres etapas. Rectificación, enlace y conversor.

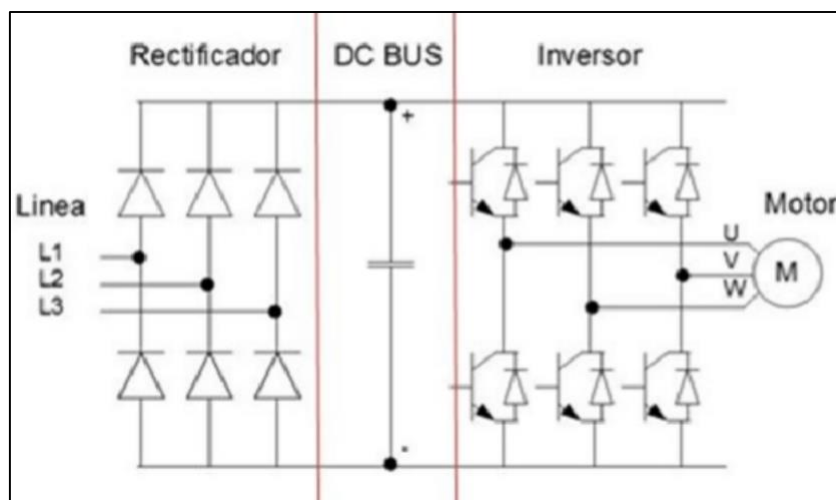


Figura 8 Tres etapas de un convertidor de frecuencia
Fuente: Autores

Rectificador: Trabaja con corriente alterna (AC) de entrada y la convierte en corriente continua (c.c.) mediante 4 o 6 diodos, según el sistema sea monofásico o trifásico. Los valores se manejan en voltios (V) y frecuencia en hertz (Hz).

Enlace de c.c.: Utiliza condensadores para almacenar el voltaje rectificado, que puede alcanzar hasta 800 V c.c. (voltios de corriente continua). También absorbe la energía generada durante frenados bruscos de cargas con alta inercia.

Convertidor: Emplea 6 transistores y modulación PWM para transformar la corriente continua en corriente alterna variable, regulando el voltaje (V) y la frecuencia (Hz) para controlar la velocidad del motor AC.

Dependiendo de la gama del variador, la tarjeta de control posee diferentes bornes para funciones específicas; en los variadores básicos se encuentran las siguientes funciones:

- **Consigna de tensión:** El variador entrega señales de 5, 10 o 15 V para controlar la velocidad del motor mediante un potenciómetro de 2 a 5 k Ω , permitiendo programar la velocidad mínima y máxima del motor.
- **Señales digitales:** Permiten controlar externamente el sentido de giro del motor y seleccionar velocidades fijas preprogramadas, anulando el uso del potenciómetro.
- **Rampas de aceleración y desaceleración:** Se programan para obtener arranque y parada suave del motor.
- **Medición y control:** El variador mide parámetros principales del motor en reposo y funcionamiento, y puede trabajar con señales de control industriales de 4-20 mA o 0-10 V.

2.6. Arrancadores Electrónicos

La tarjeta de potencia posee 6 tiristores montados en grupos a dos y en oposición donde cada grupo controla una fase; el control de la tensión aplicada al motor se hace mediante el ajuste del ángulo de disparo de los tiristores en la salida al motor modificando el voltaje de alimentación lo que permite obtener arranques y paradas suaves

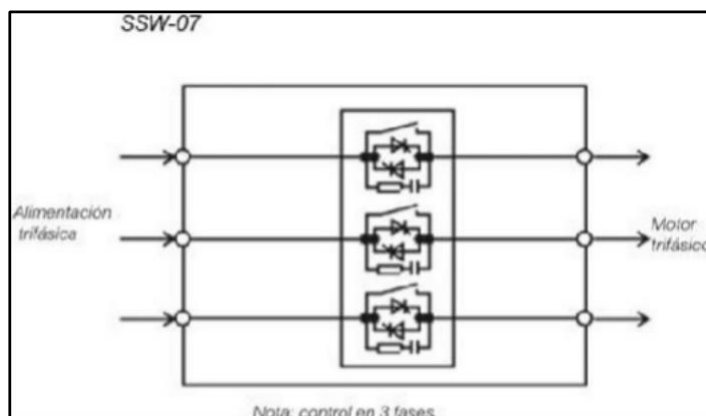


Figura 9 Tarjeta de Potencia de arrancador electrónico
Fuente: Autores

Se puede programar el arranque suave de motor mediante un potenciómetro que significa rampa de aceleración. de igual manera con un segundo potenciómetro se le programa la rampa de desaceleración par aun aparada suave del motor.

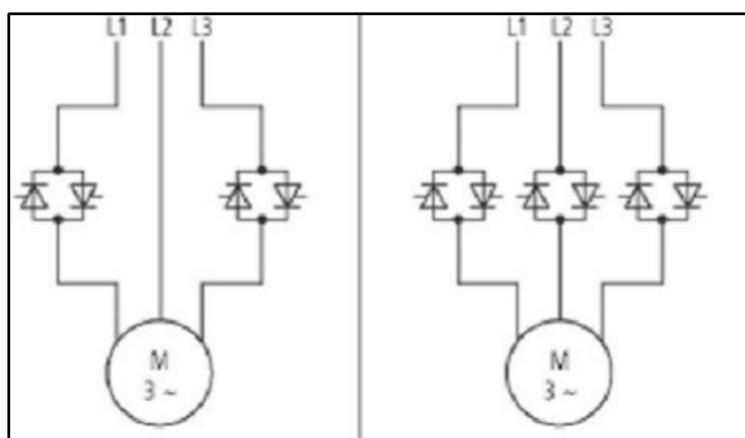


Figura 10 Modelos número de tiristores tarjeta de potencia en arrancadores electrónicos
Fuente: Telesquemario telemecanique

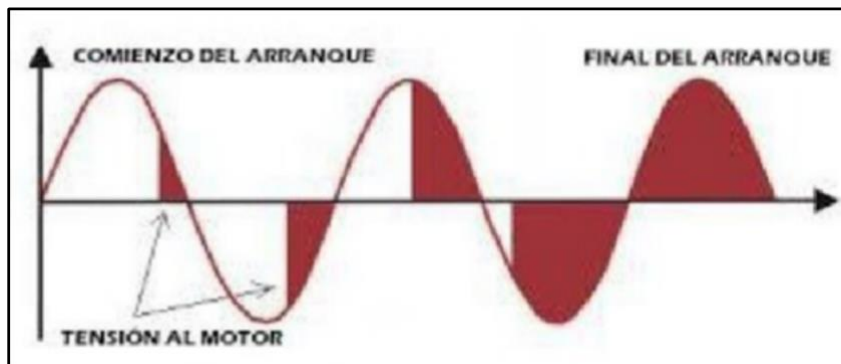


Figura 11 Señal de tensión de tiristores arrancadores electrónicos
Fuente: Telesquemario telemecanique

En la tarjeta de mando los arrancadores electrónicos poseen bornes de alimentación A1 A2 generalmente a 220 voltios como alimentación de mando interno; sin embargo, lo más importante es una señal digital que externamente le da la señal de arranque y parada suave del motor.

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

La investigación desarrollada en el presente proyecto es de tipo exploratoria informal, la cual es apoyada en fuente de datos secundarios que se encuentran revisando la literatura y la recopilación de documentación para comprender y dar solución a la problemática de la investigación, la exploración mantiene un enfoque cuantitativo que define la descripción de las cualidades de la problemática como lo es “la probabilidad de actualizar y mejorar prácticas de automatización industrial del programa de Ingeniería Electromecánica, como el diseño y construcción de un módulo para automatización industrial integrando software y hardware de control para fundamentación de competencias del área de automatización a través del recurso para que de este modo se pueda comprender la esencia a través del análisis de esta información empleando la documentación necesaria.

3.2. Enfoque de la Investigación

Enfoque cualitativo, cuyo objetivo general será la descripción de las cualidades de la solución a la problemática que se estudia, para así mismo comprender la importancia a tener en cuenta esta información, empleando técnicas de revisión que se encuentran en los manuales y técnicas de las diferentes formas de trabajo de los controladores lógicos programables, terminales de diálogo y la Sensorica que se utilizan en el proyecto, bibliografía de la investigación y de artículos especializados.

3.3. Método y Técnicas de la Investigación

El método (observación, inductivo, deductivo o análisis), las técnicas (Experimentos medidas programación prueba y error)

3.4. Fases de la Investigación

Tabla 1 Fases de la investigación

FASE	ACTIVIDADES
Fase 1.	Se encuentra la documentación de variables a analizar, sistema de control Diseño y construcción de un módulo para automatización industrial integrando software y hardware de control para fundamentación de competencias del área de automatización, en esta misma fase tendremos la adecuación del punto de trabajo para la investigación
Fase 2.	Implementar, sistema de control para la operación de motores trifásicos, utilizando convertidor de frecuencia con funciones de CLP (Controlador Lógico Programable) a través del recurso una unidad Estructuración y montaje de un sistema practico de control para aplicaciones de maniobra y automatización utilizando lógica programada y terminal de dialogo
Fase 3.	Desarrollar y validar los ejercicios prácticos, utilizando sistema de control para la operación de motores trifásicos, utilizando convertidor de frecuencia con funciones de CLP (Controlador Lógico Programable) a través del recurso
Fase 4.	Se realiza presentación y muestra de los resultados obtenidos

Fuente: Autores

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. Ficha técnica Protección termomagnética.



Figura 12 Interruptor termomagnético tripolar CHINT
Fuente: Catalogo Chint 2022

El interruptor termomagnético tripolar protege las instalaciones de sobrecalentamientos y cortocircuitos. Por lo general, estos equipos se seleccionan según el valor de la corriente de protección y la característica que posea el tipo de curva de disparo establecida según las aplicaciones. Para la protección del sistema eléctrico de potencia se procedió a realizar el siguiente proceso. Según la sección 210 Artículo 20 de las Normas Técnicas Colombianas 2050 (NTC2050), se establece que cuando un circuito ramal alimenta cargas continuas, el valor nominal del dispositivo de sobre corrientes o protección no debe ser menor al 125% de las corrientes nominales presentes en la instalación. Así mismo, la Norma IEC 60898 establece las curvas de corte energético que presentacada tipo de protección de interrupción automática (breaker), las curvas se clasifican según su actividad (Comisión electrotécnica internacional IEC, 2020).

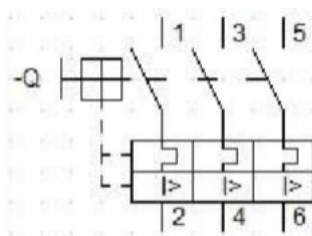


Figura 13 Simbología de interruptor termomagnético

Fuente: (Comisión electrotécnica internacional, 1992, págs. 156-170)

- **Curvas tipo C:** Establece un corte energético entre 3 a 5 veces la corriente nominal son frecuentemente utilizadas en instalaciones domiciliarias.
- **Curvas tipo D:** Se establece el corte energético entre 10 a 20 veces la corriente nominal y se utiliza en instrumentos o equipos que presenten grandes picos de corriente al encender, por ejemplo: un motor eléctrico.
- **Curva tipo B:** Este tipo de curva suele ser utilizada en aplicaciones que requiera el corte energético entre 3 a 5 veces la corriente nominal. Este tipo de curva se encarga de dar respuesta rápida y suele ser utilizado en generadores.

la corriente de protección es 125% la corriente nominal, por lo tanto, se realiza la siguiente operación.

$$I_{pn} = 1.25 * I_n = 50$$

Ficha técnica básica (C10)

Característica	Valor
Corriente nominal (In)	10 A
Curva de disparo	C
Tipo de protección	Sobrecarga y cortocircuito
Frecuencia	50/60 Hz
Tensión nominal	230/400 V AC (según número de polos)
Capacidad de corte (Icn)	6 kA (algunas versiones hasta 10 kA)
Número de polos	1P, 2P, 3P, 4P
Norma	IEC/EN 60898-1
Vida mecánica	20.000 maniobras
Vida eléctrica	10.000 maniobras
Montaje	Riel DIN de 35 mm
Temperatura de trabajo	-35 °C a +70 °C
Grado de protección	IP20 (montado directamente)

Significado de "C10"

- **C** = curva de disparo para cargas con corrientes de arranque moderadas (motores pequeños, tomas de corriente, equipos eléctricos).
- **10** = corriente nominal de **10 amperios**.
- Dispara magnéticamente entre **5 y 10 veces la corriente nominal** (50-100 A aproximadamente).

Aplicaciones típicas

- Circuitos de iluminación.
- Tomas de uso general.

- Pequeños motores y equipos con corriente de arranque moderada.

4.2. Ficha técnica Contactor LC1D09 Schneider

Fabricante:

Serie: TeSysD

Modelo: LC1D09

Tipo: Contactor electromagnético trifásico para control de motores y cargas industriales.

Características eléctricas principales

- Polos principales: **3 (3 NA)**
- Corriente nominal AC-3 (Ie): **9 A a 400/415 V AC**
- Tensión de empleo (Ue): **hasta 690 V AC**
- Tensión de aislamiento (Ui): **690 V**
- Categorías de utilización: **AC-1 y AC-3**
- Potencia de motor (AC-3):

Durabilidad

Vida mecánica: hasta 10 millones de maniobras.

Vida eléctrica: aproximadamente 1,5 millones de maniobras en AC-3.

Condiciones de servicio

Temperatura de operación: -5°C a $+60^{\circ}\text{C}$

Altitud máxima: 3000 m

Grado de protección de terminales: IP20

Montaje sobre riel DIN o mediante tornillos.

Aplicaciones

Arranque y parada de motores trifásicos.

Tableros de control industrial.

Sistemas de bombeo.

Compresores.

Sistemas de iluminación y calefacción industrial.



Figura 14 Contactor principal
Fuente: Schneider Electric 2024

4.3. Ficha técnica Convertidor de frecuencia MS300 DELTA.

El convertidor de frecuencia MS 300 de la casa Delta es un equipo de estado sólido de control vectorial utilizado para controlar la velocidad y el torque de motores eléctricos de inducción (IM) y de imanes permanentes (PM). Está diseñado para aplicaciones industriales como bombas, ventiladores, compresores, bandas transportadoras, maquinaria de empaque y máquinas herramienta; sus principales características se definen: Control vectorial para motores IM y PM, frecuencia de salida hasta 599 Hz (algunos modelos hasta 1500 Hz), PLC integrado de 2K pasos,

comunicación Modbus RS-485 incorporada, puerto USB para programación y diagnóstico, función de seguridad STO (Safe Torque Off), chopper de frenado integrado, opciones de comunicación: EtherNet/IP, EtherCAT, CANopen, PROFIBUS, DeviceNet, entre otras



Figura 15 Convertidor de frecuencia DELTA MS 300
Fuente. Manual Delta 2023



Figura 16 Terminal de programación convertidor DELTA MS 3003
Fuente: Manual Delta 2023

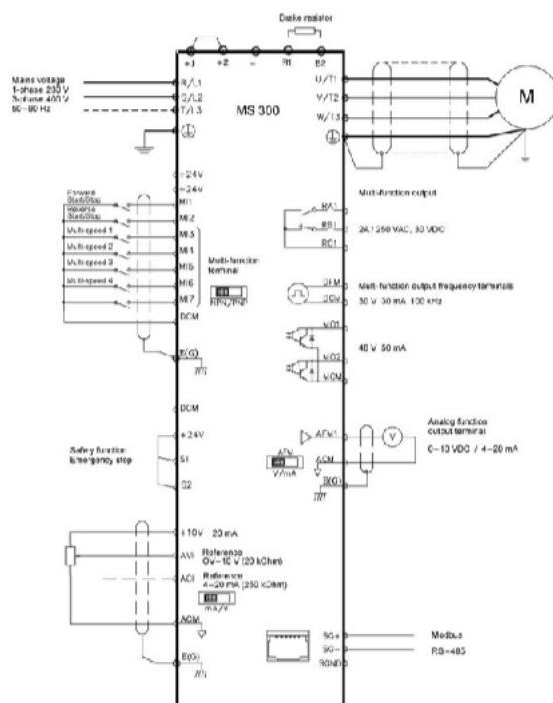


Figura 17 Borneras de conexión convertidor DELTA MS 300
Fuente: Manual Delta 2023

4.3.1. Utilización del panel de programación

Ejemplos típicos de parametrización

Para una mejor comprensión de los ejemplos típicos de parametrización, los basaremos en un supuesto concreto:

Imaginemos que vamos a utilizar un variador VFD7A5MS21AFSAA (intensidad nominal de salida de 7,5 A), para accionar un motor de 1,5 kW a 3 x 230 V, 50 Hz, Inom: 6,3 A Nnom: 1410 rpm, 4 polos, tipo de ventilación: autoventilado.

Pretendemos hacerlo trabajar entre 20 y 70 Hz. Las rampas de aceleración / deceleración deseamos que sean de 5 segundos.

Queremos que el ventilador del variador de frecuencia no esté siempre en marcha, sino que arranque cuando esté accionando la máquina y se pare pasado 1 minuto,

tras la parada de la máquina. Veamos cómo hay que configurar el variador en cuanto a los parámetros básicos.

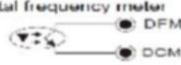
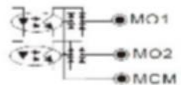
A continuación, pondremos tres ejemplos variando la procedencia de la consigna de velocidad y la procedencia de las órdenes de marcha / paro.

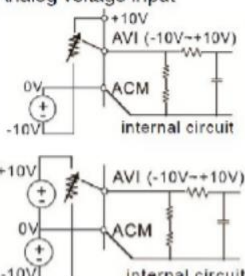
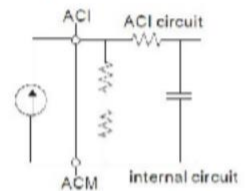
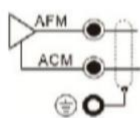


Figura 18 Guía de operación de teclado DELTA MS 300
Fuente: Manual Delta 2023

4.3.2 Configuración básica preliminar.

Tabla 2 Descripción bornera de control

Terminals	Terminal Function	Factory Setting (NPN mode)
S1, S2	Factory setting: S1/S2 shorted to +24V Rated voltage: 24VDC $\pm 10\%$; Max. voltage: 30VDC $\pm 10\%$ Activation current: 0.6/ mA $\pm 10\%$ STO activation mode Input voltage level: S1-DCM=0VDC or S2-DCM $\approx$ 5VDC STO response time ≈ 20 ms (S1/S2 operate till the AC motor drive stop outputting current) STO cut-off mode Input voltage level: S1-DCM=11VDC and S2-DCM $\approx$ 30VDC Power removal safety function acc. to EN 954-1 and IEC / EN 61508 Note: Please refer to CH17 SAFE TORQUE OFF FUNCTION for more information.	
DCM		
SG+	Modbus RS 485	
SG-	Note: Please refer to CH12 DESCRIPTION OF PARAMETER SETTINGS for more information. (Pr. 12-09-1 to Pr. 12-09-17)	
SGND		
RJ-45	PIN 1, 2, 0: Reserved PIN 3, 7: SGND PIN 4: SG- PIN 5: SG+ PIN 6: +10VN (provide KPC10001 power supply)	
Terminals	Terminal Function	Factory Setting (NPN mode)
+24V	Digital control signal common (Source)	+24V $\pm 10\%$ 100 mA
MI1 ~ MI7	Multi-function input 1~7	Refer to parameters 02-01~02-07 to program the multi-function inputs MI1~MI7. Source Mode ON: the activation current is 3.3 mA $\approx$ 11Vdc OFF: cut-off voltage $\approx$ 5Vdc Sink Mode ON: the activation current is 3.3 mA $\approx$ 13Vdc OFF: cut-off voltage $\approx$ 19Vdc ■ When Pr. 02-00=0, MI1 and MI2 can be programmed ■ When Pr. 02-00 $\neq$ 0, the function of MI1 and MI2 is acc. to Pr02-00 setting. ■ When Pr02-07=0, MI7 is pulse input with max. frequency 33kHz (See Pr. 10-00, Pr. 10-02, Pr. 10-16) DFM is a pulse-signal output; Duty-cycle: 50% Min. load impedance R_L : 1k Ω /100pf Max. current: 30mA Max. capacitive load: 100pF Max. voltage: 30 Vdc $\pm 1\%$ (when 30 Vdc / 30 mA/ R_L = 100 pf) Max. output frequency: 33kHz Internal current limiting resistor R: $\approx$ 1K Ω Output load impedance R_L Capacitive load $\leq$ 100 pf Resistive load ≥ 1 k Ω - resistance determine the output voltage value DFM-DCM voltage = external voltage * ($R_L / (R_L + R)$)
DFM	Digital frequency meter 	
DCM	Digital frequency signal common (Sink)	
MO1	Multi-function Output 1 (photocoupler)	Programmable open-collector outputs, acc Pr. 02-16 and Pr. 02-17. 
MO2	Multi-function Output 2 (photocoupler)	
MCM	Multi function Output Common	Max 48 Vdc 50 mA
RA	Multi-function relay output 1 (Relay N.O. a)	Programmable relay output, see Pr. 02-13 Resistive Load 3 A (N.O.) / 3 A (N.C.) 250 VAC 5 A (N.O.) / 3 A (N.C.) 30 VDC Inductive Load (COS ϕ 0.4) 1.2 A (N.O.) / 1.2 A (N.C.) 250 VAC 2.0 A (N.O.) / 1.2 A (N.C.) 30 VDC
RB	Multi-function relay output 1 (Relay N.C. b)	
RC	Multi-function relay common (Relay)	Various kinds of monitor signals output, e.g.: operation frequency attained, overload indication etc.,

Terminals	Terminal Function	Factory Setting (NPN mode)
+10V	Potentiometer power supply	+10.5 ± 0.5 Vdc / 20 mA
AVI	Analog voltage input 	Programmable analog input, see Pr. 03-00 Impedance: 20kΩ Range 0~Max. Output Frequency (Pr. 01-00): 0 ~ +10V / -10 ~ +10V Range switching by Pr. 03-00 , Pr. 03-28
ACI	Analog current input 	Programmable analog input, see Pr. 03-01 Impedance: 250Ω Range 0~ Max. Output Frequency (Pr. 01-00): 0~20mA / 4~20mA / 0~10V Range switching by Pr. 03-01 , Pr. 03-29
AFM	Multi-function analog voltage output 	Switch: the factory setting of AFM is 0~10V (Voltage mode), use the switch and Pr. 03-31 to change to current mode (0~20 mA / 4 mA~20 mA). Must follow the indication on the back side of front cover or page 6-1 of user manual when using the switch. Voltage mode Range: 0~10 V (Pr. 03-31=0) corresponding to the max. operating range of the control object Max. output current : 2 mA Max. Load : 5 kΩ Current mode Range : 0~20 mA (Pr. 03-31=1) / 4 mA~20 mA (Pr. 03-31=2) corresponding to the max. operating range of the control object Max. load : 500 Ω
ACM	Analog Signal Common	Common for analog terminals

Fuente: Manual Convertidor Delta

Tabla 3 Ejemplo programación

Parámetro	Valor a cargar (según el ejemplo)	Explicación	Ajuste de fábrica
01-00	70.00 Hz	Frecuencia máxima de salida que requiere la aplicación	60.00
01-01	50.00 Hz	Frecuencia nominal del motor	60.00
01-02	230.0 V	Voltaje nominal del motor	220.0 V
01-12	5.00 s	Rampa de aceleración	10.00 s
01-13	5.00 s	Rampa de deceleración	10.00 s
05-01	6.3 A	Intensidad nominal del motor en amperios	90% de la I _{nom} de salida del variador
06-13	1	Tipo de protección térmica. 0: motor con ventilación forzada 1: motor autoventilado 2: protección térmica desactivada El ventilador del variador de frecuencia se parará al cabo de un minuto, tras la parada de la máquina.	2
07-19	1		3: en función de la temperatura

Fuente: Manual Convertidor Delta

Tabla 4 Ejemplo 1. Consigna de frecuencia mediante un potenciómetro conectado a la regleta de control (entrada AVI). Ordenes de marcha / paro a través de la regleta de control.

Parámetro	Valor a cargar (según el ejemplo)	Explicación	Ajuste de fábrica
00-20	2	Consigna analógica	0
00-21	1	Marcha / paro mediante las entradas FWD: adelante REV: atrás	0
03-00	1	Entrada AVI se utiliza como consigna de frecuencia	1
03-50	1	Curva de la entrada AVI ajustada por puntos	0
03-64	28.57 %	Ajuste de la frecuencia de consigna al mínimo del potenciómetro: Cálculo: $\frac{F_{min}}{F_{max}} \times 100$ Ejemplo: $[20 \text{ Hz} / 70 \text{ Hz}] \times 100 = 28.57 \%$	0.00 %
03-66	64.29 %	Ajuste de la frec. de consigna en el punto medio: Cálculo: $[Pr.03-52 + 100] / 2$ Ejemplo: $[28.57 + 100] / 2 = 64.29 \%$	50.00 %

Fuente: Manual Convertidor Delta

Tabla 5 Ejemplo N.º 2: Consigna de frecuencia mediante las teclas de la consola de programación. Ordenes de marcha / paro a través de las teclas de la consola de programación.

Parámetro	Valor a cargar (según el ejemplo)	Explicación	Ajuste de fábrica
00-20	0	Consigna mediante las teclas de la consola de programación	0
00-21	0	Marcha / paro mediante las teclas de la consola de programación	0
01-11	20.00 Hz	Impide que la frecuencia de salida del variador descienda por debajo de 20 Hz. Para cualquier valor de consigna entre 0 y 20 Hz, la frecuencia de salida será de 20 Hz.	0.00 Hz

Fuente: Manual Convertidor Delta

Tabla 6 Ejemplo N.º 3: Consigna de frecuencia mediante el potenciómetro de la consola de programación. Ordenes de marcha / paro a través de la regleta de control

Parámetro	Valor a cargar (según el ejemplo)	Explicación	Ajuste de fábrica
00-20	7	Consigna mediante el potenciómetro de la consola de programación	0
00-21	1	Marcha / paro mediante las entradas FWD: adelante REV: atrás	0
03-40	- 40.0 % (Ojo: signo negativo)	Ajuste de la frecuencia de consigna al mínimo del potenciómetro (offset): Cálculo: $-(F_{min} / (F_{max} - F_{min})) \times 100$ Ejemplo: $-(20 \text{ Hz} / (70 \text{ Hz} - 20 \text{ Hz})) \times 100 = - 40.0 \%$	0.0 %
03-41	1	Habilitación del offset en la entrada AVI	0
03-42	71.4 %	Ajuste de la frecuencia de consigna al máximo del potenciómetro: Cálculo: $((F_{max} - F_{min}) / F_{max}) \times 100$ Ejemplo: $((70 \text{ Hz} - 20 \text{ Hz}) / 70 \text{ Hz}) \times 100 = 71.4 \%$	100.0 %

Fuente: Manual Convertidor Delta

Tabla 7 Ejemplo programación

Parámetro	Valor a cargar (según el ejemplo)	Explicación	Ajuste de fábrica
01-00	70.00 Hz	Frecuencia máxima de salida que requiere la aplicación	60.00
01-01	50.00 Hz	Frecuencia nominal del motor	60.00
01-02	230.0 V	Voltaje nominal del motor	220.0 V
01-12	5.00 s	Rampa de aceleración	10.00 s
01-13	5.00 s	Rampa de deceleración	10.00 s
05-01	6,3 A	Intensidad nominal del motor en amperios	90% de la Inom de salida del variador
06-13	1	Tipo de protección térmica. 0: motor con ventilación forzada 1: motor autoventilado 2: protección térmica desactivada	2
07-19	1	El ventilador del variador de frecuencia se parará al cabo de un minuto, tras la parada de la máquina.	3: en función de la temperatura

Fuente: Manual Convertidor Delta

Tabla 8 Aplicación 1. Consigna de frecuencia mediante un potenciómetro conectado a la regleta de control (entrada AVI). Ordenes de marcha / paro a través de la regleta de control.

Parámetro	Valor a cargar (según el ejemplo)	Explicación	Ajuste de fábrica
00-20	2	Consigna analógica	0
00-21	1	Marcha / paro mediante las entradas FWD: adelante REV: atrás	0
03-00	1	Entrada AVI se utiliza como consigna de frecuencia	1
03-50	1	Curva de la entrada AVI ajustada por puntos	0
03-64	28.57 %	Ajuste de la frecuencia de consigna al mínimo del potenciómetro: Cálculo: $\frac{F_{min}}{F_{max}} \times 100$ Ejemplo: $[20 \text{ Hz} / 70 \text{ Hz}] \times 100 = 28.57 \%$	0.00 %
03-66	64.29 %	Ajuste de la frec. de consigna en el punto medio: Cálculo: $[Pr.03-52 + 100] / 2$ Ejemplo: $[28.57 + 100] / 2 = 64.29 \%$	50.00 %

Fuente: Manual Convertidor Delta

Tabla 9 Aplicación N.º 2: Consigna de frecuencia mediante las teclas de la consola de programación. Ordenes de marcha / paro a través de las teclas de la consola de programación.

Parámetro	Valor a cargar (según el ejemplo)	Explicación	Ajuste de fábrica
00-20	0	Consigna mediante las teclas de la consola de programación	0
00-21	0	Marcha / paro mediante las teclas de la consola de programación	0
01-11	20.00 Hz	Impide que la frecuencia de salida del variador descienda por debajo de 20 Hz. Para cualquier valor de consigna entre 0 y 20 Hz, la frecuencia de salida será de 20 Hz.	0.00 Hz

Fuente: Manual Convertidor Delta

Tabla 10 Aplicación N.º 3: Consigna de frecuencia mediante el potenciómetro de la consola de programación. Ordenes de marcha / paro a través de la regleta de control

Parámetro	Valor a cargar (según el ejemplo)	Explicación	Ajuste de fábrica
00-20	7	Consigna mediante el potenciómetro de la consola de programación	0
00-21	1	Marcha / paro mediante las entradas FWD: adelante REV: atrás	0
03-40	- 40.0 % (Ojo: signo negativo)	Ajuste de la frecuencia de consigna al mínimo del potenciómetro (offset): Cálculo: $-(F_{min} / (F_{max} - F_{min})) \times 100$ Ejemplo: $-(20 \text{ Hz} / (70 \text{ Hz} - 20 \text{ Hz})) \times 100 = -40.0 \%$	0.0 %
03-41	1	Habilitación del offset en la entrada AVI	0
03-42	71.4 %	Ajuste de la frecuencia de consigna al máximo del potenciómetro: Cálculo: $((F_{max} - F_{min}) / F_{max}) \times 100$ Ejemplo: $((70 \text{ Hz} - 20 \text{ Hz}) / 70 \text{ Hz}) \times 100 = 71.4 \%$	100.0 %

Fuente: Manual Convertidor Delta

4.3.2. Funciones comunes

- Reinicio de parámetros a los valores de fábrica: Poner el Pr.00-02 = 9, para motor de frecuencia nominal 50 Hz.
- Es necesario ajustar la tensión nominal del motor en PT 01 - 02
- Frecuencia de portadora PWM. Ver Pr.00-17 en el manual completo.
- Proteger la programación de forma simple (sin contraseña): Poner el Pr.00-02 = 1
- Modo vectorial de lazo abierto, para un motor asíncrono:

Para configurar el control vectorial de lazo abierto, siga los siguientes pasos:

Pr .01 -01 Frecuencia nominal del motor en HZ.

Pr. 01 -02 Voltaje nominal del motor en voltios.

Pr. 05-01 Intensidad nominal en amperios.

Pr. 05-02 Potencia nominal del motor en kilovatios.

Pr.05-04 Numero de polos del motor.

Pr.05-03 Velocidad nominal del motor en rpm.

4.3.3. Ejecutar la función de autoajuste (el motor debe estar en vacío):

Colocar el Pr.05-00 = 1, dé una orden de marcha al variador, el motor girará durante unos segundos realizándose el autoajuste del variador. (Nota: Si no es posible hacer girar el motor en vacío, realice el autoajuste estático: ponga el Pr.05-00 = 2. En este caso no importa si el motor está cargado o frenado).

4.3.4. Activar el control vectorial de lazo abierto: Ponga el Pr.00-11 = 2

Acceder el Pr.05-00 = 1, dé una orden de marcha al variador, el motor girará durante unos segundos realizándose el autoajuste del variador. (Nota: Si no es posible hacer girar el motor en vacío, realice el autoajuste estático: ponga el Pr.05-00 = 2. En este caso no importa si el motor está cargado o frenado).

Para trabajar en modo manual se debe configurar los parámetros.

-00.30 Comando de cambio de frecuencia en 7, para que cambie la velocidad con el potenciómetro que trae el variador.

-00.31 Comando de arranque en 0, para que arranque o pare por medio de las teclas del variador

Para que reconozca los modos de operación

-02.00 Modo de arranque por medio de dos hilos, en 1

-02.01 Configuración de entrada digital 1 en 41 MODO MANUAL

-02.02 Configuración de entrada digital 2 en 42 MODO AUTOMATICO

Para entrar al menú de cambio de parámetros se debe pulsar la tecla mode en repetidas ocasiones hasta que se muestre en pantalla Frd después se presiona la tecla enter y aparecerá el menú de programación. En donde salen los parámetros 00.00 con las teclas se pueden ubicar enter se encontrará el valor que se encuentra por defecto hay que realizar los cambios cuando se carga el valor actual en el visor salen las letras End. Para salir del menú hay que volver a dar tecla mode hasta que salga el valor de la frecuencia.

4.3.5. Acceso a parámetros

Modo de Arranque. Parámetros 00-21

Opción 1 fue el valor que se configuró en el convertidor de frecuencia con el fin de habilitar los terminales externos MI1 o MI2 .

Tabla 11 *Parámetro 00-21*

Parámetro	Tipos de configuración	Valor de fábrica
00-21	0: mediante el panel de control del variador.	0
	1: terminales externos	
	2: entrada de comunicación serie Rs-485	
	3: tarjeta de comunicación canopen.	
	5: tarjeta de comunicación canopen (no incluida):	

Fuente: Autor.

Botón Stop. Parámetros 00-32

La opción seleccionada en este apartado fue 0 es decir se deshabilitó la tecla Stop ya que el tablero de control posee una botonera encargada de detener el motor de manera manual o en caso de emergencias

Tabla 12 *Parámetro 00-32*

Parámetro	Tipos de configuración	Valor de fábrica.
00-32	0: tecla de stop desactivada.	0
	1: tecla de stop activada.	

Fuente: Autor.

Frecuencia máxima Parámetros 01-00

De 50 a 600 Hz, sin embargo, se configuró una frecuencia máxima de 60 Hz ya que es la frecuencia nominal de operación.

Configuración entradas digitales. Parámetro 02-00

Control de operación de las entradas digital (M1, M2, M3), por lo tanto, se asigna la función de marcha en sentido horario, marcha en sentido antihorario, stop o run según el circuito de control que requiera la operación. Este parámetro ofrece 6 opciones o tipos de conexiones que permiten configurar las entradas digitales.

Tabla 13 *Parámetro 02-00*

Parámetro	Tipos de configuración	Valor de fábrica
02-00	1: Dos hilos/ encendido para el control de operación.	1
	2: Tres hilos/encendido para el control de operación.	
	3: Tres cables/encendido para el control de operación	
	4: Modo dos cables/estrella rápida.	
	5: Tres hilos/estrella rápida.	
	6: Tres cables/estrella rápida.	

Fuente: Autor.

1. Dos hilos/ encendido para el control de operación. Donde M1 define la conexión de marcha del motor/stop (fwd/stop); M2 reversa en el sentido de giro del motor y stop(rev/stop).
2. Tres hilos/ encendido para el control de operación. Donde M1 define su entrada para comandos de (on/stop); M2 para la Marcha del motor (fwd/rev).
3. Tres cables/encendido para el control de operación. Donde M1 define la marcha del motor; M2 establece el sentido de giro; M3 define el stop del variador.
4. Modo dos cables/estrella rápida. Donde M1 define la marcha fwd/stop; M2 rev/stop.
5. Tres hilos/estrella rápida. Donde M1 define su entrada para comandos de (on/stop); M2 para la Marcha del motor (fwd/rev).
6. Tres cables/estrella rápida. Donde M1 define la marcha del motor run; M2 establece el sentido de giro; M3 define el stop.

Configuración entradas análogas. Parámetro 02-03; 02-04

Activar las entradas externas analógicas del variador de frecuencia con el fin de ser configuradas posteriormente, para así permitir el cambio de frecuencia cuando se presente una señal en los terminales de entrada; MI3; MI4. Por lo tanto, las opciones seleccionadas para dichos terminales de salida fueron el comando multifunción número 1 para la entrada externa

MI3, ya que es el valorseleccionado por defecto en el manual, así mismo el valor para la entrada MI4 es 4

Tabla 14 *Parámetro 02-03; 02-04*

Parámetro.	Tipos de configuración.	Valor de fábrica.
02-03	Comando 3 de entrada multifunción.	1
02-04	Comando 4 de entrada multifunción.	2

Fuente: Autor.

Configuración Relé multifunción. Parámetro 02-13

La salida relé que posee el variador de frecuencia con el fin de ser utilizado como el terminal para accionar un indicador de falla en el funcionamiento del variador. Por lo tanto, la opción 11 fue la que se configuró para realizar dicha labor

Tabla 15 *Parámetro 02-13*

Parámetro	Tipos de configuración.	Valor de fábrica.
02-13	Indicador de mal funcionamiento.	11

Fuente: Autor.

Configuración salida Relé multifunción Parámetro 02-14

La salida relé multifunción ry2, donde se configuró un indicador de funcionamiento con el fin de comunicarle al usuario el arranque del variador de frecuencia mediante un piloto verde. La opción que se tomó para configurar esta labor es 1.

Tabla 16 *Parámetro 02-14*

Parámetro	Tipos de configuración.	Valor de fábrica.
02-14	Indicador de operación del variador de frecuencia.	11

Fuente: Autor.

Configuración Frecuencia. 04 parámetros de frecuencias fijas.

Los valores de frecuencia configurados en la operación de un sistema de control para un montacargas de 3 niveles fueron establecidos de manera aleatoria con el objetivo de observar los cambios generados al variar la frecuencia en el motor

Configuración segunda frecuencia. 04-00 parámetros de frecuencias fijas.

Ejemplo segunda frecuencia de operación el valor de 30Hz. Esta frecuencia se asignó para labores de ascenso automático, que son accionadas cuando se presenta una señal en la salida externa; MI3.

El valor máximo de frecuencia recomendado por el fabricante es de 1500Hz, ya que cuando se opera con frecuencias superiores la producción de armónicos puede generar perturbaciones en la red de alimentación y posibles daños en los equipos cercanos

Tabla 17 Parámetro 04-00

Parámetro	Tipos de configuración.	Valor de fábrica.
04-00	Condiga de segunda frecuencia de operación número uno.	0.00

Fuente: Autor.

Para establecer una tercera frecuencia de operación, se procedió a configurar este parámetro, donde 20Hz fue la frecuencia que actuó en labores de descenso automático cuando se presenta una señal en el terminal de salida; MI4

Parámetro	Tipos de configuración	Valor de fábrica
04-01	Frecuencia de operación número dos.	0.00

Medición Motor. 05

Parámetro 05-00

Dos opciones o dos formas de auto medida del motor; la opción 1, que indica

la medición del motor de inducción en estado dinámico, es decir, la toma de variables del motor mientras está girando. La opción 2, es utilizada para obtener unamedida del motor de inducción en estado estático y la opción 0, empleada para no establecer esta función o parámetro.

Tabla 18 *Parámetro 05-00*

Parámetro	Tipos de configuración.	Valor de fábrica.
05-00	0: sin función.	0
	1: medición del motor en estado estático.	
	2: medición del motor en estado dinámico.	

Fuente: Autor.

Seguidamente, se establecen los demás parámetros de configuración de datos del motor con el fin de confirmar que los datos obtenidos por el variador de frecuencia concuerden con los datos de placa del motor.

Parámetros 0501.

En este apartado se estableció la corriente nominal que presenta el motor es decir la corriente estipulada en la ficha técnica

Parámetros 0502.

Se estableció la potencia máxima que presenta el motor, dicho dato se obtuvo de la ficha técnica. En este apartado se configuró una potencia de 0.75 KW

Parámetros 0503.

Se definió la velocidad nominal que presenta el motor, dicho dato se obtuvo de la ficha técnica. Se registraron 3420 revoluciones por minuto

4.4. Ficha técnica arrancadora electrónico ABB

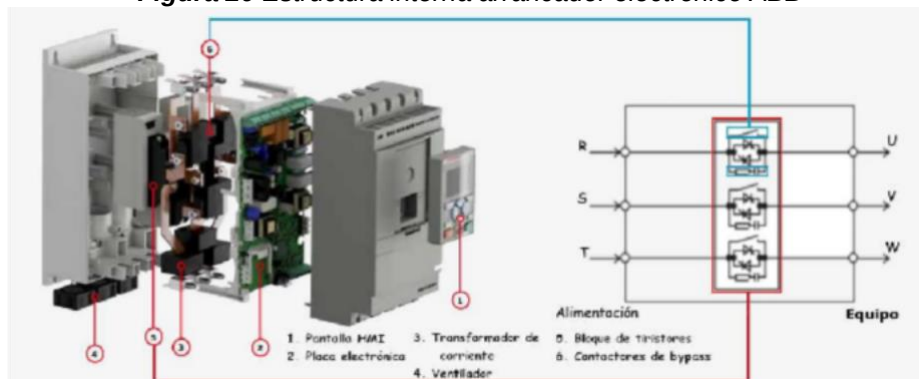
La función es limitar la corriente y el torque durante el arranque del motor para así disminuir los esfuerzos mecánicos y las bajas de tensión en la línea de suministro, basan su principio de funcionamiento en el control de dos de sus fases mediante tiristores los cuales cuentan con una protección contra cortocircuitos, las características por las cuales se seleccionó el arrancador suave.

Figura 19 Presentación arrancadora suave ABB de gama baja



Fuente. Manual arrancador ABB

Figura 20 Estructura interna arrancador electrónico ABB

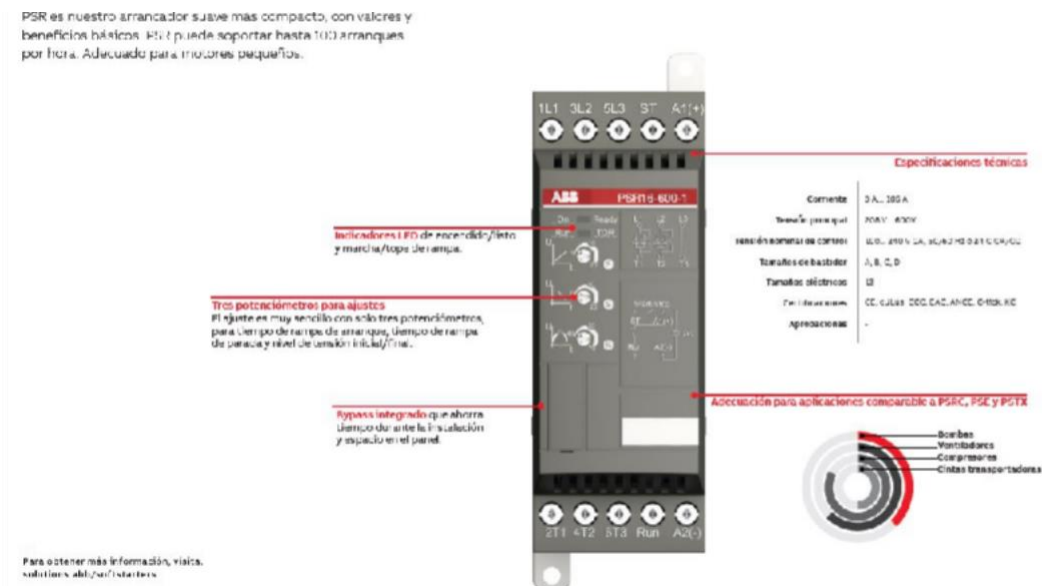


Fuente. Manual ABB

Los arrancadores electrónicos aplican en control de sistemas de bombeo, ventilación, equipos compresores y bandas transportadoras, debido a que disminuyen el desgaste de los equipos, mejoran la confiabilidad de los procesos y aumentan la productividad.

En los sistemas de bombeo, eliminan el golpe de ariete mediante el control de par, disminuyendo los daños y desgaste en tuberías y válvulas al detenerse la bomba. Además, prolongan la vida útil del sistema y disminuyen los tiempos improductivos. También contribuyen a mantener limpias las tuberías y bombas, evitando obstrucciones que pueden reducir el caudal y aumentar el riesgo de daños.

Figura 21 Estructura externa arrancador electrónico ABB

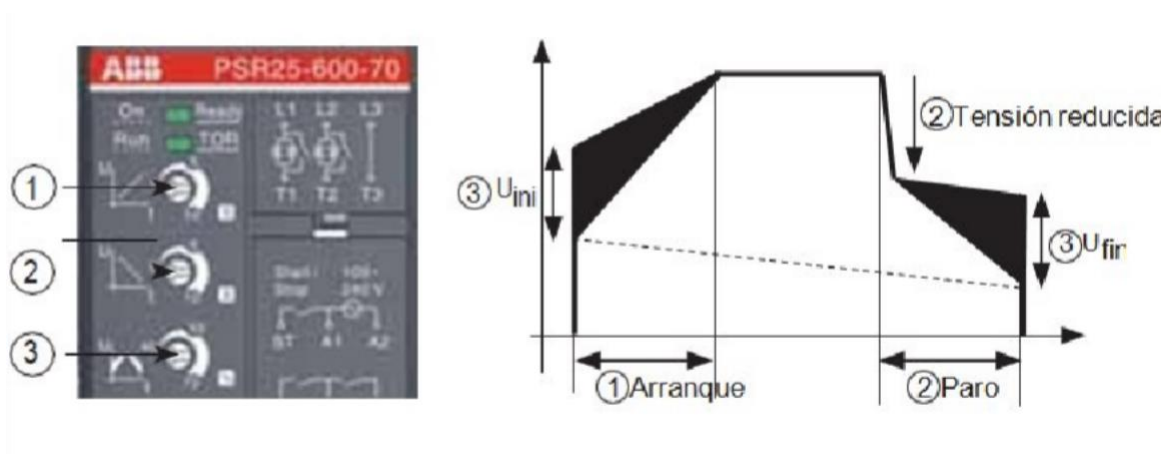


Fuente. Manual ABB

- Amplio rango de tensión nominal de empleo 208 - 600 V
- Tensión nominal de alimentación 24 V CC o 100 - 240 V CA

- Intensidad nominal de empleo 3 - 105 A
- Amplio rango de temperatura ambiente, -25 a +60 °C
 - Bypass integrado en todos los tamaños, lo que ahorra energía y reduce el tiempo de instalación
- Ajustes mediante potenciómetros
- Relé de señalización de marcha en todos los dispositivos
- Relé de señalización TOR en los PSR25 ... PSR105
- Comunicación opcional por bus de campo mediante Profibus, Modbus, Devicenet o CANopen
- Montaje en guía DIN en los PSR3 ... PSR45
- Montaje con tornillos en todos los tamaños
- Kits para la conexión sencilla con arrancadores de motores manuales ABB
- Avanzado algoritmo que elimina la componente de corriente continua ofreciendo un excelente comportamiento de arranque.

Figura 22 Ajustes del arrancador electrónico PSR ABB.



Fuente: Manual ABB

4.5. Ficha técnica Programador lógico

La operación de los autómatas programables para el control de máquinas y procesos permite mejorar la eficiencia para la fundamentación de términos sencillo y montaje del dispositivo LOGO, con los cuales, se facilita el aprendizaje para la automatización de diferentes equipos y el manejo de PLC'S, pero debido a que los equipos eran muy antiguos estos ya no eran muy útiles para los alumnos. Es por eso que decidió hacer el proyecto de actualización del banco de micro PLC LOGO, que básicamente consiste en remplazar el modelo del micro PLC, por uno más actual, el cual favorezca a nuestras necesidades

Figura 23 Programador logo V8 Siemens



Fuente: Manual Siemens Logo

Características de lo que integra el módulo lógico LOGO 8:

- Operador y pantalla con iluminación.
- Alimentación Clase 2 > 24 V, es decir, 115 Vac/Vdc a 240 Vac/Vdc 115 a 230 VAC (voltaje alterna).
- Interfaz para módulos de expansión.

- Interfaz para tarjeta micro SD.
- Interfaz para mostrar un texto opcional (TDE) modulo.
- Pre-configuradas las funciones estándar, por ejemplo, en y fuera de retrasos, relé de impulsos y la tecla programada.
- Las entradas y salidas, LOGO Basic (versión con pantalla): 8 entradas y 4 salidas. 8 entradas digitales a cuatro salidas digitales o AI (análogas necesitado el caso)
- Temporizadores
- Indicadores analógicos y digitales.
- Las interfaces para la comunicación Ethernet.
- La FE (funcional) terminal de tierra para conectar a tierra.
- Un LED para indicar el estado de la comunicación Ethernet.
- 4DO a relé con máxima corriente a 10 A.
- Cada módulo tiene una interfaz de expansión y una interfaz Ethernet y ofrece 44 previamente configurados los bloques de función estándar y especial para la creación de su programa en el circuito.

4.6. Ficha técnica terminal de diálogo TDE

TDE puede significar muchas cosas según el área. Por ejemplo:

Terminal Data Entry (entrada de datos por terminal).

Equipo Terminal de Datos (ETD) en telecomunicaciones, es el dispositivo que origina o recibe información, como una computadora o una terminal.

Transparent Data Encryption (TDE), una tecnología de cifrado de bases de datos.

La conexión de comunicación ethernet del pc a el puerto de la pantalla en el puerto de la parte superior P1 y del puerto P2 se conecta al puerto del logo por medio de cable ethernet siemens segun muestra en la figura y se debe hacer su configuracion. Se implemento esta pantalla en el proyecto del modulo del controlador logico logo 8 para realizar y analizar las conexiones y el funcionamiento por medio del manual y las medidas correspondientes de este modulo para poder realizar esta implementacion.

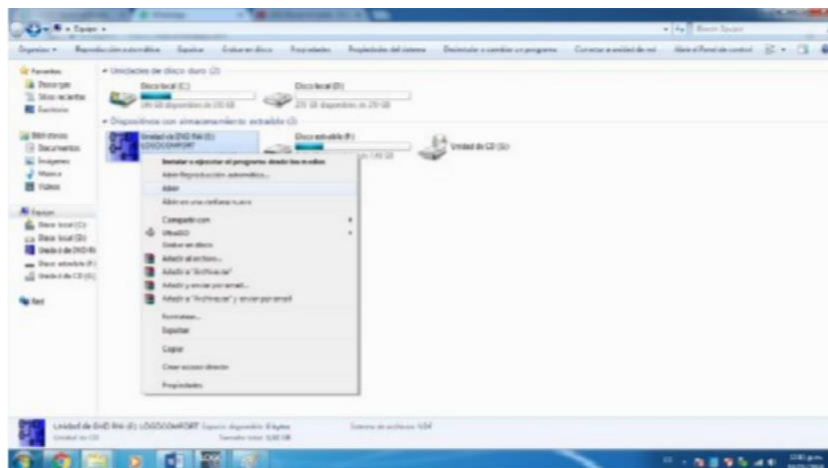
Figura 24 Conexión Logo V8 y terminal de dialogo HMI TDE



Fuente: Siemens 2022

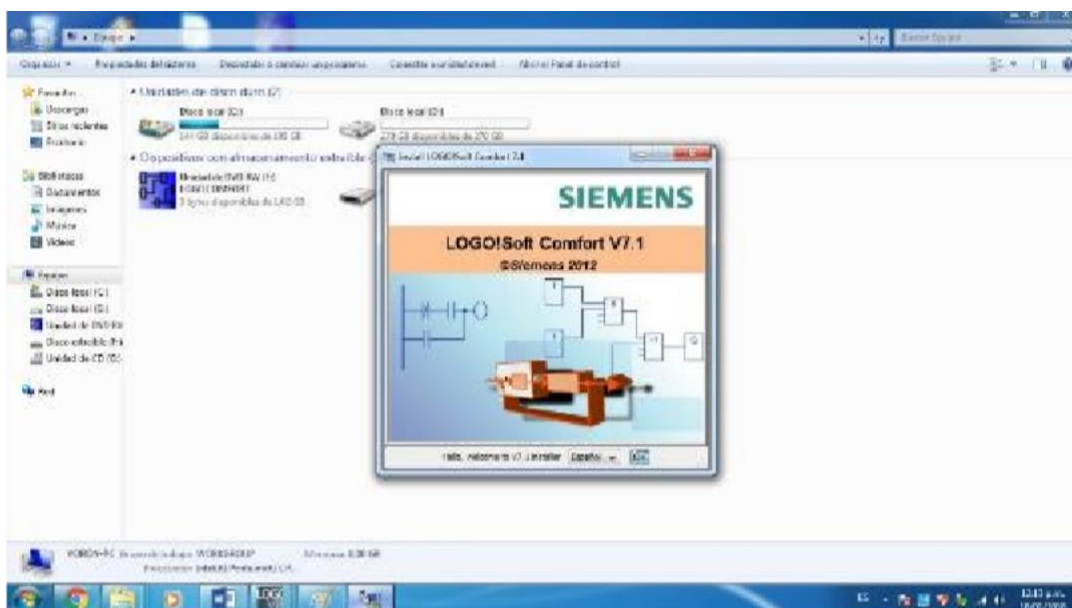
4.7. Software Logo SOFT determinación

Figura 25 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 1



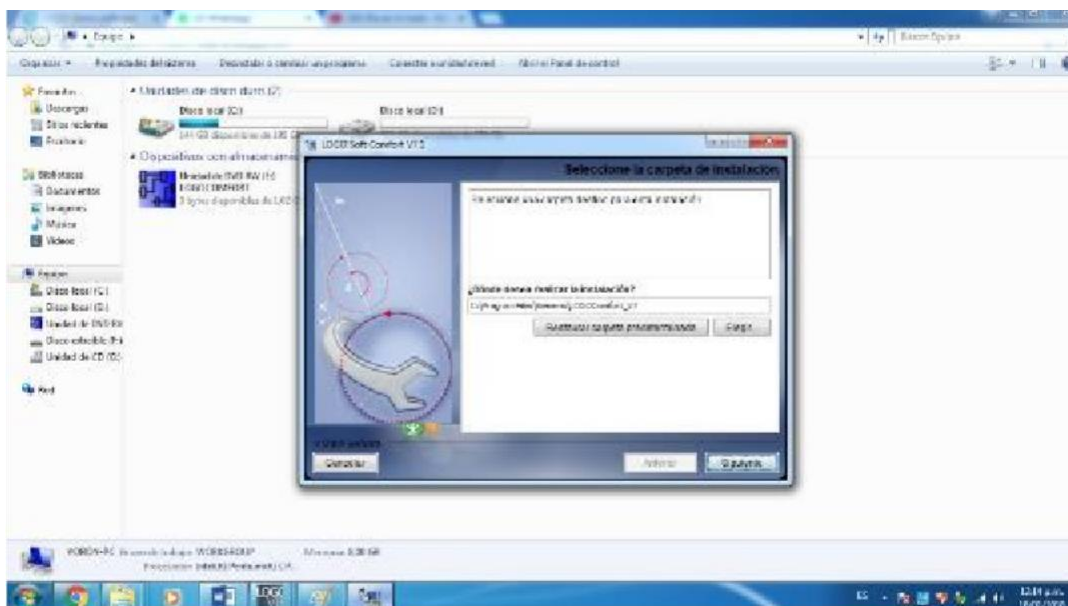
Fuente. Autores

Figura 26 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 2



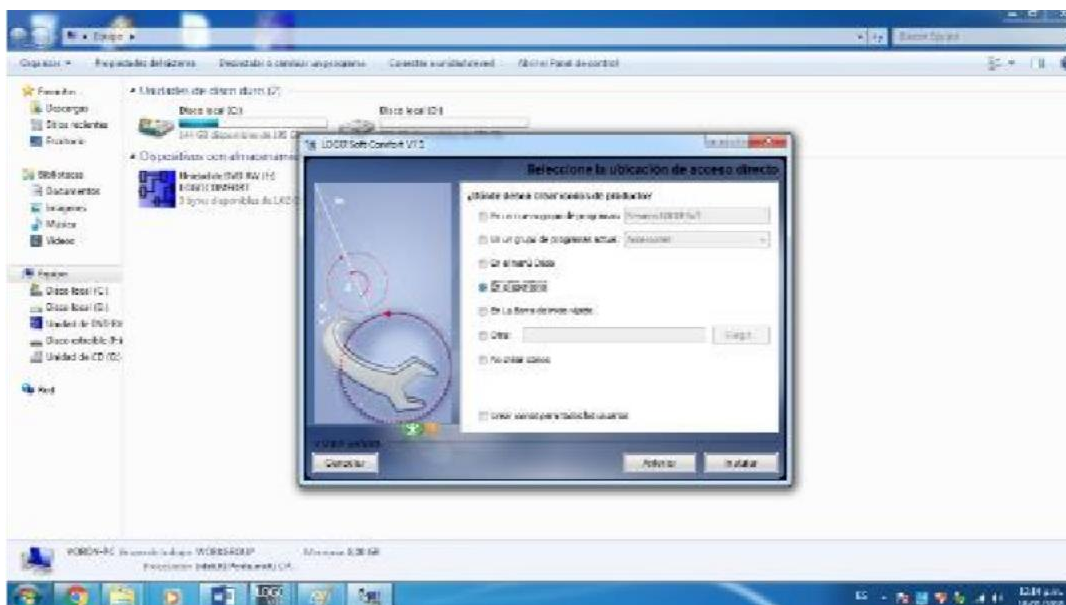
Fuente: Autores

Figura 27 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 3



Fuente: Autores

Figura 28 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 4



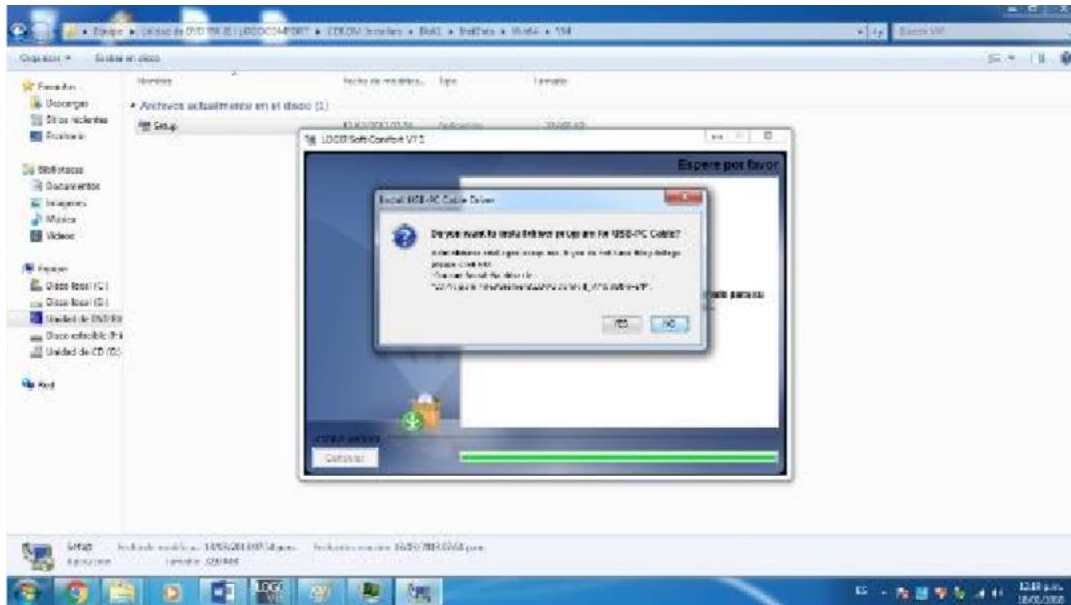
Fuente: Autores

Figura 29 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 5

ELABORADO POR:
Docencia

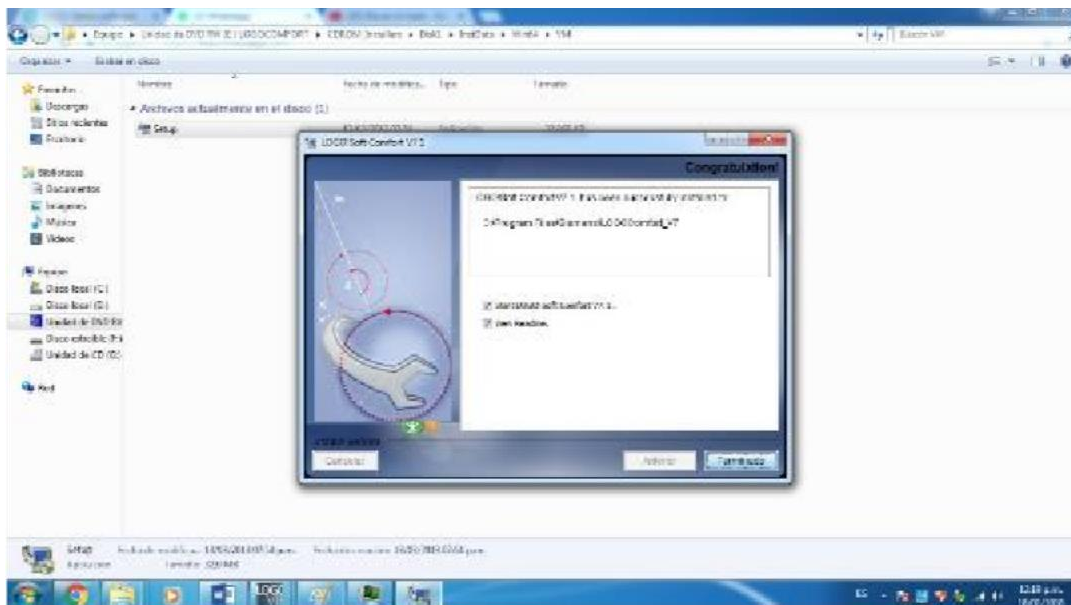
REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023



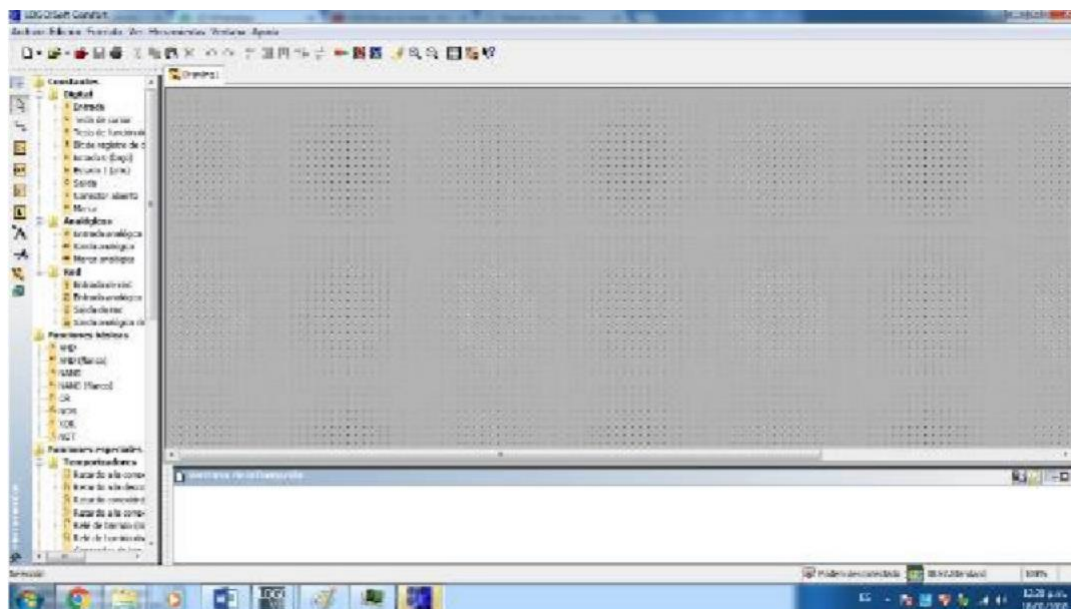
Fuente: Autores

Figura 30 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 6



Fuente: Autores

Figura 31 Instalación de Soft Confort V7.1 Paso 7



Fuente: Autores

5. RESULTADOS

5.1. Montaje logo V8

El montaje del logo de Siemens es un proceso sencillo, se deben seguir ciertas normas técnicas para garantizar la seguridad del equipo y de la instalación eléctrica, está diseñado principalmente para montarse en riel DIN de 35 mm (estándar en tableros eléctricos), aunque también permite fijación directa con tornillos.

- Requieren una fuente de alimentación regulada (usualmente a 24V DC).
- Borne L+: Conecta el polo positivo (+24V).
- Borne M: Conecta el polo negativo (0V / Masa).
- Se conectan directamente a la red eléctrica comercial (115V - 230V AC).
- Borne L1: Conecta la Línea o Fase.
- Borne N: Conecta el Neutro.

Las entradas se identifican con la letra **I** (I1, I2, I3...). Aquí conectas los sensores, pulsadores, interruptores o finales de carrera.

- En modelos de 24V DC: El común de los interruptores o sensores debe ir al positivo (L+), y el retorno de la señal entra a Ix.
- En modelos de 230V AC: La señal que entra a Ix debe provenir de la misma Fase (L1) a través del interruptor o sensor.

Las salidas se identifican con la letra **Q** (Q1, Q2...). Dependiendo de tu modelo, tendrás salidas a relevador (Relay) o a transistor (Solid State).

Actúan como interruptores mecánicos secos o libres de potencial. Cada salida tiene dos bornes (ej: 1 y 2 para Q1).

Se lleva la alimentación de la carga (puede ser 24V o 110V/220V) al borne **1**.

Desde el borne 2, lleva el cable hacia un extremo de la carga (bobina del contactor, lámpara, electroválvula). Conecta el otro extremo de la carga al Neutro o al Negativo, según corresponda

Figura 32 Montaje logo V8 en tablero proyecto



Fuente: Autores

Figura 33 Visualización tablero logo V8 modulo accionamientos eléctricos



Fuente. Autores

5.2. Montaje HMI TDE

La pantalla TDE (Text Display Extended) es la interfaz hombre-máquina (HMI) oficial para el PLC logo A diferencia de otras pantallas complejas, la TDE es muy fácil de

instalar ya que se comunica y se alimenta principalmente a través de un cable Ethernet (en las versiones actuales).

TDE está diseñada principalmente para ser montada en la puerta de un tablero eléctrico, ofreciendo un grado de protección IP65 (frontal resistente al agua y polvo).

1. Realizar el corte: Necesitas hacer un hueco rectangular en la puerta del tablero con las siguientes dimensiones exactas: 119.5 mm de ancho × 78.5 mm de alto.
2. Colocar el empaque: Asegúrate de que la junta de goma (empaque estanco) esté bien colocada en la ranura trasera de la pantalla para evitar filtraciones.
3. Insertar y asegurar: Introduce la pantalla desde el exterior del tablero. Por la parte interna, coloca las 4 grapas de sujeción (incluidas en la caja) y aprieta los tornillos suavemente hasta que la pantalla quede firme contra la puerta. No te excedas con el torque para no romper el plástico.
4. TDE requiere alimentación externa para encender su pantalla y la retroiluminación. Puede trabajar tanto en Corriente Continua (DC) como en Corriente Alterna (AC). Alimentación en DC (12V / 24V DC): Conecta el positivo a la terminal L+ y el negativo a la terminal M. Alimentación en AC (24V AC): Conecta los dos hilos de alterna a las terminales L1 y N/L2.

La comunicación entre el logo y la TDE se realiza mediante un cable de red Ethernet estándar (RJ45).

- Conectar extremo del cable en el puerto LAN de la pantalla logo TDE.
- Conectar extremo en el puerto LAN del PLC logo (versiones de logo 8 en adelante).

Figura 34 Visualización tablero HMI TDE



Fuente: Autores

5.3. Montaje Arrancador por tiristores ABB

A1 – A2: alimentación del circuito de control (según la versión del equipo, por ejemplo 100-240 V AC o 24 V AC/DC). Verifica la referencia exacta del PSR12 para confirmar el voltaje de control.

Pulsador **STOP (NC)** → en serie con la alimentación de control.

Pulsador **START (NO)** → aplica tensión al terminal de control de arranque.

Salida de relé **RUN** (si se utiliza) para señalización o enclavamiento.

Interruptor o guardamotor antes del PSR12.

Contactor principal cuando la aplicación lo requiera.

Protección contra cortocircuito mediante fusibles o interruptor automático adecuados.

Conexión a tierra del motor y del tablero.

Final del formulario

Figura 35 Visualización tablero Arrancador suave ABB



Fuente: Autores

5.4. Montaje convertidor de frecuencia MS300 delta

R/L1, S/L2, T/L3: Entrada de alimentación.

U/T1, V/T2, W/T3: Salida hacia el motor.

PE: Conexión obligatoria a tierra tanto del variador como del motor.

MI1: Marcha (RUN).

MI2: Paro o reversa (según programación).

DCM: Común de las entradas digitales.

AVI + ACM: Potenciómetro de 10 kΩ para controlar la velocidad.

Recomendaciones de montaje

- Instalar el variador en posición vertical.
- Dejar el espacio libre recomendado por el fabricante para ventilación.
- No instalar contactores entre la salida del variador y el motor durante el funcionamiento.
- Conectar correctamente la puesta a tierra.
- Si el cable del motor es largo, considerar un reactor de salida para reducir sobretensiones e interferencias.

Figura 36 Visualización tablero Convertidor de frecuencia DELTA



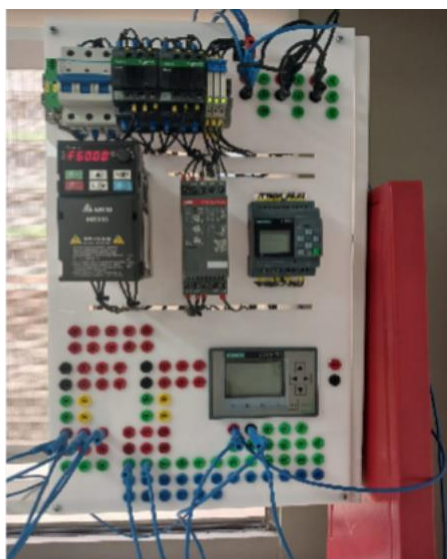
Fuente: Autores

Figura 37 Visualización tablero general proyecto



Fuente: Autores

Figura 38 Visualización energización tablero general proyecto



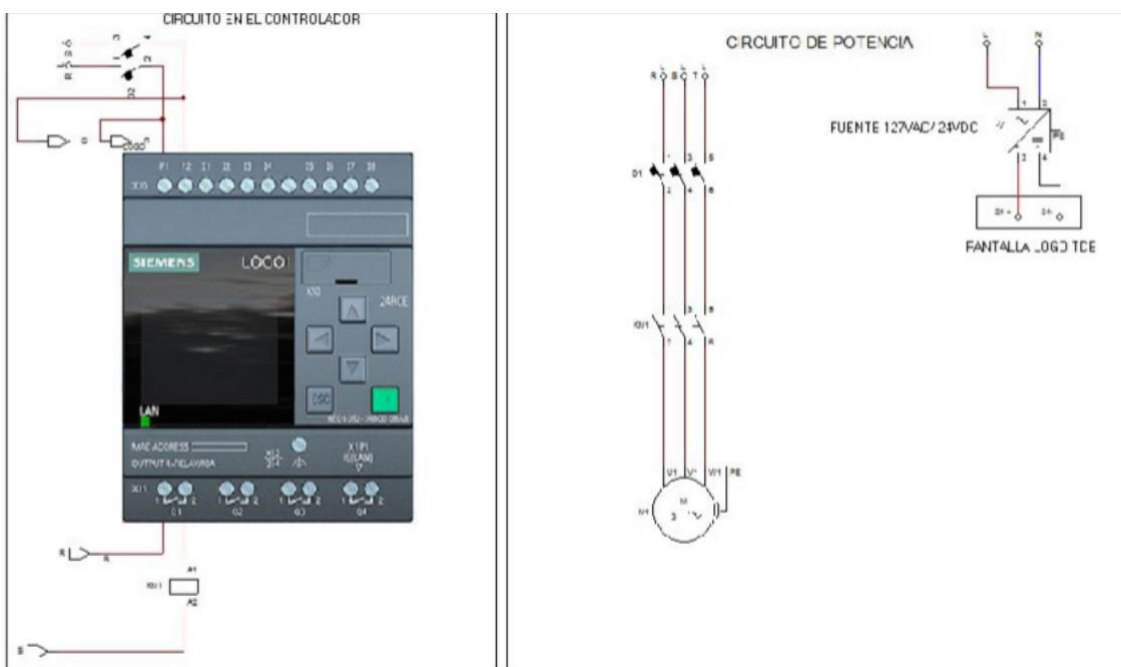
Fuente: Autores

5.5. Aplicación práctica PLC logo V8

5.5.1. Control para el arranqué directo de motor trifásico

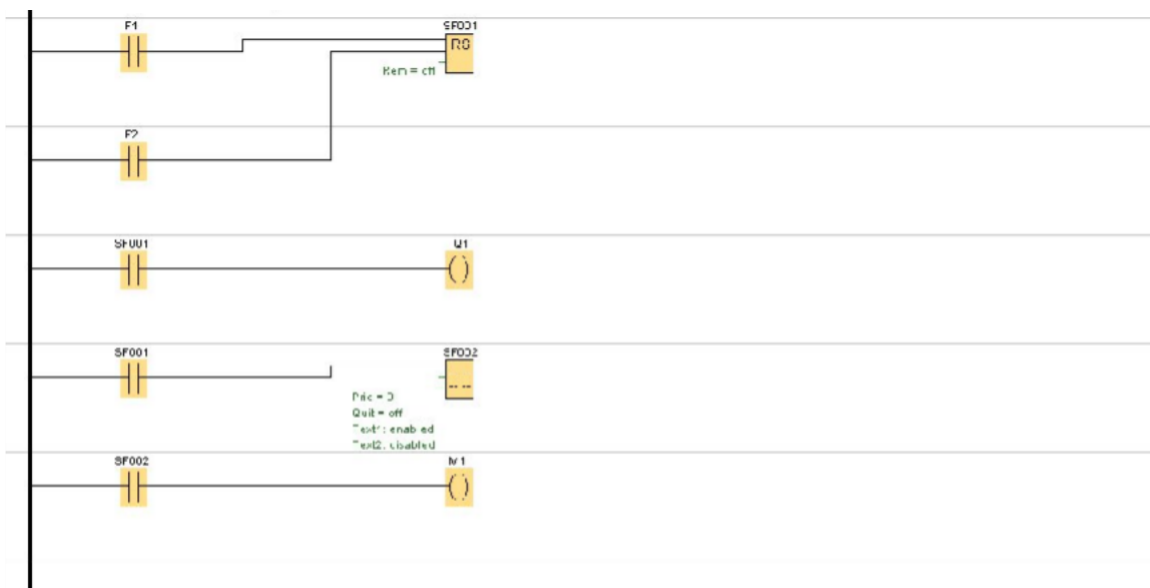
Al pulsar la tecla de función **F1** (Marcha) instantáneamente activa en set a un relé auto enclavador que a su vez me energiza la salida **Q1** referente al contactor **KM1**, para detener el sistema, se pulsa **F2** e inmediatamente el relé estado reset, des energizando la salida **Q1** Contactor **KM1**.

Figura 39 Diagrama cableado potencia y control para el arranqué directo con p.l.c. logo



Fuente: Autores

Figura 40 Diagrama ladder para el arranqué directo con p.l.c. logo

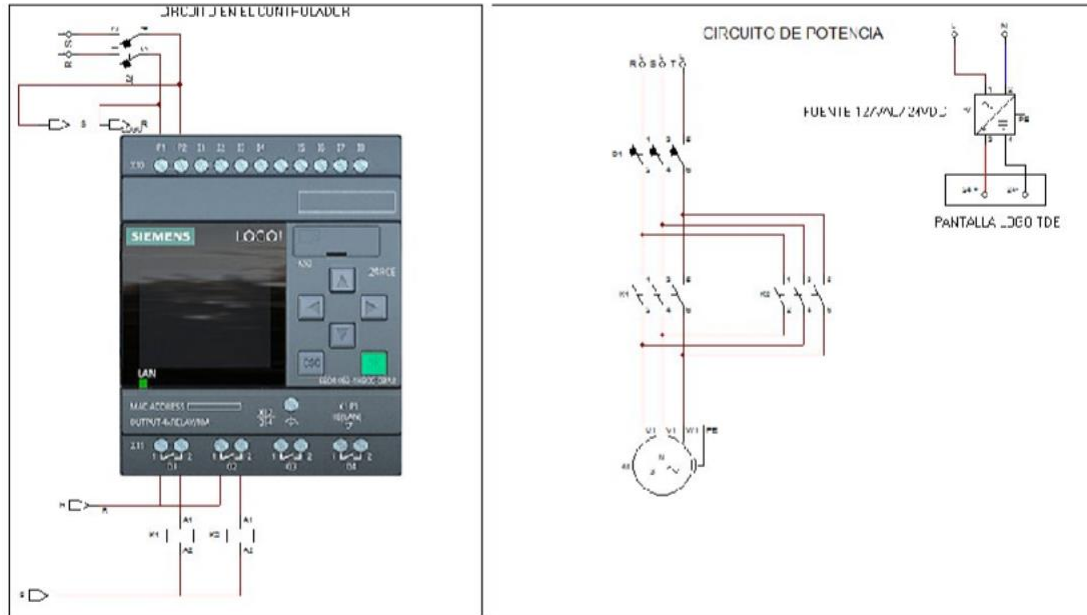


Fuente: Autores

5.5.2. Control para el arranqué con inversión de giro de motor trifásico

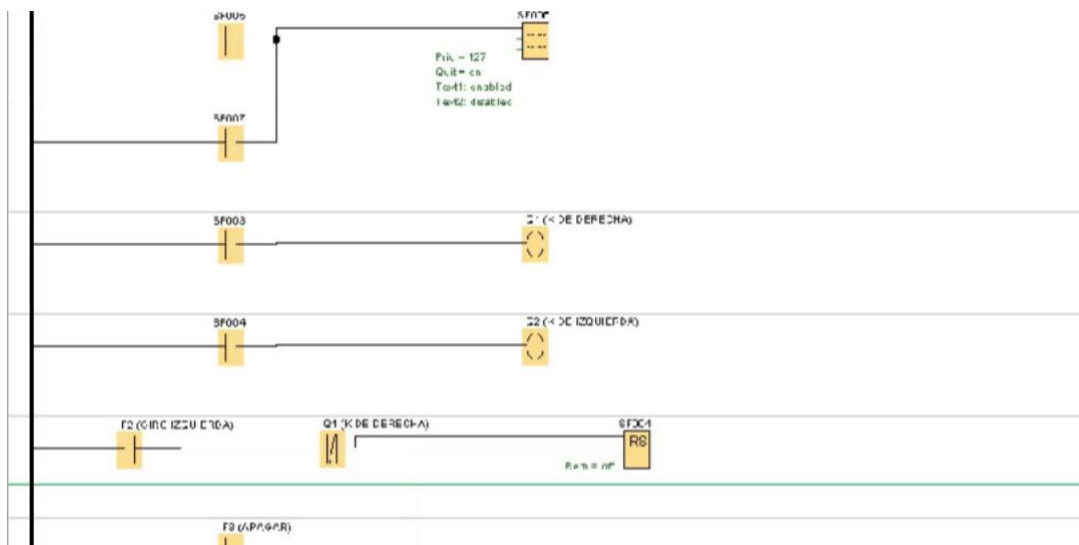
Para energizar el motor con sentido de giro horario se activa la tecla de función **F1** Pulsador **giro D** instantáneamente se energiza la salida **Q1** de igual manera para invertir el giro se aplica la tecla de función **F2** Pulsador **giro I** e inmediatamente energiza la salida **Q2**, para des energizar el motor se activa la tecla de función **F3** e inmediatamente se me des energiza en cualquier sentido de giro y si pulso los dos sentidos de giro impide que arranque.

Figura 41 Diagrama cableado potencia y control para la inversión de sentido de giro de motor trifásico con p.l.c. logo



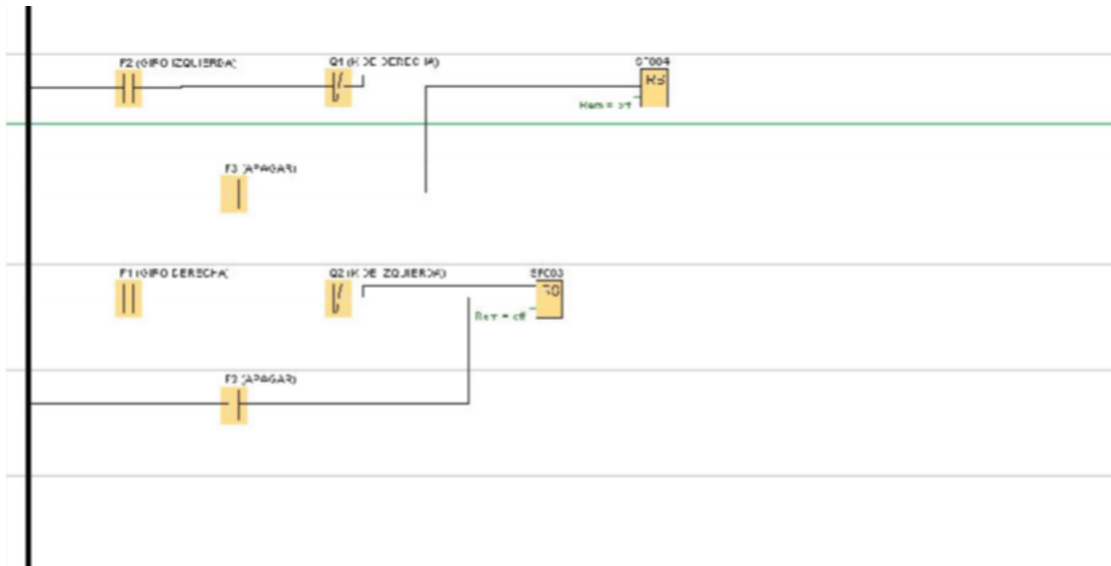
Fuente: Autores

Figura 42 Diagrama ladder paso 1 para la inversión de sentido de giro de motor trifásico con p.l.c. logo



Fuente: Autores

Figura 43 Diagrama ladder paso 2 para la inversión de sentido de giro de motor trifásico con p.l.c. logo

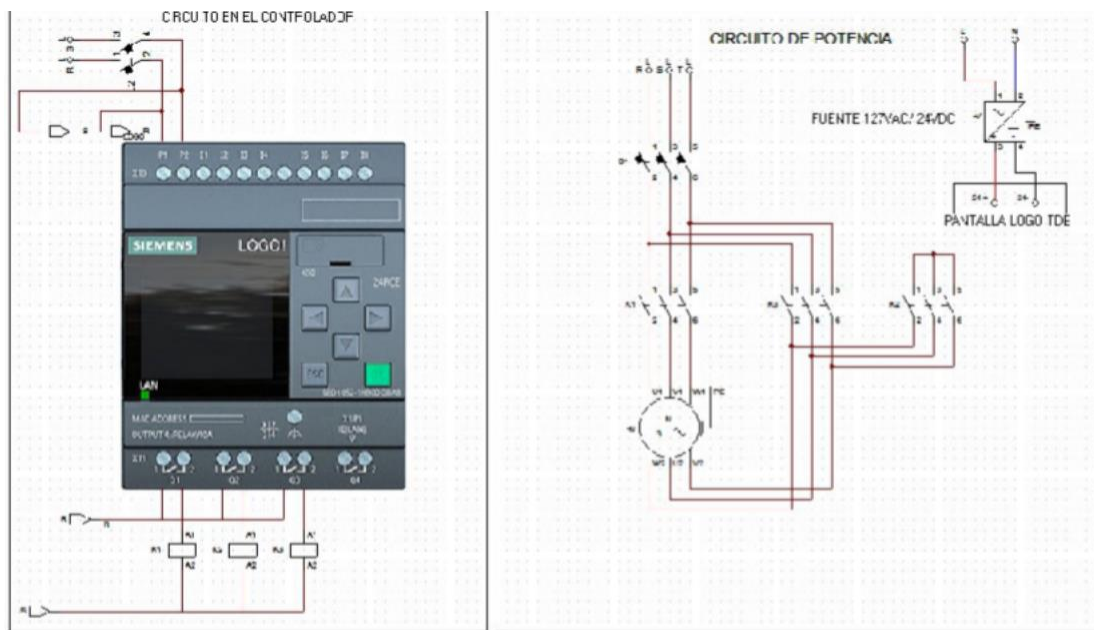


Fuente: Autores

5.5.3. Control para el arranqué estrella - delta de motor trifásico

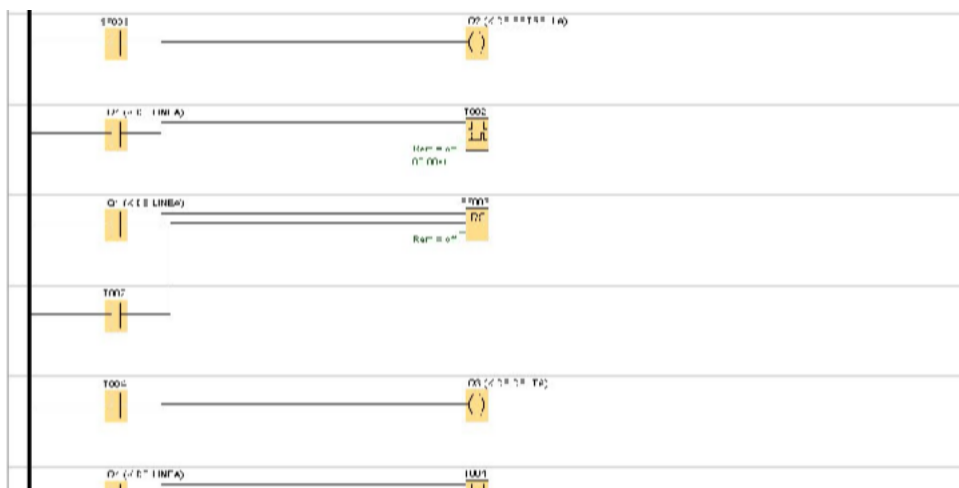
Para iniciar el arranque de un motor trifásico a tensión reducida por el método de estrella – delta, se pulsa inicialmente la tecla de función **F1** activando instantáneamente el estado set el relé auto enclavador **SF001** energizando a su vez la salida **Q1**(K de línea) y **Q2** (K de estrella Y iniciando conte del temporizado T002 y T004, una vez el T002 termina de contar 5s desenergiza la salida **Q2** y después de 0.5s se energiza la salida **Q3** (K de triangulo) por medio del temporizador T004. Si pulso la tecla de función **F2** e inmediatamente me des energiza todo el arrancador.

Figura 44 Diagrama cableado potencia y control para el arranque estrella - Delta de motor trifásico con p.l.c. logo



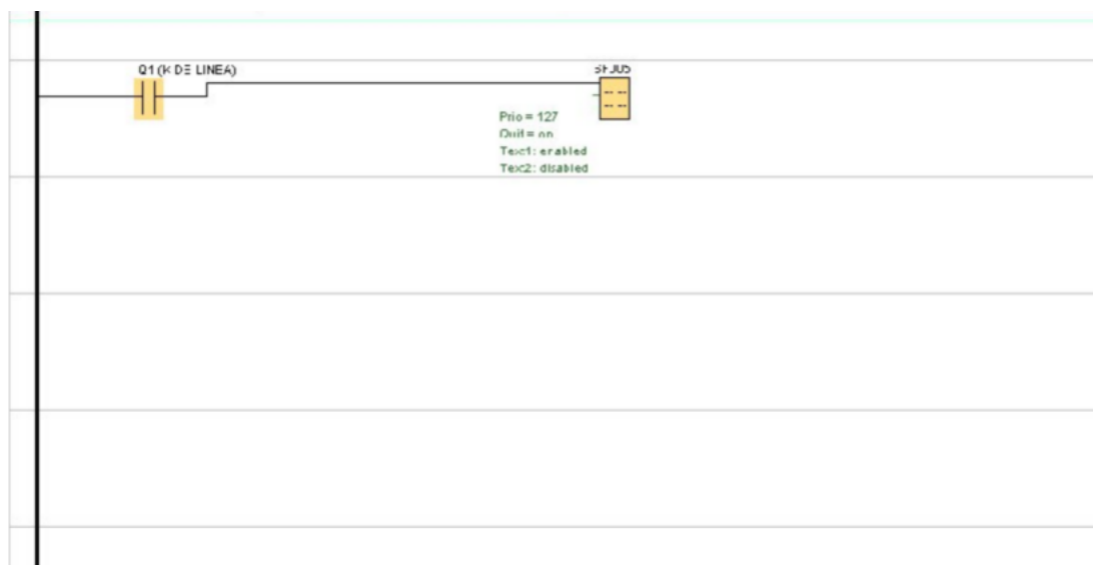
Fuente: Autores

Figura 45 Diagrama ladder paso 1 para el arranque estrella – delta de motor trifásico con p.l.c. logo



Fuente: Autores

Figura 46 Diagrama ladder paso 2 para el arranque estrella – delta de motor trifásico con p.l.c. logo

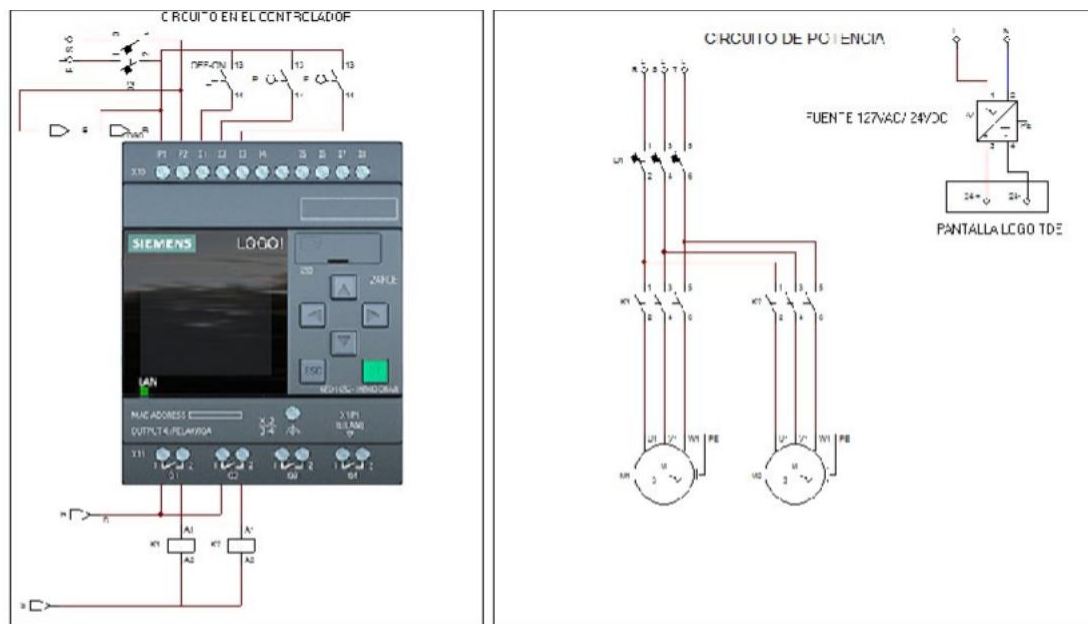


Fuente: Autores

5.5.4. Control de alternancia de sistema de bombeo automático

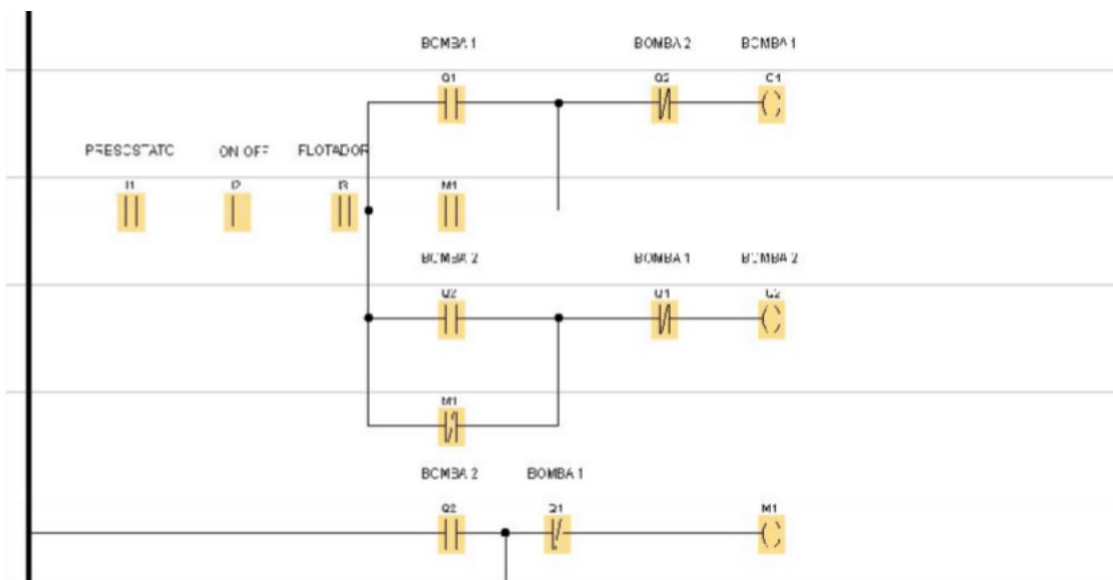
Los circuitos de alternadores de bombas se plantean de la siguiente manera:
Al activar la entrada **I1** (OFF-ON SELECTOR) si el nivel del tanque por medio del flotador entrada **I3** (FLOTADOR) cuando la presión estaba baja en el sistema hidráulico el contacto abierto se cierra **I2** (PRESOSTATO) e inmediatamente se energiza la salida **Q1**(BOMBA 1) cuando la presión sube se des energiza la salida **Q1** y cuando vuelve a caer la presión se energiza la salida **Q2** (BOMBA 2) y así sucesivamente si el tanque está vacío la entrada **I3** nunca se va a activar y si deseo apagar debo colocar la entrada **I1** en modo OFF.

Figura 47 Diagrama cableado potencia y control alternación sistema de bombeo con p.l.c. logo



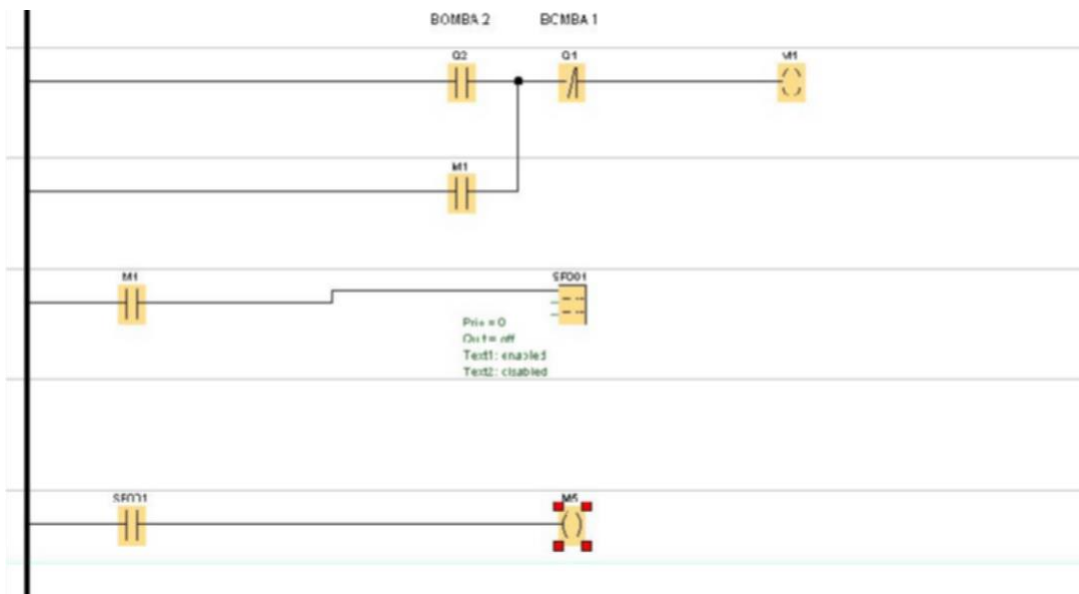
Fuente: Autores

Figura 48 Diagrama ladder paso 1 alternación sistema de bombeo utilizando p.l.c. logo



Fuente: Autores

Figura 49 Diagrama ladder paso 2 alternación sistema de bombeo utilizando p.l.c. logo



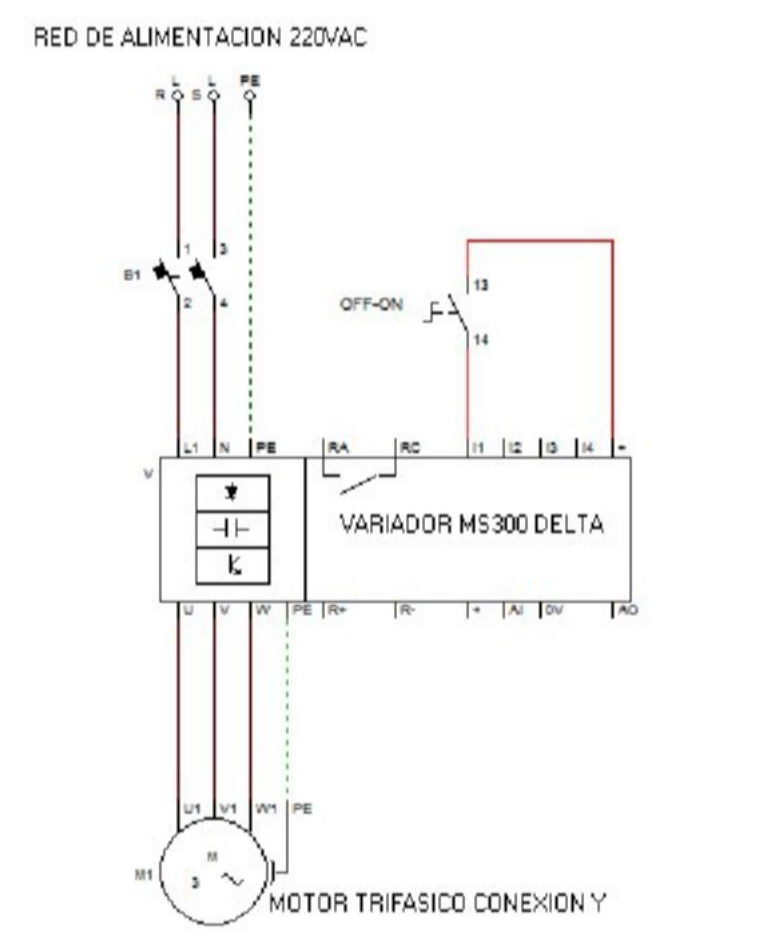
Fuente: Autores

5.6. Aplicación práctica Convertidor de frecuencia DELTA MS 300

5.6.1. Control de arranque directo de motor trifásico con control de velocidad

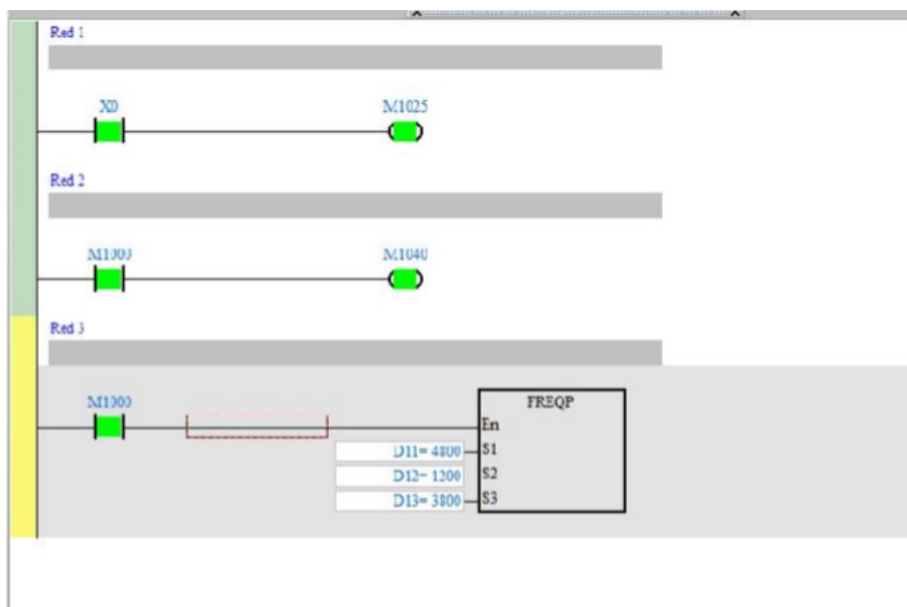
El control de arranque para la presente aplicación se establece desde un interruptor mecánico con una señal de ON_OFF utilizando la entrada M1 con lógica negativa puenteando con el borne DCM. De igual manera para energizar y cambiar la velocidad es necesario entrar al parámetro 04.50 que mediante por la programación en software ISP Soft en el bloque de escritura RPRP utilizando del código 16#0432 se vincula con el parámetro y toma una consigna de velocidad mediante D11 en el bloque de frecuencia.

Figura 50 Conexión convertidor motor señala básica



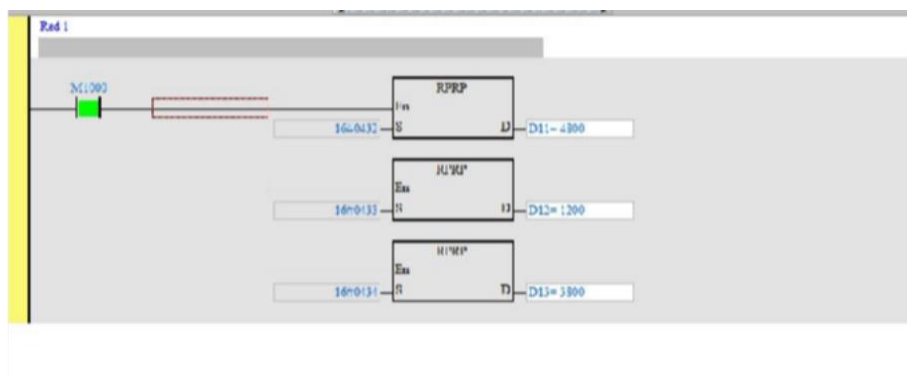
Fuente: Autores

Figura 51 Modo online Practica 1 ISP Soft Parte 1



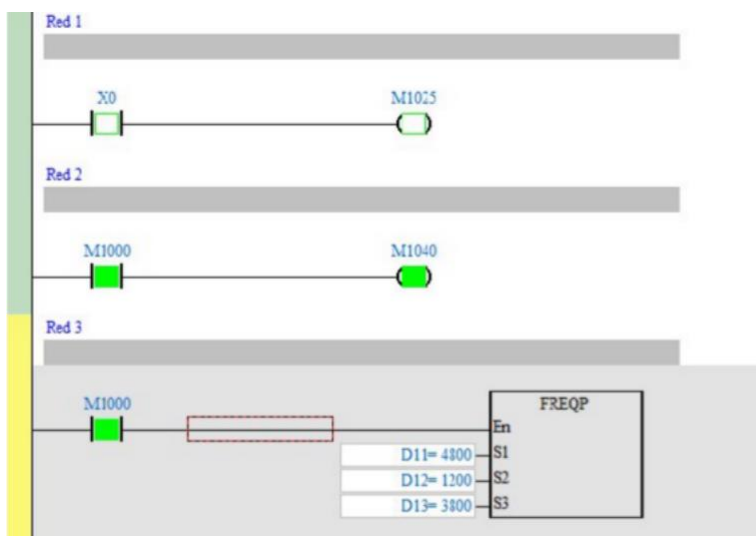
Fuente: Autores

Figura 52 Modo online Practica 1 ISP Soft Parte 2



Fuente: Autores

Figura 53 Modo online Practica 1 ISP Soft Parte 3

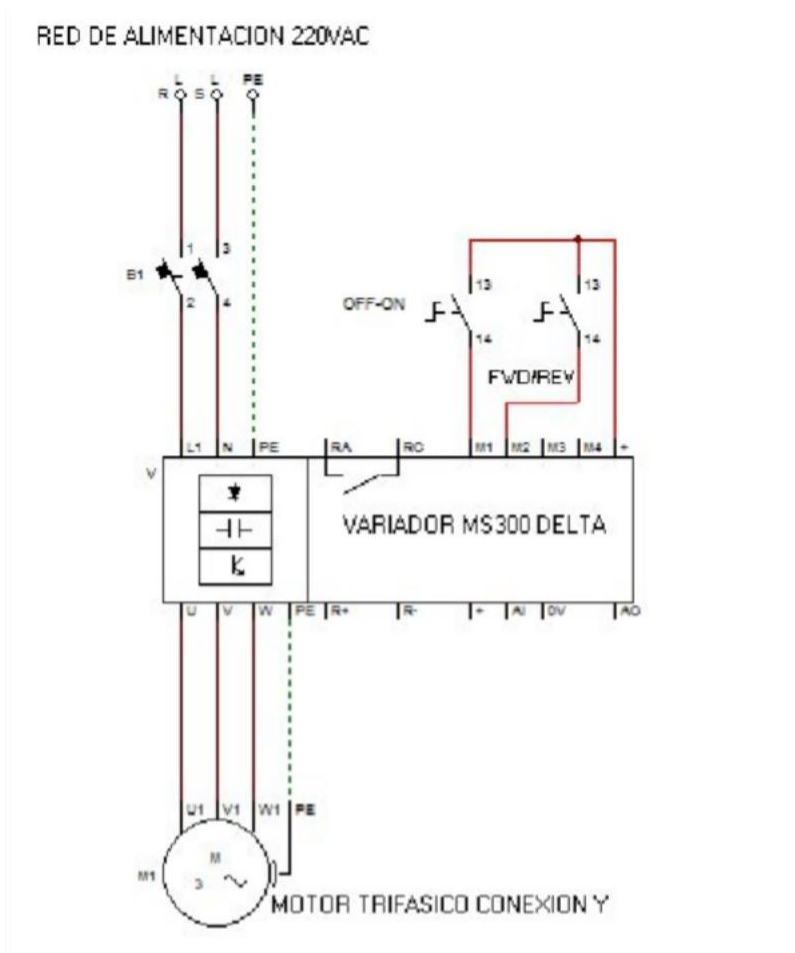


Fuente: Autores

5.6.2. Control de arranque directo de motor trifásico con control de velocidad e inversión de sentido de giro

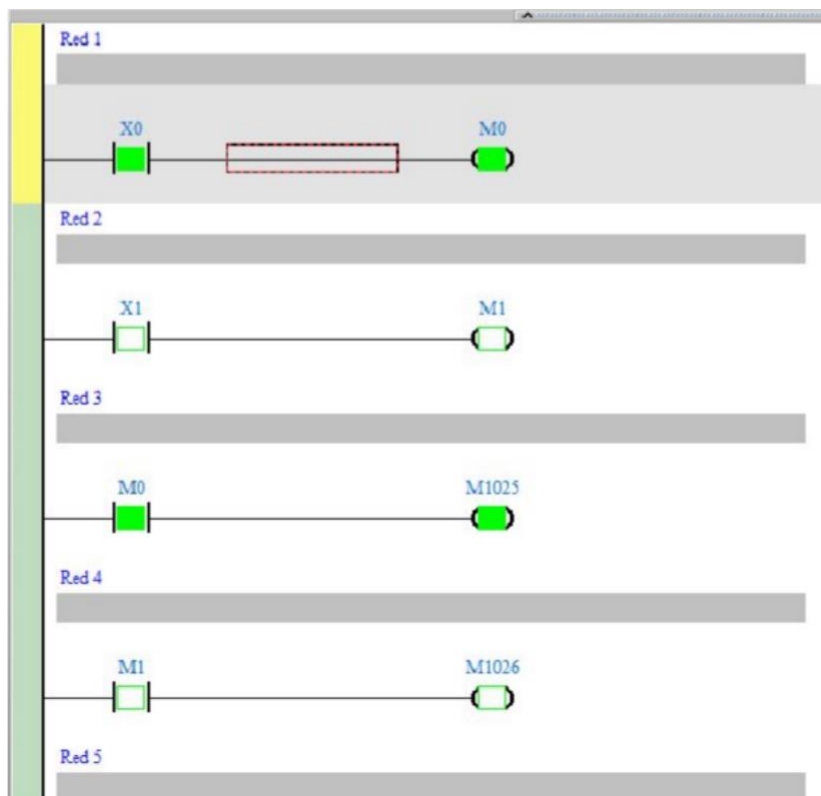
Para el arranque con inversión de sentido de giro para un motor trifásico se utilizan dos interruptores mecánicos para energizar y desenergizar cada sentido de giro, es necesario establecer la marca M1025 que es la orden de marcha para el variador mediante una entrada esta se relaciona con la entrada M1 y DCM como se muestra en el plano y en el Ladder del programa. DE igual manera para cambio el giro se acciona el interruptor mecánico con la entrada M2 Y DCM y para apagar debe estar la entrada M1 en 0, Además se puede cambiar a consigna de velocidad en el parámetro 04.50

Figura 54 Conexión Convertidor Motor Practica 2



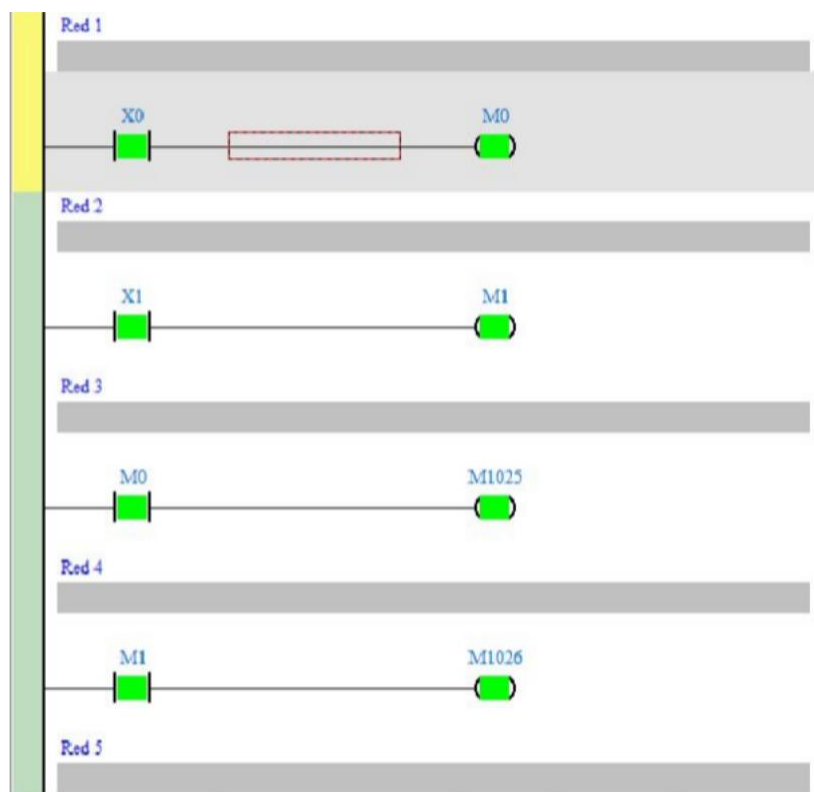
Fuente: Autores

Figura 55 Modo online Practica 2 ISP Soft Parte 1



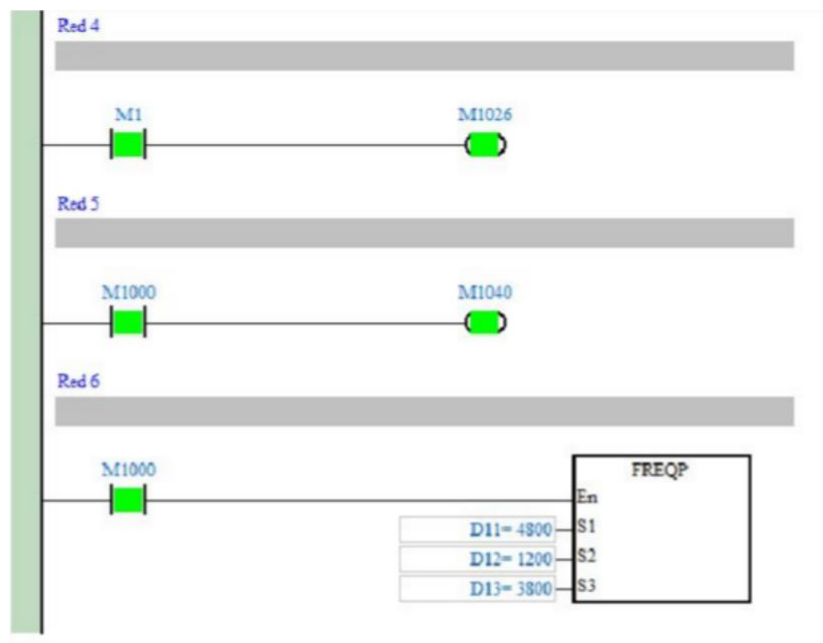
Fuente: Autores

Figura 56 Modo online Practica 2 ISP Soft Parte 2



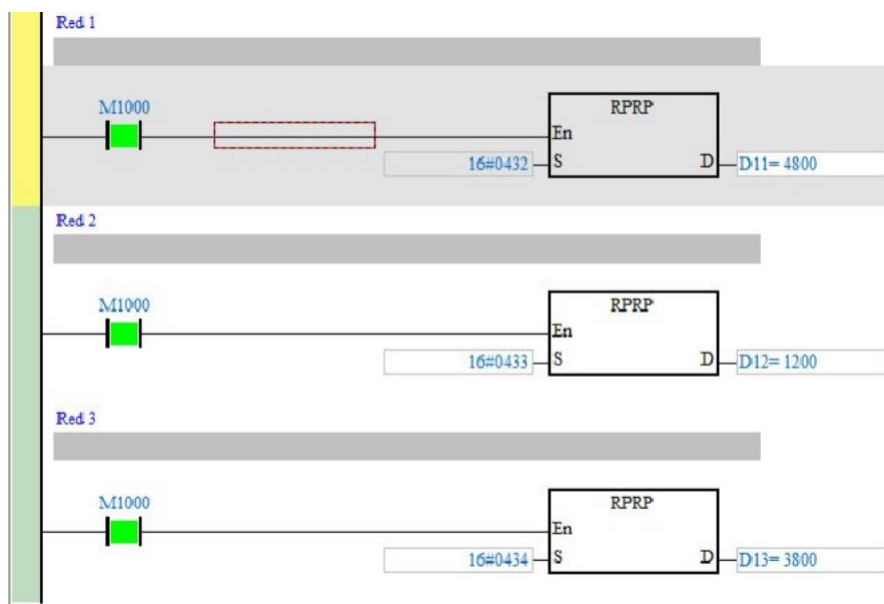
Fuente: Autores

Figura 57 Modo online Practica 2 ISP Soft Parte 3



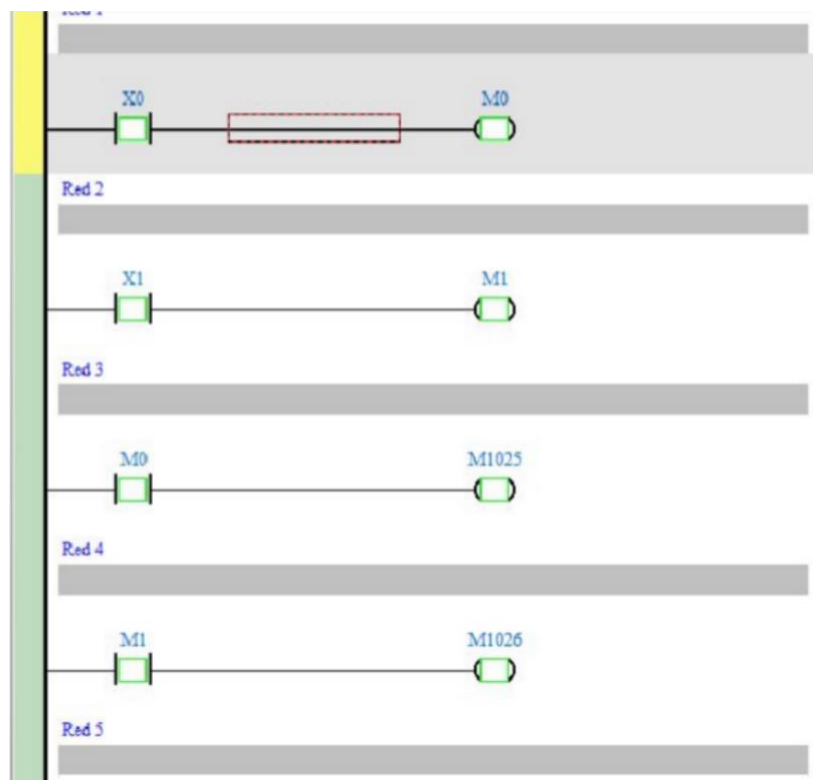
Fuente: Autores

Figura 58 Modo online Practica 2 ISP Soft Parte 4



Fuente: Autores

Figura 59 Modo online Practica 2 ISP Soft Parte 5



Fuente: Autores

5.7. Aplicación práctica Arrancador suave ABB

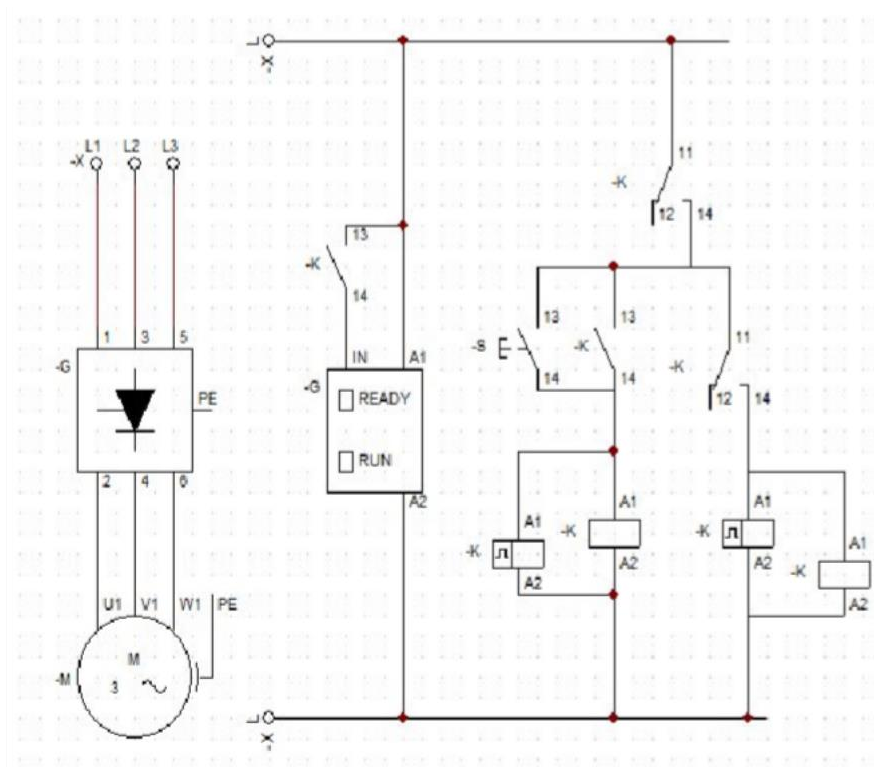
5.7.1. Control para el arranque y parada suave de un motor trifásico a través de arrancador ABB con tiempo de retardo.

El circuito de control inicia activando el pulsador normalmente abierto de energiza el contactor auxiliar, cuyo contacto normalmente abierto, es conectado a la señal de arranque del variador (A1, ST). Lo anterior permite instantáneamente el motor arranque suavemente a través del arrancador con rampla de aceleración pre-

establecida, temporizado por un relé a un predeterminado tiempo, dejando al motor trabajando a tensión nominal cuando se cumpla el tiempo de arranque.

Pulsando la señal de parada se desactivará instantáneamente al contactor desconectando la señal de arranque del arrancador e iniciando la parada del motor.

Figura 60 Circuito de fuerza y mando de arranque por tiristores de un motor con tiempo de retardo



Fuente: Autores

5.7.2. Control para el arranque y parada suave en ambos sentidos de giro de un motor trifásico a través de arrancador ABB con tiempo de retardo.

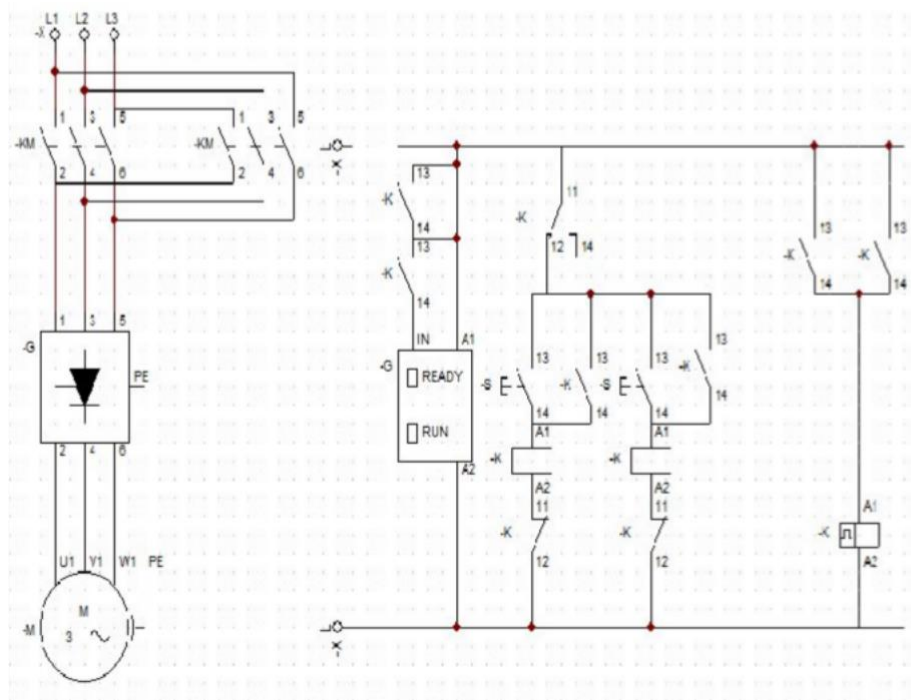
En el circuito de mando activando el pulsador normalmente abierto de energiza el contactor auxiliar, cuyo contacto normalmente abierto, es conectado a la señal de arranque del variador (A1, ST).

Esto permite que inmediatamente el motor arranque suavemente a través del arrancador con rampla de aceleración pre-establecida, temporizado por un relé a un predeterminado tiempo, dejando al motor trabajando a tensión nominal cuando se cumpla el tiempo de arranque.

En este momento conectados los contactores y controlando sus bobinas hacemos que el motor gire en un sentido o en otro, según lo deseemos obteniendo así un arranque suave y una parada del mismo tipo

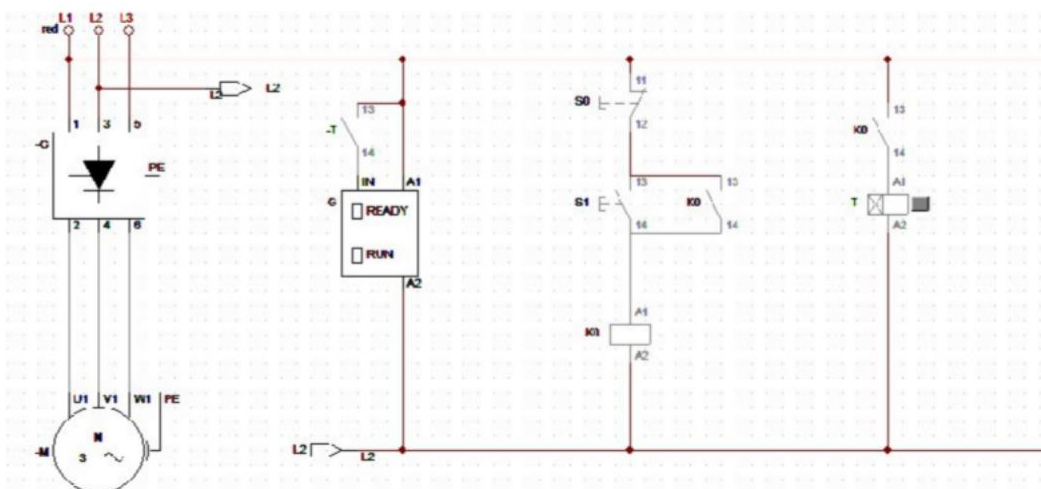
Pulsando la señal de parada se desactiva instantáneamente al contactor desconectando la señal de arranque del arrancador e iniciando la parada del motor.

Figura 61 Circuito de fuerza y mando de arranque por tiristores de un motor con inversión de sentido de giro



Fuente: Autores

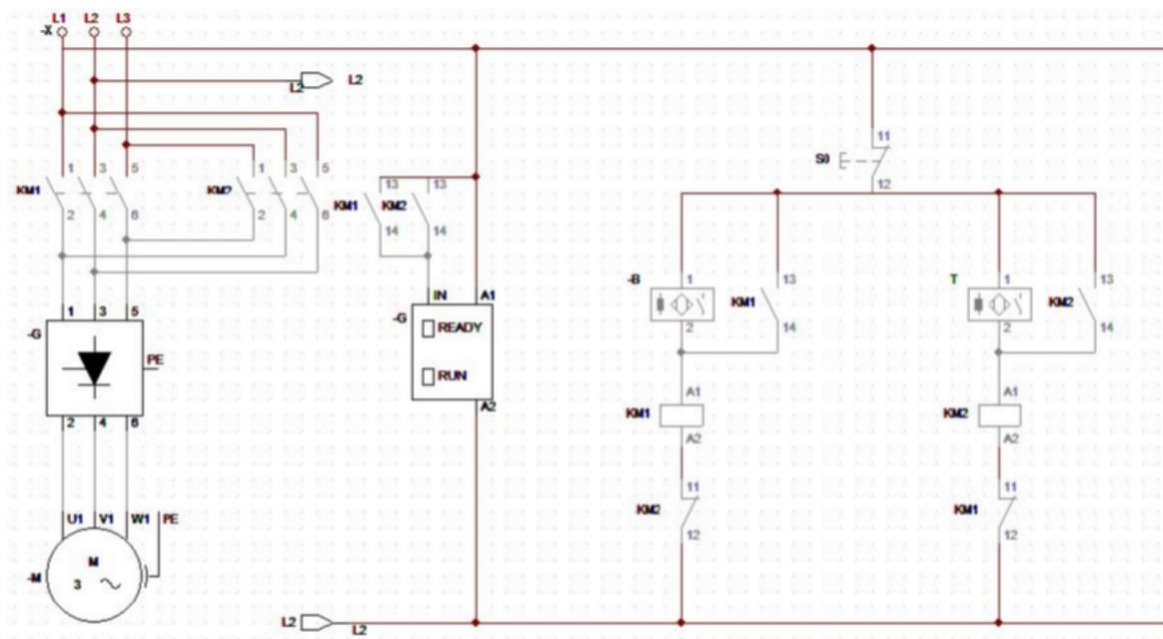
Figura 62 Circuito de fuerza y mando arranque a tensión reducida de un motor trifásico con retardo a la conexión



Fuente: Autores

En esta aplicación arrancamos a tensión reducida Utilizando como señal de arranque un sensor inductivo, para la señal de inversión de giro utilizamos otro sensor inductivo. Para la detención del motor utilizamos un pulsador normalmente cerrado S0.

Figura 63 Circuito de fuerza y mando arranque a tensión reducida en ambos sentidos de giro de un motor trifásico con señales de sensores



Fuente: Autores

En esta aplicación arrancamos a tensión reducida Utilizando como señal de arranque para el motor uno un pulsador normalmente abierto S1, si se pulsa S2 después de haber terminado el arranque M1 se cortocircuita el arrancador con KM2, si pulsamos S3 arranca suavemente el motor dos. Para detención del sistema utilizamos un pulsador normalmente cerrado S0.

6. CONCLUSIONES

Respecto a la aplicación del convertidor de frecuencia MS300 DELTA, La implementación permitió el control de forma precisa la velocidad del motor, adaptando su funcionamiento a las necesidades del proceso y mejorando la eficiencia operativa.

La utilización del variador disminuye el consumo de energía al operar el motor únicamente a la velocidad requerida, evitando el funcionamiento permanente a máxima velocidad y optimizando el aprovechamiento de la potencia instalada.

Las funciones de aceleración y desaceleración programables disminuyeron los esfuerzos mecánicos sobre el motor y los elementos de transmisión, prolongando la vida útil de los equipos y reduciendo las necesidades de mantenimiento.

La configuración del Delta MS300 resultó sencilla gracias a su interfaz de programación y a las múltiples opciones de parametrización, permitiendo ajustar variables como frecuencia, tiempos de rampa, protección del motor y modos de control de acuerdo con la aplicación.

Las funciones integradas de protección contra sobrecorriente, sobrevoltaje, sobre temperatura y pérdida de fase incrementan la confiabilidad y seguridad del sistema, reduciendo el riesgo de fallas y paradas no programadas.

La incorporación de comunicaciones industriales y funciones avanzadas de control convierte al Delta MS300 en una solución versátil para aplicaciones de automatización, facilitando su integración con PLC, sistemas SCADA y redes industriales. Además, dispone de control vectorial, puerto USB, comunicación

Modbus integrada y funciones de seguridad como Safe Torque Off (STO), lo que amplía sus posibilidades de aplicación.

Finalmente, la aplicación del variador de velocidad Delta MS300 representa una solución eficiente, confiable y económica para el control de motores eléctricos, ya que mejora el rendimiento del proceso, optimiza el consumo energético y aumenta la vida útil de los equipos, contribuyendo a una operación más segura y productiva

Respecto al aplicación del arrancador suave ABB en el proyecto, su implementación permitió realizar un arranque y una parada controlados del motor eléctrico, reduciendo significativamente la corriente de arranque y evitando impactos mecánicos sobre el sistema de transmisión.

El uso del arrancador suave contribuyó a proteger tanto el motor como los equipos acoplados, disminuyendo el desgaste de componentes mecánicos y eléctricos, lo que favorece una mayor vida útil del sistema y reduce los costos de mantenimiento.

La configuración de los parámetros de rampa de aceleración, rampa de desaceleración y nivel de tensión inicial permitió adaptar el funcionamiento del equipo a los requerimientos específicos de la aplicación, obteniendo un desempeño estable y seguro.

Durante la operación se comprobó que el arrancador suave mejora la calidad del proceso de arranque al minimizar las caídas de tensión en la red eléctrica y reducir los esfuerzos producidos por arranques directos.

Las funciones de protección incorporadas, como la protección por sobrecarga, pérdida de fase, desbalance de corriente y sobretensión, incrementan la confiabilidad del sistema y disminuyen el riesgo de fallas operativas.

La aplicación del arrancador suave ABB resulta especialmente adecuada para equipos como bombas, ventiladores, compresores y bandas transportadoras, donde es importante realizar arranques progresivos que garanticen un funcionamiento eficiente y seguro.

En conclusión, el arrancador suave ABB constituye una solución eficaz para el control del arranque y la parada de motores eléctricos, ya que mejora la confiabilidad del sistema, protege los equipos, reduce los esfuerzos mecánicos y eléctricos, y optimiza el desempeño general de la instalación industrial.

¡La aplicación del PLC LOGO! V8 permitió automatizar el proceso de control de manera eficiente, demostrando la capacidad del controlador para ejecutar tareas lógicas de forma confiable y precisa.

Respecto a la utilización del programador lógico logo V8, programación realizada mediante el software Soft Comfort facilitó el desarrollo, simulación y puesta en marcha del sistema, reduciendo el tiempo de implementación y permitiendo verificar el funcionamiento antes de su instalación.

El uso del PLC mejoró la secuencia de operación del proceso al integrar entradas, salidas, temporizadores, contadores y funciones lógicas, obteniendo un control más ordenado y seguro.

La flexibilidad del logoV8 permitió modificar y ampliar el programa con facilidad, adaptándose a nuevos requerimientos sin necesidad de realizar cambios significativos en el cableado del sistema.

La comunicación integrada y la posibilidad de conectarse a otros dispositivos mediante Ethernet favorecen la supervisión y el intercambio de información, ampliando las opciones de automatización y monitoreo.

La implementación del PLC contribuyó a incrementar la confiabilidad del sistema, reducir errores asociados al control manual y mejorar la seguridad y eficiencia del proceso automatizado.

En conclusión, el PLC logo 8 constituye una solución práctica, económica y versátil para aplicaciones de automatización de pequeña y mediana escala, proporcionando un control confiable, facilidad de programación y posibilidades de expansión para diferentes procesos industriales y de automatización.

7. RECOMENDACIONES

7.1. Respecto al convertidor de frecuencia Delta MS300

Es un dispositivo de estado sólido versátil, evitar fallas prematuras y garantizar la seguridad de tu instalación, Espacio y Ventilación: Aunque el MS300 permite instalación lado a lado espacio libre para que el flujo de aire del ventilador disipe el calor correctamente.

Ambiente Limpio: Si vas a trabajar en un entorno con mucho polvo, humedad o partículas conductoras, instálalo dentro de un gabinete con protección IP54 o superior. El variador de fábrica suele ser IP20.

Montaje Vertical: Instálalo siempre sobre una superficie vertical plana. No lo montes de lado ni inclinado, ya que afectaría gravemente su sistema de enfriamiento.

Protección a la Salida: No instalar un contactor entre la salida del variador (U, V, W) y el motor que se active mientras el variador esté operando. Abrir el circuito bajo carga puede destruir los IGBTs del equipo.

Antes de inicio "RUN", es vital que configures los datos de la placa del motor en el grupo de parámetros 01:

- Parámetro 01-01: Frecuencia nominal del motor (ej. 60Hz o 50Hz).
- Parámetro 01-02: Voltaje nominal del motor.
- Parámetro 05-01: Corriente nominal del motor (crucial para que la protección térmica electrónica funcione).
- Auto-tuning (Parámetro 05-00): Si vas a usar el modo de control vectorial (IM VF, IM SVC), realiza un *Auto-tuning*. Configúralo en 01 (Auto-tuning

dinámico) o 02 (estático si el motor está acoplado a la carga) para que el variador "conozca" la resistencia y características exactas de tu motor.

Origen de Comandos (00-20 y 00-21): Define claramente desde dónde vas a arrancar el motor y desde dónde controlarás la velocidad. 0: Teclado digital. 1: Terminales externas (clemas de control). 3: Comunicación Modbus (RS-485 integrada).

Tiempos de Rampa: No satures el variador con rampas de aceleración o desaceleración demasiado agresivas (Parámetros 01-12 y 01-13) a menos que tengas instalada una resistencia de frenado. Si frena muy rápido sin resistencia, saltará el error ov (Sobrevoltaje).

Software de Respaldo: Utiliza el software gratuito VFDSOFT de Delta. Te permite programar el variador desde una laptop mediante su puerto USB integrado, monitorear gráficamente el comportamiento del motor y, lo más importante, guardar un respaldo de los parámetros.

7.2. Respecto al programador lógico logo V8

Se utiliza para automatización pequeña y residencial (Domótica). Su pantalla integrada y su conectividad Ethernet lo hacen muy potente, pero para sacarle el máximo provecho y evitar dolores de cabeza, te recomiendo seguir estas buenas prácticas organizadas por etapas:

Alimentación 220 voltios a.c.

Protección de Salidas a Relé: (Q1, Q2, etc.) suelen soportar hasta 10 amperios si la carga es resistiva, pero si vas a manejar cargas inductivas (como motores, electroválvulas o contactores grandes), el arco eléctrico desgastará rápido los

contactos. Usa siempre un relé auxiliar o contactor externo para manejar la potencia real; protegerás tu inversión.

Uso de Fusibles: Coloca siempre un fusible adecuado en la alimentación y en la línea común de las salidas para proteger el equipo contra cortocircuitos en campo.

Estructura diagrama de Bloques de Funciones (FBD): Aunque el software permite programar en Escalera (Ladder/LAD), el LOGO! piensa y procesa de forma nativa en FBD. Programar en bloques te da acceso visual directo a funciones avanzadas.

Documentación y Comentarios: Utiliza la herramienta de texto para documentar tu programa dentro del software. Además, ponle nombre (comentario) a cada entrada (I) y salida (Q). Si vuelves a revisar el programa en 6 meses, te agradecerás haberlo hecho.

7.3. Respecto al arrancador suave ABB

Ventilación del Gabinete: Aunque tenga bypass, respeta las distancias de montaje recomendadas por ABB (usualmente 100 mm arriba y abajo) y asegúrate de que el tablero eléctrico evacúe el calor generado durante los arranques consecutivos.

Protección contra Cortocircuitos: Los tiristores son componentes electrónicos semiconductores muy sensibles. Los interruptores termomagnéticos comunes no son lo suficientemente rápidos para protegerlos de un cortocircuito. Se recomienda instalar fusibles ultrarrápidos (tipo aR) antes del arrancador para proteger los SCRs.

Cuidado con los Capacitores: Si tu sistema tiene bancos de capacitores para corrección del factor de potencia, nunca los conectes a la salida del arrancador suave (entre el arrancador y el motor). Deben conectarse del lado de la línea (entrada) y controlarse con un contactor independiente que se active solo cuando el motor ya esté en régimen permanente.

Para la configuración de la corriente Nominal del Motor (Le): Configura el valor exacto de la placa del motor para que la protección térmica electrónica interna actúe de manera precisa.

Para la configuración del voltaje Inicial: Es el torque con el que arrancará el motor. Suele ajustarse entre el 40% y el 70%. Si es muy bajo, el motor no se moverá y zumbará; si es muy alto, el arranque será brusco (perdiendo el propósito del equipo). Ajusta el valor mínimo necesario para que la carga empiece a romper la inercia inmediatamente. Tiempo de Rampa de Arranque: Generalmente, entre 5 y 10 segundos es suficiente para aplicaciones estándar. Ajustarlo a tiempos extremadamente largos (ej. 30 segundos) en cargas pesadas solo calentará el motor y el arrancador innecesariamente.

Para la configuración de rampa de parada (Stop Ramp / Soft Stop): fundamental para bombas de agua! Configurar una rampa de parada de 10 a 20 segundos reduce la velocidad de la bomba gradualmente, eliminando por completo el golpe de ariete que destruye las tuberías y válvulas. Si la carga es un ventilador o una banda, puedes dejar la parada en "Cof" (parada por inercia libre).

8. Bibliografía

Angulo Ortega, L., 2020. *Diseño E Implementación De Un Módulo Didáctico Con PLC, Para La Programación De Salidas Digitales, En El Laboratorio De La Carrera De Ingeniería En Mantenimiento Eléctrico*. [online] Repositorio.utn.edu.ec. Available at: <<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7573>> [Accessed 7 October 2020].

Flores, E., Quezada, J., Bautista, I. y Calderón, R. (2019). *Implementación de PLC-HMI para control y monitoreo en la automatización de una máquina empleadora en la industria refresquera para empaquetado de Tetra Briks*. Boletín Científico INVESTIGIUM de la Escuela Superior de Tizayuca, No. 9 (2019) 12-23.

Nolasco, L. (2019). *Diseño de un módulo didáctico de simulación de procesos industriales usando PLC S7-1200 y HMI KTP 700 Basic. para el laboratorio de automatización y control, de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur - Untels*. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Villa, El Salvador.

Palomo, A. (2019). *Control de un sistema de regulación de temperatura usando un autómatas programable y una pantalla HMI*. Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla.

Valencia, E., y Nieto, C. (2019). *Diseño e implementación de un sistema automático de temporización y variación de velocidad para el proceso de empastado de concentrados de tintas en base solvente para la empresa SunChemical Yumbo*. Universidad de San Buenaventura Colombia:

Garcia, Emilio. ´ Automatización de procesos industriales. México, Alfaomega Grupo Editor, 2002. [2]

Caballero, José Orlando. Automatización industrial. Manual de prácticas de laboratorio. Bogotá´: Editorial Pontificia Universidad Javeriana:2008

Gutiérrez, V. (2014). *Tópicos de control de procesos y automatización industrial*. Callao: Universidad Nacional del Callao.

Hernández-Sampieri, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (1998). *Metodología de la Investigación 4ta. Ed.* México: McGraw Hill.

Mestanza, J., & Cruz, B. (2015). *Diseño e implementación de maletas didacticas con los Mini PLCS LOGO y ZELIO para aplicaciones en secuencias de moteres*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.

Moreno, M. (2012). *Controlador Lógico Programable PLC*. Buenos Aires: Automatización Micromecánica S.A.I.C.

Muñoz Suarez. Guarín Mantilla, Sarmiento Cruz (2013) Proyecto: Instrumentación y control de velocidad para un motor de corriente alterna en el laboratorio de instrumentación y control de la E3T U.I.S (Tesis de ingeniería, Universidad Industrial de Santander <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2013/150432.pdf>

Lorena, Salamanca (2018) Proyecto: Diseño e implementación de un sistema automático de pruebas de funcionamiento para variadores y arrancadores suaves trifásicos hasta 50 hp. (Tesis de ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13378/1/EscobarSalamancaDerlyLorena2018.pdf>

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

9. ANEXOS

https://www.eproteca.com/wp-content/uploads/Manual-Usuario-Delta-MS300.pdf?utm_source=chatgpt.com

https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109974732/logo_system_manual_es-ES_es-ES.pdf?utm_source=chatgpt.com.

https://www.siemens.com/en-us/products/logo/text-display/?utm_source=chatgpt.com.

https://www.abb.com/global/en/products/1sfa896106r7000?utm_source=chatgpt.com.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

ELABORADO POR:
Docencia

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder del Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023