



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto:

"SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES MEDIANTE VARIADORES DE FRECUENCIA Y EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS-RTU".

Autores:

David Israel Guadalupe Lachi

Cristian Santiago Oña Rivera

Tutor:

Ing. Ángel Silva Conde Msc.

Riobamba-Ecuador

2021

APROBACIÓN POR PARTE DEL TRIBUNAL

Los miembros del tribunal de Graduación del proyecto de investigación titulado: SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES MEDIANTE VARIADORES DE FRECUENCIA Y EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS-RTU, presentado por los Sres. David Israel Guadalupe Lachi con C.I: 0604429621 y Cristian Santiago Oña Rivera con C.I: 0504266651, dirigida por: Ing. Ángel Silva Conde Msc.

Una vez realizado el informe final del proyecto de investigación escrito con fines de graduación, en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia de la biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Ángel Silva Conde Msc.

TUTOR DEL PROYECTO



FIRMA

Ing. Luis López Msc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA

Ing. María Fernanda Romero Msc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



FIRMA

APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR

Ing. ÁNGEL SILVA CONDE Msc., docente de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad Ingeniería, en la Universidad Nacional de Chimborazo.

CERTIFICO

Haber revisado y asesorado el informe final del proyecto de investigación titulado: **SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES MEDIANTE VARIADORES DE FRECUENCIA Y EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS-RTU**, presentado por los Sres. David Israel Guadalupe Lachi con C.I: 0604429621 y Cristian Santiago Oña Rivera con C.I: 0504266651, egresados de la carrera de Ingeniería Industrial, el mismo que cumple con los requisitos establecidos por la institución y méritos para ser sometidos a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal designado.



Ing. Ángel Silva Conde

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros, DAVID ISRAEL GUADALUPE LACHI con C.I: 0604429621 y CRISTIAN SANTIAGO OÑA RIVERA con C.I: 0504266651 declaramos ser responsables de las ideas, resultados y propuestas planteadas en este proyecto de investigación titulado “**SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES MEDIANTE VARIADORES DE FRECUENCIA Y EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS-RTU**”, y que el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Nacional de Chimborazo.



David Israel Guadalupe Lachi

0604429621



Cristian Santiago Oña Rivera

0504266651

AGRADECIMIENTO

Queremos empezar agradeciendo a Dios por ser el dador y proveedor en nuestras vidas, siendo que, Él es y será nuestro Padre Celestial. A nuestros padres, amigos y familiares por ser el eje central y coparticipes en nuestra época estudiantil que está por finalizar.

A nuestro estimado tutor de tesis el Ingeniero Ángel Silva Conde quien desde un inicio creyó en nuestro potencial y nos ha brindado su apoyo, tiempo y conocimientos para el desarrollo del presente trabajo de investigación, por lo cual nos permitimos expresarle nuestro agradecimiento infinito.

A nuestra alma mater la Universidad Nacional de Chimborazo que nos acogió para impartirnos la educación y formación como unos excelentes profesionales.

A cada uno de los docentes de la carrera de Ingeniería Industrial que tuvimos el placer de coincidir desde el inicio de nuestra carrera, que nos supieron brindar apoyo incondicional e impartieron sus conocimientos significativos adquiridos en su trayectoria profesional, con el fin de formar profesionales con ética y valores.

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico al que es y será mi PADRE eterno, mi CREADOR, mi PASTOR, mi AMIGO, mi SEÑOR, mi SUSTENTO, mi ANHELO y mi SALVADOR, porque sin su favor no hubiese llegado hasta este punto de mi vida educativa.

A mi papi, Marco Guadalupe por su amor y tu apoyo incondicional, por enseñarme a valorar la oportunidad de estudiar, como siempre lo mencionas que tú deseas es que tengamos el triple de lo que tú tuviste, tu esfuerzo diario es mi inspiración y te agradezco por tu hermosa herencia. Te amo papito.

A mi mami, Katty Lachi por su cuidado y amor incondicional reflejado día a día con tus mimos, consejos, consuelos y tu confianza, eres el rayo de paz que encontraba al llegar de días difíciles de estudio, te agradezco por tu hermosa herencia. Te amo mamita.

A mis hermanos, Genesis y Jhonnatan Guadalupe Lachi por ser más que mis hermanos se han convertido en mis más grandes amigos por su paciencia, compañía y por su respeto, que a pesar de ser mis menores he podido aprender muchas cosas de usted, los amo.

A mi novia, Faride Ortega por regalarme mi tu amor, compañía y tu tiempo durante mi vida universitaria eres lo más bonito que pude encontrar durante este tiempo, te amo.

Y para todos los amigos, compañeros, docentes y personas con las que he tenido el placer de coincidir en este tiempo de mi vida universitaria.

David Israel Guadalupe Lachi

DEDICATORIA

El presente proyecto de Investigación lo dedico a Dios y a la Virgen, por haberme permitido llegar hasta esta instancia, por ser el manantial de mi vida, por brindarme la perseverancia y paciencia para seguir adelante y no darme por vencido cuando se presentaban obstáculos, por guiarme a lo largo de mi vida estudiantil y forjarme a conseguir mis objetivos planteados.

A mi ángel en el cielo, mi padre Eliseo Oña Toapanta, por haberme inculcado valores para ser una persona responsable, respetuosa, honesta y sobre todo humilde, ya que tu lema fue, con humildad y respeto llegaras a conseguir todo lo que te propongas en la vida y quiero que donde te encuentres te sientas orgulloso porque ya lo he cumplido, he logrado formarme como un gran Ingeniero.

A mi madre, Laura María Rivera Chango, por ser la madre más valiente y decidida del mundo, invencible ante la vida y luchadora por tus hijos, por sus palabras de aliento, por sus consejos de vida y sobre todo por ser mi amor incondicional, gracias por hacerme crecer, por defenderme, por darme tu apoyo siempre, por tu amor infinito y por ser padre y madre a la vez.

A mis hermanos, Martha, Gladys, Franklin, Nancy, Marisol y Diego Oña Rivera, por ser mi principal ejemplo de vida, por el apoyo incondicional que siempre tuvieron conmigo, por confiar en mí y no dejarme solo ante las adversidades de la vida, no tengo palabras para decirles lo mucho que los quiero.

A mis sobrinos, Israel, Jimmy, Erika, Lisbeth, Ismael, Anahí, Diego, Isac, Kerly, Noé, Carlos, Victoria, Alejandro y Karen, por darme alientos de continuar con mi objetivo de ser un gran Ingeniero y ser ejemplo para Uds.

A mis Cuñados, Milton, Wilmer, Verónica, Carlos y Norma, por inculcarme valores para ser un buen hijo, hermano, cuñado y amigo, por brindarme su apoyo incondicional para poder cumplir con mi objetivo.

A mi enamorada, Kelly Paola Guanoquiza Zambrano, por brindarme siempre tu apoyo incondicional, por tus consejos, por tus palabras de aliento, por acompañarme en toda una vida universitaria y sobre todo por tu amor incondicional que me ayudó a conseguir mi objetivo.

A mis docentes universitarios, por compartir sus conocimientos adquiridos a lo largo de su trayectoria profesional, por su amistad verdadera y por ser los principales autores de que me forme como un Ingeniero Industrial.

Cristian Santiago Oña Rivera

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN POR PARTE DEL TRIBUNAL	I
APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN	XVII
ABSTRACT	XVIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PROBLEMATIZACIÓN	2
Planteamiento del problema	2
Objetivos	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Justificación	3
Beneficiarios	4
Directos	4
Indirectos.....	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
Enfoque teórico	5
Antecedentes de la investigación	5
Fundamentación teórica	6
1. Pirámide CIM (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING).....	6
2. Ventajas de una red industrial	7
3. PLC (Programador Lógico Programable)	7
4. Modbus RTU.....	9
5. Protocolo de comunicación Modbus RTU.....	10
6. ¿Qué es un maestro Modbus RTU?	11
7. ¿Qué es un esclavo Modbus RTU?.....	12
8. Medio físico del Protocolo Modbus	12
9. Convertidores de frecuencia	13
10. Motores eléctricos	14

11. Tipos de motores	14
11.1.Motores de corriente continua.....	15
11.2 Motores de corriente alterna.....	15
11.3 Monofásicos	15
11.4 Trifásicos.....	15
12. Motores asíncronos	15
12.1 Arranques de motores.....	17
12.2 Arranque directo.....	17
12.3 Arranque con variador de frecuencia	19
13. Convertidores de frecuencia	20
14. HMI (Interfaz Hombre Maquina)	21
15. Formato básico	22
15.1 Descripción.....	24
15.2 Detalle de protocolo de comunicación	24
15.3 Lista de códigos de parámetros	26
Capítulo III: MARCO METODOLÓGICO	28
Diseño de la investigación.....	28
Tipos de investigación.....	28
<i>Investigación aplicada</i>	28
Técnicas de recolección de datos	28
<i>La observación en el laboratorio</i>	28
Fundamentación legal	29
Variables de investigación	31
<i>Variable independiente</i>	31
<i>Variable dependiente</i>	31
Operacionalización de las variables	31
Planteamiento de la hipótesis	33
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y PROGRAMACIÓN	34
RESULTADOS	34
Esquema y selección de componentes para el tablero industrial.	34
Lista de elementos del tablero industrial junto con la red de control	35
Descripción del sistema	38
<i>Topología</i>	38
<i>Modo del diálogo</i>	39
Construcción del tablero de control	40

<i>Medición de la base o placa metálica</i>	40
<i>Medición y corte de canaletas</i>	41
<i>Medición y corte de carriles</i>	42
<i>Perforado y sujetado de carriles y canaletas</i>	44
Diseño eléctrico del tablero de control.....	45
Configuración de variador SV- iG5A	46
Conexión hardware Modbus RTU a los variadores	65
Ponchado de cable profibus con el conector profibus.....	65
Conexión del conector profibus al Modbus.	66
Conexión cable profibus a los variadores	67
Conexión hardware del SWITCH a los dispositivos de la red industrial HMI, PLC y PC	69
Configuración y programación del software TIA PORTAL 15V con equipos de la red industrial	69
Configuración del software TIA PORTAL 15V	69
Programación y codificación en el software TIA PORTAL V15 para el control y monitoreo de los parámetros eléctricos en la simulación de procesos industriales.	72
<i>Codificación de parámetros de escritura para el primer variador de frecuencia LS-iG5A con código dirección “2”</i>	75
<i>Codificación de parámetros de escritura para el segundo variador de frecuencia LS-iG5A con código dirección 3</i>	82
Codificación de parámetros de lectura para los variadores de frecuencia	90
<i>Codificación de parámetros de lectura para el primer variador de frecuencia LS-iG5A con código dirección 2</i>	90
<i>Codificación de parámetros de lectura para el segundo variador de frecuencia LS-iG5A con código dirección 3</i>	98
<i>Programación del proceso de dosificación de tanque</i>	106
<i>Programación del proceso de bandas transportadoras</i>	124
Programación y codificación del HMI en el software TIA PORTAL 15V	130
Establecer la carga avanzada del TIA PORTAL 15V en el PLC y conexión con el software Factory IO	142
Carga avanzada del TIA PORTAL 15V en el PLC	143
Conexión TIA PORTAL 15V con el software Factory IO	144
Conexión TIA PORTAL 15V con el software Factory IO del proceso de dosificación de tanques.....	144
Conexión TIA PORTAL 15V con el software Factory IO del proceso de control de banda transportadora y elevador.	146

Resultados de la implementación del tablero de control industrial junto con el protocolo de comunicación Modbus-RTU	148
<i>Simulación del proceso industrial dosificación de tanques</i>	<i>148</i>
<i>Visualización de parámetros eléctricos en el HMI dosificación de tanque</i>	<i>148</i>
<i>Simulación del proceso industrial banda transportadora y elevador</i>	<i>149</i>
<i>Visualización de parámetros eléctricos en el HMI bandas transportadoras.....</i>	<i>¡Error!</i>
Marcador no definido.	
<i>Guía de práctica para el laboratorio de control industrial de la carrera de ingeniería industrial.</i>	<i>158</i>
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	159
CONCLUSIONES.....	159
RECOMENDACIONES.....	160
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	162
REFERENCIAS.....	162
ANEXOS.....	164
<i>Anexo 1 Presupuesto</i>	<i>164</i>
<i>Anexo 2 Cronograma.....</i>	<i>165</i>
<i>Anexo 03 Guía de práctica</i>	<i>167</i>
<i>Anexo 04 Acta de aprobación del tema del proyecto de investigación</i>	<i>173</i>
<i>Anexo 05 Cronograma ingreso a la universidad.....</i>	<i>174</i>
<i>Anexo 06 Factura de la compra de equipos</i>	<i>176</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Características Modbus RTU	11
Tabla 2.	Mensaje de comando (solicitud).....	22
Tabla 3.	Respuesta normal (respuesta de reconocimiento).....	23
Tabla 4.	Respuesta de error (respuesta de reconocimiento negativo)	23
Tabla 5.	La nomenclatura de lectura y escritura (número de codificación)	24
Tabla 6.	Solicitud de lectura.....	25
Tabla 7.	Solicitud de escritura.....	25
Tabla 8.	Códigos de parámetros	26
Tabla 9.	Operacionalización de variable independiente	31
Tabla 10.	Operacionalización variable dependiente	32
Tabla 11.	Lista de elementos de la red industrial Modbus RTU.....	35
Tabla 12.	Especificación de medición y corte de canaletas	41
Tabla 13.	Especificación de medición y corte de canaletas	43
Tabla 14.	Especificación de medición y corte de canaletas	44
Tabla 15.	Tipos de cables utilizados	46
Tabla 16.	Codificación de parámetros input en el bloque de instrucción MB_COMM_LOAD	74
Tabla 17.	Codificación de parámetros output en el bloque de instrucción MB_COMM_LOAD	74
Tabla 18.	Codificación de parámetros input en el bloque de instrucción MB_MASTER	76
Tabla 19.	Codificación de parámetros en el bloque de funciones matemáticas MUL	77
Tabla 20.	Codificación de parámetros en el bloque de transferencia MOVE de avance.....	79
Tabla 21.	Codificación de parámetros en el bloque de transferencia MOVE de reversa	80
Tabla 22.	Codificación de parámetros en el bloque de transferencia MOVE de paro	82
Tabla 23.	Codificación de parámetros input en el bloque de instrucción MB_MASTER	83
Tabla 24.	Codificación de parámetros en el bloque de funciones matemáticas MUL	85
Tabla 25.	Codificación de parámetros en el bloque de transferencia MOVE de avance.....	87
Tabla 26.	Codificación de parámetros en el bloque de transferencia MOVE de reversa	88
Tabla 27.	Codificación de parámetros en el bloque de transferencia MOVE de paro	90
Tabla 28.	Codificación de parámetros input en el bloque de instrucción MB_MASTER	91

Tabla 29.	Codificación de parámetros en el bloque convertir valor CONVERT de corriente	93
Tabla 30.	Codificación de parámetros en bloque de instrucción dividir DIV de corriente	94
Tabla 31.	Codificación de parámetros en el bloque convertir valor CONVERT de voltaje	96
Tabla 32.	Codificación de parámetros en bloque de instrucción dividir DIV de voltaje	97
Tabla 33.	Codificación de parámetros input en el bloque de instrucción MB_MASTER	99
Tabla 34.	Codificación de parámetros en el bloque convertir valor CONVERT de corriente	101
Tabla 35.	Codificación de parámetros en bloque de instrucción dividir DIV de corriente	102
Tabla 36.	Codificación de parámetros en el bloque convertir valor CONVERT de voltaje	104
Tabla 37.	Codificación de parámetros en bloque de instrucción dividir “DIV” de corriente	105
Tabla 38.	Codificación de parámetros en bloque de normalizar NORM_X de caudal	108
Tabla 39.	Codificación de parámetros en bloque de normalizar SCAL_X de caudal	109
Tabla 40.	Codificación de parámetros en bloque de mover MOVE de caudal en la bomba 1	109
Tabla 41.	Codificación de parámetros en bloque de normalizar NORM_X de caudal	111
Tabla 42.	Codificación de parámetros en bloque de normalizar SCALE_X de caudal.....	112
Tabla 43.	Codificación de parámetros en bloque de mover MOVE de caudal en la bomba 1	112
Tabla 44.	Codificación de parámetros en bloque de normalizar NORM_X de nivel de agua	116
Tabla 45.	Codificación de parámetros en bloque de normalizar SCALE_X de nivel de agua.....	117
Tabla 46.	Codificación de parámetros en bloque de normalizar NORM_X de paso set point.....	119
Tabla 47.	Codificación de parámetros en bloque de normalizar SCALE_X de set point	120
Tabla 48.	Codificación de parámetros en bloque de mover MOVE de set point	120
Tabla 49.	Propiedades de los botones de la imagen principal.....	131
Tabla 50.	Propiedades de los botones de la imagen de control.....	134
Tabla 51.	Propiedades de los botones de la imagen de control.....	136
Tabla 52.	Propiedades de los botones de la imagen Monitoreo VAR 1	137
Tabla 53.	Propiedades de los botones de la imagen Monitoreo VAR 2.....	139
Tabla 54.	Propiedades de los botones del PROCESO 2 banda transportadora y elevador.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Pirámide de automatización industrial CIM	6
Figura 2.	PLC (Programming Languages).....	9
Figura 3.	Motores asincrónicos	16
Figura 4.	Efecto de campo de giro sobre un espiral en corto circuito	17
Figura 5.	Esquema simplificado de arranque directo motor trifásico.....	18
Figura 6.	Curva de corriente de arranque directo.....	19
Figura 7.	Pantalla HMI (Interfaz Hombres Maquinas)	22
Figura 8.	Esquema de comunicación entre PLC, HMI, variadores y motores trifásicos	35
Figura 9.	Topología tipo estrella.....	39
Figura 10.	Diálogo de comunicación Half-Duplex	40
Figura 11.	Tablero eléctrico en su interior un panel naranja y sus medidas	41
Figura 12.	Canaleta Ranurada 40*40*40.....	42
Figura 13.	Riel DIN.....	44
Figura 14.	Perforado y ajuste de canaletas y rieles DIN	45
Figura 15.	Variador con visualización en parámetro H 93.....	47
Figura 16.	Variador con visualización en la opción 1	47
Figura 17.	Variador con visualización en parámetro H 77.....	48
Figura 18.	Variador con visualización en la opción 2.....	49
Figura 19.	Variador con visualización del parámetro Frq.....	49
Figura 20.	Variador con visualización en la opción 7.....	50
Figura 21.	Variador con visualización del parámetro F 22	51
Figura 22.	Variador con visualización la frecuencia de 60 Hz.....	51
Figura 23.	Variador con visualización del parámetro F 39	52
Figura 24.	Variador con visualización de la tensión de 100 V.....	53
Figura 25.	Variador con visualización del parámetro H 30	54
Figura 26.	Variador con visualización de la potencia de 0.40 KW	54
Figura 27.	Variador con visualización el parámetro H 31	55
Figura 28.	Variador con visualización de la opción 4.....	56

Figura 29.	Variador con visualización del parámetro H 32	56
Figura 30.	Variador con visualización del rendimiento de 6.2	57
Figura 31.	Variador con visualización del parámetro H 33	58
Figura 32.	Variador con visualización de la corriente nominal del 1.9	58
Figura 33.	Variador con visualización del parámetro H 36	59
Figura 34.	Variador con visualización del rendimiento 69	60
Figura 35.	Variador con visualización del parámetro I 59	60
Figura 36.	Variador con visualización de la opción 0.....	61
Figura 37.	Variador con visualización del parámetro I 60	62
Figura 38.	Variador con visualización de la opción 1.....	62
Figura 39.	Variador con visualización del parámetro I 61	63
Figura 40.	Variador con visualización de la opción 4.....	64
Figura 41.	Variador con visualización del parámetro I 65	64
Figura 42.	Variador con visualización de la opción 2.....	65
Figura 43.	Vista interna del empalme con el conector profiBus y cotas del cable	66
Figura 44.	Conexión conectora profiBus al Modbus	67
Figura 45.	Conexión conectora profiBus al Modbus	68
Figura 46.	Conexión conectora profiBus al Modbus	68
Figura 47.	Conexión del SWITCH a los dispositivos de la red industrial HMI, PLC y PC	69
Figura 48.	PLC agregado al software TIA PORTAL 15V	70
Figura 49.	PLC agregado al software TIA PORTAL 15V	71
Figura 50.	PLC agregado al software TIA PORTAL 15V	72
Figura 51.	Bloque de instrucción MB_COMM_LOAD	73
Figura 52.	Bloque de instrucción MB_MASTER.....	75
Figura 53.	Bloque de funciones matemáticas MUL.....	77
Figura 54.	Bloque de transferencia MOVE de avance.....	78
Figura 55.	Bloque de transferencia MOVE de reversa	80
Figura 56.	Bloque de transferencia MOVE de paro.....	81
Figura 57.	Bloque de instrucción MB_MASTER.....	83

Figura 58.	Bloque de funciones matemáticas MUL.....	85
Figura 59.	Bloque de transferencia MOVE de avance.....	86
Figura 60.	Bloque de transferencia MOVE de reversa	88
Figura 61.	Bloque de transferencia MOVE de paro.....	89
Figura 62.	Bloque de instrucción MB_MASTER.....	91
Figura 63.	Bloque de instrucción convertir valor CONVERT de corriente	93
Figura 64.	Bloque de instrucción dividir DIV de corriente.....	94
Figura 65.	Bloque de instrucción convertir valor “CONVERT de voltaje	96
Figura 66.	Bloque de instrucción dividir DIV de voltaje	97
Figura 67.	Bloque de instrucción MB_MASTER.....	99
Figura 68.	Bloque de instrucción convertir valor CONVERT de corriente	100
Figura 69.	Bloque de instrucción dividir “DIV” de corriente	102
Figura 70.	Bloque de instrucción convertir valor CONVERT de voltaje.....	103
Figura 71.	Bloque de instrucción dividir “DIV” de corriente	105
Figura 72.	Activación de proceso de dosificación de tanque	106
Figura 73.	Línea de programación de apagado de válvula de descarga	107
Figura 74.	Trasformación y control de caudal de la válvula de descarga.....	108
Figura 75.	Trasformación y control de caudal de la válvula de descarga.....	111
Figura 76.	Encendido de válvula de carga	113
Figura 77.	Encendido de válvula de descargar	114
Figura 78.	Ingreso de valor necesario a llenar	114
Figura 79.	Ingreso de valor necesario a llenar	115
Figura 80.	Visualización de nivel en display	116
Figura 81.	Encendido de válvula de carga	118
Figura 82.	Potenciómetro con el uso del set point	119
Figura 83.	Apagado automático en el nivel requerido con condicional mayor o igual	121
Figura 84.	Activación de descarga antes de tiempo.....	122
Figura 85.	Retardo de activación de descarga.....	123
Figura 86.	Retardo de activación de descarga.....	123

Figura 87.	Retardo de activación de descarga.....	124
Figura 88.	Activación de proceso de banda transportadora y elevador	125
Figura 89.	Línea de programación de encendido motor 1, sumador, contador y transferencia	126
Figura 90.	Línea de programación de subida del elevador y objeto.....	127
Figura 91.	Línea de programación de retorno del elevador sin objeto	129
Figura 92.	Línea de programación de reinicio de memorias de los pasos	130
Figura 93.	Imagen principal del HMI denominada PANTALLA PRINCIPAL	131
Figura 94.	Imagen denominada CONTROL.....	133
Figura 95.	Imagen denominada PROCESO 1 de dosificación de tanque.....	135
Figura 96.	Imagen denominada CONTROL.....	137
Figura 97.	Imagen Monitoreo Var2	139
Figura 98.	Imagen denominada PROCESO 2 de banda transportadora y elevador	141
Figura 99.	PLC arrancado en modo RUN.....	144
Figura 100.	Pestaña de modificación en el FACTORY I/O.....	145
Figura 101.	Pestaña de modificación en el FACTORY I/O proceso dosificación de tanque.	146
Figura 102.	Pestaña de modificación en el FACTORY I/O.....	147
Figura 103.	Pestaña de modificación en el FACTORY I/O proceso banda transportadora y elevador	147
Figura 104.	Simulación de dosificación de tanque con el FACTORY I/O	148
Figura 105.	Visualización de parámetros eléctricos en el HMI dosificación de tanque	¡Error!
Marcador no definido.		
Figura 106.	Simulación de banda transportadora y elevador con el FACTORY I/O	149
Figura 107.	Simulación de banda transportadora y elevador con el FACTORY I/O ..	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación describe la simulación de procesos industriales en torno a la dosificación de tanque y bandas transportadoras, y la implementación de un tablero de características industriales, acoplado con un protocolo de comunicación Modbus RTU para la simulación, control y monitoreo de parámetros eléctricos en el laboratorio de control industrial; se realiza el diseño, conexión, cableado, acondicionamiento y configuración de los dispositivos que harán parte de la red industrial. Esta red industrial consta de cuatro fases, la primera es el diseño y construcción del tablero con características industriales que está instalada en una sección del laboratorio, la segunda fase es la comunicación de dispositivos seriales en donde se da el accionamiento de dispositivos de campo a través de un PLC y realizado de una forma de organización de datos maestro/esclavo con el protocolo de comunicación Modbus RTU, que estará determinada por una topología en estrella, ésta integrara una configuración con datos hexadecimales para escritura o lectura según corresponda, en la tercera fase se realiza la simulación de dosificación de tanque y bandas transportadoras en el software FACTORY I/O para una mejor representación de los procesos reales, por último se realiza la visualización, control y monitoreo de los parámetros eléctricos en la pantalla HMI. El proceso de investigación tiene como objetivo, lograr una mejor ilustración de los procesos de automatización que se desarrollan en la industria y el fortalecimiento del aprendizaje en redes Modbus así incentivar al estudio de la cátedra de control industrial y automatización.

Palabras claves: Protocolo, comunicación, Modbus, maestro, esclavo, datos, hexadecimales, automatización, industrial.

ABSTRACT

The current research project has described the simulation of industrial processes, the dosing tanks, conveyor belts, and the application of a panel with industrial characteristics. It is coupled with Modbus RTU communication protocol for the simulation, control, and monitoring of the industrial control laboratory's electric parameters. The design, connection, wiring, conditioning, and configuration of the devices will be part of the industrial network. This industrial network consists of four phases. The first is the design and construction of the panel with industrial characteristics installed in a section of the laboratory. The second phase is the communication of serial devices where the field devices are actuated through a PLC with data organization Master/Slave with the Modbus RTU communication protocol. A star topology will determine, it will integrate a configuration with hexadecimal data for writing or Reading, as appropriate. In the third phase, the simulation of tank design and conveyor belts in the FACTORY I/O software represents natural processes. Finally, visualization, control, and monitoring of electrical parameters on the HMI screen. The research process aims to illustrate better automation processes developed in the industry and strengthen the learning process in Modbus networks, thus encouraging the Industrial Control and Automation department's study.

Keywords: Protocol, communication, Modbus, master, slave, data, hexadecimal, automation, industrial.

Reviewed by:

Mgs. Lorena Solís Viteri

ENGLISH PROFESSOR

c.c. 0603356783

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la tecnología avanza a pasos forzados a causa de las necesidades industriales, ya sea en la calidad de los productos como por la propia competencia entre marcas, por ende, en todos los sectores es necesario tener un crecimiento y adaptación a innovaciones tecnológicas para cumplir los requisitos de calidad y optimización.

La simulación de los procesos es utilizada para el diseño, desarrollo, análisis y optimización de sistemas para cualquier tipo de industria, un software de simulación de procesos nos permite encontrar las condiciones óptimas para un proceso examinado minuciosamente. Así también gracias a la tecnología existente como los PLC, SCADA y protocolos de comunicación, es más sencillo en cuanto a la operación de cualquier proceso industrial. El protocolo Modbus RTU es un protocolo de comunicaciones basado en la arquitectura maestro/esclavo o clientes /servidor, que nos permite el control y monitoreo de una red de dispositivos de campo.

El presente proyecto tiene como objetivo la simulación de procesos industriales reales que se aplican en la industria y la implementación de un tablero de control industrial con el que se demostrará la aplicación de un protocolo de comunicación Modbus RTU en los distintos procesos industriales, ayudando a un mejor entendimiento de sistemas automatizados en las prácticas de laboratorio para la asignatura de control industrial de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Chimborazo.

CAPITULO I: PROBLEMATIZACIÓN

Planteamiento del problema

En la actualidad las industrias han negado el ingreso a estudiantes a realizar prácticas y visitas técnicas , debido a la situación que el mundo está pasando (pandemia), así como varias industrias (empresas) locales y nacionales cuentan con procesos industriales en los que intervienen motores eléctricos con arranques directos y en algunos casos con maniobras de arranque en estrella triangulo, pero no son métodos de arranque eficientes considerando el pico de corriente que se produce y que causa un pago elevado en la planilla del suministro eléctrico, a esto se suma la falta de automatización para varios de los procesos industriales que cuentan con motores eléctricos y sería de mucha importancia contar con un sistema control y monitoreo de cada uno de estos elementos de forma individual y colectiva.

La simulación de procesos está relacionada con el desarrollo de la informática, hardware y los lenguajes de programación. Los sistemas automatizados en la actualidad son más sencillos en cuanto a hardware, mediante la programación interna, de esta manera ayudan a ser más eficientes en comparación a los que se utilizan hoy en día, por tal razón, la implementación de un protocolo de comunicación industrial ofrece flexibilidad para la conexión a dispositivos variadores de frecuencia que integra un puerto de comunicación desde el dispositivo más básico hasta el más avanzado.

En el laboratorio de control industrial de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Chimborazo necesita adquirir dentro de su equipamiento nuevos sistemas de innovación para el desarrollo de prácticas de procesos de automatización, mediante la simulación de procesos reales que acontece hoy en día en la industria con la implementación de un tablero de control con características industriales se logrará una mejor ilustración de los procesos de automatización.

Objetivos

Objetivo General

Simular procesos industriales mediante variadores de frecuencia y el protocolo de comunicación MODBUS-RTU

Objetivos Específicos

- Implementar un tablero de control con PLC y un módulo de comunicación industrial Modbus RTU configurado como maestro para la simulación de procesos industriales en el laboratorio de controles de Ingeniería Industrial.
- Agregar a la red de comunicación industrial Modbus RTU dos dispositivos convertidores de frecuencia con configuración de esclavos para el desarrollo de procesos industriales.
- Configurar la red industrial de comunicación Modbus RTU mediante la programación del PLC y dos variadores de frecuencia para la adquisición de parámetros eléctricos en motores trifásicos en un panel HMI.
- Desarrollar guía de práctica pertinente a los requerimientos del laboratorio de control industrial para un mejor entendimiento sobre el aporte de la red industrial Modbus RTU a los procesos industriales.

Justificación

La presente investigación se basa en la simulación de procesos industriales y la implementación de un sistema de innovación para el desarrollo de prácticas de procesos de automatización en el laboratorio de control industrial, mediante la implementación de un tablero de control con características industriales junto con el protocolo de comunicación

Modbus-RTU, por ende, se enfoca en lograr una mejor ilustración de los procesos de automatización que se desarrollan en la industria.

Beneficiarios

Directos

El principal beneficiario la Universidad Nacional de Chimborazo, la Facultad de Ingeniería.

Indirectos

Los beneficiarios indirectos son los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial al recibir prácticas de simulación de procesos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Enfoque teórico

Antecedentes de la Investigación

Jefferson Mario Gallegos Ramírez y Eddy Harry Delgado Guerrero, en su tesis *“Diseño e implementación de una red industrial Modbus para el control de actuadores trifásicos en el laboratorio de fabricación flexible”* en el año 2015, concluyen que: Con la implementación de las maletas didácticas se pudo demostrar de manera práctica y física el protocolo de comunicación industrial Modbus, con una eficacia en la comunicación maestro-esclavo mediante la lectura y escritura de bits y palabras desde un PLC maestro hacia los dispositivos esclavos, por lo cual servirán para las prácticas de laboratorio referente a la comunicación Modbus.

Roberto Carlos López Salazar y Erick Anthony Mora Ledesma, en su tesis *“Diseño e implementación de un módulo didáctico para una red de comunicación industrial utilizando protocolo abierto Modbus RTU-TCP/IP para monitoreo, control local y remoto de la estación de multivARIABLES físicas, en el laboratorio de hidrónica y neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga”* en el año 2017, concluyen que: Al implementar la red de comunicación industrial Modbus RTU, los bytes se envían de manera binaria, con comprobación de error CRC, el mensaje tiene 1 bit de inicio. 8 bits de datos, en paridad impar y 1 bit de parada, lo cual se transmite 9600 baudios por segundo, la trama en Modbus TCP/IP convierte la trama en RTU en la capa de aplicación y enlace del modelo OSI para su transmisión por la capa de transporte utilizando protocolo IP, también se implementó tres variadores de frecuencia, un controlador de temperatura en un bus Modbus RTU, con esto se controló y monitoreó de manera remota a través de un sistema SACADA para computador con el software Wonderware InTouch utilizando un OPC server (DAServer Modicon Modbus TCP), se pueden comprobar mediante encuestas que esta implementación

fue de gran ayuda para los estudiantes en el área de automatización industrial de la Universidad de las Fuerzas Armadas extensión Latacunga.

En la **Universidad Nacional de Chimborazo**, no cuenta con estudios referente al tema de investigación presentado, por lo que se establece que la investigación servirá como punto de referencia para futuras investigaciones en el área de automatización industrial y los beneficios dentro los procesos industriales.

Fundamentación teórica

1. Pirámide CIM (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING)

Existen diferentes niveles en la comunicación de datos, a esto se le llama pirámide de las comunicaciones, Figura 1, y está formada por los siguientes niveles.

Figura 1

Pirámide de Automatización Industrial CIM



Nota. La imagen representa los niveles jerárquicos de automatización industrial CIM.

Tomado de SMC, por R. Lopez; E. Mora, 2016, *Pirámide de automatización Industrial CIM*.

Según Lopez y Mora (2016) los **Niveles Automatización** son:

Primer nivel o “nivel de campo”. Está constituido por los dispositivos físicos presentes dentro de la industria, como los actuadores y sensores.

Segundo nivel o “nivel de control”. Está constituido por los dispositivos controladores como ordenadores, PLC, PID, etc.

Tercer nivel o “nivel de supervisión”. Están constituidos por los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA)

Nivel superior o “nivel de planificación”. Integran los sistemas de ejecución de la producción (MES).

Cúspide de la pirámide o “nivel de gestión”. Están compuestos de los sistemas de gestión integral de la empresa (ERP).

2. Ventajas de una red Industrial

- Supervisión y visualización continua de los procesos interconectados en la red.
- Posibilidad de intercambio de información entre departamentos y sectores diferentes de procesos de manera sencilla.
- Menores necesidades de mantenimiento por lo que hace que el sistema sea más fiable.
- Mejores prestaciones del sistema debido a la simplificación en la forma de obtener la información de los procesos, mejorando así la eficiencia.
- Variadas opciones de formas de comunicación según las necesidades mismas del proceso y de la posibilidad de recursos de este.

3. PLC (Programador Lógico Programable)

El PLC o controlador lógico programable es un equipo capaz de controlar proceso de forma autónoma mediante la automatización, estos procesos pueden ser secuenciales, ya que

se asocian a la maquinaria que están inmersos al proceso de producción para el control de sus actividades dentro de la industria.

Estos dispositivos tienen inmersos variedad de procesos industriales de diferentes tipos y ofreciendo a su vez una conexión a red; permitiendo la comunicación de un controlador lógico programable con una PC y otros elementos al mismo tiempo, para su monitoreo, seguimiento y reportes estadísticos (Barreto, 2016).

Funciones del PLC. En el siguiente mapa conceptual se describen las funciones principales del PLC. Ventajas del PLC. Entre las ventajas más importantes se pueden considerar las siguientes:

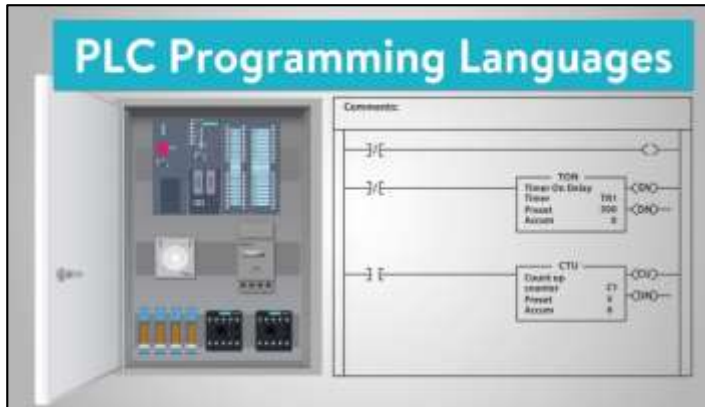
Tienen una gran variedad de modelos existentes para satisfacer las diferentes aplicaciones.

- Ocupan poco espacio.
- Realización de cambios sin la sustitución de cables.
- Lista de materiales mínima, lo que reduce los costos.
- Tiempos de elaboración de proyectos reducidos.
- El alcance de almacenamiento del módulo de su memoria elevadamente grande para su almacenamiento.
- Dependiendo del modelo se pueden agregar entradas y salidas si el caso lo requiere.
- Su costo se recupera en corto tiempo.
- Mantenimiento económico por tiempos de paro reducidos.
- Aun estando fuera de servicio, el autómatas puede ser útil para controlar otros procesos o máquinas.

- Sus diferentes formas de programación permiten adecuar para los diferentes procesos industriales.

Figura 2

PLC (Programming Languages)



Nota. La imagen nos ilustra el lenguaje de programación con el que podría trabajar un PLC. Adaptado de *Automatización electrónica*, por J. Torres, 2019, (<https://sites.google.com/site/aotuele/home/plc>).

4. Modbus RTU

Modbus RTU (Unidad Terminal Remota) es el sistema bus con protocolo de entrega Modbus, el cual es un protocolo de fácil manipulación que requiere de poco desarrollo y tiene mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

Al respecto SIEMENS (2020) menciona:

Se basa en una arquitectura maestro/esclavo y transfiere datos en serie. El controlador tiene como maestro el ánimo de transmisión de datos, a su vez envía solicitudes a los esclavos. Las solicitudes integran un código de función y extras, a las que un esclavo no puede transferir información al maestro de forma independiente. (p.26)

El esclavo procesa las peticiones del maestro y responde en un plazo determinado con una de las siguientes confirmaciones:

- Datos solicitados.
- Código de error.

5. Protocolo de comunicación Modbus RTU

Modbus es un protocolo de solicitud y respuesta ejecutado, usando una relación maestro-esclavo. Dentro de una relación maestro-esclavo, la comunicación siempre se produce en pares, un dispositivo debe iniciar una petición y luego esperar una respuesta y el dispositivo de inicio (el maestro) es responsable de iniciar cada interacción. Por lo general, el maestro es una interfaz humano-máquina (HMI) o sistema SCADA y el esclavo es un sensor, controlador lógico programable (PLC) o controlador de automatización programable (PAC). El contenido de estas solicitudes y respuestas, y las capas de la red a través de las cuales se envían estos mensajes, son definidas por las diferentes capas del protocolo (Logicbus, 2019).

Beneficios de utilizar el protocolo Modbus RTU/TCP (Logicbus, 2019).

- El código abierto no se requiere pagar por licencia.
- Soportado por HMIs o softwares SCADA.
- Fácil manipulación.
- Fácilmente se puede integrar equipos.
- Desarrollo a bajos costos.
- De relevancia en la industria.

Tabla 1

Características Modbus RTU

INFORMACIÓN MODBUS-RTU	
Tipo de Red:	Sistemas de comunicación simple maestro/ esclavo
Topología:	RS-232: Conexión punto a punto entre maestro y esclavo. RS-485: Tipo de bus con segmentos de hasta 32 dispositivos. Cada segmento debe tener un inicio y un final.
Instalación:	Cable blindado de par trenzado. Longitud de la línea en función de los medios físicos y velocidad de transmisión.
Velocidad de datos:	Seleccionable por el usuario, dependiendo de los medios físicos. Pueden ser: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 baudios.
Máximas estaciones:	1 maestro y hasta 246 esclavos.
Datos:	0-252 por estructura.
Funciones de red:	Red simple maestro/esclavo para punto a punto (RS-232) o comunicación multipunto (RS-485).

Nota. La siguiente tabla nos muestra la información básica para el uso del protocolo de comunicación Modbus RTU, lo mismo que es importante para establecer una comunicación sin problemas y una vez más estable. Protocolo abierto Modbus RTU, 2015.

6. ¿Qué es un maestro Modbus RTU?

Un maestro Modbus RTU es el dispositivo central que realiza solicitudes de información a los dispositivos esclavos conectados. Un controlador central en un sistema de producción automatizado puede desempeñar el papel de maestro Modbus RTU. Una implementación Modbus tiene un maestro. Los dispositivos maestros obtienen información de los esclavos y también pueden escribir en los registros de los dispositivos esclavos.

7. ¿Qué es un esclavo Modbus RTU?

Esclavo Modbus RTU es el dispositivo que responde a la solicitud realizada por el dispositivo maestro. No puede iniciar transferencias de información y está en un patrón de espera hasta que responda a una solicitud realizada por el maestro.

Caballero y Zambrano (2018) mencionan que:

Motor eléctrico trifásico: se trata de un componente eléctrico que transforma energía eléctrica en energía mecánica a base de pulsos electromagnéticos. Varios motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en eléctrica.

La energía eléctrica trifásica genera campos magnéticos rotativos en el bobinado primario correspondiente al estator, lo que hace que con el arrancar de aquellos motores no requiera circuito secundario, son más reducidos y simplificados que un monofásico de inducción con la misma potencia, ya que por su elaboración es de menor valor económico. (p.26)

8. Medio Físico del Protocolo Modbus

Basándose en SIEMENS (2018) se conoce que:

El protocolo Modbus en comunicación serial se basa en el envío secuencial de un bit a la vez de información entre dos o más dispositivos, el bit menos significativo es el siempre

enviado al más significativo en bloques de 8 bits y a una misma velocidad de transmisión donde para la transmisión de datos se la realiza por medio de un cable entre ellos y una referencia o tierra.

En la trama de Modbus existe un bit extra, el mismo que es un bit de paridad el cual sirve para detectar errores en las tramas enviadas, en la mayoría es opcional su uso, por otra parte, la velocidad es indispensable en la comunicación entre equipos. La velocidad de transferencia de información indica el número de bits que se transmiten por segundo, los baudios(bps) es la unidad y las más usadas son, 1200, 2400, 4800, 9600 y 19200.

SIEMENS (2018) la comunicación Modbus RS485 en pocas palabras el medio físico, se puede utilizar mediante un cable de dos hilos, uno llamado receptor (Tx) y un transmisor (Tx), a este tipo de conexión se llama modo “full duplex” donde se utiliza un cable de cuatro hilos que agrega una tierra y un común a la conexión para tener mayor robustez en la comunicación. La ventaja de tener el tipo de conexión RS485 es la posibilidad de conectar más dispositivos a la misma red mediante los dos hilos, donde uno de ellos va a ser el maestro ya hablado anteriormente y los demás serán esclavos.

9. Convertidores de frecuencia

Los convertidores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 kW en redes monofásicas. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. SIEMENS (2018) menciona que es “un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor”. Extensas funciones de

seguridad ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor. Con sus ajustes por defecto realizados en fabrica, SNAMICS LS iG5A es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores V/f. Haciendo uso del gran número de parámetros de ajuste de que dispone, también puede utilizarse SINAMICS G110 en aplicaciones más avanzadas para control de accionamientos. Los valores de parámetros para el SNAMICS LS iG5A se pueden modificar con el panel BOP (Basic Operator Panel) o bien mediante la interfaz USS. SNAMICS LS iG5A existe en dos variantes: Variante USS, variante analógica ambos modelos con o sin filtro EMC y disipador plano. El SNAMICS LS iG5A puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización.

10. Motores eléctricos

El motor eléctrico indica que es elemento que puede convertir energía eléctrica en energía mecánica, todos estos equipos eléctricos convierten la energía de una u otra forma a través del trabajo magnético tanto de los generadores, transformadores y a su vez un motor es un dispositivo que es usado dentro de todo ambiente industrial o artesanal (Calcina, 2016).

Los motores eléctricos son aquellos que generan potencia para la realización de un trabajo, dichas maquinas se encargan de transformar la energía mecánica en eléctrica denominándose generadores o de tal forma para transformar energía eléctrica en mecánica en este caso denominándose motores, entonces se podría decir que las maquinas eléctricas son reversibles y pueden trabajar como generador o motor.

11. Tipos de motores

Calcina (2016) menciona los siguientes tipos de motores:

11.1. Motores de corriente continua

- *De excitación independiente.*
- *De excitación serie.*
- *De excitación o de derivación.*
- *De excitación compuesta.*

11.2. Motores de corriente alterna

- *Motores sincrónicos.*
- *Motores asincrónicos.*

11.3. Monofásicos

- *De bobina auxiliar.*
- *Motores asincrónicos.*
- *Universal.*

11.4. Trifásicos

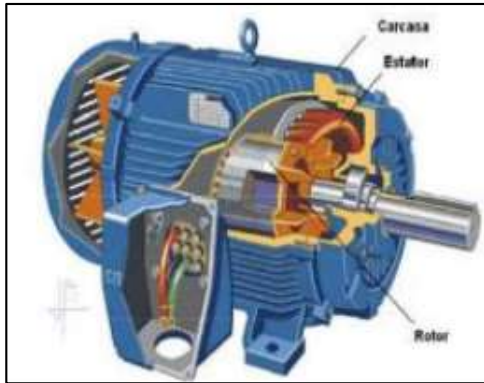
- *De rotor bobinado.*
- *De rotor en corto circuito.*

12. Motores asíncronos

Estos motores tienen una aplicación más específica por su facilidad de utilización, corto mantenimiento y bajo costo de fabricación, en la Figura 3 se puede apreciar un motor asíncrono.

Figura 3

Motores Asíncrónicos



Nota. La imagen muestra un motor trifásico asíncrono su estructura y sus partes.

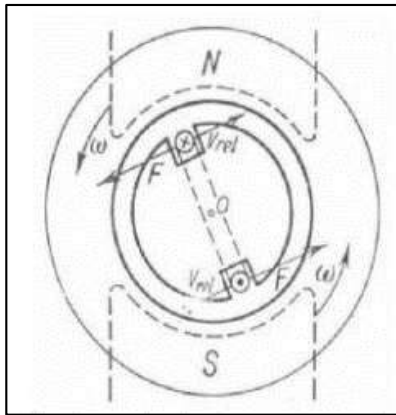
Adaptado de la tesis *Optimización del funcionamiento de un motor de inducción para el ahorro de energía eléctrica en el laboratorio UNCP*, por A. Calcina, 2019,

(<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3928/Calcina%20Sotelo%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>).

Se le asigna su nombre asíncrono debido a que cuya parte móvil gira a una velocidad diferente a la de los sincrónicos, las cuales tienen su principio de acción de un campo magnético giratorio sobre un arrollamiento en cortocircuito.

Figura 4

Efecto de Campo de Giro Sobre un Espiral en Corto Circuito



Nota. La imagen el efecto de campo giratorio sobre un espiral en corto circuito. Adaptado de la tesis *Optimización del funcionamiento de un motor de inducción para el ahorro de energía eléctrica en el laboratorio UNCP*, por A. Calcina, 2019, (<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3928/Calcina%20Sotelo%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>).

12.1 Arranques de motores

El principal objetivo de cualquier sistema de arranque que sea utilizado por el motor, esta será durante de la fase de arranque, desarrolle un par suficiente y pueda acelerar desde "0" hasta la velocidad nominal en un determinado tiempo, la carga que esta acoplada.

El tipo de arranque que seleccionemos es determinado fundamentalmente por el par resistente y el momento de inercia de la carga acoplado al motor eléctrico.

12.2 Arranque directo

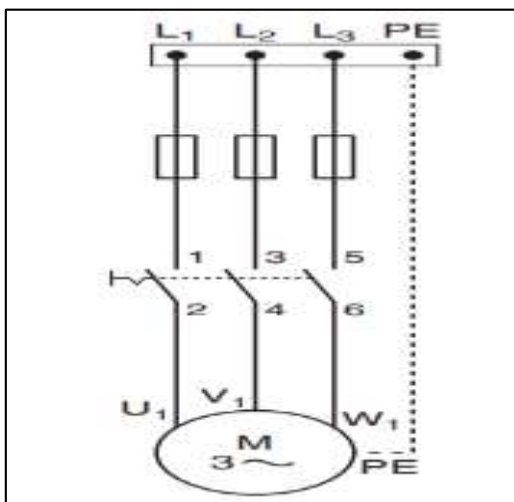
Este método de arranque es el que utiliza el voltaje total de la línea, ya que, hace simplemente conectando los conductores del motor a los conductores de la línea principal

mediante un interruptor. En la Figura 5, se observa el circuito simplificado de un arrancador de este tipo para un motor trifásico.

Se muestra la conexión se hace de manera directa a las líneas AC de la red de distribución, teniendo todo el voltaje esta aplicado entre los bornes del motor y contando con el 100% del torque de arranque del motor. Durante este arranque de la corriente es de aproximadamente el 600% del valor de la corriente nominal y la duración de la aceleración del motor es un aproximado de 8 segundos, se muestra en la Figura 6, para un motor.

Figura 5

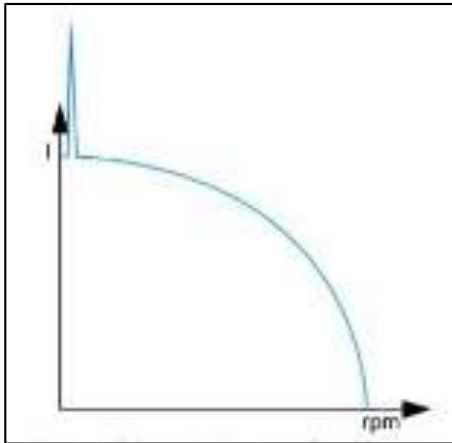
Esquema Simplificado de Arranque Directo Motor Trifásico



Nota. La imagen muestra un esquema de arranque directo de un motor trifásico. Adaptado de *Instalaciones eléctricas básicas* (p. 292), por J. Castillo, E. Marrufo, 2018, McGrawHillEducation.

Figura 6

Curva de Corriente de Arranque Directo



Nota. La imagen muestra la curva de corriente de arranque directo. Adaptado *Produc Manager- Control & Protección ABB Argentina. S.A*, por R. Caputo, 2015, Revista Ingeniería Eléctrica, 294.

12.3 Arranque con variador de frecuencia

Son motores que generan contactares estáticos, se conforman de un convertidor alterna a continua y a su vez un convertidor de continuo a alterno de velocidad inconstante entre 0 Hz y una frecuencia de red.

El variador de frecuencia permite la variación de velocidad total de 0 RPM la velocidad nominal del motor a constante, su rendimiento es alto y nos facilita un factor de potencia que se acerca a 1 y permite la ausencia de intensidades por transitorias.

Hace innecesarios elementos de protección del motor. A velocidades bajas hay que tener en cuenta que la refrigeración del motor depende de la velocidad del fluido.

Sus Características:

Corriente de arranque porcentual. Regulable de 25 a 75 por ciento (potenciómetro) respecto al arranque directo.

Corriente de arranque. Regulable

Par inicial de arranque porcentual. Regulable de 10 a 70 % respecto al arranque directo.

Para inicial de arranque. Regulable de 0,1 a 0,7 corriente nominal.

Mando. Progresivo.

Ventajas. Regulable durante la prueba de servicio, dimensiones reducidas y adaptable a cualquier ciclo.

Inconvenientes. Limitación en el par y la corriente de arranque.

Aplicaciones habituales. Bombas, ventiladores, compresores, transportadores, grúas, envasadoras, etc.

Tiempos de arranque. Regulable de 1 a 60 segundos.

13. Convertidores de frecuencia

Los convertidores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos. Los diferentes modelos que se suministran cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 kW en redes monofásicas. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. SIEMENS (2018) menciona que es “un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor”. Extensas funciones de seguridad ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor. Con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, SINAMICS LS iG5A es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores V/f. Haciendo uso del gran número de

parámetros de ajuste de que dispone, también puede utilizarse SINAMICS G110 en aplicaciones más avanzadas para control de accionamientos.

SIEMENS (2018) los valores de parámetros para el SINAMICS LS iG5A se pueden modificar con el panel BOP (Basic Operator Panel) o bien mediante la interfaz USS.

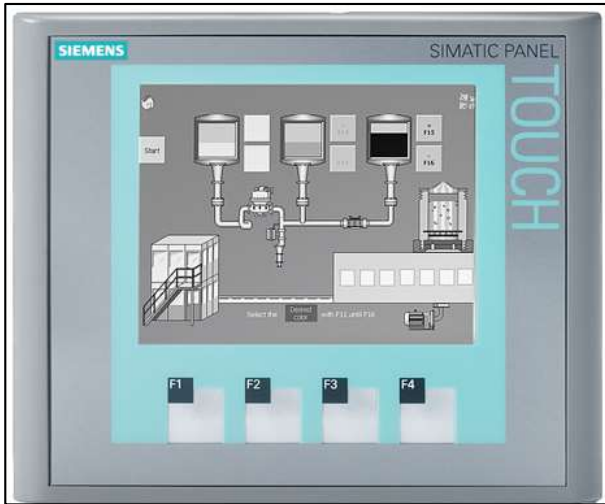
SINAMICS LS iG5A existe en dos variantes: Variante USS Variante analógica Ambos modelos con o sin filtro EMC y disipador plano. El SINAMICS LS iG5A puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización.

14. HMI (Interfaz Hombre Máquina)

Para ejecutar la función de operación de un sistema de automatización, encargándose de presentar visualmente a una o un operador humano, el estado de las variables del proceso o máquina, o permitirle la modalidad de los valores deseados a los cuales se quiere llevar a dichas variables controladas (Ortiz, 2018).

Figura 7

Pantalla HMI (Interfaz Hombres Maquinas)



Nota. En la imagen se muestra una pantalla HMI. Adaptado de *Pantalla HMI (Interfaz Hombre Máquina)*, por SIEMENS, 2020, Siemens

(https://cache.industry.siemens.com/dl/files/146/109744146/att_1029315/v1/simatic-st80-stpc-complete-english-2020.pdf).

15. Formato básico

Tabla 2

Mensaje de Comando (Solicitud)

MENSAJE DE COMANDO (SOLICITUD)					
ENQ	Drive No.	CMD	Data	SUM	EOT
1 byte	2 bytes	1 byte	n bytes	2 bytes	1 byte

Nota. La siguiente tabla nos muestra el formato para los mensajes de comando (SOLICITUD) para la programación en el software TIA PORTAL V15. JS TECHNIK,2019.

Tabla 3

Respuesta Normal (Respuesta de Reconocimiento)

RESPUESTA NORMAL (RESPUESTA DE RENOCIMIENTO)

ACK	Drive No.	CMD	Data	SUM	EOT
1 byte	2 bytes	1 byte	n * 4 bytes	2 bytes	1 byte

Nota. La siguiente tabla nos muestra el formato para la respuesta normal (RESPUESTA DE RECONOCIMIENTO) para la programación en el software TIA PORTAL V15. JS TECHNIK, 2019.

Tabla 4

Respuesta de Error (Respuesta de Reconocimiento Negativo)

RESPUESTA DE ERROR (RESPUESTA DE RENOCIMIENTO NEGATIVO)

NAK	Drive No.	CMD	Error Code	SUMA	EOT
------------	------------------	------------	-------------------	-------------	------------

1 byte	2 bytes	1 byte	2 bytes	2 bytes	1 byte
--------	---------	--------	---------	---------	--------

Nota. La siguiente tabla nos muestra el formato para la respuesta de error (RESPUESTA DE RECONOCIMIENTO) para la programación en el software TIA PORTAL V15. JS TECHNIK, 2019.

15.1 Descripción

Tabla 5

La Nomenclatura de Lectura y Escritura (Número de Codificación)

LA NOMENCLATURA DE LECTURA Y ESCRITURA (NÚMERO DE CODIFICACIÓN)			
Características	Comando (Ingles)	Comando (Español)	No.
R´	Read	Lectura	0
W´	Write	Escritura	1

Nota. La siguiente tabla nos muestra la nomenclatura de lectura y escritura (NÚMERO DE CODIFICACIÓN) para la programación en el software TIA PORTAL V15. JS TECHNIK, 2019.

15.2 Detalle de protocolo de comunicación

Tabla 6*Solicitud de Lectura*

SOLICITUD DE LECTURA						
ENQ	Drive No.	CMD	Dirección	Numero de dirección a leer	SUMA	EOT
05h	“01” ~ ”1F”	“R”	“XXXX”	“1” ~ ”8” = n	“XX”	04h
1 byte	2 bytes	1 byte	n 4 bytes	1 bytes	2 byte	1byte

Nota. La siguiente tabla nos muestra el formato para la solicitud de lectura para la programación en el software TIA PORTAL V15. JS TECHNIK, 2019.

Tabla 7*Solicitud de Escritura*

SOLICITUD DE ESCRITURA							
EQN	Drive No.	CMD	Dirección	Numero de dirección a leer	Data	SUMA	EOT
05h	“01” ~ ”1F”	“W”	“XXXX”	“1”~”8”=n	“XXXX..”	“XX”	04h
1 byte	2 bytes	1 byte	4 bytes	1 bytes	n * 4 bytes	2	1

Nota. La siguiente tabla nos muestra el formato para la solicitud de escritura para la programación en el software TIA PORTAL V15. JS TECHNIK, 2019.

15.3 Lista de códigos de parámetros

Tabla 8

Códigos de Parámetros

LISTA DE CÓDIGOS DE PARÁMETROS				
Dirección de parámetro	Descripción	Unidad	Read/Write	Valor de dato (HEX)
0000	Modelo inverso	-	R	7:SV-IG5
0001	Capacidad de inversor	-	R	0:0.5Hp, 1: 1Hp, 2: 2Hp, 3: 3Hp, 4:5Hp, 5: 5.4Hp
0002	Voltaje de entrada del inversor	-	R	0:220 V class, 1:440 V class
0003	Versión	-	R	313043: Versión 1.0C 353043: Versión 5.0C
0004	Habilitación de escritura de parámetros.	-	R/W	0: Write disable (default) 1: Write enable
0005	Frecuencia de referencia	0.01Hz	R/W	
Dirección de parámetro	Descripción	Unidad	Read/Write	Valor de dato (HEX)

0006	Referencia operacional	-	R/W	Bit 0: Stop (R/W) Bit 1: Forward (R/W) Bit 2: Reverse (R/W) Bit 3: Fault reset (R/W) Bit 4: Emerg. stop (R/W)
0007	Tiempo aceleración	0.1 seg	R/W	
0008	Tiempo de desaceleración	0.1 seg	R/W	
0009	Salida de corriente	0.1 A	R	
000A	Salida de frecuencia	0.01 Hz	R	
000B	Salida de voltaje	1 V	R	

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

Diseño de la investigación

Experimental ya que se va a obtener parámetros eléctricos y estos pueden arrojar variables cualitativas donde podemos relacionar parámetros como, temperatura, potencia, corriente, entre los principales, un proceso en relación con otro proceso industrial y por otra parte son cuantificables, por lo que obtendremos parámetros eléctricos numéricos que visualizará mediante un panel HMI.

Tipos de investigación

Investigación aplicada

En el presente proyecto de investigación se pretende obtener variables cuantitativas y cualitativas mediante la simulación de procesos industriales con la ayuda de un tablero de control industrial junto con el protocolo de comunicación Modbus RTU, con el fin de optar por un laboratorio de control industrial ideal para la enseñanza de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Técnicas de recolección de datos

La observación en el laboratorio

Es una técnica muy relevante para este proyecto de investigación, debido a que el método experimental en el protocolo de comunicación Modbus RTU es de manera esencial sustentar con la observación, síntesis y análisis del comportamiento de los procesos industriales y para futuros proyectos de investigación aplicables.

Fundamentación legal

Artículo 173 de la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES), establece que el Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES) es el organismo técnico público encargado de ejecutar los procesos de evaluación externa, acreditación y aseguramiento de la calidad de la educación superior, así como de normar el proceso de autoevaluación. En el mismo artículo también se establece que:

CEAACES (2015) Las universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y conservatorios superiores del país, tanto públicos como particulares, sus carreras y programas, deberán someterse en forma obligatoria a la evaluación interna y externa, a la acreditación, a la clasificación académica y al aseguramiento de la calidad.

Modelo genérico para la evaluación del entorno de aprendizaje de las carreras.

Este modelo establece 5 criterios para la evaluación del entorno de aprendizaje de la carrera.

- Pertinencia
- Plan curricular
- Academia
- Ambiente institucional
- Estudiantes

a) Ambiente institucional

Este criterio evalúa el sistema de gestión académica de la carrera y los recursos de apoyo relacionados con bibliotecas y laboratorios, que cumplan con los objetivos para los cuales fueron creados y de esa manera aporten al mejoramiento de la calidad de la educación.

Este criterio contiene 3 subcriterios que son:

- Gestión Académica
- Fondo Bibliográfico
- Laboratorios/ Centros de simulación/ Talleres

b) Laboratorios/centros de Simulación/ Talleres

Este subcriterio evalúa los laboratorios/centros de simulación y/o talleres, que deben ser funcionales, debidamente equipados y con espacios/equipos suficientes en relación con el número de estudiantes para garantizar el adecuado desarrollo de las actividades académicas planificadas.

Este subcriterio tiene tres indicadores:

- Funcionalidad: “Este indicador evalúa las condiciones físicas y de seguridad que disponen los laboratorios/centros de simulación/ talleres de la carrera, que faciliten el desarrollo de las actividades prácticas planificadas” (CEAACES, 2015, sección modelo genérico).
- Equipamiento: “Este indicador evalúa la existencia, condiciones y características del equipamiento básico de cada uno de los laboratorios/centros de simulación/talleres de la carrera, que garanticen la consecución de los objetivos de las prácticas y actividades planificadas” (CEAACES, 2015, sección modelo genérico).
- Disponibilidad: “Este indicador evalúa la cantidad de equipos instalados, mobiliario e insumos disponibles en los laboratorios/centros de simulación/talleres, en

relación con el número de estudiantes que hacen uso de estos” (CEAACES, 2015, sección modelo genérico).

Estos subcriterios: (Funcionalidad, Equipamiento y Disponibilidad) van a ser evaluados por parte de los estudiantes, docentes y usuarios del presente proyecto, mediante encuestas y resultados de las actividades planificadas con la Red industrial implementada.

Variables de investigación

Variable independiente

Diseño e implementación de un tablero de control con PLC y un módulo de comunicación industrial Modbus RTU configurado como maestro para la simulación de procesos industriales.

Variable dependiente

Control y monitoreo de parámetros eléctricos obtenidos de la simulación de procesos industriales en el laboratorio de Control industrial para un mejor entendimiento sobre el aporte de la red industrial Modbus RTU a la Industria.

Operacionalización de las variables

Tabla 9

Operacionalización de variable independiente

VARIABLE	DEFICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Diseño e implementación de	El tablero de control Industrial es un equipo		Software de programación

un tablero de control con PLC y un módulo de comunicación industrial Modbus RTU configurado como maestro para la simulación de procesos industriales.	de pruebas interconectadas al protocolo de comunicación Modbus RTU, para el monitoreo y control de procesos industriales en el laboratorio de Control industrial.	Configuración de la red RTU-TCP/IP	Fundamentos de programación
		Programación del PLC's	Software de programación
		Programación del convertidor Modbus TCP/IP - RTU	Fundamentos de programación
		Diseño de los HMI	Software de programación

Nota. Elaboración propia.

Tabla 10

Operacionalización Variable Dependiente

VARIABLE	DEFICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Control y monitoreo de parámetros eléctricos obtenidos de la simulación de procesos industriales en el laboratorio de control industrial para un mejor	Control y monitoreo de los parámetros eléctricos como potencia, corriente y velocidad, en el tablero de control.	Programación de los variadores LS-iG5A	Parámetros de comunicación

entendimiento sobre el
aporte de la red industrial
Modbus RTU a la
industria

Nota. Elaboración propia.

Planteamiento de la hipótesis

La implementación de un protocolo de comunicación Modbus RTU para procesos industriales en los que intervengan motores eléctricos controlados por variadores de frecuencia, esto facilitara la adquisición de datos de parámetros eléctricos fiables, rangos de funcionamiento nominales para conocer el estado de funcionamiento de nuestros motores y aportar con esto al desarrollo de prácticas más reales para los estudiantes.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y PROGRAMACIÓN

RESULTADOS

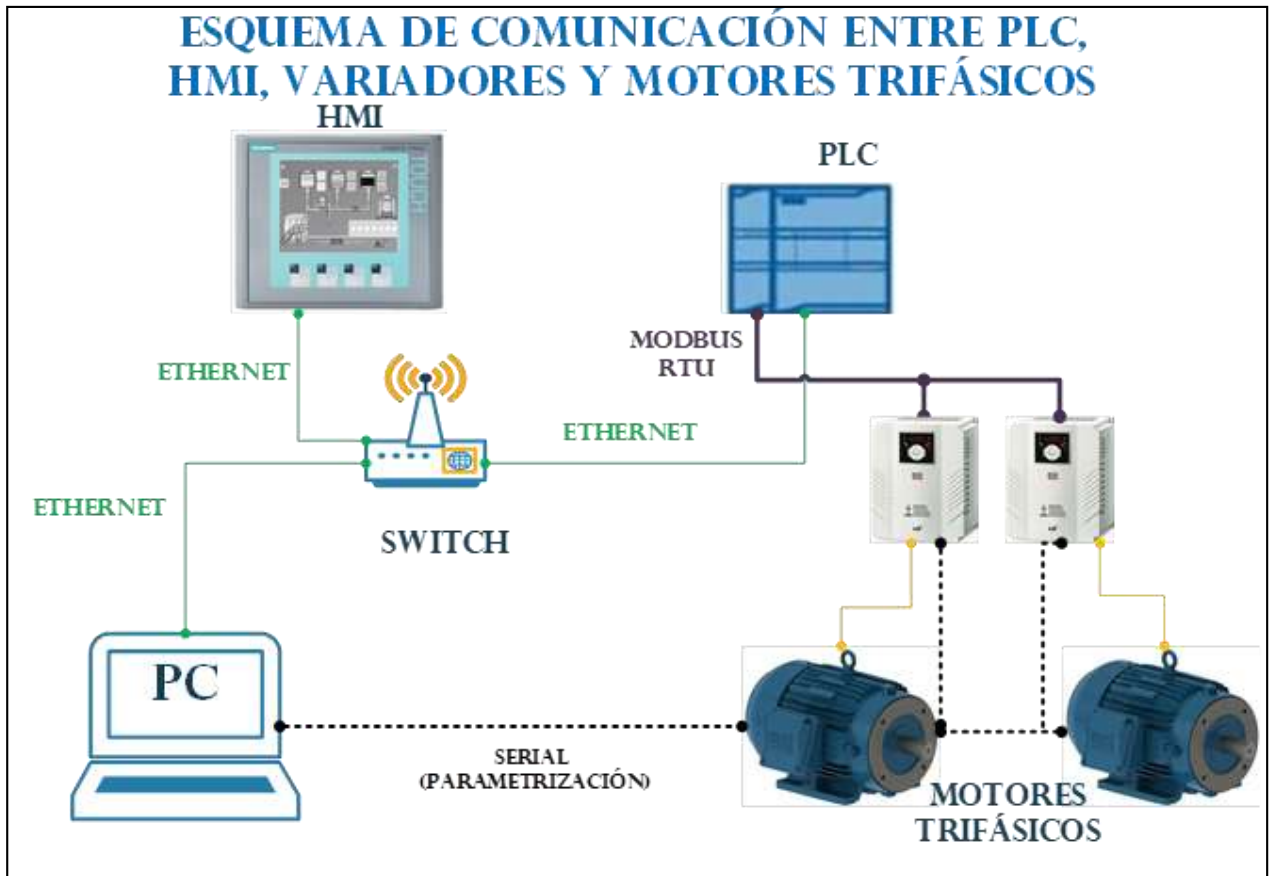
Esquema y selección de componentes para el tablero industrial.

Para poder implementar un tablero industrial con el protocolo de comunicación Modbus RTU se puede observar el esquema usado en la Figura 8, la primera fase de nuestro proyecto consistirá en la construcción de un tablero de características industriales, la segunda fase consiste en configurar los variadores LS-iG5A con el fin de lograr la compatibilidad de comunicación con el protocolo Modbus RTU para que los parámetros eléctricos que se estén controlando sean monitoreados y puedan ser modificados, la tercera fase se define como la comunicación del protocolo de comunicación Modbus RTU a los variadores LS-iG5A, la cuarta fase se encarga de la comunicación del PLC al Switch y la PC con ayuda del software TIA PORTAL 15V, este software se conectara con el HMI y adicionalmente con el programa de simulación FACTORY IO.

La última fase consta de la programación del TIA PORTAL para lograr la simulación de procesos industriales como son: dosificación de tanque y bandas transportadora, con el objetivo de obtener parámetros eléctricos como; potencia, corriente y velocidad, estos parámetros se los visualizará en el HMI y en el mismo se podrá controlar y monitorear cualquier proceso industrial gracias a este tablero de control industrial.

Figura 8

Esquema de Comunicación Entre PLC, HMI, Variadores y Motores Trifásicos



Nota. Elaboración propia.


Lista de elementos del tablero industrial junto con la red de control

Tabla 11


Lista de Elementos de la Red Industrial Modbus RTU


LISTA DE ELEMENTOS DE LA RED INDUSTRIAL MODBUS RTU


N.-	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	FOTO
-----	--------	-------------	------

1. Tablero Industrial	Es un tablero o gabinete eléctrico con características industriales con dimensiones de 80 cm de altura, 60 cm de ancho y una profundidad de 24 cm.	
-----------------------	--	---

N.-	EQUIPO	DESCRIPCIÓN	FOTO
-----	--------	-------------	------

2. PLC	Control Lógico Programable tipo: CPU 1212C AC/DC 85-264VAC 6ES7212-1BE40-0XB0	
--------	---	---

3. HMI	SIEMENS SIMATIC PANEL TOUCH TESTED: ZVE43524FO TESTED: ZVE43524OO	
--------	---	--

4. SWITCH	Es un switch TP-Link para conexión de los dispositivos con la capacidad de 4 puertos y WIFI.	
-----------	--	--

5. PC

Dispositivo portátil para programación.



6. Protocolo de comunicación

Módulo de Comunicación Modbus RTU RS485. 180.42 6ES7241-1CH32-0XB0



7. Variador (2)
Variador (3)

Variadores LS-iG5A dispositivo que nos permite controlar y manipular parámetros eléctricos. 0,4~22Kw(200V/400V)



9. Contactores de protección magnética.

Este tipo de contactarles servirán de protección magnética a los equipos eléctricos.



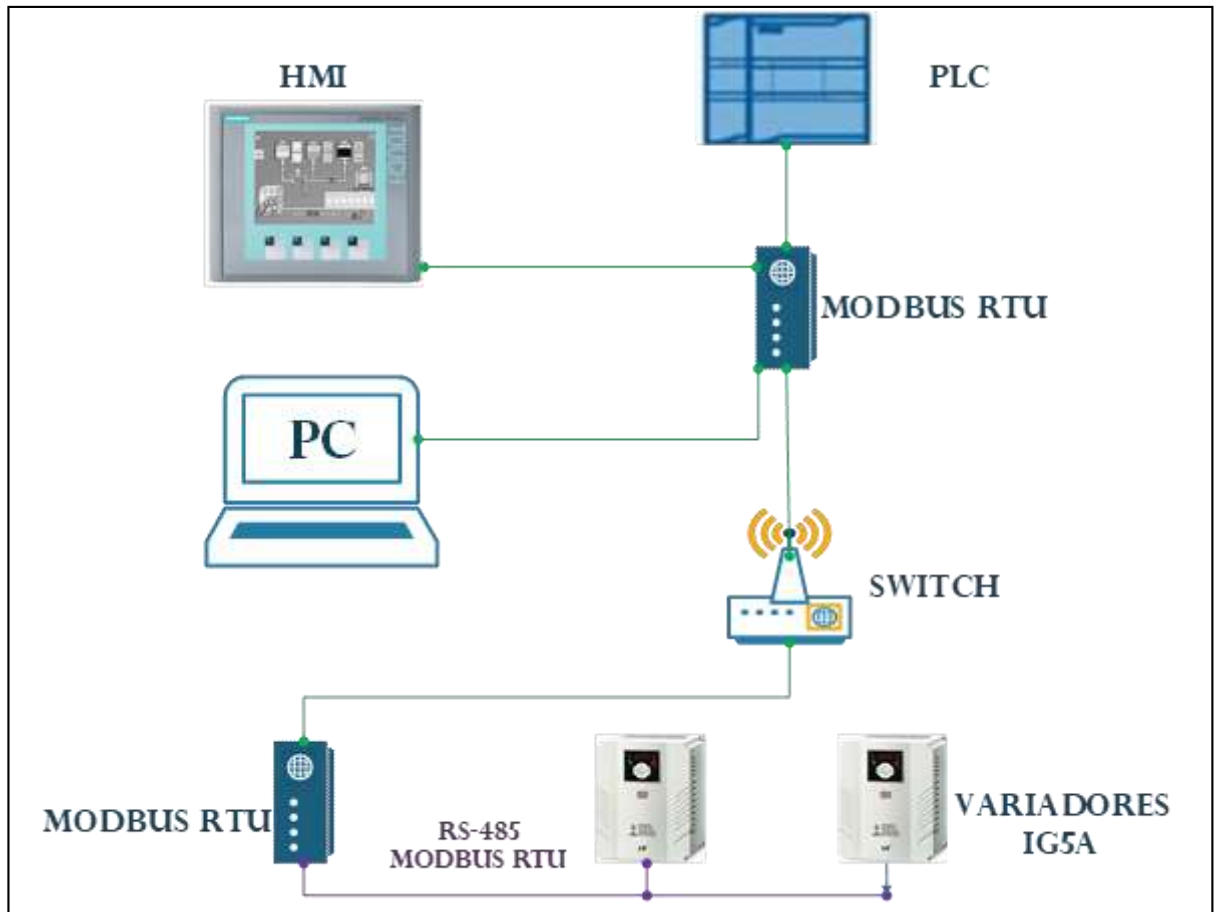
10. Contactores de Potencia

Este dispositivo se encargará de habilitar energía a los equipos. Modelo: ABB CP-E 24/2.5



Figura 9

Topología Tipo Estrella



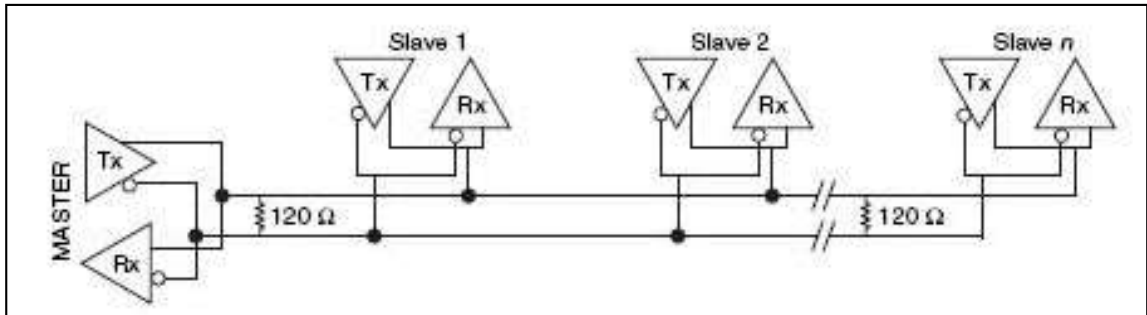
Nota. La topología adoptada es de tipo estrella debido a que PLC es el centro de control de cada uno de los elementos. Elaboración propia.

Modo del diálogo

El modo de diálogo para la red en la parte serie (RS-485) va a tener un modo de comunicación Half-Duplex, este tipo de comunicaciones define aquel tipo de diálogo entre dos puntos como se observa en la Figura 10, donde en cada esclavo contamos con emisor y trasmisor conectados con el dispositivo maestro, pasando por resistencia terminadoras de 120 ohmios.

Figura 10

Diálogo de Comunicación Half-Duplex



Nota. La siguiente imagen muestra el dominio del maestro sobre los esclavos.

Adaptada de *RS-485 Comunicación Half-Duplex*, por LOGICBUS, 2019,

(https://www.logicbus.com.mx/convertidores_info.php).

Construcción del tablero de control

En este capítulo se detallan cada uno de los elementos y dispositivos empleados para la construcción del tablero de control, dicho tablero está constituido por una estructura ordenada, lo suficientemente visual, con capacidad de desplegar una cantidad de cableado por el espacio limitado de tablero, al igual que es adaptable y flexible a ambientes a los que el usuario desea utilizarlo.

A continuación, se menciona los pasos a seguir para la construcción del tablero de control:

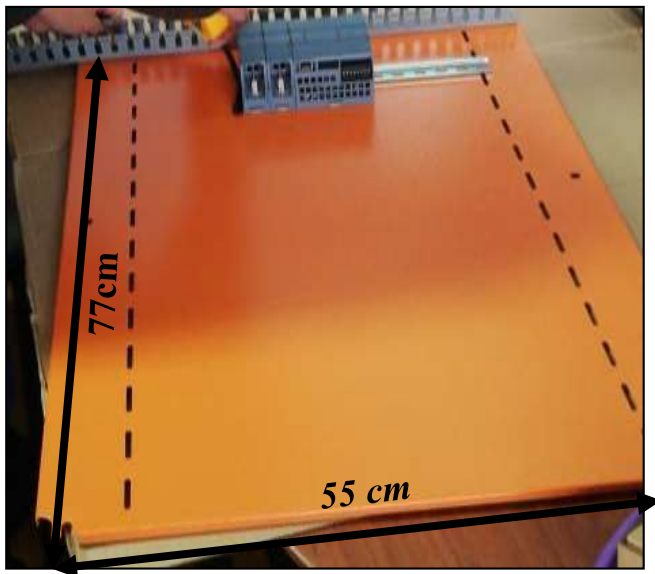
Medición de la base o placa metálica

La siguiente medición permite obtener una previa planificación, conociendo el espacio con el que se cuenta, y a su vez realizar las respectivas distribuciones de cada uno los elementos eléctricos.

La base tiene las siguientes medidas: 77cm *55 cm (largo y ancho).

Figura 11

Tablero Eléctrico en su Interior un Panel Naranja y sus Medidas



Nota. Tablero de característica industrial con panel naranja para sujetar los elementos eléctricos con dimensiones de 77 cm de largo y 55cm de ancho. Elaboración propia.

Medición y corte de canaletas.

Para lograr mayor optimización de espacio dentro del tablero, se lo dividió en tres secciones con 2 canaletas de 45 cm con corte a 90° , en sus extremos se encuentran 2 canaletas de 73cm con corte a 45° , 2 canaletas una para la parte superior y la otra para la parte inferior de 54 cm con corte a 45° en sus extremos.

Tabla 12

Especificación de medición y corte de canaletas

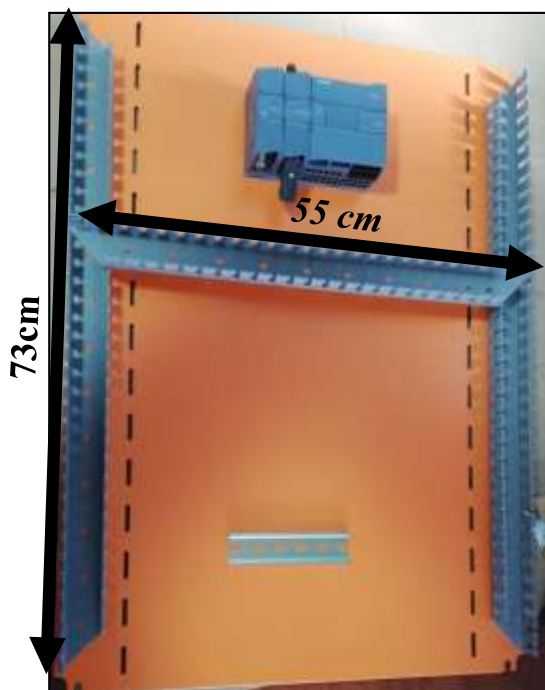
Medición y corte de canaletas

Canaleta	Unidad	Dimensión	Tipo de corte
Canaleta ranurada 40*40*40	2	45 cm	90°
Canaleta ranurada 40*40*40	2	73 cm	45°
Canaleta ranurada 40*40*40	2	54 cm	45°

Nota. Elaboración propia.

Figura 12

*Canaleta Ranurada 40*40*40*



Nota. Se visualiza las canaletas ranuradas de 40*40*40, dos con dimensiones 73cm en los lados y otros dos de 55 cm, arriba y abajo. Elaboración propia.

Medición y corte de carriles.

Los carriles permiten sujetar los elementos electrónicos, por lo tanto, se utilizaron tres carriles, el primer carril posee una medida de 15 cm, el mismo que se encuentra en la primera sección, sujetando al PLC y los módulos de comunicación, en la segunda sección se encuentra otro carril de 42.5 cm que sujeta al alimentador con sus respectivos breakers y para los elementos de protección magneto térmicas existe un tercer carril de 42 cm.

Tabla 13

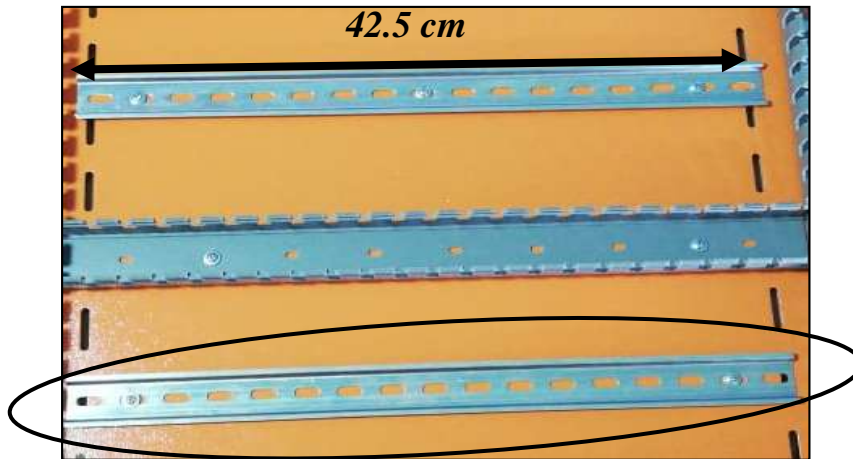
Especificación de Medición y Corte de Canaletas

Medición y corte de canaletas			
Riel DIN	Unidad	Dimensión	Tipo de corte
Riel DIN	1	15 cm	90°
Riel DIN	2	42.5 cm	90°

Nota. Elaboración propia.

Figura 13

Riel DIN



Nota. En la Figura se puede ver dos Rieles DIN con dimensiones de 42.5 cm cada una con cortes a 90° en sus extremos. Elaboración propia.

Perforado y sujetado de carriles y canaletas.

Al contar con los elementos pertinentes, se procede a perforar las canaletas y carriles en lugares específicos, con sus respectivos tornillos, con la finalidad de sujetar a los mismos en la base o placa metálica.

Tabla 14

Especificación de Medición y Corte de Canaletas

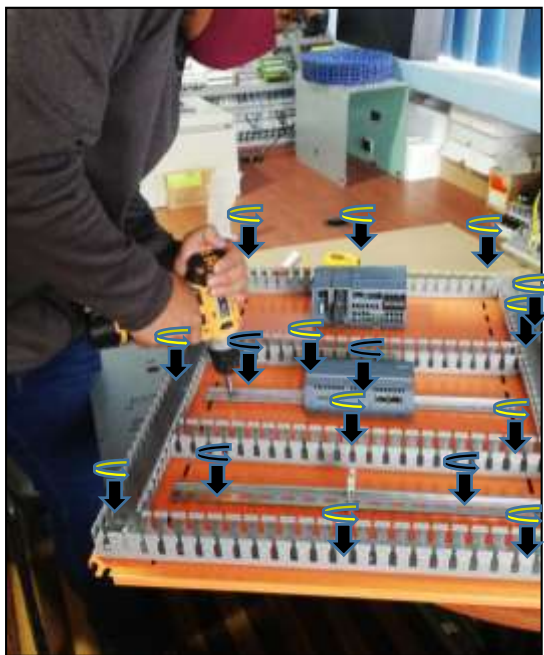
Medición y corte de canaletas			
Tornillos	Unidad	Dimensión	Tipo de corte
Canaletas	2	45 cm	90°

Canaletas	2	73 cm	45°
Canaletas	2	54 cm	45°

Nota. Elaboración propia.

Figura 14

Perforado y Ajuste de Canaletas y Rieles DIN



Nota. En la imagen se muestra la perforación y ajuste de las canaletas y rieles DIN al panel metálico naranja y las flechas que muestran los tornillos usados.

Diseño eléctrico del tablero de control.

Para realizar las respectivas conexiones, se emplearon cables tales como:

Tabla 15*Tipos de Cables Utilizados*

TIPOS DE CABLES Y TERMINALES

Cable	Unidad	Dimensión	En sus extremos
Cable de control 18 awg	2	3 m	
Cable de potencia 12 awg	2	4 m	45°
Terminales de punta	2		45°
Cable profiBus	1	5m	
Cable ethernet	3	5m	Ponchado en sus extremos

Nota. Elaboración propia.

Configuración de variador SV- iG5A

Pasos para la configuración básica de un variador de frecuencia SV- iG5A

Es importante antes de prender el variador de frecuencia contar con un voltaje 220 para poder prender el variador sin ningún inconveniente.

Paso 1. Reiniciar a modo de fábrica.

Figura 15

Variador con Visualización en Parámetro H 93



Nota. Elaboración propia.

Para empezar con la configuración del variador de frecuencia es primordial reiniciar a modo de fábrica al variador, por tanto, buscamos el parámetro H93 el cual muestra la inicialización de los parámetros.

Figura 16

Variador con Visualización en la Opción 1



Nota. Elaboración propia.

Al ingresar a inicialización de los parámetros seleccionamos la opción 1, obteniendo como resultado la inicialización de los parámetros a los valores de fábrica por defecto.

Paso 2. Desactivar el ventilador opcional.

Figura 17

Variador con Visualización en Parámetro H77



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a buscar el parámetro H77, el cual se refiere al control del ventilador, para poder apagarlo o dejarlo en funcionamiento, depende del usuario.

Figura 18

Variador con Visualización en la Opción 2



Nota. Elaboración propia.

Al ingresar a control del ventilador seleccionamos la opción 2, obteniendo como resultado la desactivación del ventilador.

Paso 3. Activar modo frecuencia en comunicación Modbus-RTU.

Figura 19

Variador con Visualización del Parámetro Frq.



Nota. Elaboración propia.

Luego nos trasladamos al parámetro Frq, el cual trata sobre el modo de frecuencia en el cual desea operar el usuario.

Figura 20

Variador con Visualización en la Opción 7



Nota. Elaboración propia.

Ingresamos el parámetro y procedemos al seleccionar la opción 7, este da un resultado analógico y en comunicación Modbus-RTU, en base a nuestro proyecto de investigación.

Paso 4. Determinar la Frecuencia

Figura 21

Variador con Visualización del Parámetro F 22



Nota. Elaboración propia.

Luego buscamos el parámetro F22 que es la frecuencia base a cuál va estar sujeta el funcionamiento del variador, esto depende del tipo de motor que nosotros vamos a hacerlo funcionar junto con el variador.

Figura 22

Variador con Visualización la Frecuencia de 60 Hz



Nota. Elaboración propia.

Ingresamos al parámetro y seleccionamos la opción de 60 Hz, este valor lo obtuvimos de la placa del motor y en la mayoría de los casos va a ser el mismo valor para cualquier motor a utilizar por el lugar en el que nos encontramos.

Paso 5. Determinar la tensión de salida.

Figura 23

Variador con Visualización del Parámetro F39



Nota. Elaboración propia.

El paso siguiente es buscar el parámetro F39 el cual nos va a determinar la tensión de salida en la cual va a estar sujeta el variador, este parámetro depende del tipo de motor que nosotros vamos a hacerlo funcionar junto con el variador.

Figura 24

Variador con Visualización de la Tensión de 100 V



Nota. Elaboración propia.

Ingresamos al parámetro y seleccionamos la opción de 100, este valor lo obtuvimos de la placa del motor.

Paso 6. Determinar el tipo de motor

Figura 25

Variador con Visualización del Parámetro H30



Nota. Elaboración propia.

Después de finalizar con el parámetro F, nos dirigimos al parámetro H30, este nos permite seleccionar el tipo de motor en la cual va a estar sujeto el variador, este parámetro depende del tipo de motor que nosotros vamos a hacerlo funcionar junto con el variador.

Figura 26

Variador con Visualización de la Potencia de 0.40 KW



Nota. Elaboración propia.

En este caso seleccionamos el valor de 0,4 KW de acuerdo con la placa del motor que trabajamos en las pruebas rápidas.

Paso 7. Determinar el número de polos del motor.

Figura 27

Variador con Visualización el Parámetro H 31



Nota. Elaboración propia.

El paso siguiente es dirigirnos al parámetro H31, este nos permite determinar el número de polos del motor en la cual va a estar sujeta el variador, este parámetro depende del tipo de motor que nosotros vamos a hacerlo funcionar junto con el variador.

Figura 28

Variador con Visualización de la Opción 4



Nota. Elaboración propia.

En este caso seleccionamos el valor 4, por función del motor el cual utilizamos para las pruebas rápidas.

Paso 8. Determinar la frecuencia nominal de deslizamiento.

Figura 29

Variador con Visualización del Parámetro H 32



q

Nota. Elaboración propia.

Continuando con la configuración del variador, nos dirigimos al parámetro H32, este nos permite determinar la frecuencia nominal de deslizamiento del motor en la cual va a estar sujeta el variador, este parámetro depende del tipo de motor que nosotros vamos a hacerlo funcionar junto con el variador.

Figura 30

Variador con Visualización del Rendimiento de 6.2



Nota. Elaboración propia.

Seleccionamos el valor de 6.20, este valor se da por la obtención de una fórmula con relación de la frecuencia nominal, las revoluciones por minuto y el número de polos del motor seleccionado.

Paso 9. Determinar la corriente nominal de motor.

Figura 31

Variador con Visualización del Parámetro H33



Nota. Elaboración propia.

El paso siguiente es dirigirnos al parámetro H33, este nos permite determinar la corriente nominal del motor en la cual va a estar sujeta el variador, este parámetro depende del motor que vayamos a usar junto con el variador.

Figura 32

Variador con Visualización de la Corriente Nominal del 1.9



Nota. Elaboración propia.

Seleccionamos el valor de 1,9, este valor se da por la información de la placa en la cual trabaja el motor seleccionado.

Paso 10. Determinar el rendimiento del motor.

Figura 33

Variador con Visualización del Parámetro H 36



Nota. Elaboración propia.

Continuando con la configuración del variador, nos dirigimos al parámetro H36, este nos permite determinar el rendimiento del motor en la cual va a estar sujeta el variador, este parámetro depende del tipo de motor que nosotros vamos a hacerlo funcionar junto con el variador.

Figura 34

Variador con Visualización del Rendimiento 69



Nota. Elaboración propia.

Establecemos el valor de 69, este valor se da por la información de la placa en la cual trabaja el motor seleccionado.

Paso 11. Selección de protocolo de comunicación Modbus-RTU.

Figura 35

Variador con Visualización del Parámetro I 59



Nota. Elaboración propia.

Al terminar con la configuración del variador en cuanto a las H, el paso siguiente es dirigirnos al parámetro I 59, este nos permite seleccionar el protocolo de comunicación Modbus-RTU la principal configuración en la que se basa este proyecto de investigación.

Figura 36

Variador con Visualización de la Opción 0



Nota. Elaboración propia.

Seleccionamos el valor de 0, en la cual seleccionamos el modo Modbus-RTU, este valor está sujeta por la información recabada por el manual del variador iG5A.

Paso 12. Determinar el número de estación del variador.

Figura 37

Variador con Visualización del Parámetro I 60



Nota. Elaboración propia.

Continuando con la configuración del variador, nos dirigimos al parámetro I60, este nos permite determinar el número de estación del variador, este parámetro depende de la configuración que la establezcamos desde el computador hacia el módulo.

Figura 38

Variador con Visualización de la Opción 1



Nota. Elaboración propia.

Seleccionamos la opción 1 de acuerdo con la estación que se configuro desde el computador hacia el módulo de comunicación.

Paso 13. Determinar la velocidad de baudios

Figura 39

Variador con Visualización del Parámetro I 61



Nota. Elaboración propia.

Continuando con la configuración del variador, nos dirigimos al parámetro I61, este nos permite determinar la velocidad de baudios del variador, este parámetro depende del motor a utilizar.

Figura 40

Variador con Visualización de la Opción 4



Nota. Elaboración propia.

Seleccionamos la opción 4, esta establece una velocidad de 19200 bps, este valor se establece a la velocidad de comunicación que se da entre el esclavo y el maestro Modbus.

Paso 14. Determinar paridad /bit stop

Figura 41

Variador con Visualización del Parámetro I 65



Nota. Elaboración propia.

El último paso es dirigirnos al parámetro I65, este nos permite determinar la paridad/bit stop de acuerdo con el funcionamiento del variador con el computador.

Figura 42

Variador con Visualización de la Opción 2



Nota. Elaboración propia.

Seleccionamos la opción 2, donde es; paridad: impar- Bit Stop:1, esta se da de acuerdo con la configuración desde el computador.

Conexión hardware Modbus RTU a los variadores

Para poder establecer la conexión a los variadores de frecuencia se utilizar un cable profibus ya que facilita la medición y control con el uso de una línea y dos cables individuales, para lo cual se hace la siguiente conexión:

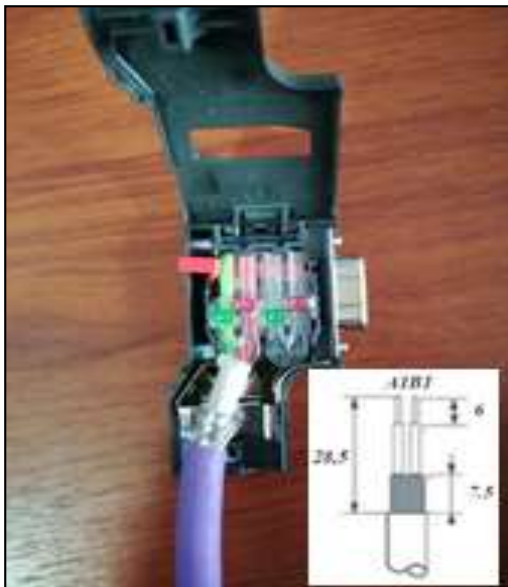
Ponchado de cable profibus con el conector profibus

En primer lugar, es importante el corte del cable como se ve la Figura 43, ya que se debe considerar medidas exactas: la pantalla de papel aluminio de 7,5 mm, un aislamiento externo de 5 mm y cables conductores de 6 mm.

Y posteriormente proceder al empalme del cable percatándonos que el cable haga contacto con las cuchillas internas del conector profibus.

Figura 43

Vista Interna del Empalme con el Conector Profibus y Cotas del Cable



Nota. Elaboración propia.

Conexión del conector profibus al Modbus.

Ya establecido el empalme del cable con el conector profibus, procedemos a conectar por el puerto VGA macho del conector profibus al puerto VGA hembra del Modbus tal cual como se representa en la Figura 44.

Figura 44

Conexión Conectora Profibus al Modbus



Nota. Elaboración propia.

Conexión cable profibus a los variadores

El otro extremo del cable profibus conectamos directamente al primer variador de la siguiente manera; el cable verde se conecta al bornero S- y el cable rojo al bornero S+ como se ve la Figura 45. Para conectar el otro variador, extendemos otro cable profibus desde el primer variador al segundo variador en paralelo de la misma manera como se conectó los respectivos cables rojo y verde al variador, tal como se muestra en la Figura 46.

Figura 45

Conexión Conectora Profibus al Modbus



Nota. Elaboración propia.

Figura 46

Conexión Conectora Profibus al Modbus



Nota. Elaboración propia.

Conexión hardware del SWITCH a los dispositivos de la red industrial HMI, PLC y PC

Con el cable ethernet establecemos la conexión con los dispositivos de la red industrial; procedemos a conectar el SWITCH al PLC, SWITCH al HMI y SWITCH al PC tal como vemos en la Figura 47.

Figura 47

Conexión del SWITCH a los Dispositivos de la Red Industrial HMI, PLC y PC



Nota. Elaboración propia.

Configuración y programación del software TIA PORTAL 15V con equipos de la red industrial

Configuración del software TIA PORTAL 15V

A continuación, detallamos los pasos a seguir para la configuración del software TIA PORTAL 15V

Agregar PLC al software TIA PORTAL 15V

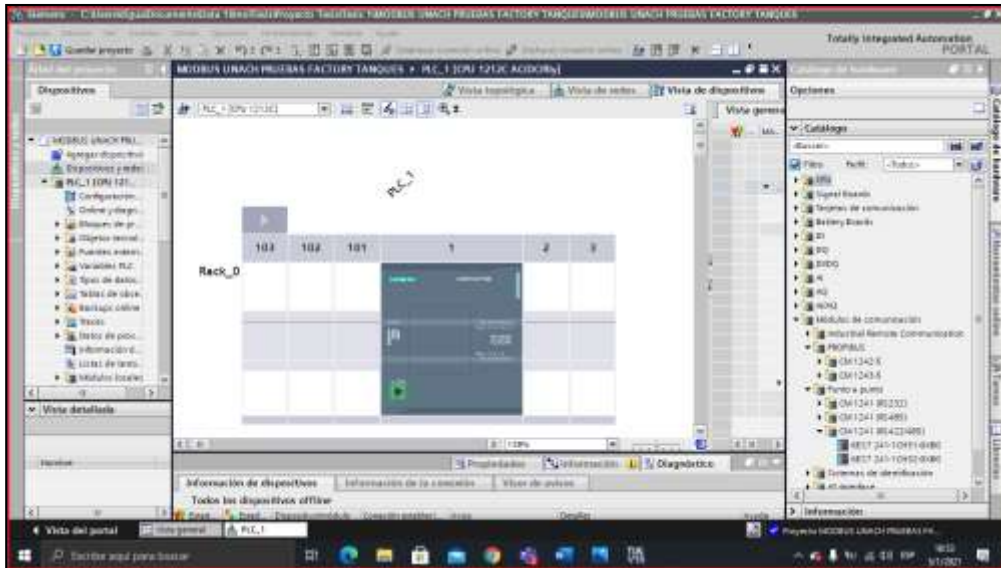
- Ingresar al software *TIA PORTAL 15V*.

- Clic en *crear proyecto*.
- Clic en *dispositivos y redes*.
- Clic en *agregar dispositivo y seleccionamos controladores*.
- Seleccionamos *SIMATIC S7-1200*.
- Seleccionamos *CPU*, luego *CPU 1200 sin especificar* y después *6ES7 2XX-XXXXX-XXX*.
- Clic en *agregar*.

Al completar los pasos anteriormente lograremos haber agregado el PLC al software TIA PORTAL 15V como se muestra en la Figura 48.

Figura 48

PLC Agregado al Software TIA PORTAL 15V



Nota. Elaboración propia.

Agregar Modbus RTU al software TIA PORTAL 15V

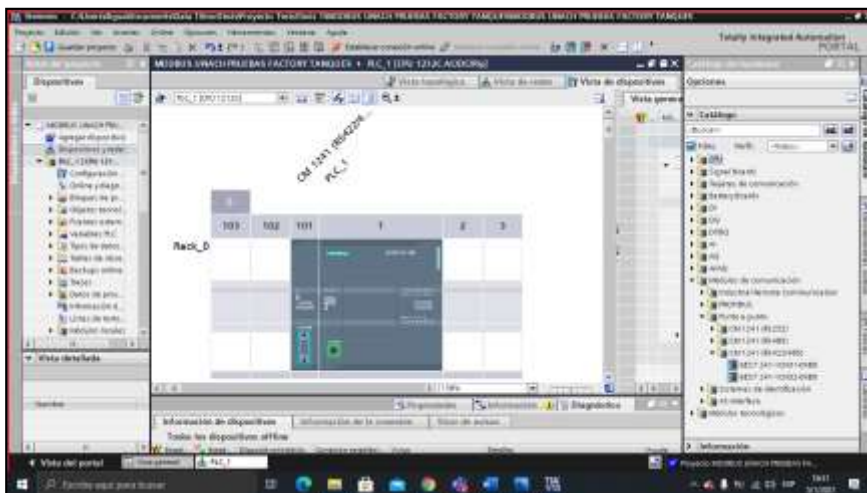
Agregado el PLC en el software continuamos con los siguientes pasos:

- Clic en *catálogo de hardware*.
- Seleccionamos *Módulos de comunicación*.
- Clic en *punto a punto*.
- Seleccionamos *CM 1241 (422/485)*
- Seleccionamos y agregamos *6ES7 241-1CH31-OXBO*.

Al completar los pasos anteriormente lograremos haber agregado *el Modbus RTU* al software *TIA PORTAL 15V* como se muestra en la Figura 49.

Figura 49

PLC Agregado al Software TIA PORTAL 15V



Nota. Elaboración propia.

Agregar HMI al software TIA PORTAL 15V

Para agregar el HMI se consideran los siguientes pasos:

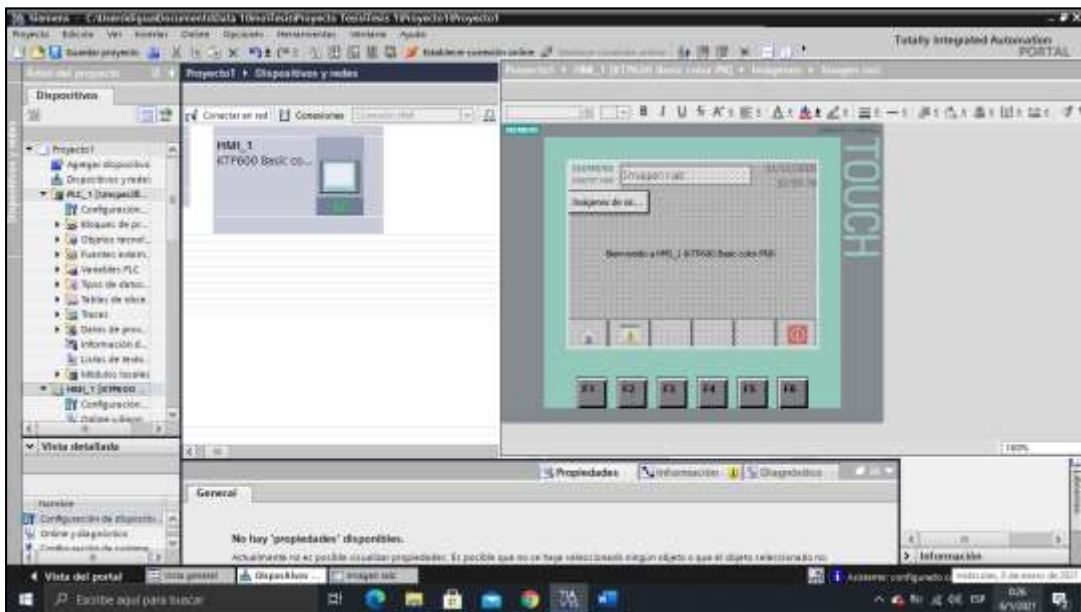
- Doble clic en *Agregar dispositivo*.
- Seleccionar *HMI*.
- Clic en *SIMATIC Basic Panel*.

- Clic en *6" Display*.
- Clic en *KTP600 Basic*.
- Seleccionamos *6AV6 647-0AD11-3AX0*.
- Dentro del panel de operador, damos clic en siguiente hasta que este marcado todas las opciones como lo es en nuestro caso.
- Clic en *Finalizar*.

Al completar los pasos anteriormente lograremos haber agregado el HMI al software TIA PORTAL 15V como se muestra en la Figura 50.

Figura 50

PLC Agregado al Software TIA PORTAL 15V



Nota. Elaboración propia.

Programación y codificación en el software TIA PORTAL V15 para el control y monitoreo de los parámetros eléctricos en la simulación de procesos industriales.

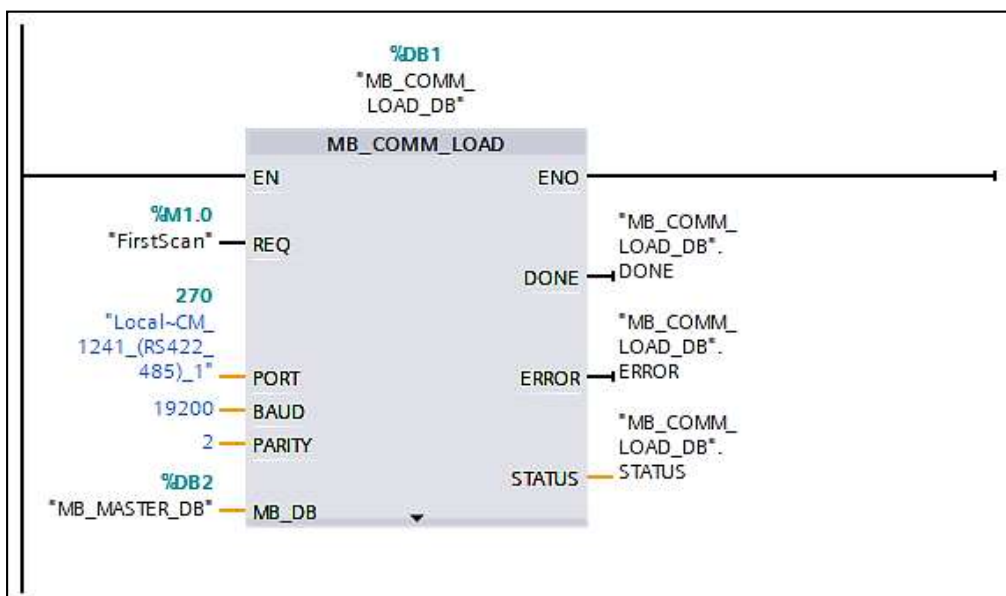
Una vez agregado el PLC, continuamos con los siguientes pasos:

- Clic en *PLC_1 (CPU 1212C AC/DC/Rly)*.
- Clic en *Bloques de programa*.
- Doble clic en *MAIN (OB1)*.
- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Comunicación*.
- Clic en *Procesador de comunicaciones*.
- Clic en *Modbus*.
- Arrastramos hacia la línea de sección uno el *MB_COMM_LOAD*.

Al momento de agregar el bloque de instrucción para codificar las variables se les aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 51.

Figura 51

Bloque de Instrucción MB_COMM_LOAD



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la configuración puerto en el módulo punto a punto para Modbus-RTU, la cual se muestra en la Tabla 16 y Tabla 17, los parámetros que se modificaron.

Tabla 16*Codificación de Parámetros Input en el Bloque de Instrucción MB_COMM_LOAD*

Parámetro	Área de memoria	Descripción
REQ	%M1.0	Ejecutor de la instrucción
PORT	270“Local-CM_1241_(RS 422485)_1”	Se encarga de identificar el puerto de comunicación Modbus-RTU.
BAUD	19200	Velocidad de transferencia de datos.
PARITY	2	Selección de la paridad.
MB_DB	“MB_MASTER_DB”	Referencia al bloque de datos de la instrucción MB_MASTER

Nota. Elaboración Propia.**Tabla 17***Codificación de Parámetros Output en el Bloque de Instrucción MB_COMM_LOAD*

Parámetro	Área de memoria	Descripción
DONE	“MB_COMM_LOAD_DB”. DONE	Ejecutor de la instrucción finalizada sin errores.
ERROR	“MB_COMM_LOAD_DB”. ERROR	Significado: 0= No existe error 1= Existe error
STATUS	“MB_COMM_LOAD_DB”. STATUS	Código de error de la configuración del puerto.

Nota. Elaboración propia.

Codificación de parámetros de escritura para el primer Variador de frecuencia LS-iG5A con código dirección "2"

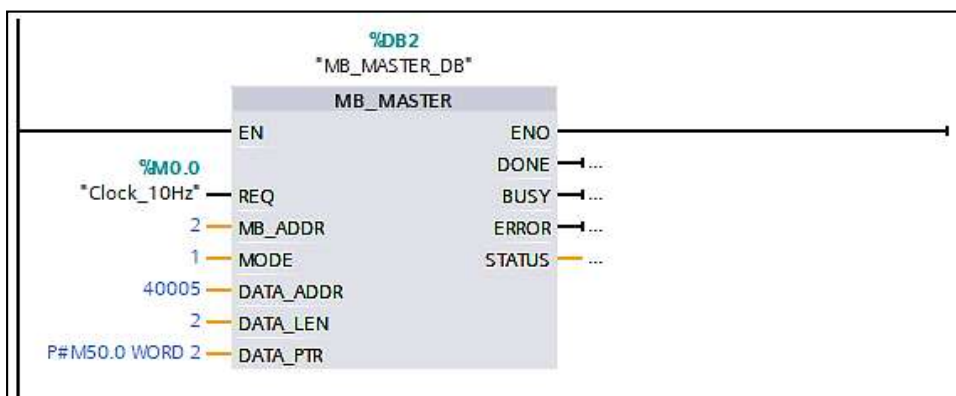
Para codificar los variadores que van a estar sujetos los motores trifásicos se tomara en cuenta los siguientes pasos:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Comunicación*.
- Clic en *Procesador de comunicaciones*.
- Clic en *Modbus*.
- Arrastramos hacia la línea de sección dos el *MB_MASTER*.

Al agregar el bloque de instrucción *MB_MASTER* para codificar las variables en el primer variador de frecuencia, aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 52.

Figura 52

Bloque de Instrucción MB_MASTER



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque instrucción *MB_MASTER* que permitirá comunicarnos como maestro Modbus, a través del puerto modulo punto a punto (CM) la cual se muestra en la Tabla 18, los parámetros que se modificaron.

Tabla 18

Codificación de Parámetros Input en el Bloque de Instrucción MB_MASTER

Parámetro	Área de memoria	Descripción
REQ	%M0.0 “Clock_10Hz”	Nos permite la entrada de solicitud donde: 0=No hay solicitud 1= Solicitud Enviada
MB_ADDR	2	Dirección del variador, en este caso 2.
MODE	1	Es el modo de selección que indica que tipo de solicitud es en este caso: 1= Escritura
DATA_ADDR	40005	Dirección inicial en el esclavo, que hace referencia al 0005 como frecuencia.
DATA_LEN	2	Es la longitud de datos con lo que se trabajara en nuestro caso 2 palabras, 0005 y 0006.
DATA_PTR	P#M50.0 WORD 2	Marca la dirección de los datos que se debe escribir.

Nota. Elaboración propia.

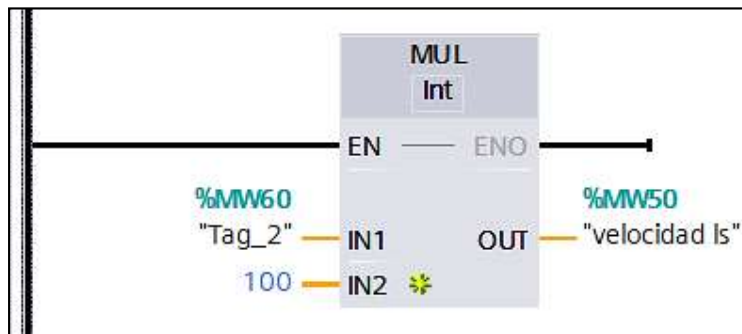
MUL. Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción llamado MUL, que nos permite transformar los parámetros enteros a reales y se lo realiza de la siguiente manera:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Funciones matemáticas*.
- Arrastramos el bloque de funciones matemáticas *MUL* hacia la sección dos, debajo de *MB_MASTER*.

Al agregar el bloque de funciones matemáticas MUL para codificar las variables en el variador de frecuencia aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 53.

Figura 53

Bloque de Funciones Matemáticas MUL



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque de funciones matemáticas MUL que permitirá transformar los datos de velocidad que necesita el usuario, los mismos que ingresan como números enteros y las convierte a números reales, como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19

Codificación de Parámetros en el Bloque de Funciones Matemáticas MUL

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
IN1	% MW60 “Tag_2”	El valor de la velocidad ingresada que será transformada, el mismo que trabaja en 0,01 Hz.
IN2	100	Valor utilizado para multiplicar y obtener el número real.

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Output		
OUT	% MW50 “velocidad ls”	Resultado de la velocidad ingresada por 0,01 y por 100.

Nota. Elaboración propia.

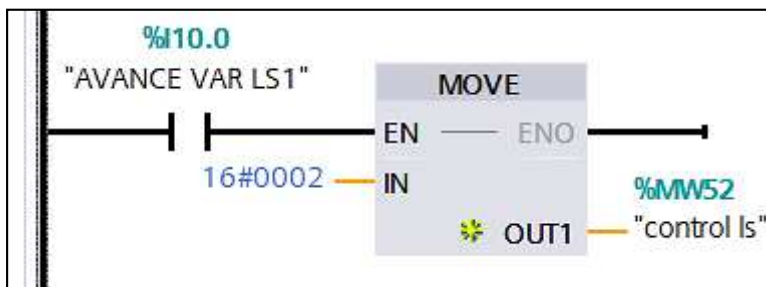
MOVE (Avance). Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción llamado *MOVE*, que nos permite el avance de nuestro variador y se lo realiza de la siguiente manera.

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*
- Clic en *Transferencia*.
- Arrastramos el bloque de transferencia *MOVE* hacia la sección dos, debajo de *MUL*.

Al agregar el bloque de transferencia *MOVE* para codificar las variables en el variador de frecuencia aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 54.

Figura 54

Bloque de Transferencia MOVE de Avance



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque de transferencia *MOVE*, transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1, buscando el avance de nuestro variador tal cual se muestra en la Tabla 20, los parámetros que se modificaron.

Tabla 20

Codificación de Parámetros en el Bloque de Transferencia MOVE de Avance

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
EN	%I10.0 “AVANCE VAR LS1”	Señal de avance dado por el operador.
IN	16#0002	Este parámetro trabaja en números hexadecimales, done el Bit 1= 0002.
Output		
OUT1	% MW52 “control ls”	Dirección de destino.

Nota. Elaboración propia.

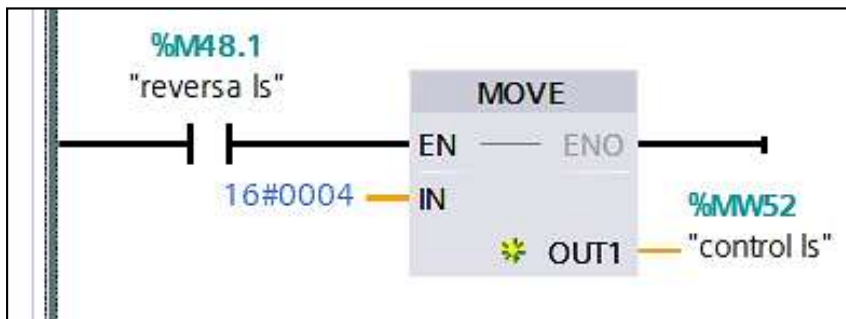
MOVE (Reversa). Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción llamado *MOVE*, que nos permite poner en reversa nuestro variador y se lo realiza de la siguiente manera.

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *transferencia*.
- Arrastramos el bloque de transferencia *MOVE* hacia la sección dos, debajo de *MOVE*.

Al agregar el bloque de transferencia *MOVE* para codificar las variables en el variador de frecuencia aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 55.

Figura 55

Bloque de Transferencia MOVE de Reversa



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque de transferencia *MOVE*, transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1, buscando la opción de reversa la cual se muestra en la Tabla 21, los parámetros que se modificaron.

Tabla 21

Codificación de Parámetros en el Bloque de Transferencia MOVE de Reversa

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
EN	%M48.1 “reversa ls”	Señal de avance dado por el operador.
IN	16#0004	Este parámetro trabaja en números hexadecimales, done el Bit 2= 0004.
Output		
OUT1	% MW52 “control ls”	Dirección de destino.

Nota. Elaboración propia.

MOVE (Paro). Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción llamado MOVE, que nos permite poner en paro nuestro variador y se lo realiza de la siguiente manera.

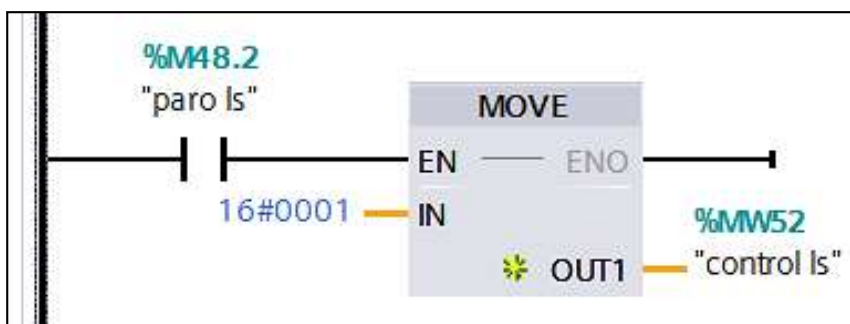
Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción llamado MOVE, que nos permite parar y se lo realiza de la siguiente manera.

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Transferencia*.
- Arrastramos el bloque de transferencia *MOVE* hacia la sección dos, debajo de *MOVE*.

Al agregar el bloque de transferencia *MOVE* para codificar las variables en el variador de frecuencia aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 56.

Figura 56

Bloque de Transferencia MOVE de Paro



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque de transferencia *MOVE*, transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1, buscando la opción de paro la cual se muestra en la Tabla 22, los parámetros que se modificaron.

Tabla 22

Codificación de Parámetros en el Bloque de Transferencia MOVE de Paro

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
EN	%M48.2 “paro ls”	Señal de avance dado por el operador.
IN	16#0001	Este parámetro trabaja en números hexadecimales, done el Bit 0= 0001.
Output		
OUT1	% MW52 “control ls”	Dirección de destino.

Nota. Elaboración propia.

Codificación de parámetros de escritura para el segundo variador de frecuencia LS-iG5A con código dirección 3

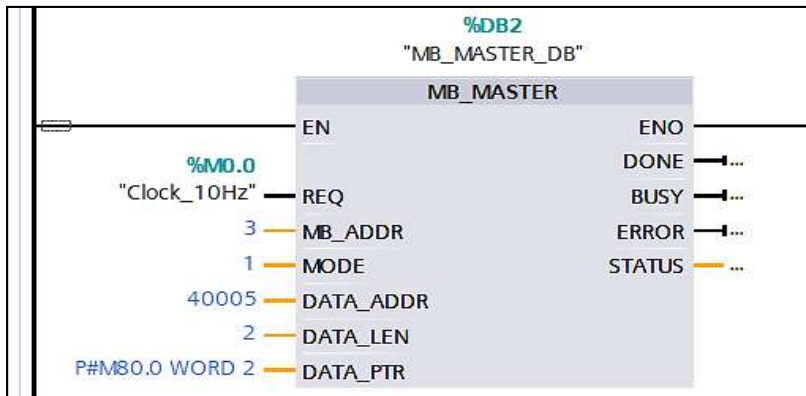
Para codificar los parámetros de escritura se tomará en cuenta los siguientes pasos:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Comunicación*
- Clic en *Procesador de comunicaciones*
- Clic en *Modbus*
- Arrastramos hacia la línea de la sección tres el *MB_MÁSTER*.

Al agregar el bloque de instrucción *MB_MASTER* para codificar las variables en el primer variador de frecuencia, aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 57.

Figura 57

Bloque de Instrucción MB_MASTER



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque instrucción *MB_MASTER* que permitirá comunicarnos como maestro Modbus, a través del puerto modulo punto a punto (CM) la cual se muestra en la Tabla 23, los parámetros que se modificaron.

Tabla 23

Codificación de parámetros input en el bloque de instrucción MB_MASTER

Parámetro	Área de memoria	Descripción
REQ	%M0.0 "Clock_10Hz"	Nos permite la entrada de solicitud donde: 0=No hay solicitud 1= Solicitud Enviada
MB_ADDR	3	Dirección del variador, en este caso 3.
MODE	1	Es el modo de selección que indica que tipo de solicitud es en este caso: 1= Escritura
DATA_ADDR	40005	Dirección inicial en el esclavo, que hace referencia al 0005 como frecuencia.

Parámetro	Área de memoria	Descripción
DATA_LEN	2	Es la longitud de datos con lo que se trabajara en nuestro caso 2 palabras, 0005 y 0006.
DATA_PTR	P#M80.0 WORD 2	Marca la dirección de los datos que se debe escribir.

Nota. Elaboración propia.

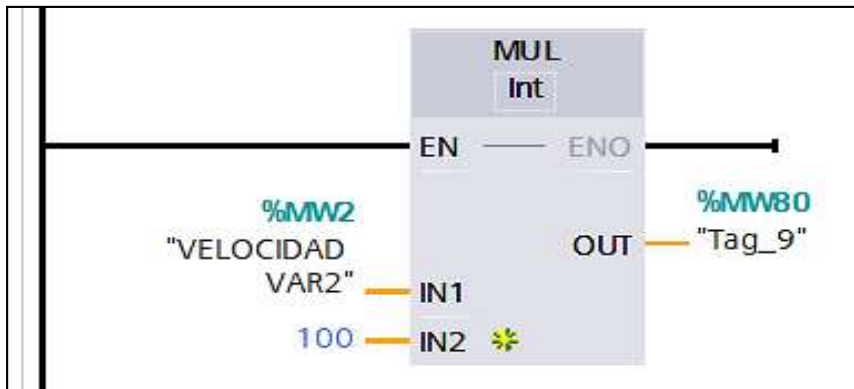
Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción llamado MUL, que nos permite transformar los parámetros enteros a reales y se lo realiza de la siguiente manera:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Funciones matemáticas*.
- Arrastramos el bloque de funciones matemáticas *MUL* hacia la sección tres, debajo de *MB_MASTER*.

Al agregar el bloque de funciones matemáticas *MUL* asignado para para multiplicar las variables en el variador de frecuencia, aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 58.

Figura 58

Bloque de Funciones Matemáticas MUL



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque de funciones matemáticas *MUL* que permitirá transformar los datos de velocidad que necesita el usuario, los mismos que ingresan como números enteros y las convierte a números reales, como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24

Codificación de Parámetros en el Bloque de Funciones Matemáticas MUL

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
IN1	% MW2“VELOCIDAD VAR2”	El valor de la velocidad ingresada que será transformada, el mismo que trabaja en 0,01 Hz.
IN2	100	Valor utilizado para multiplicar y obtener el número real.
Output		
OUT	% MW80 “Tag_9”	Resultado de la velocidad ingresada por 0,01 y por 100.

Nota. Elaboración propia.

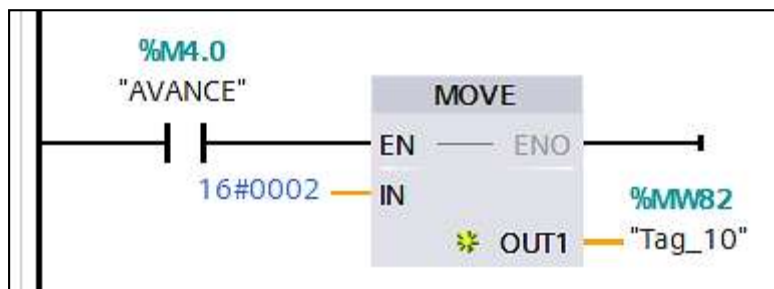
MOVE (Avance). Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción llamado *MOVE*, que nos permite el avance de nuestro variador y se lo realiza de la siguiente manera.

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Transferencia*.
- Arrastramos el bloque de transferencia *MOVE* hacia la sección dos, debajo de *MUL*.

Al agregar el bloque de transferencia *MOVE* para codificar las variables en el variador de frecuencia aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 59.

Figura 59

Bloque de Transferencia MOVE de Avance



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque de transferencia *MOVE*, transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1, buscando el avance de nuestro variador tal cual se muestra en la Tabla 25, los parámetros que se modificaron.

Tabla 25

Codificación de parámetros en el bloque de transferencia MOVE de avance

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
EN	%M4.0 “AVANCE”	Señal de avance dado por el operador.
IN	16#0002	Este parámetro trabaja en números hexadecimales, done el Bit 1= 0002.
Output		
OUT1	% MW82 “Tag_10”	Dirección de destino.

Nota. Elaboración propia.

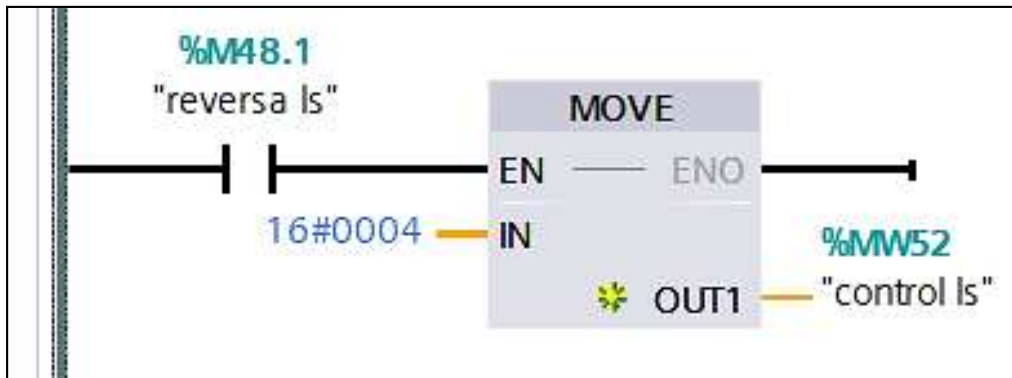
MOVE (Reversa). Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción llamado MOVE, que nos permite poner en reversa nuestro variador y se lo realiza de la siguiente manera.

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Transferencia*.
- Arrastramos el bloque de transferencia *MOVE* hacia la sección tres, debajo de *MOVE*.

Al agregar el bloque de transferencia *MOVE* para codificar las variables en el variador de frecuencia aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 60.

Figura 60

Bloque de transferencia MOVE de reversa



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque de transferencia *MOVE*, transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1, buscando la opción de reversa la cual se muestra en la Tabla 26, los parámetros que se modificaron.

Tabla 26

Codificación de parámetros en el bloque de transferencia MOVE de reversa

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
EN	%M4.1 “reversa ls”	Señal de avance dado por el operador.
IN	16#0004	Este parámetro trabaja en números hexadecimales, done el Bit 2= 0004.
Output		
OUT1	% MW82 “control ls”	Dirección de destino.

Nota. Elaboración propia.

MOVE (Paro). Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción llamado MOVE, que nos permite poner en paro nuestro variador y se lo realiza de la siguiente manera.

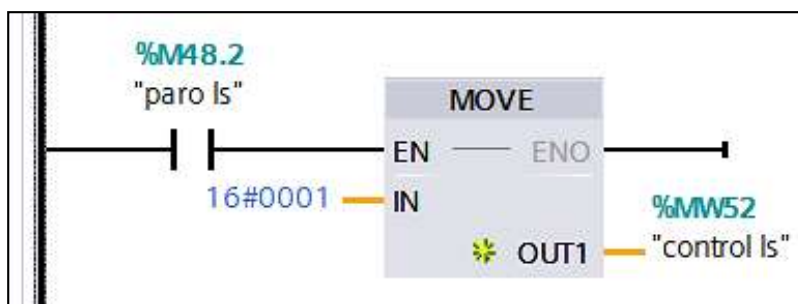
Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción llamado *MOVE*, que nos permite parar y se lo realiza de la siguiente manera.

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Transferencia*.
- Arrastramos el bloque de transferencia *MOVE* hacia la sección tres, debajo de *MOVE*.

Al agregar el bloque de transferencia *MOVE* para codificar las variables en el variador de frecuencia aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 61.

Figura 61

Bloque de Transferencia MOVE de Paro.



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque de transferencia *MOVE*, transfiere el contenido del operando de la entrada IN al operando de la salida OUT1, buscando la opción de paro la cual se muestra en la Tabla 27, los parámetros que se modificaron.

Tabla 27

Codificación de Parámetros en el Bloque de Transferencia MOVE de Paro

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
EN	%M4.2 “paro ls”	Señal de avance dado por el operador.
IN	16#0001	Este parámetro trabaja en números hexadecimales, done el Bit 0= 0001.
Output		
OUT1	% MW82 “control ls”	Dirección de destino.

Nota. Elaboración propia.

Codificación de parámetros de lectura para los variadores de frecuencia

Codificación de parámetros de lectura para el primer Variador de frecuencia

LS-iG5A con código dirección 2

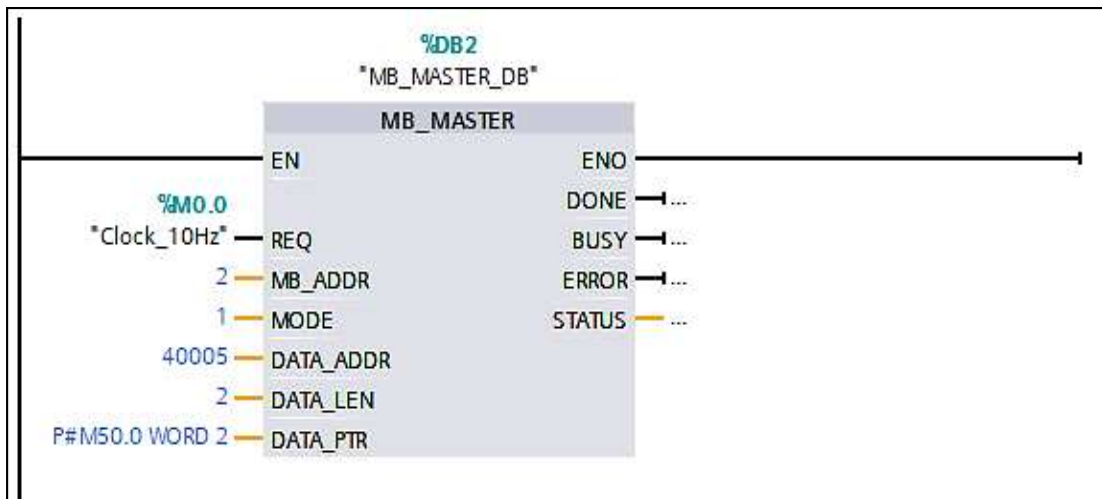
Para codificar los variadores que van a estar sujetos los motores trifásicos se tomara en cuenta los siguientes pasos:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Comunicación*.
- Clic en *Procesador de comunicación*.
- Clic en *Modbus*.
- Arrastramos hacia la sección cuatro el *MB_MÁSTER*.

Al agregar el bloque de instrucción *MB_MASTER* asignado para lectura de parámetros eléctricos para codificar las variables en el primer variador de frecuencia, aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 62.

Figura 62

Bloque de Instrucción MB_MASTER



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque instrucción *MB_MASTER* que permitirá comunicarnos como maestro Modbus, a través del puerto modulo punto a punto la cual se muestra en la Tabla 28, los parámetros que se modificaron.

Tabla 28

Codificación de Parámetros Input en el Bloque de Instrucción MB_MASTER

Parámetro	Área de memoria	Descripción
REQ	%M0.0 "Clock_10Hz"	Nos permite la entrada de solicitud donde: 0=No hay solicitud 1= Solicitud Enviada

MB_ADDR	2	Dirección del variador, en este caso 2.
MODE	0	Es el modo de selección que indica que tipo de solicitud es en este caso: 1= lectura.
DATA_ADDR	40009	Dirección inicial en el esclavo, que hace referencia al 0009 como frecuencia.
DATA_LEN	5	Es la longitud de datos con lo que se trabajara en nuestro caso 5 palabras, pero solo usaremos 3 el 0009, 000A y 000B.
DATA_PTR	P#M90.0 WORD 5	Marca la dirección de los datos que se debe escribir.

Nota. Elaboración propia.

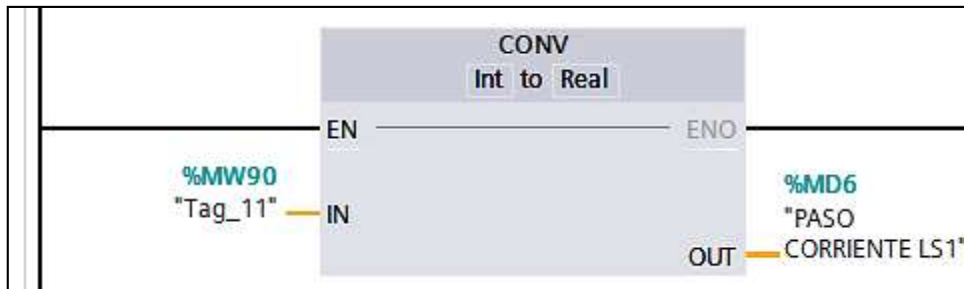
COV(Corriente). Dentro de esta mis secciones 4, agregamos un bloque de instrucción COV, que nos permitirá convertir el parámetro IN a cualquier tipo.

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque de convertir valor *CONVERT* hacia la sección cuatro, bajo de *MB_MASTER*.

Al agregar el bloque de instrucción convertir valor *CONVERT* aparecerá tal como se visualiza en la Figura 63.

Figura 63

Bloque de Instrucción Convertir Valor CONVERT de Corriente



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a codificar el boque de convertir valor *CONVERT* que nos permitirá transformar parámetros de corriente tipo entero (*Int*) a tipo real (*Real*), como se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29

Codificación de parámetros en el bloque convertir valor CONVERT de corriente

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
IN	% MW90 “Tag_11”	Es el valor se quiere convertir.
Output		
OUT	% MD6 “PASO CORRIENTE LS1”	Resultado de la conversión.

Nota. Elaboración propia.

DIV(Corriente). Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción dividir *DIV*, que nos permitirá dividir el valor de entra IN1 con el valor de entra IN2, como se realizará de la siguiente manera:

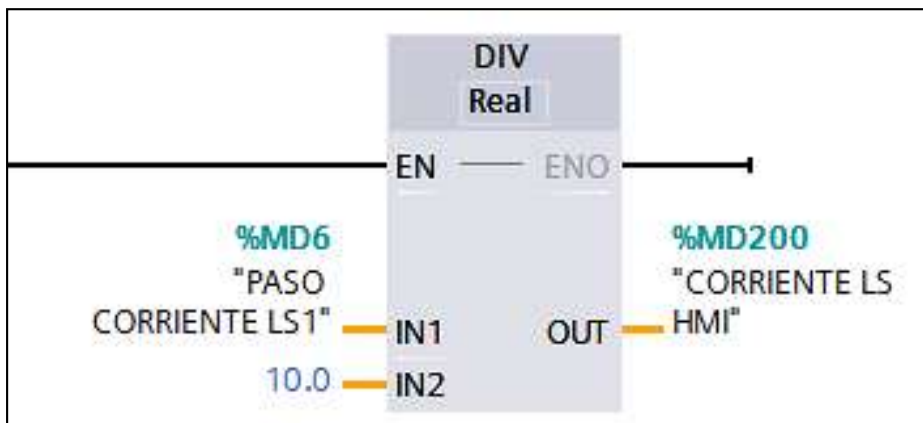
- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.

- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Funciones matemáticas*.
- Arrastramos el bloque dividir *DIV* hacia la sección cuatro, junto al bloque *CONVERT* que usamos para corriente.

Al agregar el bloque dividir *DIV* para dividir el valor de entrada para otro de entrada tal como se muestra en la Figura 64.

Figura 64

Bloque de Instrucción Dividir *DIV* de Corriente



Nota. Elaboración propia.

Se procede a la codificación del bloque dividir *DIV* que permitirá dividir el valor de entrada *IN1* para otro que también de entrada *IN2* en este caso 10.0 tal como se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30

*Codificación de Parámetros en Bloque de Instrucción Dividir *DIV* de Corriente*

Parámetro	Área de memoria	Descripción
-----------	-----------------	-------------

Input		
IN1	% MW60 “PASO CORRIENTE LS1”	Valor de entrada de corriente
IN2	10.0	Valor que permitirá obtener un dato más confiable ya que la corriente se maneja en unidad de 0.1 A, por lo tanto, es 10.
Output		
OUT	% MD200 “CORRIENTE LS HMI”	Resultado de la corriente.

Nota. Elaboración propia.

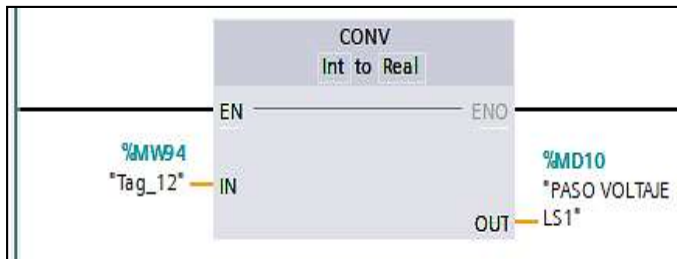
COV(Voltaje). Dentro de esta mis secciones 4, agregamos un bloque de instrucción COV, que nos permitirá convertir el parámetro IN a cualquier tipo.

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque de convertir valor *CONVERT* hacia la sección cuatro, bajo de *CONVERT* que usamos para la corriente.

Al agregar el bloque de instrucción convertir valor *CONVERT* aparecerá tal como se visualiza en la Figura 65.

Figura 65

Bloque de instrucción convertir valor “CONVERT de voltaje



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a codificar el bloque de convertir valor *CONVERT* que nos permitirá transformar parámetros de voltaje tipo entero (*Int*) a tipo real (*Real*), como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31

Codificación de Parámetros en el Bloque Convertir Valor CONVERT de Voltaje

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
IN	% MW94 “Tag_12”	Es el valor de voltaje que se quiere convertir.
Output		
OUT	% MD10 “PASO VOLTAJE LS1”	Resultado de la conversión.

Nota. Elaboración propia.

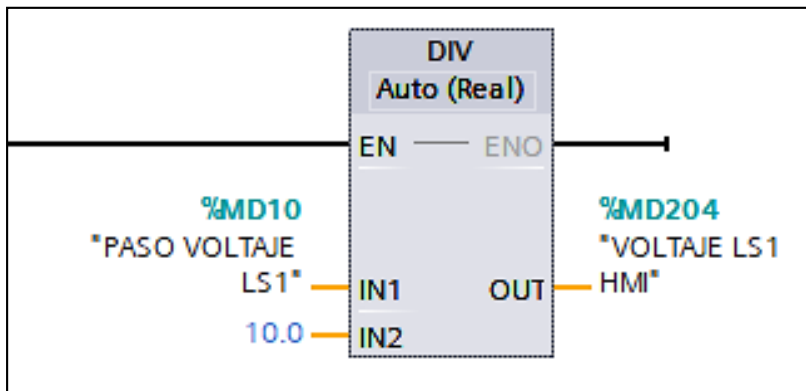
DIV(Voltaje). Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción dividir *DIV*, que nos permitirá dividir el valor de entra IN1 con el valor de entra IN2, como se realizará de la siguiente manera:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Funciones matemáticas*.
- Arrastramos el bloque dividir *DIV* hacia la sección cuatro, junto al bloque *CONVERT* que usamos para voltaje.

Al agregar el bloque dividir *DIV* para dividir el valor de entrada para otro de entrada tal como se muestra en la Figura 66.

Figura 66

Bloque de instrucción dividir DIV de voltaje



Nota. Elaboración propia.

Se procede a la codificación del bloque dividir *DIV* que permitirá dividir el valor de entrada IN1 para otro que también de entrada IN2 en este caso 10.0 tal como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32

Codificación de Parámetros en Bloque de Instrucción Dividir DIV de Voltaje

Parámetro	Área de memoria	Descripción
-----------	-----------------	-------------

Input		
IN1	% MD10 “PASO VOLTAJE LS1”	Valor de entrada de voltaje que se desea convertir.
IN2	10.0	Valor que permitirá obtener un dato más confiable ya que la corriente se maneja en unidad de 01 V, por lo tanto, es 10.
Output		
OUT	% MD204 “VOLTAJE LS1 HMI”	Resultado de la conversión.

Nota. Elaboración propia.

Codificación de parámetros de lectura para el segundo Variador de frecuencia LS-iG5A con código dirección 3

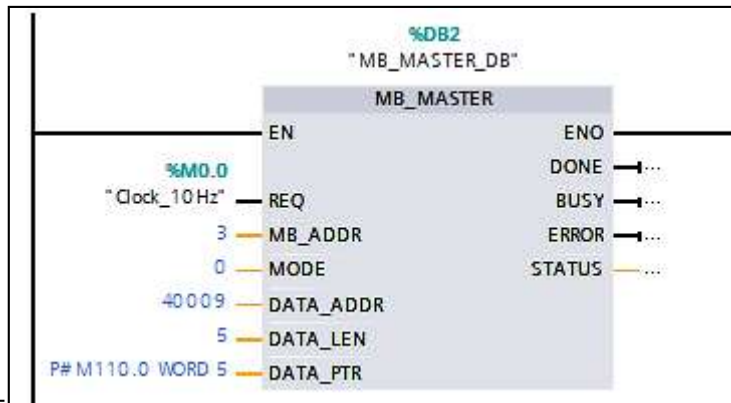
Para codificar los variadores que van a estar sujetos los motores trifásicos se tomara en cuenta los siguientes pasos:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Comunicación*.
- Clic en *Procesador de comunicaciones*.
- Clic en *Modbus*.
- Arrastramos hacia la sección cuatro el *MB_MASTER*.

Al agregar el bloque de instrucción *MB_MASTER* asignado para lectura de parámetros eléctricos para codificar las variables en el primer variador de frecuencia, aparecerá el bloque tal como se muestra en la Figura 67.

Figura 67

Bloque de instrucción MB_MASTER



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a la codificación del bloque instrucción MB_MASTER que permitirá comunicarnos como maestro Modbus, a través del puerto modulo punto a punto la cual se muestra en la Tabla 33, los parámetros que se modificaron.

Tabla 33

Codificación de Parámetros Input en el Bloque de Instrucción MB_MASTER

Parámetro	Área de memoria	Descripción
REQ	%M0.0 "Clock_10Hz"	Nos permite la entrada de solicitud donde: 0=No hay solicitud 1= Solicitud Enviada
MB_ADDR	3	Dirección del variador, en este caso el 3.
MODE	0	Es el modo de selección que indica que tipo de solicitud es en este caso: 1= lectura.
DATA_ADDR	40009	Dirección inicial en el esclavo, que hace referencia al 0009 como frecuencia.

Parámetro	Área de memoria	Descripción
DATA_LEN	5	Es la longitud de datos con lo que se trabajara en nuestro caso 5 palabras, pero solo usaremos 3 el 0009, 000A y 000B.
DATA_PTR	P#M110.0 WORD 5	Marca la dirección de los datos que se debe escribir.

Nota. Elaboración propia.

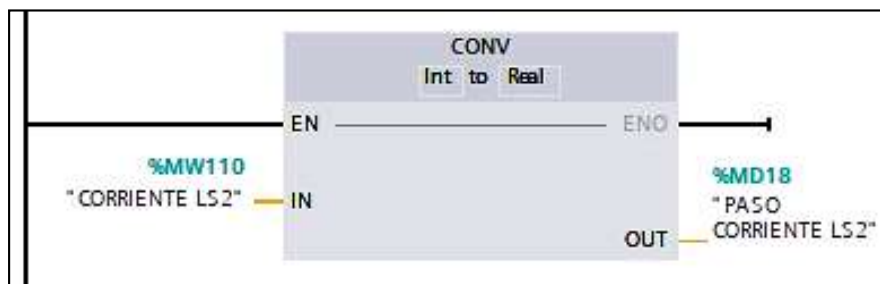
COV(Corriente). Dentro de esta mis secciones cinco, agregamos un bloque de instrucción COV, que nos permitirá convertir el parámetro IN a cualquier tipo.

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque de convertir valor *CONVERT* hacia la sección cuatro, bajo de *MB_MASTER*.

Al agregar el bloque de instrucción convertir valor *CONVERT* aparecerá tal como se visualiza en la Figura 68.

Figura 68

Bloque de Instrucción Convertir Valor CONVERT de Corriente



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a codificar el bloque de convertir valor” CONVERT” que nos permitirá transformar parámetros de corriente tipo entero (Int) a tipo real (Real), como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34

Codificación de Parámetros en el Bloque Convertir Valor CONVERT de Corriente

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
IN	% MW110 “CORRIENTE LS2”	Es el valor se quiere convertir.
Output		
OUT	% MD18 “PASO CORRIENTE LS2”	Resultado de la conversión.

Nota. Elaboración propia.

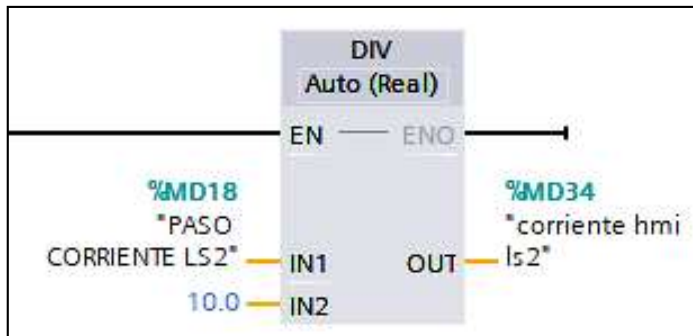
DIV(Corriente). Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción dividir *DIV*, que nos permitirá dividir el valor de entra IN1 con el valor de entra IN2, como se realizará de la siguiente manera:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Funciones matemáticas*.
- Arrastramos el bloque dividir *DIV* hacia la sección cuatro, junto al bloque *CONVERT* que usamos para corriente.

Al agregar el bloque dividir *DIV* para dividir el valor de entrada para otro de entrada tal como se muestra en la Figura 69.

Figura 69

Bloque de Instrucción Dividir “DIV” de Corriente



Nota. Elaboración propia.

Se procede a la codificación del bloque dividir *DIV* que permitirá dividir el valor de entrada IN1 para otro que también de entrada IN2 en este caso 10.0 tal como se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35

Codificación de Parámetros en Bloque de Instrucción Dividir DIV de Corriente

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
IN1	%MD18 “PASO CORRIENTE LS2”	Valor de entrada de corriente.
IN2	10.0	Valor que permitirá obtener un dato más confiable ya que la corriente se maneja en unidad de 0.1 A, por lo tanto, es 10.
Output		
OUT	%MD34 “corriente hmi ls2”	Resultado de la corriente.

Nota. Elaboración propia.

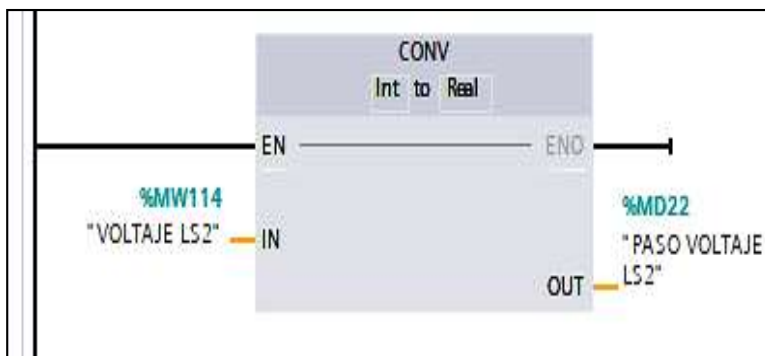
COV(Voltaje). Dentro de esta mis secciones cinco, agregamos un bloque de instrucción COV, que nos permitirá convertir el parámetro IN a cualquier tipo.

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque de convertir valor *CONVERT* hacia la sección cinco, bajo de *CONVERT* que usamos para la corriente.

Al agregar el bloque de instrucción convertir valor *CONVERT* aparecerá tal como se visualiza en la Figura 70.

Figura 70

Bloque de Instrucción Convertir Valor CONVERT de Voltaje



Nota. Elaboración propia.

Procedemos a codificar el boque de convertir valor *CONVERT* que nos permitirá transformar parámetros de voltaje tipo entero (*Int*) a tipo real (*Real*), como se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36

Codificación de Parámetros en el Bloque Convertir Valor CONVERT de Voltaje

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
IN	%MW114 “VOLTAJE LS2”	Es el valor de voltaje que se desea convertir.
Output		
OUT	%MD22 “PASO VOLTAJE LS2”	Resultado de la conversión.

Nota. Elaboración propia.

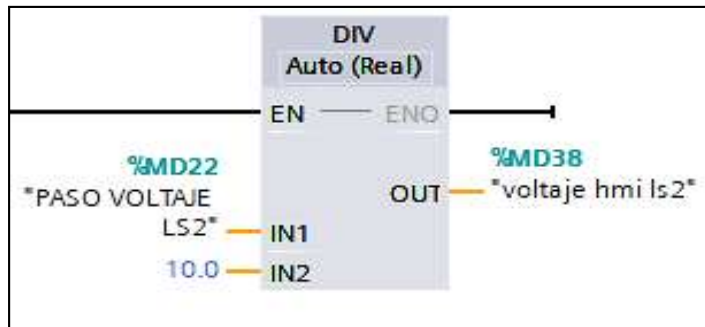
DIV(Corriente). Dentro de la misma sección agregamos un bloque de instrucción dividir “DIV”, que nos permitirá dividir el valor de entra IN1 con el valor de entra IN2, como se realizará de la siguiente manera:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Funciones matemáticas*.
- Arrastramos el bloque dividir *DIV* hacia la sección cuatro, junto al bloque *CONVERT* que usamos para corriente.

Al agregar el bloque dividir *DIV* para dividir el valor de entrada para otro de entrada tal como se muestra en la Figura 71.

Figura 71

Bloque de Instrucción Dividir “DIV” de Corriente



Nota. Elaboración propia.

Se procede a la codificación del bloque dividir “DIV” que permitirá dividir el valor de entrada IN1 para otro que también de entrada IN2 en este caso 10.0 tal como se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37

Codificación de Parámetros en Bloque de Instrucción Dividir “DIV” de Corriente

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
IN1	% MD22 “PASO VOLTAJE LS2”	Valor de entrada de corriente.
IN2	10.0	Valor que permitirá obtener un dato más confiable ya que la corriente se maneja en unidad de 0.1 A, por lo tanto, es 10.
Output		
OUT	% MD38 “voltaje hmi ls2”	Resultado de la corriente.

Nota. Elaboración propia.

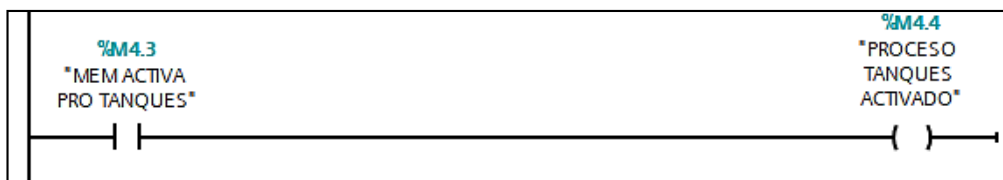
Programación del proceso de Dosificación de Tanque

En la programación del proceso de dosificación de tanque, es importante el manejo de variables de manera ordenada, debido a que cada una de estas se complementan para lograr una programación con lógica, en la cual se siguen los pasos a continuación:

- Añadir al segmento seis un contacto normalmente abierto con el nombre %M4.3 y a su vez una asignación de nombre %M4.4, que nos permitirá activar el proceso de dosificación de tanque, tal cual como lo vemos en la Figura 72.

Figura 72

Activación de Proceso de Dosificación de Tanque

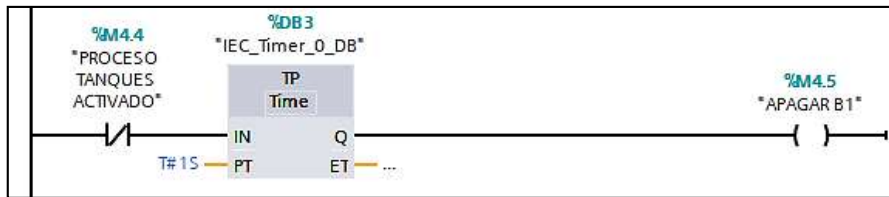


Nota. Es importante mencionar que esta variable será constante en cada una de las líneas de programación. Elaboración propia.

Apagado de válvula de descarga. En la siguiente línea de programación nos enfocaremos en el apagado de la válvula de descarga. se añadirá un contactor normalmente cerrado usando el nombre de la asignación %M4.4 “*PROCESO TANQUESACTIVADO*”, un bloque de *TP TIME* con el nombre de %DB3 “*IEC_Timer_0_DB*” con 1 segundo de impulso y una memoria con nombre %M4.5 “*APAGAR B1*”, tal como se muestra en la Figura 73.

Figura 73

Línea de Programación de Apagado de Válvula de Descarga



Nota. Elaboración propia.

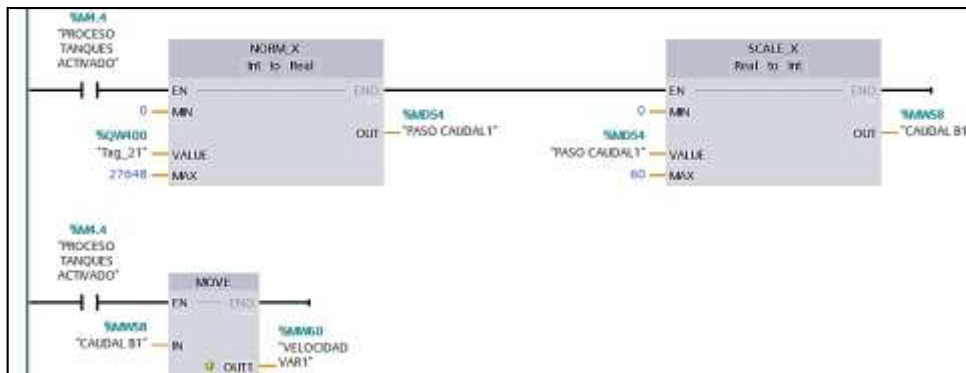
Trasformación y Control de caudal (válvula de carga). Para este paso se usan 2 líneas de programación, una para normalizar y escalar y una para aplicar movimiento, para esto se considera los siguientes pasos:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque normalizar *NORM_X* hacia la sección 6, en la siguiente línea de programación.
- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque escala *SCALE_X* junto al bloque normalizar *NORM_X*.
- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Transferencia*.
- Arrastramos el bloque mover *MOVE* bajo del bloque normalizar *NORM_X* en otra línea de programación.

Al agregar el bloque normalizar *NORM_X* y escala *SCALE_X* para transformar el valor de entrada y el bloque de mover *MOVE* para transferir el dato tal como se muestra en la Figura 74.

Figura 74

Transformación y Control de Caudal de la Válvula de Descarga



Nota. Elaboración propia.

Se procede a la codificación del bloque normalizar *NORM_X* que permitirá normalizar el valor del caudal máximo/mínimo como se presenta en la Tabla 38 y el bloque *SCALE_X* que nos permite modificar la escala con la que se trabaja como se ve en la Tabla 39 y el bloque mover *MOVE* para transferir el dato tal como se muestra en la Tabla 40.

Tabla 38

Codificación de Parámetros en Bloque de Normalizar NORM_X de Caudal

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
VALUE	%QW400“Tag_21”	Valor de caudal a normalizar

MIN	0	Valor mínimo
MAX	27648	Valor máximo (rango máximo miliamperios)
Output		
OUT	% MD54 “PASO CAUDAL 1”	Resultado de la corriente.

Nota. Elaboración propia.

Tabla 39

Codificación de Parámetros en Bloque de Normalizar SCAL_X de Caudal

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
VALUE	%MD54“PASO CAUDAL 1”	Valor de caudal a escalar
MIN	0	Valor mínimo
MAX	60	Valor máximo (voltaje máximo).
Output		
OUT	% MD58 “CAUDAL B1”	Resultado de la corriente.

Nota. Elaboración propia.

Tabla 40

Codificación de Parámetros en Bloque de Mover MOVE de Caudal en la Bomba 1

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
IN	% MD58 “CAUDAL B1”	Valor de caudal

Output

OUT	% MW60 “VELOCIDAD VAR1”	Velocidad del variador 1
-----	-------------------------	--------------------------

Nota. Elaboración propia.

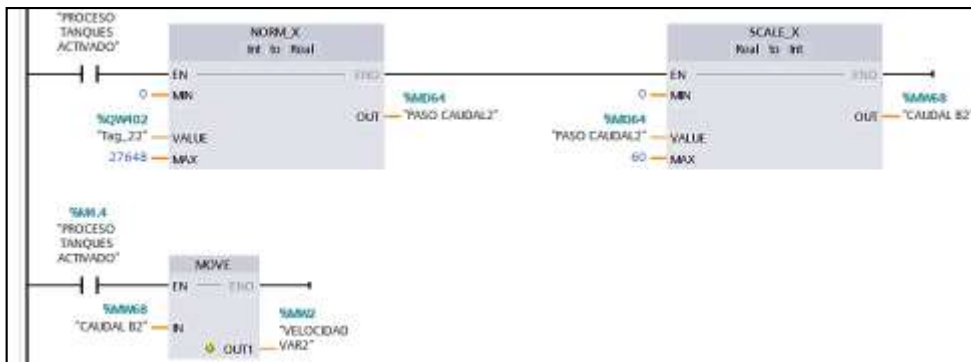
Trasformación y Control de caudal (válvula de descarga). Para este paso se usan 2 líneas de programación, una para normalizar y escalar y una para aplicar movimiento, para esto se considera los siguientes pasos:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque normalizar *NORM_X* hacia la sección 6, en la siguiente línea de programación.
- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque escala *SCALE_X* junto al bloque normalizar *NORM_X*.
- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Transferencia*.
- Arrastramos el bloque mover *MOVE* bajo del bloque normalizar *NORM_X* en otra línea de programación.

Al agregar el bloque normalizar *NORM_X* y escala *SCALE_X* para transformar el valor de entrada y el bloque de mover *MOVE* para transferir el dato tal como se muestra en la Figura 75.

Figura 75

Transformación y Control de Caudal de la Válvula de Descarga



Nota. Elaboración propia.

Se procede a la codificación del bloque normalizar *NORM_X* que permitirá normalizar el valor del caudal máximo/mínimo como se presenta en la Tabla 41 y el bloque *SCALE_X* que nos permite modificar la escala con la que se trabaja como se ve en la Tabla 42 y el bloque mover *MOVE* para transferir el dato tal como se muestra en la Tabla 43.

Tabla 41

Codificación de Parámetros en Bloque de normalizar NORM_X de Caudal

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
VALUE	%QW402“Tag_22”	Valor de caudal a normalizar

MIN	0	Valor mínimo
MAX	27648	Valor máximo (rango máximo miliamperios)
Output		
OUT	% MD64 “PASO CAUDAL2”	Paso caudal.

Nota. Elaboración propia.

Tabla 42

Codificación de Parámetros en Bloque de Normalizar SCALE_X de Caudal

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
VALUE	%MD64“PASO CAUDAL 2”	Valor de caudal a escalar
MIN	0	Valor mínimo
MAX	60	Valor máximo (voltaje máximo)
Output		
OUT	% MD58 “CAUDAL B2”	Caudal

Nota. Elaboración propia.

Tabla 43

Codificación de Parámetros en Bloque de Mover MOVE de Caudal en la Bomba 1

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
IN	% MD68 “CAUDAL B2”	Valor de caudal

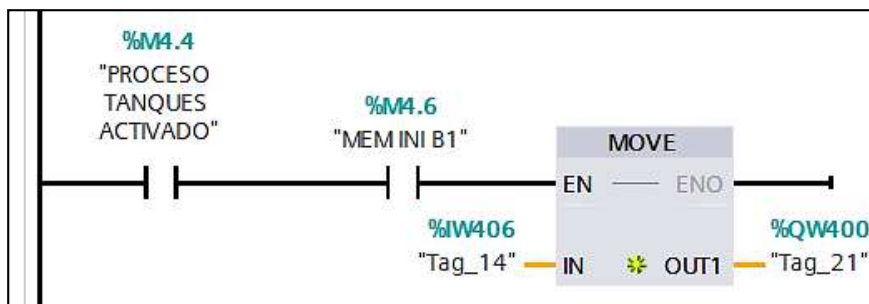
Output		
OUT	% MW2 “VELOCIDAD VAR2”	Velocidad del variador 1

Nota. Elaboración propia.

Encendido de válvula de carga. En esta siguiente línea de programación añadimos un contacto normalmente abierto con el nombre de la asignación %M4.6 “MEN INI B1” luego añadimos junto a este contacto un bloque mover *MOVE* para la transferencia de la señal donde tenemos un dato de entra %IW406 “Tag_14” a uno de salida %QW400 “Tag_21” como se visualiza en la Figura 76.

Figura 76

Encendido de Válvula de Carga.

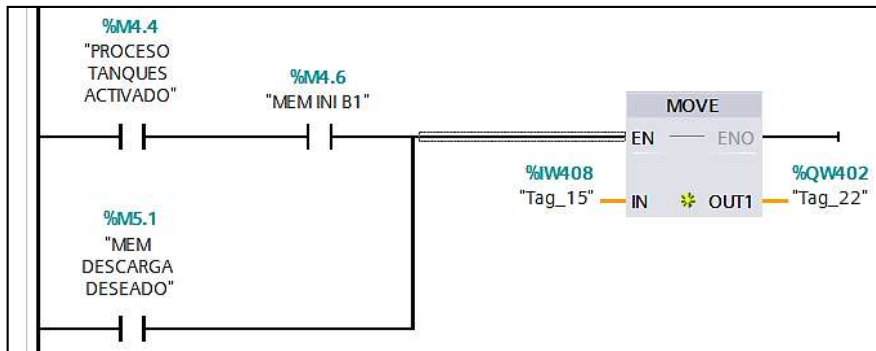


Nota. Elaboración propia.

Encendido de válvula de descarga. En esta siguiente línea de programación añadimos un contacto normalmente abierto con el nombre de la asignación %M4.6 “MEN INI B1”, después en paralelo se añade un contacto normalmente abierto con el nombre de la asignación %M5.1 “MEN DESCARGA DESEADA” que será el dato deseado del usuario, luego añadimos junto a este contacto un bloque mover *MOVE* para la transferencia de la señal donde tenemos un dato de entra %IM408 “Tag_15” a uno de salida %QW402 “Tag_22” como se visualiza en la Figura 77.

Figura 77

Encendido de Válvula de Descargar

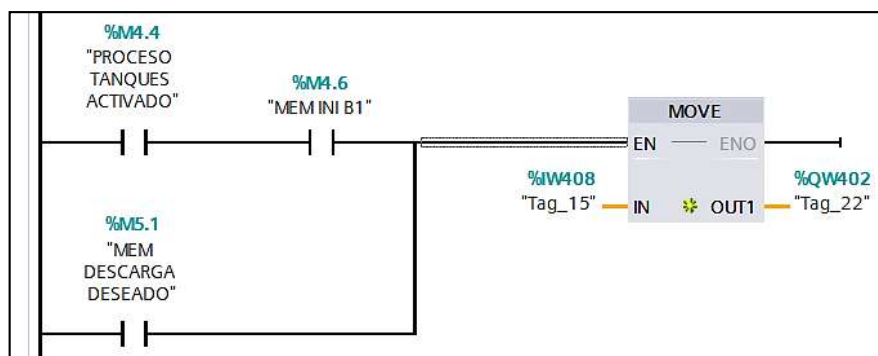


Nota. Elaboración propia.

Inicio de carga. En la siguiente línea de programación añadimos un contacto normalmente abierto con el nombre de la asignación *%M4.5 "APAGAR B1"*, después en paralelo se añade un contacto normalmente abierto con el nombre de la asignación *%M4.7 "MEM PARO B1"* que será el dato deseado del usuario, luego añadimos junto a este contacto un bloque mover *MOVE* para la trasferencia de la señal donde tenemos un dato de entrada por el usuario a uno de salida *%QW400 "Tag_21"* como se visualiza en la Figura 78.

Figura 78

Ingreso de Valor Necesario a llenar

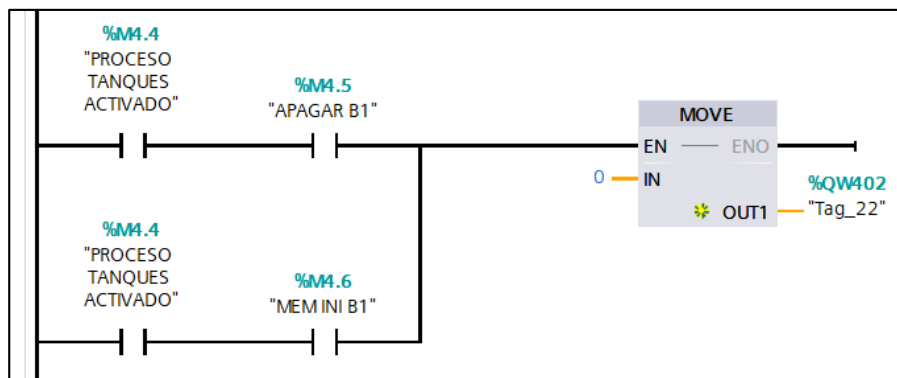


Nota. Elaboración propia.

Inicio de descarga. En la siguiente línea de programación añadimos un contacto normalmente abierto con el nombre de la asignación `%M4.5` “APAGAR B1”, después en paralelo se añade un contacto normalmente abierto con el nombre de la asignación `%M4.6` “MEM INI B1” que será el dato deseado del usuario, luego añadimos junto a este contacto un bloque mover `MOVE` para la transferencia de la señal donde tenemos un dato de entrada por el usuario a uno de salida `%QW402` “Tag_22” como se visualiza en la Figura 79.

Figura 79

Ingreso de Valor Necesario a Llenar



Nota. Elaboración propia.

Visualización de nivel en display. Para este paso se usan una línea de programación, para normalizar y escalar, para esto se considera los siguientes pasos:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque normalizar `NORM_X` hacia la sección 6, en la siguiente línea de programación.
- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.

- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque escala *SCALE_X* junto al bloque normalizar *NORM_X*.

Al agregar el bloque normalizar *NORM_X* y escala *SCALE_X* para transformar el valor de entrada tal como se muestra en la Figura 80.

Figura 80

Visualización de Nivel en Display



Nota. Elaboración propia.

Se procede a la codificación del bloque normalizar *NORM_X* que permitirá normalizar el valor del nivel máximo/mínimo como se presenta en la Tabla 44 y el bloque *SCALE_X* que nos permite modificar la escala con la que se trabaja como se ve en la Tabla 45.

Tabla 44

*Codificación de Parámetros en Bloque de Normalizar *NORM_X* de Nivel de Agua*

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
VALUE	%IW400“Tag_2”	Valor de nivel de agua

MIN	0	Valor mínimo
MAX	27648	Valor máximo (rango máximo miliamperios)

Output

OUT	% MD70 “PASO NIVEL TANQUE”	Paso nivel de agua
-----	----------------------------	--------------------

Nota. Elaboración propia.

Tabla 45

Codificación de Parámetros en Bloque de Normalizar SCALE_X de Nivel de Agua

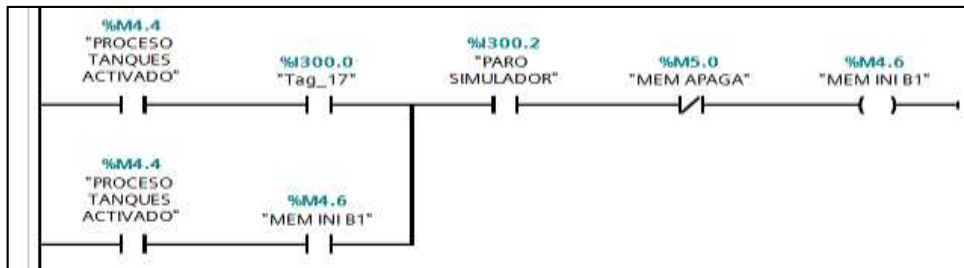
Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
VALUE	%MD70“PASO NIVEL TANQUE”	Valor de caudal a escalar
MIN	0	Valor mínimo
MAX	300	Valor máximo (300 mm)
Output		
OUT	% MD70 “QW406”	Nivel de tanque

Nota. Elaboración propia.

Memoria de inicio de válvula de carga. Para esta línea de programación se usó un contacto normalmente abierto con nombre %I300.0 “Tag_17” con un contacto normalmente abierto con la asignación %M44.6 “MEM INI B1”, añadimos un contacto normalmente abierto con nombre %I300.2 “PARO SIMULADOR”, luego se añade un contacto normalmente cerrado con el nombre %M5.0 “MEN APAGA” con una asignación con nombre %M4.6 “MEN INI B1”, como se ve en la Figura 81.

Figura 81

Encendido de Válvula de Carga



Nota. Elaboración propia.

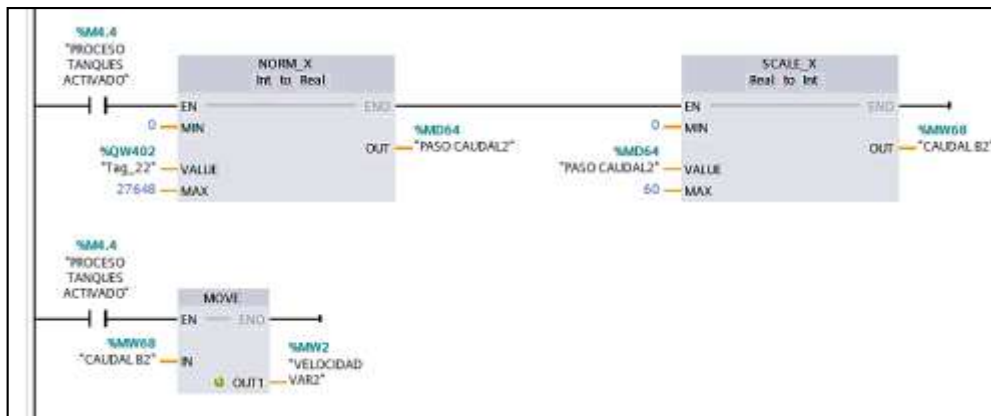
Potenciómetro con uso de set point. Para este paso se usan una línea de programación, para normalizar y escalar, para esto se considera los siguientes pasos:

- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque normalizar *NORM_X* hacia la sección 6, en la siguiente línea de programación.
- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Conversión*.
- Arrastramos el bloque escala *SCALE_X* junto al bloque normalizar *NORM_X*.
- Nos dirigimos a sección *Instrucciones*.
- Seleccionamos *Instrucciones básicas*.
- Clic en *Transferencia*.
- Arrastramos el bloque mover *MOVE* bajo del bloque normalizar *NORM_X* en otra línea de programación.

Al agregar el bloque normalizar *NORM_X* y escala *SCALE_X* para transformar el valor de entrada y el bloque de mover *MOVE* para transferir el dato tal como se muestra en la Figura 82.

Figura 82

Potenciómetro con el Uso del Set Point



Nota. Elaboración propia.

Se procede a la codificación del bloque normalizar *NORM_X* que permitirá normalizar el valor del nivel con el set point máximo/mínimo como se presenta en la Tabla 46 y el bloque *SCALE_X* que nos permite modificar la escala con la que se trabaja como se ve en la Tabla 47 y el bloque mover *MOVE* para transferir el dato tal como se muestra en la Tabla 48.

Tabla 46

Codificación de Parámetros en Bloque de Normalizar NORM_X de Paso Set Point

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
VALUE	%IW404“Tag_16”	Valor de set point

MIN	0	Valor mínimo
MAX	27648	Valor máximo (rango máximo miliamperios)
Output		
OUT	% MD74 "PASO SET POINT"	Paso set point

Nota. Elaboración propia.

Tabla 47

Codificación de Parámetros en Bloque de Normalizar SCALE_X de Set Point

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		
VALUE	% MD74 "PASO SET POINT"	Valor de set point
MIN	0	Valor mínimo
MAX	300	Valor máximo (300 mm)
Output		
OUT	% MD78 "MEM POTENCIOMETRO SET POINT"	Set Point

Nota. Elaboración propia.

Tabla 48

Codificación de Parámetros en Bloque de Mover MOVE de Set Point

Parámetro	Área de memoria	Descripción
Input		

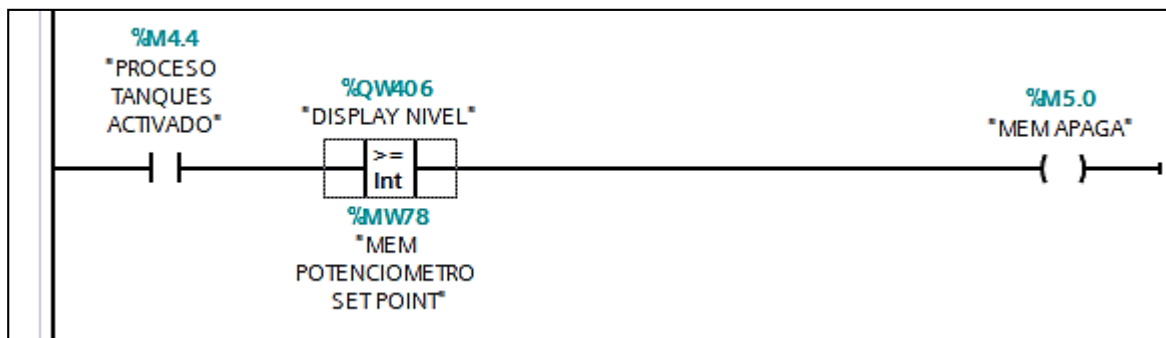
IN	% MD78 “MEM POTENCIOMETRO SET POINT”	Valor del set point.
Output		
OUT	% QW404 “Tag_6”	Set point.

Nota. Elaboración propia.

Apagado automático en el nivel requerido. Dentro de esta línea usaremos para la pagado de la bomba carga cuando la señal del nivel ha llegado a la requerida, para eso se usa un comparador *CMP* en este caso un *mayor o igual*, que nos permitirá compara el valor del nivel de nombre %QW406 “DISPAY NIVEL” con el requerido de nombre %MW78 “MEM POTENCIOMETRO SET POINT”, si se cumple con esta condición la bomba de descarga se apaga con la asignación de nombre %M5.0 “MEM APAGA”, como se ve en la Figura 83.

Figura 83

Apagado Automático en el Nivel Requerido con Condicional Mayor o Igual



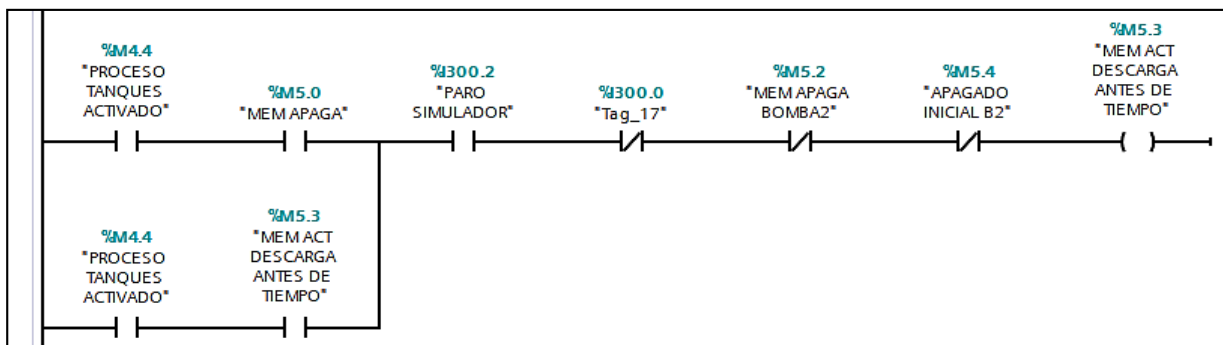
Nota. Elaboración propia.

Activación de descarga antes de tiempo. Esta línea usaremos para la activación de la bomba de descarga cuando la señal del nivel ha llegado a la requerida, se añade un contacto normalmente abierto con el nombre %M5.0 “MEM APAGA” en paralelo añadimos un contacto normalmente abierto con nombre de la asignación %M5.3 “MEM ACT

DESCARGA ANTES DE TIEMPO” se añade un contacto normalmente abierto *%I300.2* “*PARO SIMULADOR*”, en serie se añade un contacto normalmente cerrado con nombre *%I300.0* “*Tag_17*”, otro en serie con el nombre de la asignación *%M5.2* “*MEM APAGA BOMBA2*”, de igual forma en serie un contacto normalmente cerrado de nombre *%M5.4* “*APAGADO INICIAL B2*” y una asignación de nombre *%M5.3* “*MEM ACT DESCARGA ANTES DE TIEMPO*”, como se ve en la Figura 84.

Figura 84

Activación de Descarga Antes de Tiempo

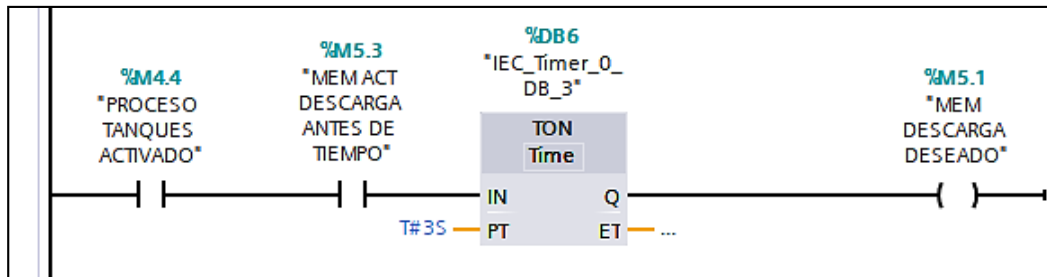


Nota. Elaboración propia.

Retardo de activación de descarga. Esta línea se usará para la activación con retardo de la bomba de descarga, se añade un contacto normalmente abierto con el nombre *%M5.3* “*MEM ACT DESCARGA ANTES DE TIEMPO*”, en serie se conecta un temporizador de retardo de activación con nombre de *%DB6* “*IEC_TIMER_0_DB_3*” y una asignación de nombre *%M5.1* “*MEM ACT DESCARGA DESEADO*”, como se ve en la Figura 85.

Figura 85

Retardo de Activación de Descarga

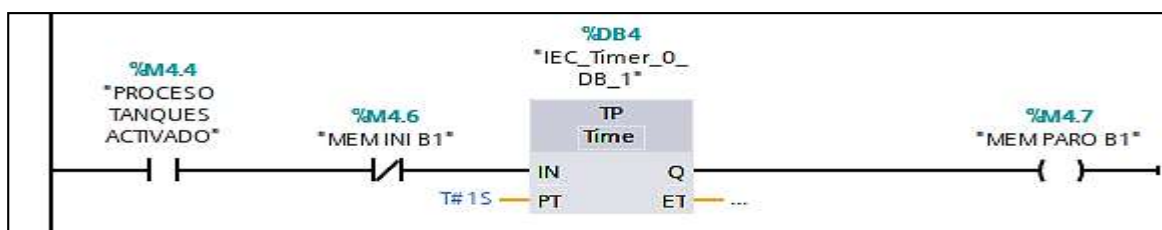


Nota. Elaboración propia.

Activación de paro de la bomba de carga. Esta línea se usará para la activación de paro de la bomba de descarga, se añade un contacto normalmente abierto con el nombre %M5.3 “MEM ACT DESCARGA ANTES DE TIEMPO”, en serie se conecta un temporizador de retardo de activación con nombre de %DB6 “IEC_TIMER_0_DB_3” y una asignación de nombre %M5.1 “MEM ACT DESCARGA DESEADO”, como se ve en la Figura 86.

Figura 86

Retardo de Activación de Descarga



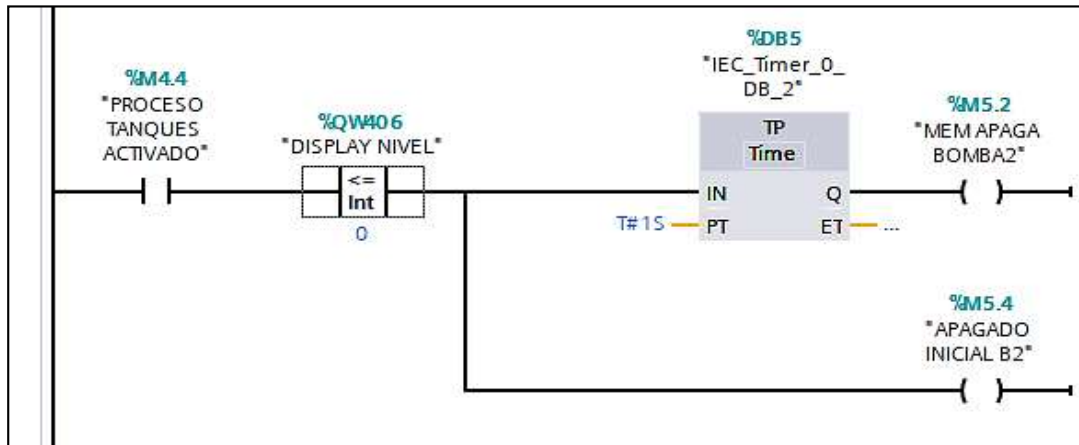
Nota. Elaboración propia.

Activación de apagado de bomba de descarga. Esta línea se usará para la activación de apagado de la bomba de descarga, se añade un comparador *CMP menor o igual*, en serie se conecta un temporizador de retraso %DB5 “IEC_Timer_0_DB_2” para activación del apagado de la bomba de descarga y junto a este una asignación con el nombre %M5.2 “MEM

APAGA BOMBA2” y una otra asignación de nombre %M5.4 “APAGADO INICIAL B2”, como se ve en la Figura 87.

Figura 87

Retardo de Activación de Descarga



Nota. Elaboración propia.

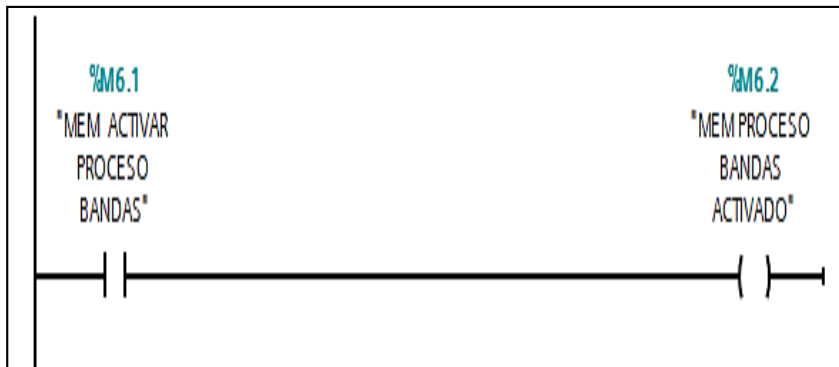
Programación del proceso de Banda transportadora y elevador

En la programación del proceso de banda transportadora y elevador, es de mucha importancia el tratamiento especial de las variables usadas en el proceso para evitar, considerando los siguientes pasos:

- Añadimos al segmento siete un contacto normalmente abierto con el nombre %M6.1 y a su vez asignación de nombre %M6.2, que nos permite activar el proceso de banda y elevador, tal como se ve en la Figura 88.

Figura 88

Activación de Proceso de Banda Transportadora y Elevador

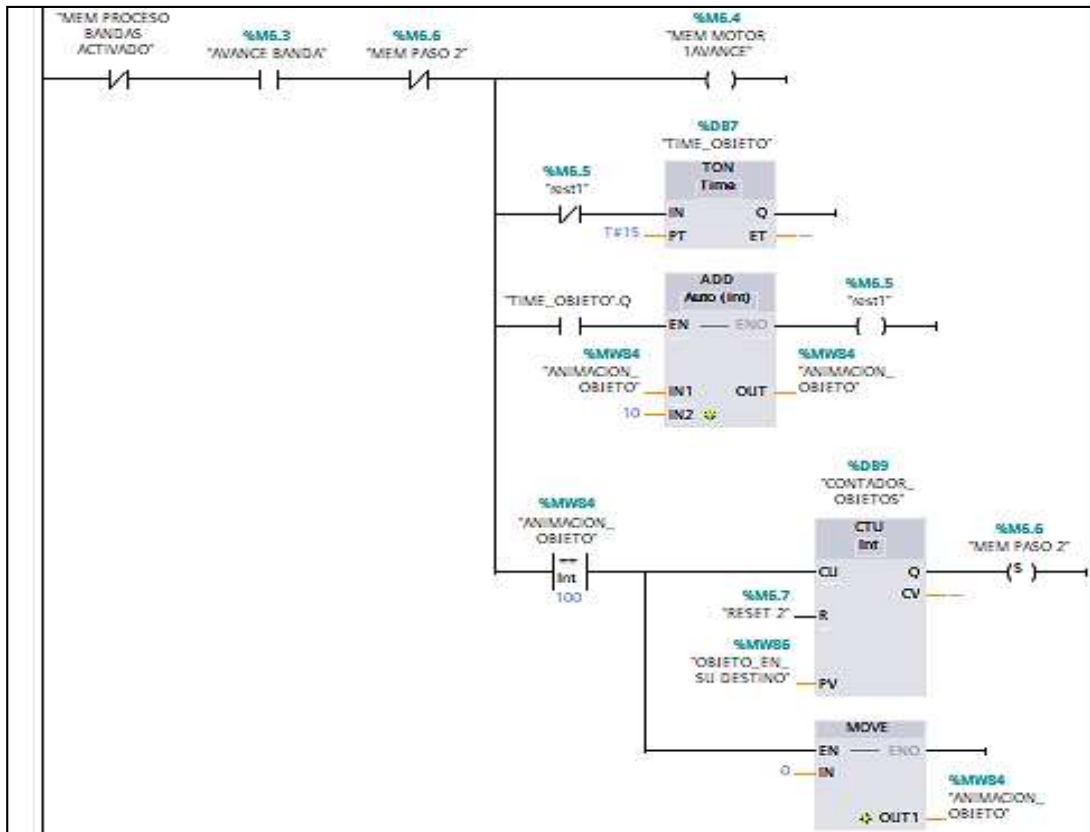


Nota. Es importante mencionar que esta variable será constante en cada una de las líneas de programación para la activación del proceso. Elaboración propia.

Encendido de banda transportadora. En la segunda línea de programación se realiza el encendido de la banda transportadora iniciando con el posicionamiento de un contacto normalmente abierto de nombre %M6.3 “Avance Banda”, seguido un contacto normalmente cerrado con el nombre %M6.6 “MEM PASO 2”, y una asignación de nombre %M6.4 “MEM MOTORIAVANACE”, y una ramificación con un contacto normalmente cerrado %M6.5 “rest1” y un temporizador de nombre %DB7 “TIME_OBJETO”, una segunda ramificación con un contacto normalmente abierto nombre “TIME_OBJETIVO”.Q, con una operación de suma enfocada en una entrada %MW84 “ANIMACION_OBJETO” con un conteo de 10 y una salida de nombre %MW84 “ANIMACION_OBJETO” y una asignación de nombre %M6.5 “rest1”, luego una tercera ramificación con un comparador de cuando %MW84 “ANIMACION_OBJETO” sea igual a 100, seguido de un contador de objetos de nombre %MW86 “OBJETO_EN_SU DESTINO” y luego una asignación de %M6.6 “MEM PASO2”, y una última ramificación de transferencia MOVE %MW84 “ANIMACION_OBJETO”, tal como se presenta en la Figura 89 .

Figura 89

Línea de Programación de Encendido Motor 1, Sumador, Contador y Traslferencia



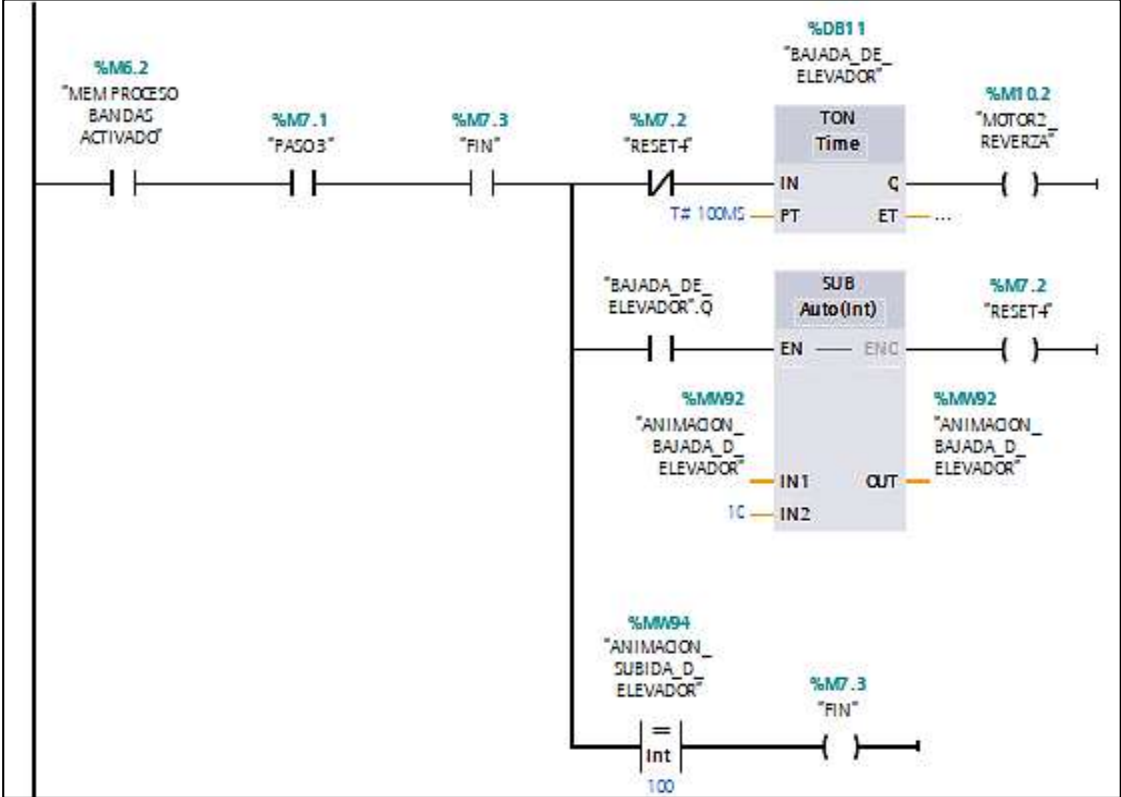
Nota. Elaboración propia.

Encendido de elevador había arriba con objeto. Para dar inicio al encendido del elevador hacia arriba nos adentramos en un nuevo segmento en este caso el ocho, en el cual en su primera línea de programación se añade un contacto normalmente abierto de nombre `%M6.6 "MEM PASO 2"`, en serie se coloca un contactor normalmente cerrado `%M7.0 "RESET 3"`, seguido de un temporizador `%DB10 "SUBIDA DE ELEVADOR"` y una asignación de nombre `%M9.6 "MEM MOTOR 2 AVANCE"`, en esta misma línea de programación se añade una ramificación un contacto normalmente abierto de nombre `"SUBIDA DE ELEVADOR".Q` luego en serie se añade una suma con entrada para la animación del elador `%MW94 "ANIMACION SUBIDA D ELEVADOR"` con contador de 10

y una salida %MW94 “ANIMACION_SUBIDA_D_ELEVADOR” en serie se añade una suma para la simulación de la subida de la caja con una entrada de %MW88 “ANIMACION_SUBIR_OBJETO” con conteo de 10 y una salida %MW88 “ANIMACION_SUBIR_OBJETO” y una asignación de nombre %M7.0 “RESET3” y una última ramificación con un comparador entre %MW88 “ANIMACION_SUBIR_OBJETO” igual que 100 y una asignación de nombre %M7.1 “PASO3”, como se puede ver en la Figura 90 .

Figura 90

Línea de Programación de Subida del Elevador y Objeto



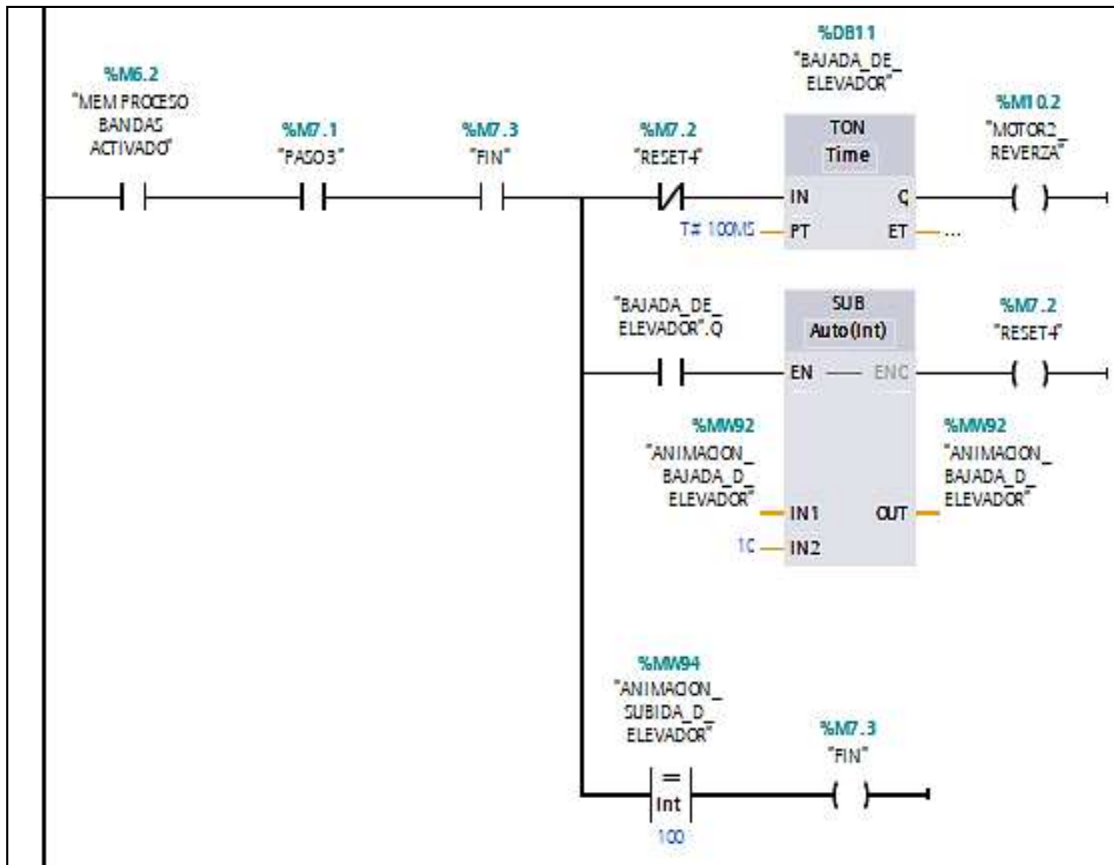
Nota. Elaboración propia.

Encendido de elevador había abajo sin objeto. Para dar inicio al encendido de regreso del elevador hacia abajo en un nuevo segmento número nuevo, en el cual en su

primera línea de programación se añade un contacto normalmente abierto de nombre *%M7.1* “*MEM PASO3*”, se coloca un contacto normalmente abierto de nombre *%M7.3* “*FIN*”, en serie se coloca un contactor normalmente cerrado *%M7.2* “*RESET4*”, seguido de un temporizador *%DB11* “*BAJADA_DE_ELEVADOR*” y una asignación de nombre *%M10.2* “*MOTOR2_REVERZA*”, en esta misma línea de programación se añade una ramificación un contacto normalmente abierto de nombre “*BAJADA_DE_ELEVADOR*”.*Q* luego en serie se añade una operación de resta con entrada para la animación del elevador *%MW92* “*ANIMACION_BAJADA_D_ELEVADOR*” con contador de 10 y una salida *%MW92* “*ANIMACION_BAJADA_D_ELEVADOR*” luego una asignación de nombre *%M7.2* “*RESET4*” y una última ramificación con un comparador entre *%MW94* “*ANIMACION_SUBIR_D_ELEVADOR*” igual que 100 y una asignación de nombre *%M7.3* “*FIN*”, como se puede ver en la Figura 91 .

Figura 91

Línea de Programación de Retorno del Elevador Sin Objeto

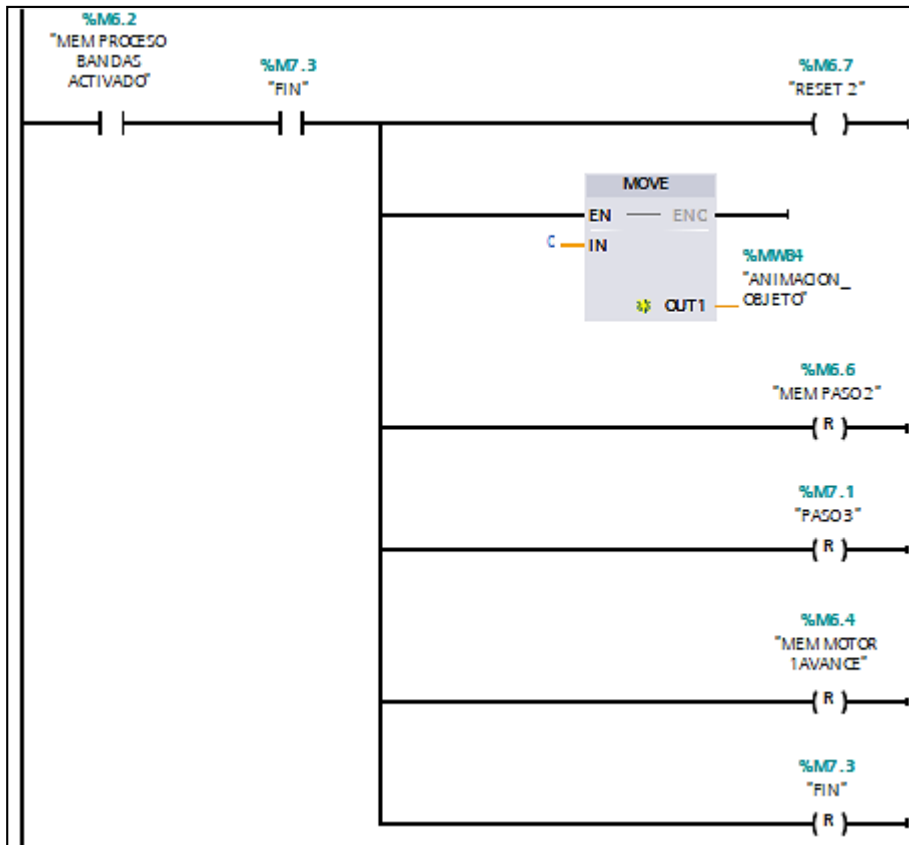


Nota. Elaboración propia.

Reinicio de memorias de los pasos. En un nuevo segmento el diez, en la primera línea de programación se añade un contacto normalmente abierto de nombre *%M7.3 “FIN”* seguido de una asignación de nombre *%M6.7 “RESET 2”*, en la misma línea de programación se añade un MOVE de transferencia con una salida *%MW84 “ANIMACION_OBJETO”*, una segunda ramificación con asignación *%M6.6 “MEMPASO 2”*, una tercera ramificación con asignación *%M7.1 “PASO3”*, una cuarta ramificación *%M6.4 “MEM MOTORIAVANCE”* y por ultimo una asignación *%M7.3 “FIN”*, como se ve en la Figura 92 .

Figura 92

Línea de Programación de Reinicio de Memorias de los Pasos



Nota. Elaboración propia.

Programación y codificación del HMI en el software TIA PORTAL 15V

Agregado el HMI en el TIA PORTAL 15V tal como se en la Figurara 48, se siguen

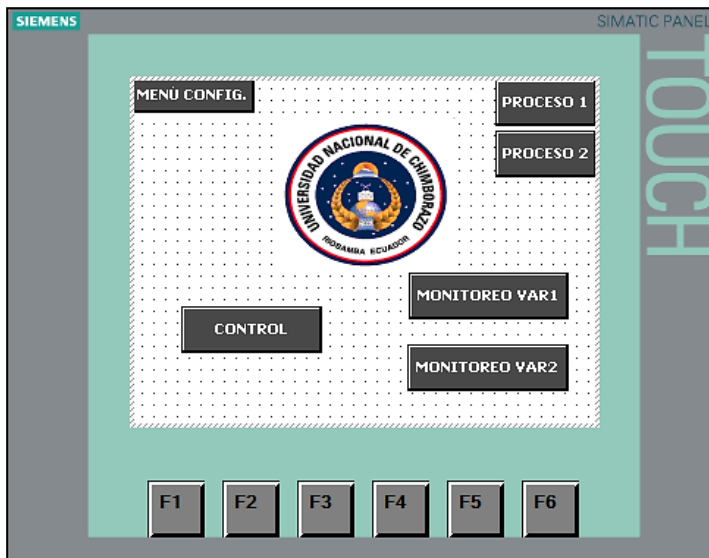
los pasos a continuación:

- Clic en *HMI 1(KTP600 Basic color PN)*.
- Clic en *Imágenes*.
- Clic en *Agregar imagen*.
- Clic y asignar nombre *PANTALLA PRINCIPAL*.
- Clic derecho y clic definir como *Imagen Inicial*.

Esta imagen será la que por defecto se visualizara en el HMI en el inicio de la interacción, por lo tanto, es importante distribuir las opciones que esta imagen tendrá para una buena interacción con el usuario, para lo cual usaremos cuatro botones tal como se ve en la Figura 93, con los siguientes nombres: *MENÚ CONFIGURAR*, *CONTROL*, *PROCESO 1*, *PROCESO 2*, *MONITOREO VAR1* y *MONITOREO VAR2*.

Figura 93

Imagen Principal del HMI Denominada PANTALLA PRINCIPAL



Nota. Elaboración propia.

En esta pantalla encontramos botones y campos que presentan algunas propiedades, las mismas que presentamos en la Tabla 49.

Tabla 49

Propiedades de los Botones de la Imagen Principal

MENÚ CONFIGURACIÓN			
Nombre	Tipo	Evento	Descripción

MENÚ CONFIG.	Texto/Activar Imagen	<i>Imagen raíz</i>	Este botón se encarga de activar la imagen raíz.
--------------	----------------------	--------------------	--

Control

Nombre	Tipo	Evento	Descripción
CONTROL	Texto/Activar Imagen	<i>CONTROL</i>	Este botón se encarga de activar la imagen control.

Dosificación de tanque

Nombre	Tipo	Evento	Descripción
PROCESO 1	Texto/Activar Imagen	<i>PROCESO 1</i>	Este botón se encarga de activar la imagen del primer proceso.

Bandas trasportadoras

Nombre	Tipo	Evento	Descripción
PROCESO 1	Texto/Activar Imagen	<i>PROCESO 2</i>	Este botón se encarga de activar la imagen del segundo proceso.

Monitoreo VAR 1

Nombre	Tipo	Evento	Descripción
MONITOREO VARIADOR 1	Texto/Activar Imagen	<i>MONITOREO VARIADOR 1</i>	Este botón se encarga de activar la imagen monitoreo variador 1.

Monitoreo VAR 2

Nombre	Tipo	Evento	Descripción
---------------	-------------	---------------	--------------------

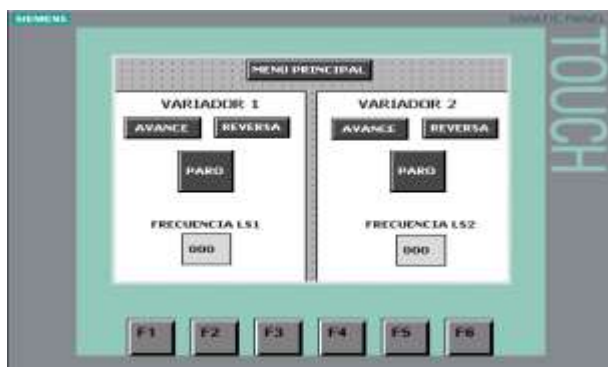
MONITOREO VARIADOR 2	Texto/Activar Imagen	<i>MONITOREO</i> <i>VARIADOR 2</i>	Este botón se encarga de activar la imagen monitoreo variador 2.
-------------------------	----------------------	---------------------------------------	--

Nota. Elaboración propia.

IMAGEN CONTROL. Para el control de nuestros variadores creamos una nueva imagen, la misma que integrará una pantalla compartida, al lado izquierdo se contemplan botones de control tales como *AVANCE*, *REVERZA* Y *PARO*, un campo E/S que nos permitirá ingresar el valor de frecuencia con la que queremos trabajar con el primer variador y de la misma forma para el lado derecho para trabajar con el segundo variador. Tal como se nos presenta en la Figura 94.

Figura 94

Imagen Denominada CONTROL



Nota. Elaboración propia.

Estos botones deben estar enlazados con las variables de salida de nuestra programación tal como se presenta en la Tabla 50.

Tabla 50*Propiedades de los Botones de la Imagen de Control*

ELEMENTOS USADOS EN EL VARIADOR 1			
Nombre	Tipo	Variable PLC	Descripción
Botón <i>AVANCE</i>	Texto/ActivarBit	<i>Tag_6</i>	Este botón se encarga de activar el avance en el variador LS 1.
Botón <i>REVERSA</i>	Texto/ActivarBit	<i>REVERSA</i>	Este botón se encarga de activar la reversa en el variador LS 1.
Botón <i>PARO</i>	Texto/ActivarBit	<i>PARO</i>	Este botón se encarga de activar el paro en el variador LS 1.
Campo Frecuencia LS1	<i>Entrada</i>	<i>Tag_2</i>	En este campo permitirá el ingreso de la frecuencia. del variador LS1.
Botón <i>AVANCE</i>	Texto/ActivarBit	<i>INICIO HMI VAR2</i>	Este botón se encarga de activar el avance en el variador LS 2.
Botón <i>REVERSA</i>	Texto/ActivarBit	<i>REVERSA HMI VAR2</i>	Este botón se encarga de activar la reversa en el variador LS 2.

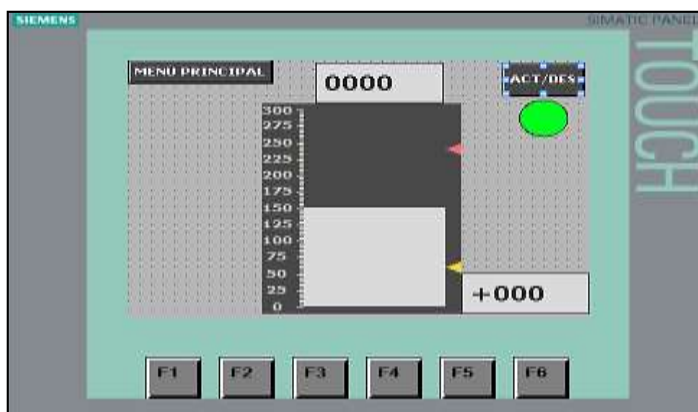
Botón <i>PARO</i>	Texto/ActivarBit	<i>PARO HMI VAR2</i>	Este botón se encarga de activar el paro en el variador LS 2.
Campo Frecuencia LS2	<i>Entrada</i>	<i>VELOCIDAD HMI VAR2</i>	En este campo permitirá el ingreso de la frecuencia del variador LS2.

Nota. Elaboración propia.

PROCESO 1. En esta imagen se visualiza el tanque de dosificación que nos ilustra en tiempo real su llenado y vaciado del mismo, con dos displays uno que muestra el nivel desea en el tanque y otro en tiempo real, a su vez y el más importante un botón que se encargara de activar el proceso y un led que nos mostrara que el proceso está activado, tal como se ve en la Figura 95.

Figura 95

Imagen Denominada PROCESO 1 de Dosificación de Tanque



Nota. Elaboración propia.

Los botones deben estar enlazados con las variables de salida de nuestra programación tal como se presenta en la Tabla 51.

Tabla 51*Propiedades de los Botones de la Imagen de Control*

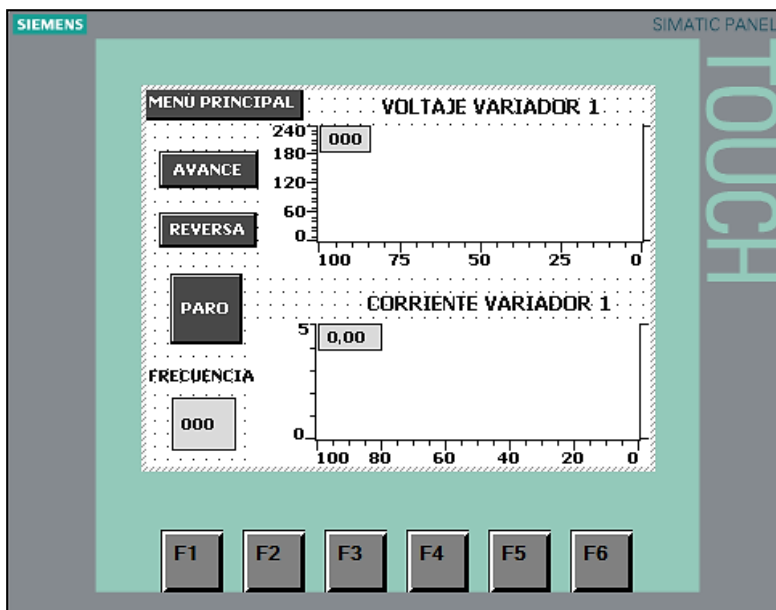
ELEMENTOS USADOS EN EL VARIADOR 1			
Nombre	Tipo	Variable PLC	Descripción
Botón MENÚ PRINCIPAL	Texto/ActivarImagen	<i>MENÚ PRINCIPAL</i>	Este botón se encarga de activar imagen de menú principal.
Botón REVERSA	Texto/Activar	<i>MEN ACTIVA PRO TANQUES</i>	Este botón se encarga de activar la memoria que habilite el proceso 1 de dosificación.
Botón PARO	Texto/Activar	<i>PARO</i>	Este botón se encarga de activar el paro en el variador LS 1.
Campo NIVEL REAL	<i>Salida</i>	<i>“DISPLAY NIVEL”</i>	En este campo permitirá la visualización del nivel de tanque.
Campo NIVEL HMI	<i>Salida</i>	<i>“MEM POTENCIOMETRO SET POINT”</i>	En este campo permitirá la visualización del nivel de tanque.

Nota. Elaboración propia.

IMAGEN MONITOREO VAR 1. Dentro de esta imagen se visualiza los dos parámetros que serán monitoreados la corriente y el voltaje, para esta imagen se usó dos graficas de control de visor de curvas, los que en otras palabras nos permitirá visibilizar el comportamiento de estos parámetros, a su vez se agregó botones para el control de individual del primer variador, tal como se ve en la Figura 96.

Figura 96

Imagen Denominada CONTROL



Nota. Elaboración propia.

Los botones y graficas presentes en esta imagen se enlazan con las variables de salida de nuestra programación y que presentan algunas propiedades como se en la Tabla 52.

Tabla 52

Propiedades de los Botones de la Imagen Monitoreo VAR 1

MONITOREO VARIADOR 1

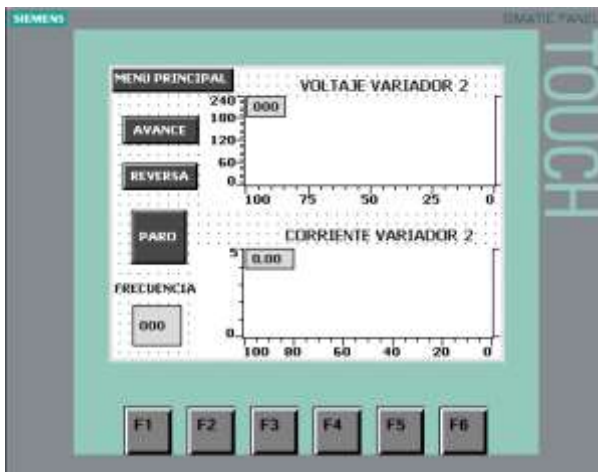
Nombre	Tipo	Variable PLC	Descripción
<i>VOLTAJE</i>	Control/Visor de curva	<i>MONIT VOLTAJE LSI</i>	Nos permite visualizar el comportamiento del voltaje dentro de una escala de 240 V.
<i>CORRIENTE</i>	Control/Visor de curva	<i>MONIT CORRIENTE LSI</i>	Nos permite visualizar el comportamiento de la corriente dentro de una escala de 5 A.
Botón <i>AVANCE</i>	Texto/Activar	<i>Tag_6</i>	Este botón se encarga de activar el avance en el variador LS 1.
Botón <i>REVERSA</i>	Texto/Activar	<i>REVERSA</i>	Este botón se encarga de activar la reversa en el variador LS 1.
Botón <i>PARO</i>	Texto/Activar	<i>PARO</i>	Este botón se encarga de activar el paro en el variador LS 1.
Campo Frecuencia LS1	<i>Entrada</i>	<i>Tag_2</i>	En este campo permitirá el ingreso de la frecuencia. del variador LS1.
Campo voltaje	<i>Salida</i>	<i>VOLTAJE LSI HMI</i>	En este compa podremos visualizar el voltaje en tiempo real.
Campo corriente	<i>Salida</i>	<i>VOLTAJE LSI HMI</i>	En este compa podremos visualizar la corriente en tiempo real.

Nota. Elaboración propia.

IMAGEN MONITOREO VAR 2. Dentro de esta imagen se visualiza los dos parámetros que serán monitoreados la corriente y el voltaje, para esta imagen se usó dos graficas de control de visor de curvas, los que en otras palabras nos permitirá visibilizar el comportamiento de estos parámetros, a su vez se agregó botones para el control de individual del primer variador, tal como se ve en la Figura 97.

Figura 97

Imagen Monitoreo Var2



Nota. Elaboración propia.

Los botones y graficas presentes en esta imagen se enlazan con las variables de salida de nuestra programación y que presentan algunas propiedades como se en la Tabla 53.

Tabla 53

Propiedades de los Botones de la Imagen Monitoreo VAR 2

MONITOREO VARIADOR 1			
Nombre	Tipo	Variable PLC	Descripción

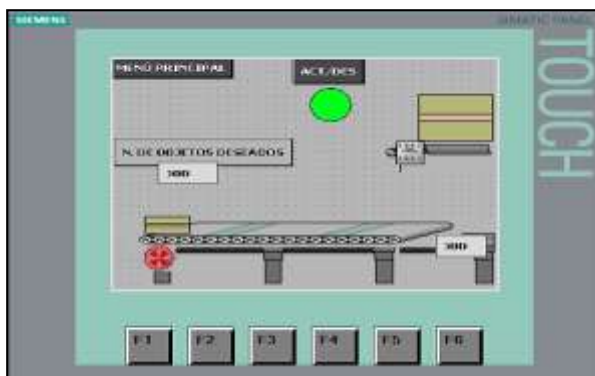
<i>VOLTAJE</i>	Control/Visor de curva	<i>MONIT VOLTAJE LS2</i>	Nos permite visualizar el comportamiento del voltaje dentro de una escala de 240 V.
<i>CORRIENTE</i>	Control/Visor de curva	<i>MONIT CORRIENTE LS2</i>	Nos permite visualizar el comportamiento de la corriente dentro de una escala de 5 A.
Botón <i>AVANCE</i>	Texto/ActivarBit	<i>INICIO HMI VAR2</i>	Este botón se encarga de activar el avance en el variador LS 2.
Botón <i>REVERSA</i>	Texto/ActivarBit	<i>REVERSA HMI VAR2</i>	Este botón se encarga de activar la reversa en el variador LS 2.
Botón <i>PARO</i>	Texto/ActivarBit	<i>PARO HMI VAR2</i>	Este botón se encarga de activar el paro en el variador LS 2.
Campo Frecuencia LS2	<i>Entrada</i>	<i>VELOCIDAD HMI VAR2</i>	En este campo permitirá el ingreso de la frecuencia del variador LS2.
Campo voltaje	<i>Salida</i>	<i>voltaje hmi ls2</i>	En este compa podremos visualizar el voltaje en tiempo real.
Campo corriente	<i>Salida</i>	<i>voltaje hmi ls2</i>	En este compa podremos visualizar la corriente en tiempo real.

Nota. Elaboración propia.

PROCESO 2 HMI. En esta imagen se visualiza en la banda transportadora y elevador que se usar para trasportar el objeto como carga, con el uso de un display que nos ilustra en tiempo real cuantos objetos van a ser empaquetados, con un contador de objetos y a la par con un activador del proceso, un botón que se encargara de activar el proceso y un led que nos mostrara que el proceso está activado, tal como se ve en la Figura 98.

Figura 98

Imagen Denominada PROCESO 2 de Banda Transportadora y Elevador



Nota. Elaboración propia.

Estos botones deben estar enlazados con las variables de salida de nuestra programación tal como se presenta en la Tabla 54.

Tabla 54

Propiedades de los Botones del PROCESO 2 Banda Transportadora y Elevador

ELEMENTOS USADOS EN EL PROCESO 2			
Nombre	Tipo	Variable PLC	Descripción
Botón MENÚ PRINCIPAL	<i>Texto/ActivarImagen</i>	<i>MENÚ PRINCIPAL</i>	Este botón se encarga de activar imagen de menú principal.

ACT/DES	<i>Texto/Activar/Desactiva</i>	<i>“PROCESO BANDAS ACTIVADA”</i>	Este botón se encarga de activar la memoria que habilite el proceso 1 de dosificación.
Campo N. Objeto deseados	<i>Entrada</i>	<i>“NUMERO DE OBJETOS DESEADOS”</i>	En este campo permitirá la entrada del número de objetos deseados.
Campo NIVEL HMI	<i>Salida</i>	<i>“PANTALLA_CONTADOR-OBJETOS”</i>	En este campo permitirá la visualización del número de objetos empacados
Objeto Elevador	<i>Movimiento horizontal</i>	<i>“ANIMACION_OBJETO”</i>	El objeto se traslada simulando movimiento
	<i>Movimiento vertical</i>	<i>“ANIMACION_SUBIDA_ELEVADOR”</i>	El elevador se desplaza hacia arriba simulando movimiento
Objetos empaquetados	<i>Movimiento vertical</i>	<i>“ANIMACION_OBJETO_SUBIDA”</i>	Lo empaquetado se desplaza hacia arriba simulando movimiento.

Nota. Elaboración propia.

Establecer la carga avanzada del TIA PORTAL 15V en el PLC y conexión con el software Factory IO

Una vez realizado la programación para el control y monitoreo de parámetros eléctricos, en los procesos industriales de llena de tanque y bandas transportadoras, se procede a cargar al PLC y establecer la conexión con el software FACTORY IO.

Carga avanzada del TIA PORTAL 15V en el PLC

Se deben seguir los siguientes pasos:

- Dar clic en cargar dispositivo.
- En tipo de interfaz seleccionar “PN/IE”
- Clic en “Iniciar búsqueda”.
- Seleccionamos nuestro PLC
- Clic en cargar
- En la venta Vista preliminar de carga nos fijamos en la columna de “Acción” y nos encargamos de que este seleccionado “Cargar en dispositivo”.
- Clic en “Cargar”.
- Dentro de la pestaña de operación de carga, hay fijarse que todo este con visto y nos dirigimos a la columna de “Acción” y seleccionamos “Arrancar módulo”.
- Clic en “finalizar”.
- Y nos fijamos que nuestro PLC este en RUN.

Figura 99

PLC Arrancado en Modo RUN



Nota. Elaboración propia.

Conexión TIA PORTAL 15V con el software Factory IO

Conexión TIA PORTAL 15V con el software Factory IO del proceso de dosificación de tanques.

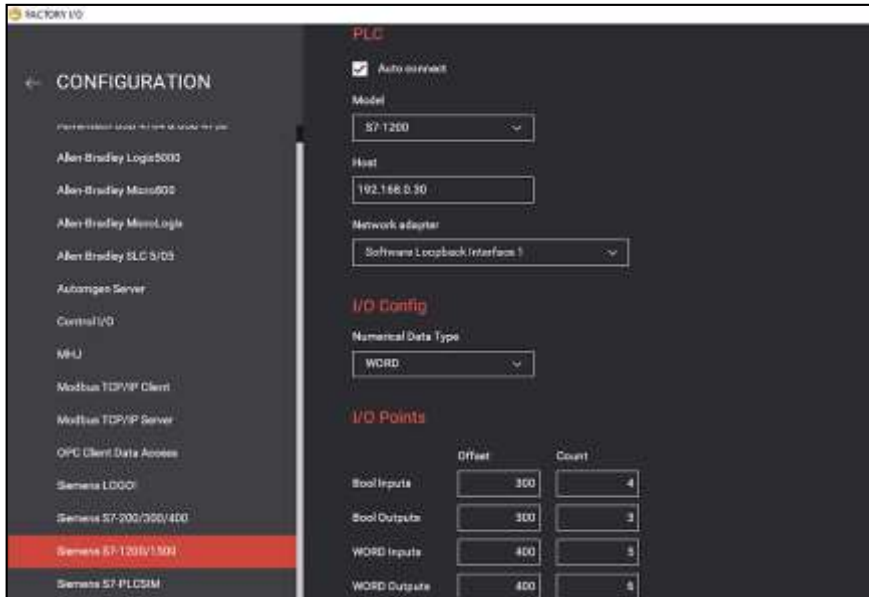
Una vez arrancado el PLC se deben seguir los pasos a continuación:

- Abrir el *software Factory IO*.
- Abrir un escenario virtual de *Dosificación de tanques*.
- Dar *F4* se nos abrirá la ventana *DRIVER*.
- Seleccionamos Siemens *S7-1200/1500*.
- Clic en *Configuración*, abierto la pestaña se modifica los siguientes parámetros, como se visualizará en la Figura 100, considerando:
 - Model: *S7-1200*.
 - Host: *192.168.0.30*
 - Network adapter: *Software Loopback Interface 1*.

- Numerical Data Type: WORD.

Figura 100

Pestaña de Modificación en el FACTORY I/O



Nota. Elaboración propia.

- Clic en la flecha de regreso.
- Clic *CONNECT*.

Al terminar estos pasos se visualizará en pantalla como se debe estar conectado como se lo presenta en la Figura 101.

Figura 101

Pestaña de Modificación en el FACTORY I/O Proceso Dosificación de Tanque



Nota. Elaboración propia.

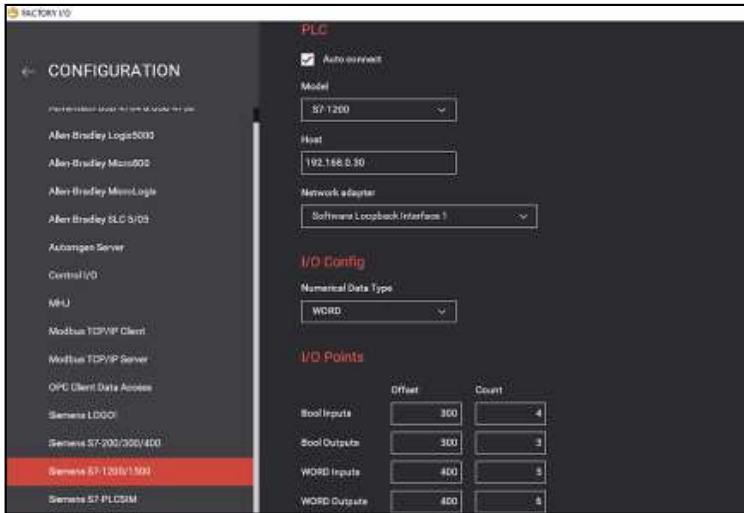
Conexión TIA PORTAL 15V con el software Factory IO del proceso de control de banda transportadora y elevador.

Una vez arrancado el PLC se deben seguir los pasos a continuación:

- Abrir el *software Factory IO*.
- Abrir un escenario virtual de *Control de bandas*.
- Dar *F4* se nos abrirá la ventana *DRIVER*.
- Seleccionamos Siemens *S7-1200/1500*.
- Clic en *Configuración*, abierto esta pestaña se modificar los siguientes parámetros, como se visualizará en la Figura 102, considerando:
 - Model: *S7-1200*.
 - Host: *192.168.0.30*
 - Network adapter: *Software Loopback Interface 1*.
 - Numerical Data Type: *WORD*.

Figura 102

Pestaña de Modificación en el FACTORY I/O



Nota. Elaboración propia.

- Clic en la flecha de regreso.
- Clic *CONNECT*.

Al terminar estos pasos se visualizará en pantalla como se debe estar conectado como se lo presenta en la Figura 103.

Figura 103

Pestaña de Modificación en el FACTORY I/O Proceso Banda Transportadora y Elevador



Nota. Elaboración propia.

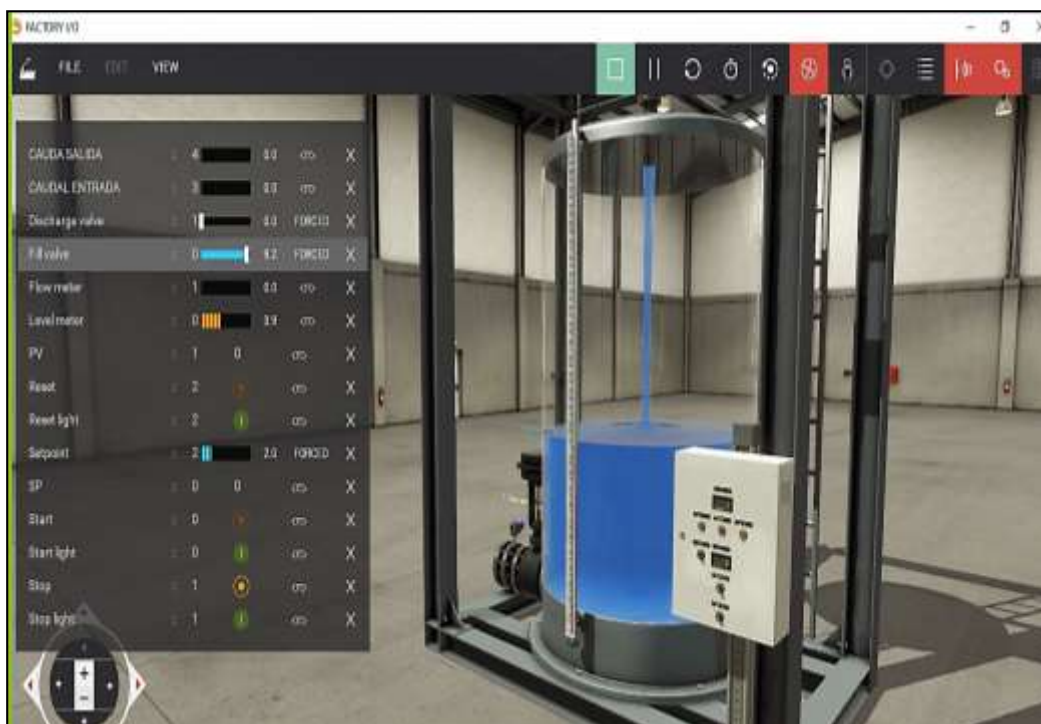
Resultados y prueba de hipótesis de la implementación del tablero de control industrial junto con el protocolo de comunicación Modbus-RTU y adquisición de datos nominales

Simulación del proceso industrial Dosificación de tanques

En esta simulación se realiza un control de dosificación que cuenta con un tablero que permite la activación de la válvula de carga con un caudal pre establecido por medio de un set point, llegado al nivel requerido por el usuario la válvula de carga se apaga y después de 3 segundos la válvula de descarga de igual forma con un caudal pre establecido por otro set point se enciende hasta el vaciado del tanque, cuando el nivel del tanque este en cero esta válvula de descarga se apaga y comienza nuevamente el ciclo, como se muestra en la Figura 104.

Figura 104

Simulación de Dosificación de Tanque con el FACTORY I/O



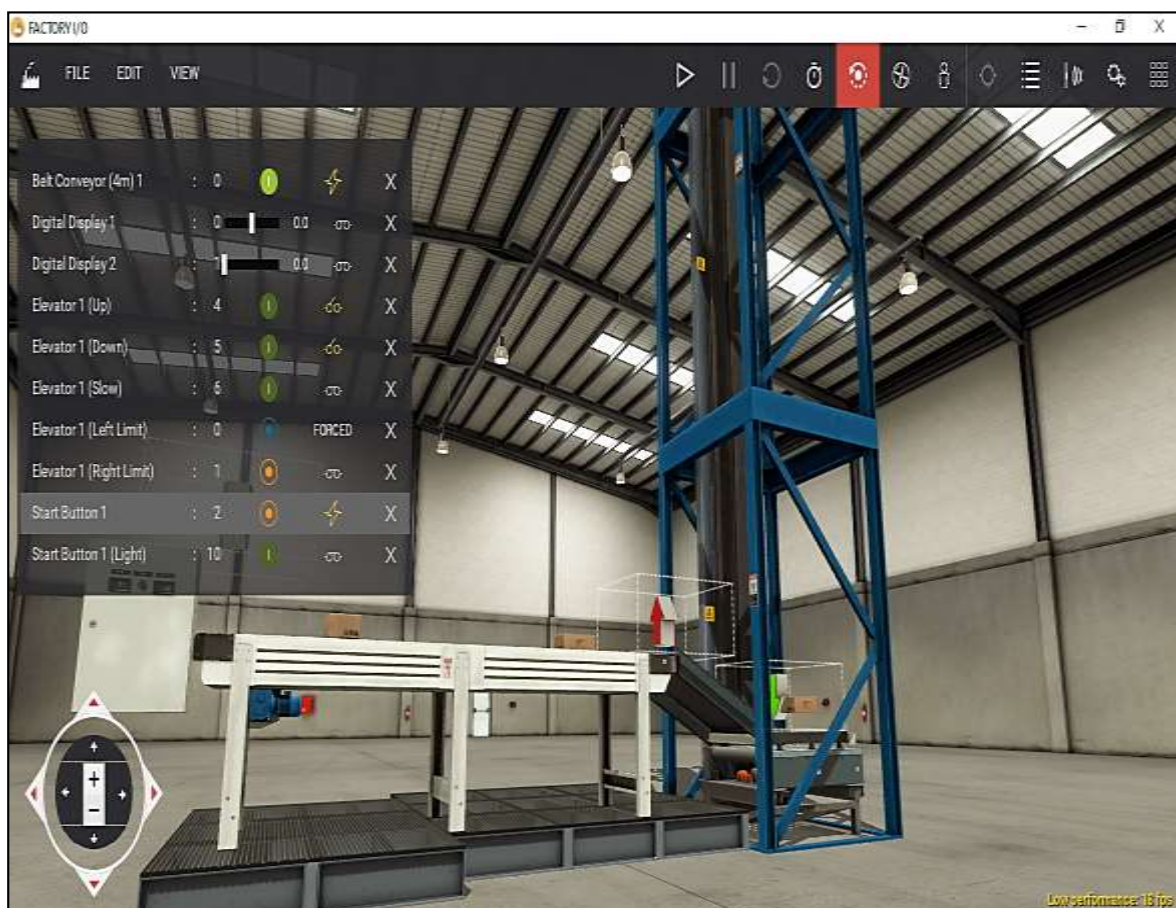
Nota. Elaboración propia.

Simulación del proceso industrial Banda transportadora y elevador

En esta simulación se trata de realizar la acción de almacenamiento de objetos empaquetados, para lo cual se usó una banda transportadora de cuatro metros que llega a una caída por gravedad donde los objetos son empaquetados por el trabajador para evitar embotellamientos existe un contador que nos permite elegir cuanto deseamos empaquetar y a su vez visibilizar cuantos objetos llegan, cuando este llega a los objetos deseados la banda se desactiva ya cuando el trabajador termina de empaquetar los objetos se enciende el elevador sube y es almacenado, posteriormente el elevador desciende y adopta su postura inicial.

Figura 105

Simulación de Banda Transportadora y Elevador con el FACTORY I/O



Nota. Elaboración propia.

Comprobación de la Hipótesis

Sin la implementación de nuestra red industrial Modbus RTU

Estos procesos, al realizarlo manualmente obtenemos datos que no reflejan confiabilidad, los variadores de frecuencia no se encuentran conectados a una red industrial a la vez no se refleja parámetros eléctricos estables, así como también no cuenta con equipos tecnológicos ordenados y como resultado no refleja confiabilidad del proceso.

Con la implementación de nuestra red industrial Modbus RTU

Dentro del procesos al contar con el protocolo de comunicación Modbus RTU y un orden lógico donde se establece un maestro y un esclavo, donde el maestro envía un comando de orden o solicitud y los esclavos en este los variadores con sus respectivos motores, los cuales receptan estas solicitudes y trasforman esta información ejecutable.

Al contar con una red industrial junto con el protocolo de comunicación Modbus RTU, obtenemos datos que son estables que permite reflejar la confiabilidad de datos.

Obtención de datos

A continuación, se presenta la adquisición de datos, dentro de la Tabla 56, donde se recopila datos de corriente en frecuencias establecidas por usuario en un determinado intervalo de tiempo.

Tabla 56

Datos de Corriente en determinadas Frecuencias usando Modbus RTU (Corriente)

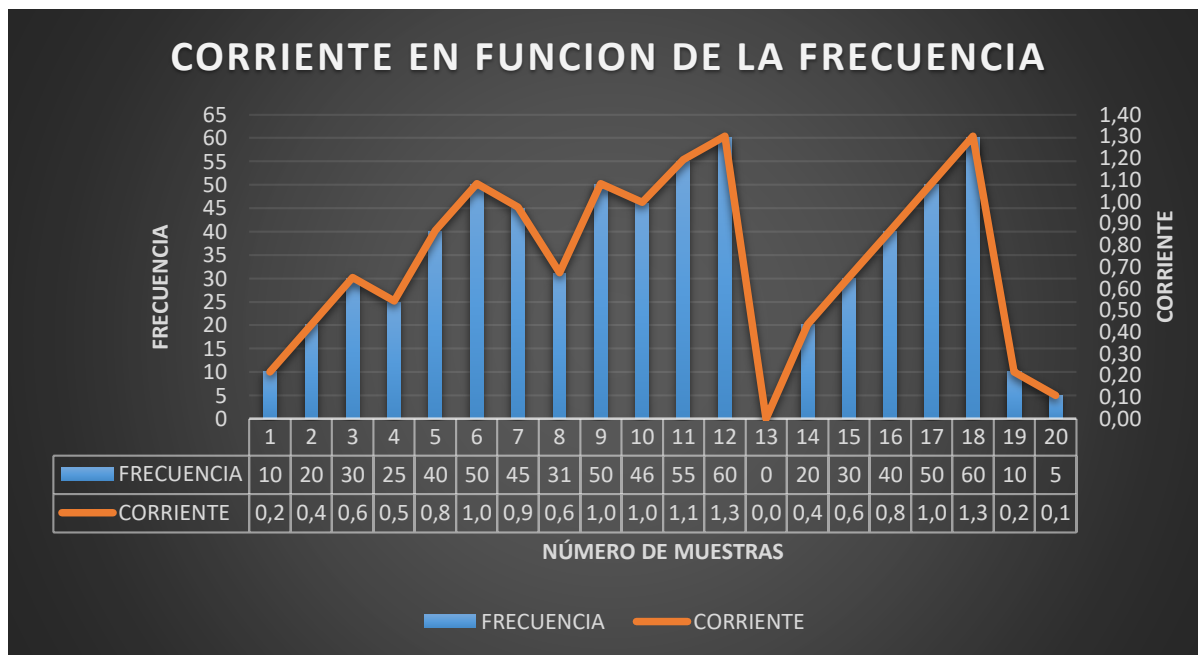
Datos obtenidos con respecto a la Corriente en funcion de Frecuencia		
Nº Muestra	FRECUENCIA	CORRIENTE
Nº 1	10	0,22

N° 2	20	0,43
N° 3	30	0,65
N° 4	25	0,54
N° 5	40	0,87
N° 6	50	1,08
N° 7	45	0,98
N° 8	31	0,67
N° 9	50	1,08
N° 10	46	1,00
N° 11	55	1,19
N° 12	60	1,30
N° 13	0	0,00
N° 14	20	0,43
N° 15	30	0,64
N° 16	40	0,87
N° 17	50	1,08
N° 18	60	1,30
N° 19	10	0,22
N° 120	5	0,11

Nota. Elaboración propia.

Figura 105

Datos de Corriente en determinadas Frecuencias usando Modbus RTU (Corriente)



Nota: La gráfica en paralela muestra la interacción de la corriente en determinadas frecuencias donde las barras azules son las frecuencias y la naranja son los tendencias de la corriente a medida que la frecuencia varia, dentro de 20 tomas. Elaboracion Propia.

Tabla 57

Datos de Voltaje en determinadas Frecuencias usando Modbus RTU (Voltaje)

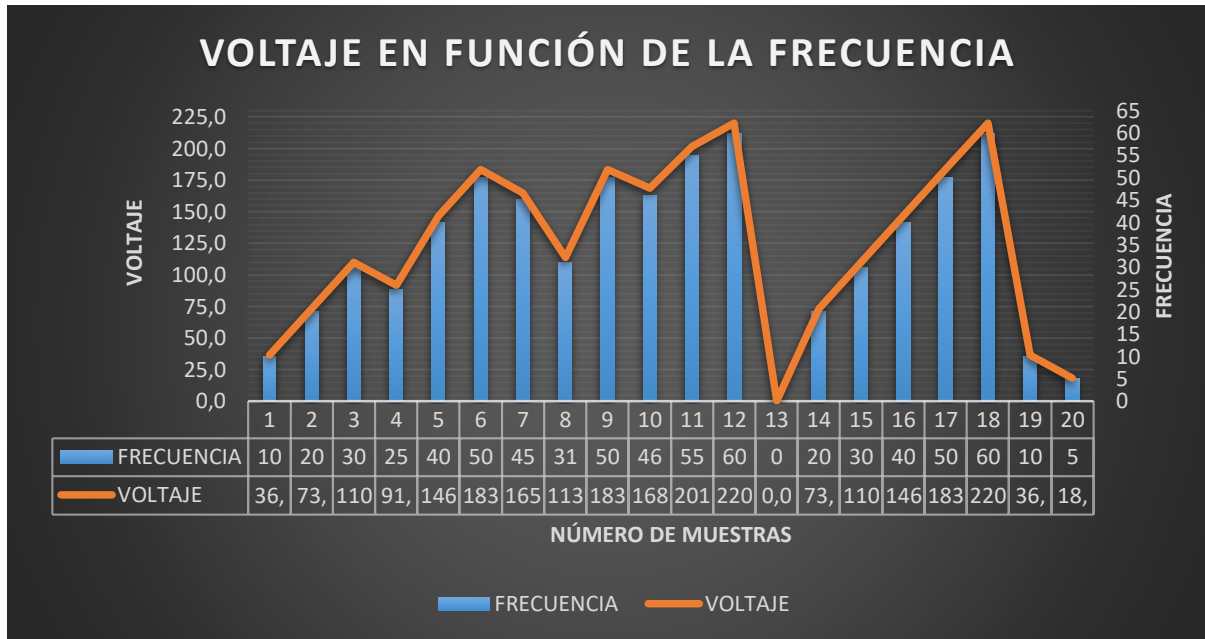
Datos obtenidos con respecto a la Corriente		
Nº Muestra	FRECUENCIA	VOLTAJE
Nº 1	10	0,22
Nº 2	20	0,43
Nº 3	30	0,65
Nº 4	25	0,54
Nº 5	40	0,87

N° 6	50	1,08
N° 7	45	0,98
N° 8	31	0,67
N° 9	50	1,08
N° 10	46	1,00
N° 11	55	1,19
N° 12	60	1,30
N° 13	0	0,00
N° 14	20	0,43
N° 15	30	0,64
N° 16	40	0,87
N° 17	50	1,08
N° 18	60	1,30
N° 19	10	0,22
N° 120	5	0,11

Nota. Elaboración propia.

Figura 106

Datos de Voltaje en determinadas Frecuencias usando Modbus RTU (Voltaje)



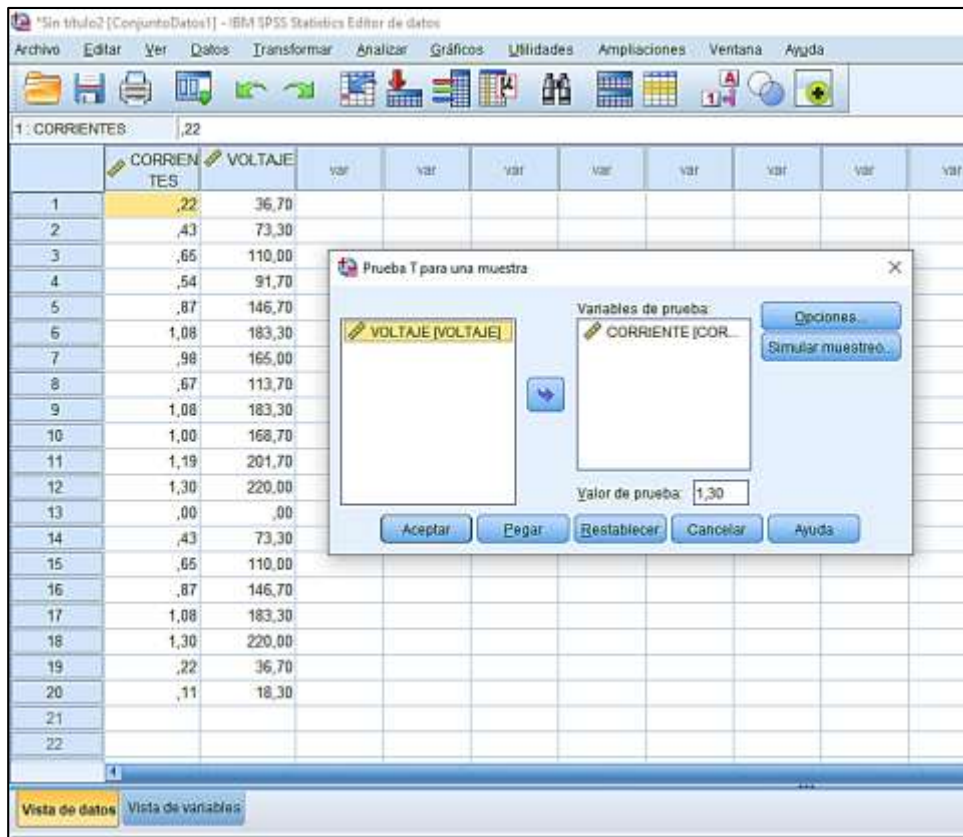
Nota. La gráfica en paralelo muestra la interacción del voltaje en determinadas frecuencias donde las barras azules son las frecuencias y la naranja son las tendencias del volaje a medida que la frecuencia varia, dentro de 20 tomas. Elaboracion Propia.

Comprocaion de hipotesis mediante la prueba T o tambien llamada prueba Z o CHI cuadrado con el sofwar SPSS

Este tipo de prueba esta basada en el estadistico Z, que sigue la distribucion normal bajo la hipotesis nula, la cual evalua la media de una poblacion normamentes distribuida con varianza conocida, donde la significacia debe ser menor a 0,05 para que la hipotesis sea comprobada y aceptada.

Figura 107

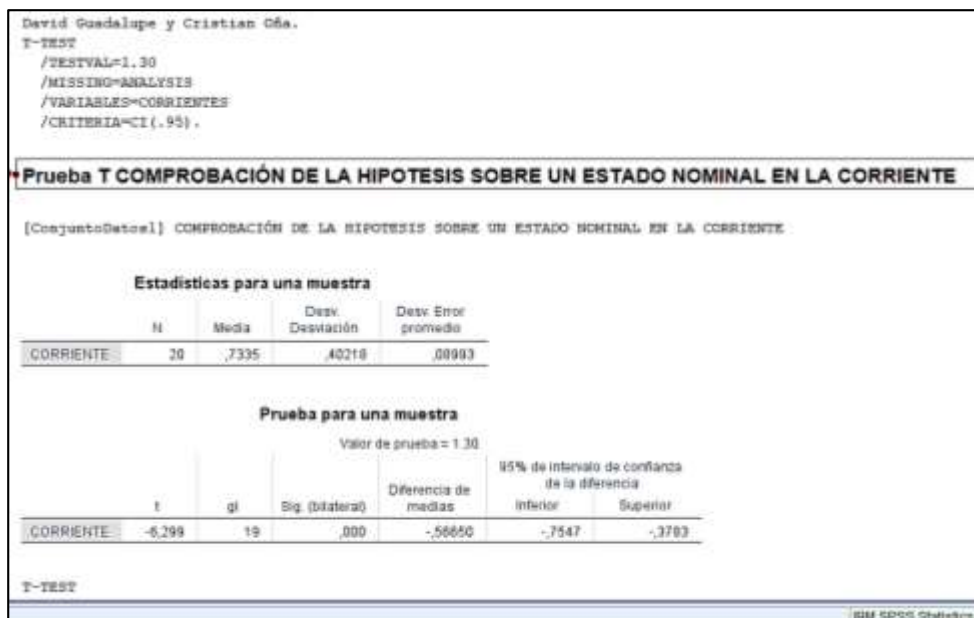
Base de Datos de Corriente sometidos al valor de prueba 1,30 A (Corriente)



Nota. En la gráfica se presenta la vista de datos de la corriente sometidos a la prueba T en el software SPSS, donde se analizara el dato nominal de corriente de 1,30 A como valor de prueba.

Figura 108

Resultados de la Prueba T con Respecto a la Corriente



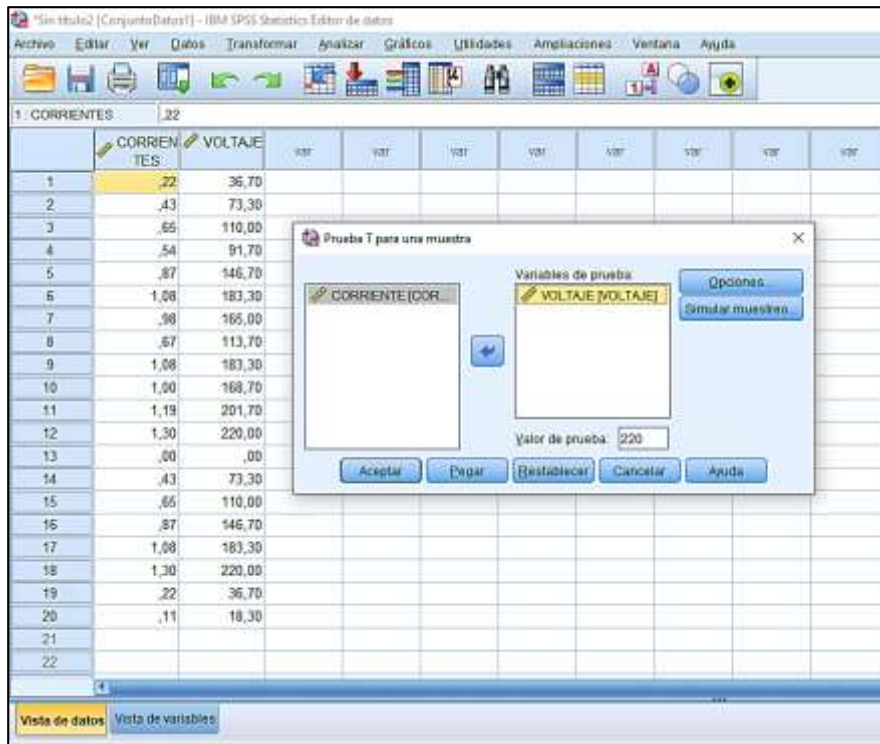
Nota. En la gráfica regleja la comprobación de nuestra hipótesis, donde se regleja que el valor de prueba de la corriente que es 1,30 A que dentro de una muestra de 20 datos existe una media de 0,7335 A una desviación estándar de 0,40218 y valores de significancia de 0.00. Elaboración propia.

Interpretación de resultados de la Prueba T (Corriente)

Como el valor de significancia o el valor crítico observado es de $0,000 < 0,05$ se acepta la hipótesis planteada donde el control de parámetros nominales con respecto a la corriente y la implementación del protocolo de comunicación Modbus RTU estos datos no excederán dicho valor nominal de 1,30 de un motor de 0,5 HP evitando así excesos de corriente y averías.

Figura 109

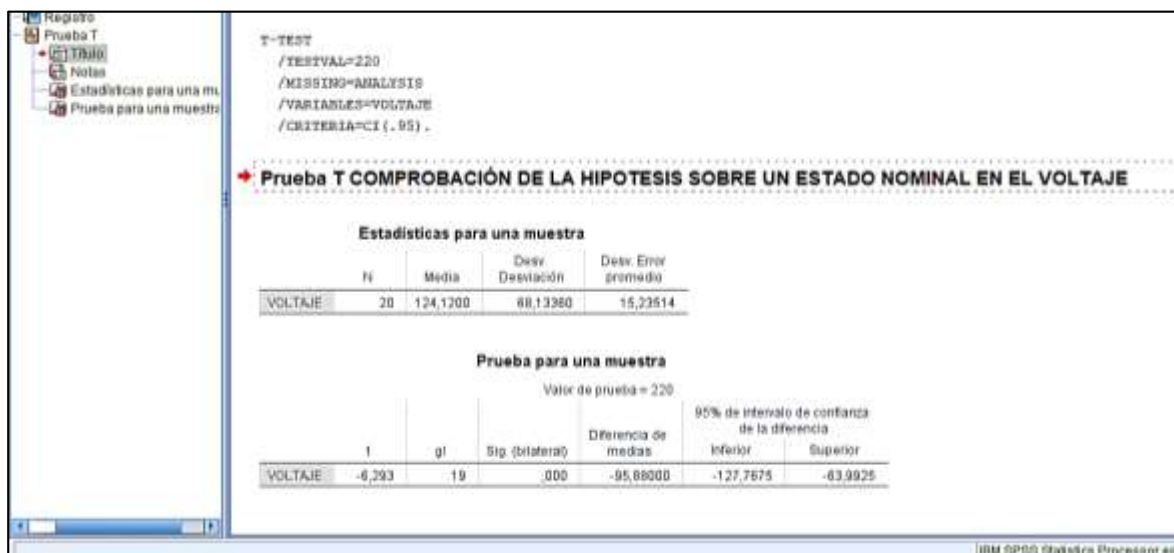
Comparación de Datos Antes y Después de la Implementación del Modbus RTU (Voltaje)



Nota. En la grafica se presenta la vista de datos de voltaje sometidos a la prueba T en el software SPSS, donde se analizara el dato nominal de corriente de 220 V como valor de prueba.

Figura 110

Resultados de la Prueba T con Respecto al Voltaje



Nota. En la grafica regleja la comprobacion de nuestra hipotesis, donde se regleja que el valor de prueba para el voltaje es 220 V que dentro de una muestra de 20 datos existe una media de 124,1200 V una desviacion estandar de 68,133 V y con una valor de significacancia de 0.00. Elaboracion propia.

Interpretación de resultados de la Prueba T (Voltaje)

Como el valor significacia o el valor critico observado es de $0,000 < 0,05$ se acepta la hipotesis planteada donde el control de parametros nominales con respecto al voltaje y la implementacion del protocolo de comunicaci3n Modbus RTU, debido a que estos datos no exederan dicho valor nominal de 220 V de un motor 0,5 HP y evitando asi excesos de voltaje y averias.

Guía de práctica para el laboratorio de Control industrial de la Carrera de Ingeniería Industrial.

Para la correcta utilizaci3n del tablero Industrial con el Protocolo de comunicaci3n Modbus-RTU, se diseñ3 una guía de práctica tal cual se representa en el ANEXO

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En la presente investigación se simuló procesos industriales tales como; dosificación de tanque y bandas transportadoras, mediante variadores de frecuencia LS-iG5A y el protocolo de comunicación Modbus-RTU con una organización de datos maestro/esclavo, similares a procesos reales en la Industria.
- Se implementó un tablero de control industrial con PLC y un módulo de comunicación Modbus-RTU configurado como maestro para la simulación de procesos industriales, con capacidad de controlar y monitorear los procesos anteriormente mencionados en el laboratorio de control industrial de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Chimborazo.
- Se agregó de manera correcta a la red de comunicación industrial Modbus RTU dos dispositivos convertidores de frecuencia de modelo LS-iG5A con configuración de esclavos, para el desarrollo de los procesos de dosificación de tanque y bandas transportadoras.
- Para la comunicación del protocolo Modbus RTU del presente proyecto, los bytes se envían de manera binaria, con comprobación de error CRC, el mensaje tiene 1 bit de inicio, 8 bits de datos, en paridad impar y 1 bit de parada, este se transmite a 19200 baudios por segundo, y se refleja en la simulación de los procesos industriales con la ayuda del Software Factory IO, así como también la obtención de los parámetros eléctricos como; voltaje y corriente, que se visualiza en el panel HMI.
- En el proceso de dosificación de tanque se configuró para obtener parámetros eléctricos como la corriente y voltaje en el panel HMI, se establecieron botones y campos para la interacción física con el usuario como botones de activación/desactivación del proceso, una ilustración del llenado en tiempo real del tanque, con dos displays que muestran

el nivel del tanque y el requerido por el usuario, con una imagen que permite el monitoreo y comportamiento de la corriente y voltaje con respecto al tiempo, a la par de una programación que permite la interacción de las válvulas de carga y descarga para cumplir un orden lógico de interacción visualizada en el FACTORY I/O.

- En el proceso de banda transportadora y elevador se conformó para obtener parámetros eléctricos como la corriente y voltaje en el panel HMI, se establecieron botones y campos para la interacción física con el usuario como botones de activación/desactivación del proceso, campo que permite ingresar el número de objetos a empaquetar, con una pantalla que muestra el conteo de objetos usados, con imágenes que permite el monitoreo y comportamiento de la corriente y voltaje, a su vez de una programación que muestra el orden lógico para poder el transporte de este visualizada en el FACTORY I/O.

- Para un correcto manejo de la red industrial se desarrolló una guía de práctica pertinente a los requerimientos del laboratorio de control industrial, logrando un mejor entendimiento sobre el aporte de la red industrial Modbus RTU a los procesos industriales.

RECOMENDACIONES

- Al realizar el ponchado de cable profibus con el conector profibus es importante realizar el corte con medidas exactas para una correcta conexión entre el Modbus-RTU y los variadores de frecuencia.

- Es primordial al momento de la configuración de los variadores de frecuencia, reiniciar a modo de fábrica al variador, para establecer los parámetros establecidos de acuerdo con el motor trifásico y la conexión del protocolo de comunicación Modbus-RTU.

- Es importante tomar en cuenta la nomenclatura de lectura y escritura para la programación de la red industrial Modbus-RTU, donde la codificación para escritura es 1 y lectura es 0.

- Es de importancia establecer un orden requerido para el uso de las variables al momento de la programación para prevenir malas asignaciones tanto de nombres y direcciones.
- Tener en cuenta que para programar los variadores de frecuencia y el panel HMI se utiliza datos hexadecimales ya sea para escritura o lectura.
- Realizar pruebas rápidas a los variadores de frecuencia antes de conectar al tablero industrial con el objetivo de familiarizarse con la configuración de los variadores.
- Tomar en cuenta que los variadores de frecuencia necesitan un voltaje de 220, para un correcto funcionamiento de este.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS Y ANEXOS

REFERENCIAS

- BARRETO. monografias.com. [En línea] 2016. [consultado el: 16 de junio de 2020.] Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables.shtml>.
- Caballero, C & Zambrano, R. (2018). *Diseño E Implementación De Una Red Modbus/RTU Entre Dos Automatas Programables S7-1200 Basado En El Estándar* (tesis de pregrado). Universidad Salesiana. Guayaquil, Ecuador.
- Calcina, A. (2016). *Optimización del funcionamiento de un motor de inducción para el ahorro de energía eléctrica en el laboratorio UNCP* (tesis de posgrado). UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU.
- Caputo, R. (2015). *Produc Manager- Control & Protección ABB Argentina. S.A*, Revista Ingeniería Eléctrica.
- Castillo J. y Marrufo E. (2018). *Instalaciones eléctricas*. Perú: McGrawHillEducation
- CEAACES. (2015). Modelo genérico de evaluación del entorno de aprendizaje de carreras presenciales y semipresenciales de las universidades y escuelas politécnicas del Ecuador. Quito
- JS TECHNIK (2019). *Operation Manual LS-IG5A -Frequency Inverter 0.4 KW -11kM*. Recuperado el 1 de febrero de 2018, Obtenido de: www.js-technik.de
- LOGICBUS (2019). *¿Qué es Modbus?*. Recuperado de: <https://www.logicbus.com.mx/Modbus.php#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20protocolo%20Modbus%20RTU%3F&text=Es%20el%20protocolo%20de%20mayor,los%20resultados%20a%20una%20PC>
- Modbus.org. (2015). *Diseño de sistemas SCADA para monitoreo de procesos*. Recuperado el 27 de Julio de 2017, Obtenido de <http://www.Modbus.org/>
- Modbus.org. (Mayo de 2015). *Modbus TCP Internet TCP IP*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2016, Obtenido de <http://www.anybus.fr/technologies/Modbustcp.shtml>

Modbus.org. (Marzo de 2015). *Protocolo Modbus - National Instruments*. Recuperado el 18 de Marzo de 2017, Obtenido de <http://www.ni.com/white-paper/52134/es/>

Ortiz, A (2018). *Programación de PLC, HMI y comunicaciones en la industria*. Obtenido de: <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/11026/1/L0101.pdf>

SIEMENS (2020). *Arrancadores suaves y aparatos estéticos. Módulos de comunicación Modbus SIRIUS 3RW5*. Recuperado por: https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109753755/manual_Modbus_communication_module_3RW5_es-MX.pdf?download=true

SINAMICS (2020). *Convertidor SINAMICS G120X*. Recuperado de: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:900ff663-77cb-4889-a449-7aa9d8d535f5/version:1560944625/manual-sinamics-g120x.pdf>

SMC. (2016). *SMC Training Center*. Recuperado el 19 de Julio de 2016, Obtenido de <http://www.smctraining.com/webpage/indexpage/311/>

Salazar, R. & Mora, E. (2017). *Diseño de sistemas SCADA para monitoreo de procesos*. Recuperado el 27 de Julio de 2017, Obtenido de <http://www.Modbus.org/>

ANEXOS

Anexo 1 Presupuesto

Tabla 55

Presupuesto del proyecto

N.º	Ítem	Valor \$
1	Equipos, software y servicio técnico	598
2	Movilización	60
3	Materiales e insumos	60
4	Material de impresión	80
5	Gastos Varios	60
	Valor Total	858

Nota de la Tabla. Elaborado por: Guadalupe, D y Oña, C (2020). *Presupuesto del proyecto.*

Anexo 2 Cronograma

N.º	Actividades	SEMANAS												Total	
		Junio				Agosto				Septiembre				Horas	%Actividades
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Metodología de investigación	[Barra naranja]												30	7.5
2	Identificación del problema			[Barra gris]										5	1.25
3	Recopilación de bibliografía similar	[Barra amarilla]												30	7.5
4	Realización del marco teórico			[Barra azul]								25	6.25		
5	Realización de la investigación			[Barra verde]								160	40,00		
6	Aplicación de instrumentos para evaluación					[Barra gris oscura]								15	3.75
7	Análisis de los resultados							[Barra azul]				15	3.75		
8	Socialización con el tutor	[Barra marrón]												30	7.5
9	Aplicación de instrumento para evaluación									[Barra amarilla]				15	3.75

10	Desarrollo de informe final		75	18.75
	Total		400	100

Nota Elaboración propia.



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Industrial

TEMA

LABORATORIO DE CONTROL INDUSTRIAL

PRÁCTICA N°

“SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES MEDIANTE VARIADORES DE FRECUENCIA Y EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS-RTU.”

1. OBJETIVOS

- 1.1. Establecer conexión del programa TIA PORTAL V5 con el PLC y HMI.
- 1.2. Implementar la comunicación entre un PLC Maestro y un esclavo a través de Protocolo Modbus RTU.
- 1.3. Configurar los variadores de frecuencia acorde a los motores trifásicos.
- 1.4. Establecer la codificación de los parámetros en el Software TIA PORTAL V15, para la visualización en el panel HMI.
- 1.5. Simular procesos industriales en el software Factory IO.

2. MARCO TEÓRICO

Modbus RTU (Unidad Terminal Remota) es el sistema bus con protocolo de entrega Modbus, el cual es un protocolo de fácil manipulación que requiere de poco desarrollo y tiene mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

Al respecto SIEMENS (2020) menciona:

Se basa en una arquitectura maestro/esclavo y transfiere datos en serie. El controlador tiene como maestro el ánimo de transmisión de datos, a su vez envía solicitudes a los esclavos. Las solicitudes integran un código de función y extras, a las que un esclavo no puede transferir información al maestro de forma independiente. (p.26).

El esclavo procesa las peticiones del maestro y responde en un plazo determinado con una de las siguientes confirmaciones:

- Datos solicitados.
- Código de error.

2.1. Protocolo de comunicación Modbus RTU

Modbus es un protocolo de solicitud y respuesta ejecutado, usando una relación maestro-esclavo. Dentro de una relación maestro-esclavo, la comunicación siempre se produce en pares, un dispositivo debe iniciar una petición y luego esperar una respuesta y el dispositivo de inicio (el maestro) es responsable de iniciar cada interacción. Por lo general, el maestro es una interfaz humano-máquina (HMI) o sistema SCADA y el esclavo es un sensor, controlador lógico programable (PLC) o controlador de automatización programable (PAC). El contenido de estas solicitudes y respuestas, y las capas de la red a través de las cuales se envían estos mensajes, son definidas por las diferentes capas del protocolo (Logicbus, 2019).

Beneficios de utilizar el protocolo Modbus RTU/TCP (Logicbus, 2019).

- El Código abierto no se requiere pagar por licencia.
- Soportado por HMIs o softwares SCADA.
- Fácil manipulación.
- Fácilmente se puede integrar equipos.
- Desarrollo a bajos costos.
- De relevancia en la industria

Tabla 1

Características Modbus RTU

INFORMACIÓN MODBUS-RTU	
Tipo de Red:	Sistemas de comunicación simple Maestro/ Esclavo
Topología:	RS-232: Conexión punto a punto entre Maestro y esclavo. RS-485: Tipo de bus con segmentos de hasta 32 dispositivos. Cada segmento debe tener un inicio y un final.

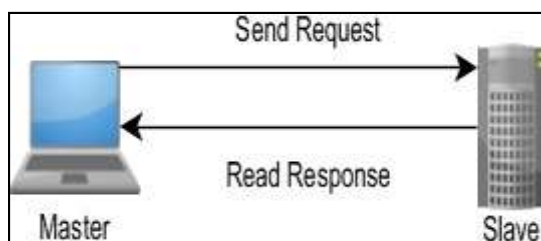
Instalación:	Cable blindado de par trenzado. Longitud de la línea en función de los medios físicos y velocidad de transmisión.
Velocidad de datos:	Seleccionable por el usuario, dependiendo de los medios físicos. Pueden ser: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 baudios.
Máximas Estaciones:	1 Maestro y hasta 246 esclavos.
Datos:	0-252 por estructura.
Funciones de red:	Red simple Maestro/Esclavo para punto a punto (RS-232) o comunicación multipunto (RS-485)

Nota. La siguiente tabla nos muestra la información básica para el uso del protocolo de comunicación Modbus RTU, lo mismo que es importante para establecer una comunicación sin problemas y una vez más estable. Protocolo abierto Modbus RTU, 2015.

Modbus es un protocolo de solicitud-respuesta implementado usando una relación maestro-esclavo. En una relación maestro-esclavo, la comunicación siempre se produce en pares, un dispositivo debe iniciar una solicitud y luego esperar una respuesta y el dispositivo de inicio (el maestro) es responsable de iniciar cada interacción. Por lo general, el maestro es una interfaz humano-máquina (HMI) o sistema SCADA y el esclavo es un sensor, controlador lógico programable (PLC) o controlador de automatización programable (PAC).

Figura 1

Relación de Red Maestro-Esclavo



Nota. La imagen nos ilustra la red maestro-esclavo y su relación. Protocolo abierto Modbus RTU, 2015.

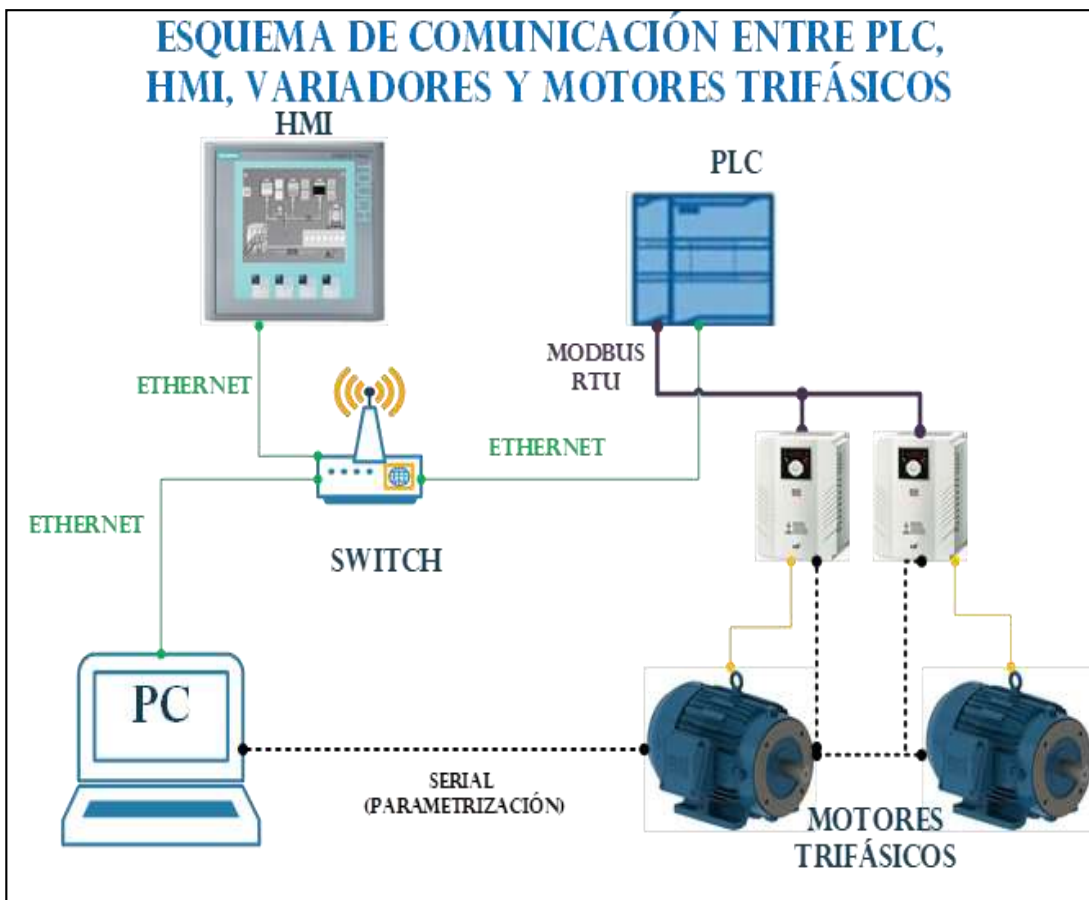
TRABAJO PREPARATORIO

- 2.2. Consulte acerca de la codificación que se utiliza en el protocolo de Comunicación Modbus-RTU
- 2.3. Consulte el manual de configuración de los variadores de frecuencia modelo LS-iG5A
- 2.4. Desarrolle la programación para la simulación de procesos industriales según los parámetros a obtener en el panel de control HMI.

Para el control y monitoreo se utilizan un PLC, un esclavo y un maestro Modbus RTU.

Figura 2

Esquema de comunicación entre PLC, HMI, variadores y motores trifásicos



Nota. Elaboración propia.

EQUIPO Y MATERIALES

- **PC: Software:** TIA PORTAL V15, FACTORY IO
- **Controlador:** PLC y Modbus-RTU.
- **Otros** Variadores de frecuencia modelo LS-iG5A, HMI y motores trifásicos,

PROCEDIMIENTO

- 2.5. El docente pertinente realizará una breve explicación previo al desarrollo de la práctica.
- 2.6. El estudiante realizará la configuración de los variadores de frecuencia.
- 2.7. El estudiante realizará la codificación de los datos para obtener los parámetros eléctricos necesarios del proceso industrial.
- 2.8. El estudiante comprobará la codificación de los parámetros a obtener con el docente del laboratorio.

3. INFORME

Elaborar un informe acorde el formato establecido por la Universidad con todos los datos obtenidos.

En la parte de resultados debe contar con:

- 3.1. Establecer los datos a utilizar en datos Hexadecimales.
- 3.2. Utilizar tablas para establecer la codificación realizada en el software TIA PORTAL V15 con cada bloque de programa para la obtención de los parámetros eléctricos que se visualiza en el panel HMI.
- 3.3. La simulación del proceso a seleccionar.

REFERENCIAS

- SIEMENS (2020). *Arrancadores suaves y aparatos estéticos. Módulos de comunicación Modbus SIRIUS 3RW5*. Recuperado por:
https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/109753755/manual_Modbus_communication_module_3RW5_es-MX.pdf?download=true

- SINAMICS (2020). *Convertidor SINAMICS G120X*. Recuperado de:
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:900ff663-77cb-4889-a449-7aa9d8d535f5/version:1560944625/manual-sinamics-g120x.pdf>
- SMC. (2016). *SMC Training Center*. Recuperado el 19 de Julio de 2016, Obtenido de <http://www.smctraining.com/webpage/indexpage/311/>
- *Protocolo abierto Modbus RTU*. (Mayo de 2015). Recuperado el 23 de noviembre de 2016, Obtenido de <http://www.anybus.fr/technologies/Modbusrtu.shtml>
- Modbus.org. (2015). *Diseño de sistemas SCADA para monitoreo de procesos*. Recuperado el 27 de Julio de 2017, Obtenido de <http://www.Modbus.org/>
- Modbus.org. (Mayo de 2015). *Modbus TCP Internet TCP IP*. Recuperado el 23 de noviembre de 2016, Obtenido de <http://www.anybus.fr/technologies/Modbustcp.shtml>

Elaborado por: Cristian S. Oña R.
David I. Guadalupe L.

Revisado por: Ing. Ángel Silva Conde / Docente del Laboratorio de Control industrial

Anexo 05 Cronograma ingreso a la Universidad

Riobamba, 27 de agosto de 2020

Ing. Fabián Silva Mg

DIRECTOR DE CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Presente

De mi consideración

Reciba un cordial saludo, el presente tiene por objeto solicitar de la manera más comedida realice el trámite correspondiente para el uso del Laboratorio de Controles Industriales, con la finalidad de realizar el desarrollo de tema de tesis "**Simulación de procesos industriales mediante variadores de frecuencia y el protocolo de comunicación MODBUS-RTU**" carrera de Ingeniería Industrial, en colaboración con el Ing. Edison Verdesoto Técnico de laboratorio de controles industriales con el tutor de proyecto de investigación Ing. Ángel Silva con quien se coordinará para la ejecución y desarrollo de las actividades, bajo el siguiente horario de trabajo:

Por la favorable atención a la presente información y en espera de sus comentarios Atentamente

Hora	Lunes (14/09/2020)	Martes (15/09/2020)	Miércoles (16/09/2020)	Jueves (17/09/2020)	Viernes (18/09/2020)
09h00- 11h00	Instalación de tablero de control	Desarrollo de programación TIA PORTAL	Toma de datos de variables TIA PORTAL	Desarrollo de programación TIA PORTAL	Toma de datos de variables TIA PORTAL
11h00- 13h00		V15 Proceso 1	V15 proceso 1	V15 Proceso 2	V15 Proceso 2

Hora	Lunes (21/09/2020)	Martes (22/09/2020)	Miércoles (23/09/2020)	Jueves (24/09/2020)	Viernes (25/09/2020)
09h00- 11h00	Desarrollo de programación TIA PORTAL	Toma de datos de variables TIA PORTAL	Simulación Factory I/O	Simulación Factory I/O	Simulación Factory I/O
11h00- 13h00		V15 Proceso 3	proceso 1	proceso 2	proceso 3

Por la atención a la presente, le agradecemos.

Atentamente,



Cristian Oña



David Guadalupe

Correo electrónico: csosa.fi@unach.edu.ec
Teléfono convencional: 032 722 538
Teléfono móvil: 0984108340

diguadalupe.fi@unach.edu.ec
032612062
0999625398

Anexo 06 Factura de la compra de equipos



Automatizando al país del futuro

Teléfono: 2504423 / 2505466 / 2565487

www.inaselecuador.com

**INSTALACION ASESORIA Y SUMINISTROS ELECTRICOS
INASEL CIA LTDA**

Dirección: Jorge Juan N32-24 y Av. Mariana de Jesús
Matriz:

Dirección: Jorge Juan N32-24 y Av. Mariana de Jesús
Sucursal:

Contribuyente Especial No.: 0

Obligado Llevar Contabilidad: SI

R.U.C.: 1791826140001

FACTURA Nro.: 001-100-000023318

Número de Autorización:

2907202001179182614000120011000000233181234567816

Fecha y Hora de Autorización:

2020-07-29T10:18:50-05:00

Ambiente: PRODUCCION

Emisión : NORMAL

CLAVE DE ACCESO



2907202001179182614000120011000000233181234567816

Razón Social / Nombres y Apellidos: HERNÁN ALEJANDRO ORTIZ CARRASCO

Identificación: 0604072769

Fecha Emisión: 29/07/2020

Orden / Compra:

Guía Remisión:

Codigo Principal	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
286428	1.00	CPU 1212C AC/DC 85-264VAC 6ES7212-1BE40-0XB0	520.00	38.00	322.40
169513	1.00	MODULO DE COMUNICACION PROFIBUS CM1243-5 6GK7243-5DX30-0XE0	901.00	38.00	558.62
208273	1.00	MODULO DE COMUNICACION RS485 6ES7241-1CH32-0XB0	291.00	38.00	180.42
17872	2.00	CONECTOR PROFIBUS S/BORNE DE CONEXION 6ES7972-0BA52-0XA0	104.00	38.00	128.96
19500	5.00	CABLE PROFIBUS 6XV1830-OEH10 ESTANDAR SIMAT/SIEMENS*	5.45	38.00	16.90
SERV001	1.00	SERVICIOS DE TRANSPORTE	6.00		6.00

FORMA DE PAGO

OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO: **1,358.89**

INFORMACION ADICIONAL

Dirección: Riobamba - Calles Colombia 1943 y Tarqui

Teléfono: 0995759280

Email: alejoaoc@gmail.com

Concepto: SVL6BS7997 SVLNA76547

SUBTOTAL FACTURA	1,213.30
SUBTOTAL 12%	1,213.30
SUBTOTAL 0%	0.00
TOTAL Descuento (0.00 %)	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS (S)	1,213.30
SUBTOTAL NO GRAVA IVA	0.00
SUBTOTAL GRAVA IVA	1,213.30
IVA 12%	(I) 145.60
IRBPNR	0.00
PROPIÑA	0.00
VALOR TOTAL (S + I)	1,358.89