



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

**DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y
COMPUTACIÓN**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

**TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE
VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO MEDIANTE LA
COMUNICACIÓN MODBUS RTU UTILIZANDO EL
VARIADOR DE VELOCIDAD SIEMENS V20 Y EL PLC S7-1200”**

AUTOR: NARVÁEZ HARO, RAÚL ANÍBAL

DIRECTORA: ING. JESSY ESPINOSA

LATACUNGA

2016



DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO MEDIANTE LA COMUNICACIÓN MODBUS RTU UTILIZANDO EL VARIADOR DE VELOCIDAD SIEMENS V20 Y EL PLC S7-1200”** realizado por el señor **NARVÁEZ HARO RAÚL ANÍBAL**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **NARVÁEZ HARO RAÚL ANÍBAL** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Diciembre del 2016

SRA. ING. JESSY ESPINOSA

DIRECTORA



DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Narváez Haro Raúl Narváez

DECLARO QUE:

Este trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO MEDIANTE LA COMUNICACIÓN MODBUS RTU UTILIZANDO EL VARIADOR DE VELOCIDAD SIEMENS V20 Y EL PLC S7-1200”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, respetando derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de trabajo de grado en mención.

Latacunga, Diciembre de 2016

Narváez Haro Raúl Narváez

C.I. 1720339512



DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, Narváez Haro Raúl Narváez

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO MEDIANTE LA COMUNICACIÓN MODBUS RTU UTILIZANDO EL VARIADOR DE VELOCIDAD SIEMENS V20 Y EL PLC S7-1200”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad

Latacunga, Diciembre de 2016

Narváez Haro Raúl Narváez
C.I. 1720339512

DEDICATORIA

A mis padres, mis hermanos y mi abuelito que creyeron en mi brindándome su confianza, sus valiosos consejos que me dieron ánimos para poder seguir adelante en todo momento y su incondicional apoyo que me dedicaron durante toda la carrera para poder así culminar una meta más de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme siempre su bendición, estar siempre presente protegiéndome en todo momento de mi vida y por brindarme muchas fuerzas para vencer todo obstáculo que se me presente.

A la Ing. Jessy Espinosa por su dedicación, sus conocimientos, su experiencia y su paciencia que me brindo durante todo el desarrollo de este proyecto y gracias a ello pude culminar mis estudios con éxito.

También quisiera agradecer a todos mis profesores presentes durante toda mi carrera profesional que aportaron en mi formación académica y en especial al Ing. Pablo Pilatasig por su valiosa enseñanza y sobre todo por su amistad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.5 Objetivo general	3
1.6 Objetivos específicos.....	3
1.7 Alcance	3
CAPITULO II	4
MARCO TEORICO.....	4
2.1 Controlador lógico programable (PLC).....	4
2.1.1 PLC S7-1200	4
2.1.2 Capacidad de expansión del PLC S7-1200	5

2.1.3	Características del PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Rly.....	7
2.1.4	Módulo de comunicación CM1241.....	7
2.2	Paneles SIMATIC HMI.....	8
2.2.1	Componentes del KTP600 PN mono Basic	8
2.2.2	Características	10
2.2.3	Conectar y probar el panel del operador	10
2.2.4	Funciones generales del teclado de pantalla	11
2.3	Tia Portal V12	12
2.3.1	Instrucciones Modbus en el TIA PORTAL	14
2.4	Variador de Frecuencia Siemens V20	15
2.4.1	Disposición de los bornes.....	15
2.4.2	Basic Operator Panel (BOP) integrado	16
2.4.3	Funciones de los botones	17
2.4.4	Iconos de Estado del Convertidor	19
2.4.5	Estados del LED.....	19
2.5	Motores Asíncronos o de Inducción.....	20
2.5.1	Tipos.....	20
2.5.2	Estructura	21
2.6	HMI (Interacción Humano-Máquina)	23
2.6.1	Introducción	23
2.6.2	Características HMI	24
2.7	Comunicación serial	24
2.8	Protocolo RS-485	25
2.8.1	Comunicación RS-485 a dos hilos (half-duplex).....	25
2.9	Modbus	26
2.9.1	Unidad de datos de protocolo.....	26

2.9.2	Unidad de Datos de Aplicación.....	27
2.10	Conector y cable de bus PROFIBUS.....	28
CAPITULO III.....		30
DESARROLLO DEL TEMA		30
3.1	Preliminares.....	30
3.2	Requerimientos mínimos de Hardware	30
3.2.1	PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Rly	30
3.2.2	Módulo de Comunicación CM1241 RS422/485.....	31
3.2.3	Variador de velocidad SINAMICS V20	32
3.2.4	Motor trifásico Siemens	37
3.2.5	TOUCH PANEL KTP600 Basic mono PN	38
3.3	Requerimientos de software	39
3.3.1	Creación del proyecto en el software TIA PORTAL.....	39
3.3.2	Programación de segmentos.....	45
3.3.3	Programación de la HMI.....	60
3.3.4	Cargar dispositivos.....	67
3.4	Conexiones Físicas	71
3.5	Pruebas funcionales	71
CAPITULO IV.....		74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		74
4.1	Conclusiones.....	74
4.2	Recomendaciones	75
GLOSARIO DE TERMINOS.....		76
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		77
ANEXOS.....		79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Funciones del teclado de pantalla	12
Tabla 2 Funciones de los botones	18
Tabla 3 Iconos de estado	19
Tabla 4 Estados del Led	20
Tabla 5 Parámetros de restauración de valores	34
Tabla 6 Parámetros del motor trifásico	35
Tabla 7 Parámetros Modbus RTU.....	36
Tabla 8 Instrucciones "MB_COMM_LOAD".	50
Tabla 9 Instrucciones MB_MASTER	55
Tabla 10 Comparación de valores de velocidad.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: PLC S7-1200	5
Figura 2 Partes de la Signal Boards	5
Figura 3 Partes de módulos de señal.....	6
Figura 4 Partes de módulo de comunicación	6
Figura 5 CM 1241	8
Figura 6 Componentes del KTP600 PN mono Basic.....	9
Figura 7 Conexión de la pantalla a la fuente.....	10
Figura 8 Loader	11
Figura 9 Vista orientada a tareas del TIA PORTAL.....	13
Figura 10 Automatización completa en un solo sistema.....	14
Figura 11 Bornes V20	16
Figura 12 Panel	17
Figura 13 Estator.....	22
Figura 14 Rotor	22
Figura 15 Partes de un motor asíncrono de jaula de ardilla	23
Figura 16 Comunicación serial	24
Figura 17 Trama de datos.....	25
Figura 18: RS-485 dos hilos	26
Figura 19 La ADU de RTU.....	28
Figura 20 La ADU de ASCII	28
Figura 21 Conector sud-D con salida 90°	29
Figura 22 PLC S7-1200	31
Figura 23 Alimentación del PLC S7-1200.....	31
Figura 24 CM 1241 RS422/485	32

Figura 25 Integración del CM 1241	32
Figura 26 Convertidor SINAMICS V20	33
Figura 27 Conexión de las resistencias	33
Figura 28 Alimentación del variador V20	33
Figura 29 Selección de frecuencia	34
Figura 30 Macros para la comunicación Modbus RTU	36
Figura 31 Conexión interna del motor	37
Figura 32 Motor trifásico Siemens.....	37
Figura 33 Conexión del motor al variador	38
Figura 34 Integración de la Touch Panel a la red	38
Figura 35 Ingreso al programa	39
Figura 36 Crear nuevo proyecto.....	40
Figura 37 Agregar dispositivos	40
Figura 38 Selección del dispositivo	41
Figura 39 Configuración de dispositivos	41
Figura 40 Agregar el módulo de comunicación.....	42
Figura 41 Puerto ETHERNET	42
Figura 42 Configuración de la dirección IP	43
Figura 43 Dispositivos accesibles	43
Figura 44 Marcas de sistema de ciclo	44
Figura 45 Configuración del puerto del módulo de comunicación.....	45
Figura 46 Crear un DB (Bloque de Datos)	46
Figura 47 Bloque de datos creado.....	46
Figura 48 Propiedades del bloque de datos.....	47
Figura 49 Tabla de declaración.....	47

Figura 50 Tabla de variables	48
Figura 51 instrucción CMP==	48
Figura 52 Instrucción CMP==	49
Figura 53 Utilización de la instrucción MB_COMM_LOAD	49
Figura 54 Instrucción MB_COMM_LOAD	51
Figura 55 Instrucción MOVE	51
Figura 56 Segmento 1	52
Figura 57 Palabra de control STW	52
Figura 58 Instrucción CMP==	53
Figura 59 Instrucción operación lógica.....	53
Figura 60 Instrucción de transferencia.....	53
Figura 61 Instrucción activar salida	54
Figura 62 Instrucción MB_MASTER.....	54
Figura 63 Segmento 2 (Configuración de la instrucción MB_MASTER).....	56
Figura 64 Segmento 2	56
Figura 65 Instrucción MOVE	57
Figura 66 Segmento 2	57
Figura 67 Instrucción CMP==	57
Figura 68 Instrucción CALCULATE y ROUND	58
Figura 69 Bloque MB_MASTER	58
Figura 70 Segmento 3	59
Figura 71 Bloque MB_MASTER	59
Figura 72 Segmento 4	60
Figura 73 Segmento 5	60
Figura 74 Agregar HMI	61

Figura 75 Conexiones de PLC	61
Figura 76 Visualización de la comunicación	62
Figura 77 Formato de imagen	62
Figura 78 Finalizar la asistencia del panel de operador	63
Figura 79 Visualización de la TOUCH creada	63
Figura 80 Insertar botones.....	64
Figura 81 Campos E/S	64
Figura 82 Modificar texto	65
Figura 83 Agregar Función del botón 1	65
Figura 84 Agregar variable del botón 1	65
Figura 85 Agregar variable del botón 2	66
Figura 86 Agregar variable botón 3	66
Figura 87 Configuración del Campo E/S 1	66
Figura 88 Configuración del Campo E/S 2.....	67
Figura 89 Pantalla de usuario.....	67
Figura 90 Pasos para cargar el PLC	68
Figura 91 Pantalla para verificar la conexión de dispositivos	68
Figura 92 Ventana final para cargar PLC	69
Figura 93 Configuración de la IP de la HMI	69
Figura 94 Cargar HMI_1.....	70
Figura 95 Venta final para cargar HMI.....	70
Figura 96 Conexiones Físicas	71
Figura 97 Variación de velocidad	72
Figura 98 Lectura de velocidad.....	73

RESUMEN

La finalidad de este proyecto de graduación es la implementación de un control de velocidad mediante la comunicación Modbus, para un motor trifásico Siemens de 4hp en conexión $\Delta\Delta$ operando con 220V, proporciona una velocidad de salida de 1745 rpm el cual va conectado al bloque de potencia del variador de velocidad Siemens V20 que requiere de 220V para su alimentación, la configuración de los parámetros se realizó mediante el teclado integrado y la visualización en el LCD, funcionando como esclavo en la red que es controlado por el maestro PLC S7-1200, cuya programación se realizó en el software TIA PORTAL V12 utilizando instrucciones Modbus, al PLC se le añadió al lado izquierdo el módulo de comunicación CM 1241 RS422/485 que tiene integrado los drivers de comunicación Modbus RTU (maestro), conectando en su interfaz física un conector Profibus con su cable de bus a las resistencias de terminación las cuales se conectaron al variador de velocidad, mediante Profinet se realizó la interconexión de la PC, PLC y la Touch Panel que trabajan simultáneamente para el HMI (Interfaz Hombre Máquina), para lo cual se programó en la pantalla táctil (KTP600 Basic mono PN) que sirvió para variar la velocidad y la inversión de giro del motor trifásico de manera didáctica y fácil de comprender, una vez terminada la implementación del HMI se realizó pruebas de funcionamiento obteniendo una excelente comunicación entre los diferentes dispositivos integrados.

Palabras Claves

- **Modbus**
- **RTU**
- **Interfaz**
- **Profinet**
- **HMI**

ABSTRACT

The purpose of this graduation project is the implementation of a speed control through Modbus communication, for a Siemens three-phase motor of 4hp in connection $\Delta\Delta$ operating with 220V, it provides an output speed of 1745 rpm which is connected to the block of Power of the Siemens V20 variator that requires 220V of power supply, the parameters configuration was made using the integrated keyboard and LCD display, operating as a slave in the network that is controlled by the S7-1200 PLC master, Which programming was carried out in the TIA PORTAL V12 software using Modbus instructions, the CM 1241 RS422 / 485 communication module was added to the PLC on the left side, which has the Modbus RTU (master) communication drivers integrated, a Profibus connector with its bus cable to the termination resistors that were connected to the variable speed drive, through a Profinet conector were made the interconnections of the PC, PLC and the Touch Panel simultaneously working for the HMI (Human Machine Interface). It was programmed in the touch screen (KTP600 Basic mono PN), which served to vary the speed and the turning inversion of the three-phase motor in a didactic and easy to understand way, once the implementation of the HMI was finished performance tests were performed obtaining an excellent Communication between the different integrated devices.

Keywords

- **Modbus**
- **RTU**
- **Interface**
- **Profinet**
- **HMI**

Lic. Wilson Villavicencio F.MSc

DOCENTE UGT

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tema.- Implementación de un control de velocidad de un motor trifásico mediante la comunicación Modbus RTU utilizando el variador de velocidad SIEMENS V20 y el Plc S7-1200.

1.1 Antecedentes

La Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE cuenta con carreras administrativas y técnicas como Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica, SAT, Logística y transporte, Mecánica Aeronáutica, Computación, Electromecánica, en el cual se forman profesionales técnicos, creativos, humanísticos con competencia en el área académica de manera que contribuya a la solución de problemas aplicando permanentemente los últimos avances tecnológicos comprometidos al desarrollo del país.

Es por ello que la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica debe ir a la par con el avance tecnológico, capacitando y formando constantemente a sus estudiantes con competencias en las áreas de máquinas eléctricas, control industrial, automatización, instrumentación y control de procesos para lo cual debe contar con laboratorios que simulen ambientes similares al campo industrial, en redes de comunicación, en control y monitorización de procesos.

Razón por la cual los centros de educación superior están realizando investigaciones sobre nuevos protocolos de comunicación aplicados en el ámbito industrial, tal es el caso de la universidad Salesiana de Guayaquil, en marzo del 2015, se realizó un proyecto cuyo tema es “Diseño e implementación de una red industrial Modbus para el control de actuadores trifásicos en el laboratorio de fabricación flexible”, los autores fueron Jefferson Gallegos y Eddy Delgado. Este trabajo tiene como objetivo principal diseñar e implementar dos maletas de entrenamiento compactas, que posean controladores lógicos programables, módulos de comunicación serial, pulsadores, selectores y actuadores necesarios para establecer

una red industrial con arquitectura maestro-esclavo o cliente-servidor, utilizando el protocolo de comunicación Modbus.

1.2 Planteamiento del problema

La carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica posee el laboratorio de Máquinas Eléctricas y Control Industrial para la enseñanza práctica de los estudiantes, entre los dispositivos con los que cuenta son variadores Power Flex4 y Sinamic G110, sin embargo en la actualidad las aplicaciones en plantas industriales y maquinaria son más, por lo que se requiere que estos procesos sean rápidos y simples.

La falta de dispositivos de tecnología de punta como lo es en la serie de los variadores de velocidad V20 imposibilita el avance de prácticas que brinden la oportunidad de desarrollar ambientes o entornos reales a los de un ambiente laboral.

Una consecuencia futura de la falta de conocimiento sobre nuevos dispositivos como el variador V20 se puede presentar en el ámbito del estudiante, cuando este ejerciendo su profesión, por no conocer su manejo y funcionalidad, por ello es necesario capacitar a los estudiantes en este tipo de tecnología.

1.3 Justificación

El motivo principal para realizar la siguiente investigación es aportar de gran manera al desarrollo educativo de la institución y formación pre-profesional de los estudiantes de la carrera de Electrónica, pudiendo así ganar experiencia práctica, ya que es necesaria para el buen desempeño en el campo laboral.

El presente proyecto contribuirá al fortalecimiento de los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas para aplicarlos realizando prácticas, de lo cual serán directamente beneficiarios los estudiantes de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica en su formación académica, y también permitiendo a los docentes adquirir destrezas en el manejo de nuevos equipos.

Para la realización del proyecto se tomó en cuenta la existencia de disponibilidad, física, técnica, operacional de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos planteados, por lo cual es factible la implementación.

1.4 Objetivos

1.5 Objetivo general

Implementar un control de velocidad de un motor trifásico mediante la comunicación Modbus RTU utilizando el variador de velocidad Siemens V20 y el Plc S7-1200, para el laboratorio de Máquinas Eléctricas y Control Industrial.

1.6 Objetivos específicos

- Indagar las características del variador de velocidad SIEMENS V20 y de los motores trifásicos de inducción utilizando manuales y la bibliografía existente.
- Investigar sobre el protocolo de comunicación Modbus RTU para el control de un motor trifásico mediante las funciones del variador SIEMENS V20.
- Configurar al Plc S7-1200 – CPU 1212C AC/DC/Rly mediante el software TIA PORTAL para la comunicación con el variador de velocidad mediante Modbus RTU.
- Implementar un HMI para el control de velocidad del motor trifásico con una TOUCH PANEL KTP 600 PN mono Basic y el software TIA PORTAL.

1.7 Alcance

Con el presente proyecto se pretende mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica en el área de Máquinas Eléctricas y Control Industrial de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, proporcionando a los estudiantes, dispositivos que permitan desarrollar prácticas del protocolo Modbus, lo que permitirá obtener mayor experiencia en el campo práctico para posteriormente desempeñarse de mejor manera en el ámbito laboral, mismo que es demandado por las actuales Industrias.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Controlador lógico programable (PLC)

Según (Moya, 2012) define al PLC como:

Un PLC (Programmable Logic Controller), es un ordenador que se utiliza en las industrias con el objetivo de automatizar un determinado proceso. Los PLC's fueron originalmente usados para reemplazar la lógica de relés, pero con el tiempo incorporaron módulos de comunicación. Como resultado, protocolos de comunicación industrial han sido implementados de manera más frecuente con los PLC's, lo que permite que el PLC pueda comunicar su estado a un Servidor Scada y forme parte de un sistema de control distribuido mediante una red de comunicación industrial. (pág. 14)

2.1.1 PLC S7-1200

El (PLC S7-1200) brinda flexibilidad y capacidad de controlar diversos dispositivos para realizar distintos procesos de automatización. Posee un diseño compacto, configuración flexible y variedades de instrucciones, con lo cual es posible controlar gran variedad de aplicaciones.

Según (Siemens, 2009) acota que:

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. (pág. 11)

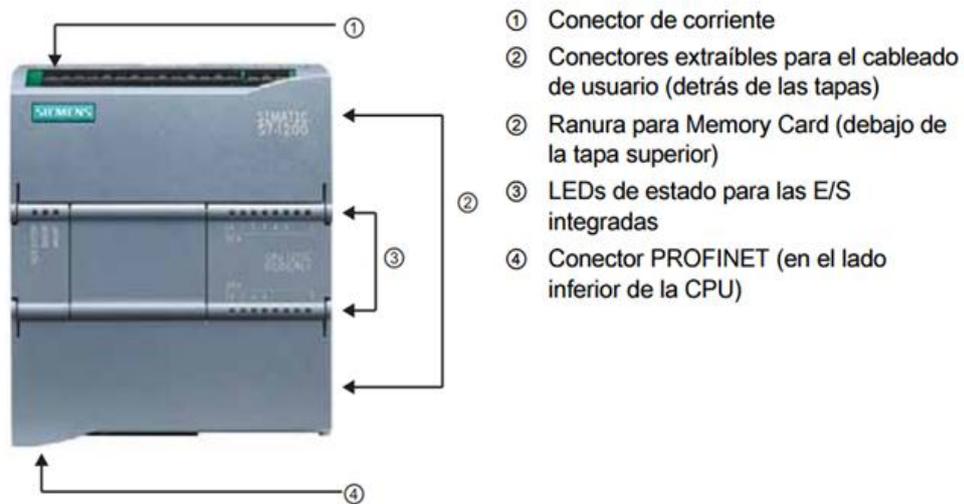


Figura 1: PLC S7-1200

Fuente: (Siemens, 2009)

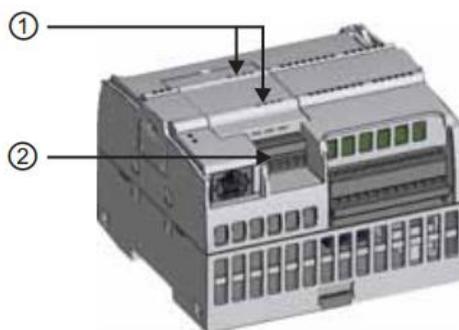
2.1.2 Capacidad de expansión del PLC S7-1200

Permite expandirse hasta 1 Signal Boardas, 3 Módulo de comunicación y 8 Módulos de señal.

Signal Boards

Una SB permite agregar E/S a la CPU. Es posible añadir una SB con E/S digitales o analógicas.

- E/S digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC)
- 1 entrada analógica



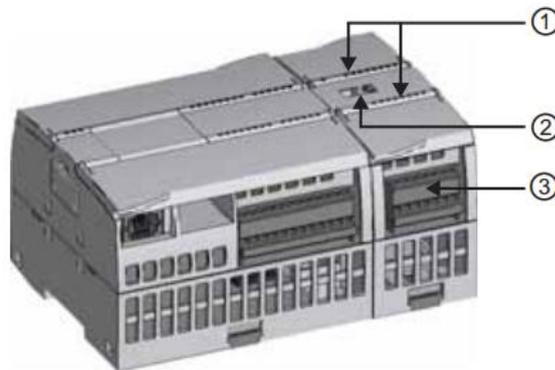
- ① LEDs de estado en la SB
 ② Conector extraíble para el cableado de usuario

Figura 2 Partes de la Signal Boards

Fuente: (Siemens, 2009)

Módulos de señal

Los módulos de señales pueden utilizarse para agregar funciones a la CPU y se conectan a la derecha de la CPU.



- ① LEDs de estado para las E/S del módulo de señales
- ② Conector de bus
- ③ Conector extraíble para el cableado de usuario

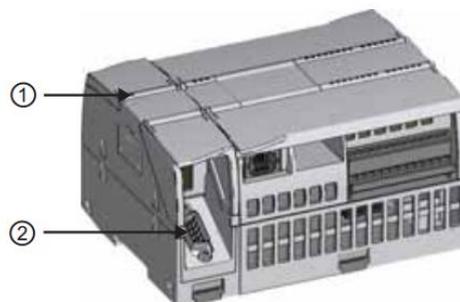
Figura 3 Partes de módulos de señal

Fuente: (Siemens, 2009)

Módulos de comunicación

Los CMs ofrecen funciones adicionales para el sistema, existen dos módulos de comunicación: RS232 y RS485.

- La CPU soporta como máximo 3 módulos de comunicación
- Todo CM se conecta en lado izquierdo de la CPU (o en lado izquierdo de otro CM) (Siemens, 2009)



- ① LEDs de estado del módulo de comunicación
- ② Conector de comunicación

Figura 4 Partes de módulo de comunicación

Fuente: (Siemens, 2009)

2.1.3 Características del PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Rly

Según (Siemens, 2009) define las siguientes características:

- Rango de tensión 85 a 264 V AC
- Fuente de alimentación incorporada de 24VCC
- Entradas integradas digitales 8 y salidas 6
- Entradas integradas analógicas 2
- Memoria de programa/datos 25KB
- Solución de arranque sencilla.
- Interfaz Ethernet/PROFINET integrado para la comunicación con dispositivos de programación, HMI u otros controladores SIMATIC.
- Ampliación Módulos de Señal 2max
- Ampliación Signal Boards 1max
- Ampliación Módulos de Comunicación 3max. (pág. 330)

2.1.4 Módulo de comunicación CM1241

La parametrización del CM 1241 es muy fácil de usar y simple utilizando el software TIA PORTAL. A continuación se presenta las características más destacables:

- Alimentación 24VDC
- Interfaces física RS 422/485
- Longitud del cable máximo 1000m
- Drivers de comunicación integrados (Modbus RTU maestro). (Siemens ag, 2009)



Figura 5 CM 1241

Fuente: (Siemens ag, 2009)

2.2 Paneles SIMATIC HMI

Según (Siemens AG, 2015) define a los paneles como:

Los paneles SIMATIC no solo destacan por su innovador diseño y su elevado rendimiento. Una de sus características únicas es la configuración con SIMATIC WinCC desde el TIA Portal, que brinda a los usuarios una eficiencia energética desconocida hasta el momento. (pág. 3)

2.2.1 Componentes del KTP600 PN mono Basic

De acuerdo a (Simatic HMI, 2015) describe los componentes de la pantalla:

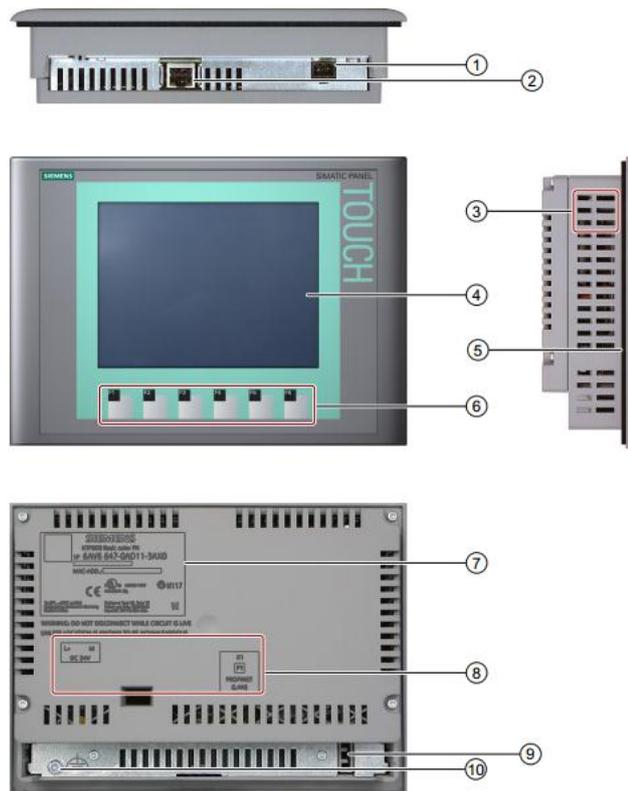


Figura 6 Componentes del KTP600 PN mono Basic

Fuente: (Simatic HMI, 2015)

- 1.-Conexión de la fuente de alimentación.
- 2.-Interfaz PROFINET.
- 3.-Escotaduras para una mordaza de fijación.
- 4.-Pantalla táctil.
- 5.-Junta de montaje.
- 6.-Teclas de función.
- 7.-Placa de características.
- 8.-Nombre del puerto.
- 9.-Guía para una tira rotulable.
- 10.-Conexión de tierra funcional. (pág. 17)

2.2.2 Características

La KTP 600 PN Basic está dotada de muchas funciones estándar para operaciones de automatización, lo que hace parte esencial de la interacción con el PLC S7-1200. A continuación se muestra las principales características:

- Interfaz PROFINET
- Diseño robusto y ahorra espacio
- Funcionalidades
- Aplicación universal
- Pantalla y gráficos
- Teclas de función

2.2.3 Conectar y probar el panel del operador

Según el manual (Simatic HMI, 2015) define la forma de conectar y probar el panel del operador:

Conecte la fuente de alimentación. La pantalla se ilumina tras conectar la fuente de alimentación. Durante el arranque se visualiza una barra de progreso. Si no arranca el panel de operador, es posible que los cables estén intercambiados en el borne de conexión de red. Compruebe los conductores conectados y cambie su conexión.

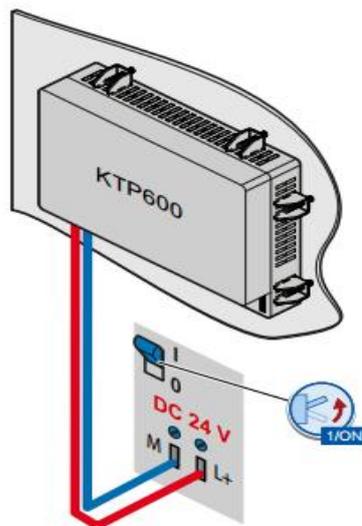


Figura 7 Conexión de la pantalla a la fuente

Fuente: (Simatic HMI, 2015)

Tras arrancar el sistema operativo se visualiza el Loader.

- Paneles táctiles: El Loader se maneja con los botones de la pantalla táctil

Con el botón o el comando de menú "Transfer" se conmuta el panel de operador al modo "Transfer". El modo de operación "Transfer" sólo se puede activar si está activado por lo menos un canal de datos para la transferencia.

- Con el botón o el comando de menú "Start" se inicia el proyecto existente en el panel de operador. Si no realiza ninguna acción, el proyecto existente en el panel de operador se iniciará automáticamente al cabo de un tiempo de retardo.
- Con el botón "Control Panel" o el comando de menú "Info/Settings" se inicia el Control Panel del panel de operador. (pág. 48)

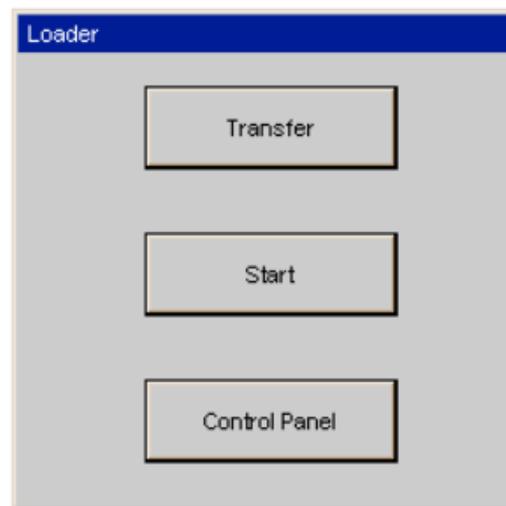


Figura 8 Loader

Fuente: (Simatic HMI, 2015)

2.2.4 Funciones generales del teclado de pantalla

“Las teclas siguientes están disponibles en el teclado de pantalla de todos los paneles de operador Basic con funciones táctiles”: (Simatic HMI, 2015, pág. 3)

Tabla 1

Funciones del teclado de pantalla

	Cursor hacia la izquierda
	Cursor hacia la derecha
	Borrar un carácter
	Cancelar la entrada
	Confirmar la entrada
	Mostrar un texto de ayuda. Esta tecla sólo aparece si se ha configurado un texto de ayuda para el objeto de control.

Fuente: (Simatic HMI, 2015)

2.3 Tia Portal V12

El manual técnico de (Siemens Ag, 2013) SIMATIC STEP 7 (TIA PORTAL) se auto define como:

Su intuitiva interfaz de usuario, su eficiente navegación y su probada tecnología hacen del TIA Portal la solución más innovadora en numerosas áreas. Desde el desarrollo hasta el montaje y la puesta en marcha, pasando por el mantenimiento y la ampliación de los sistemas de automatización, el framework ahorra tiempo, costes y trabajo de ingeniería. Todos los editores de software del TIA Portal comparten las características básicas de diseño y el método de navegación. Sea para configurar un hardware, realizar una programación lógica, parametrizar un convertidor de frecuencia o diseñar una pantalla de HMI, todos los entornos poseen editores con el mismo diseño, concebido para un manejo intuitivo que ahorra tiempo y dinero. Las funciones, propiedades y librerías se muestran automáticamente en su vista más intuitiva, según cuál sea la actividad que se desee llevar a cabo. (pág. 8)

a) Arquitectura

El manual técnico de (Siemens Ag, 2013) acota que:

El TIA Portal ofrece una avanzada arquitectura de software cuyo diseño se basa en un sencillo esquema de navegación. Su ergonomía pensada hasta el último

detalle garantiza una eficacia y un ahorro de tiempo extraordinarios. Todos los editores destacan por su distribución espacial clara y su fácil acceso. El usuario tiene el proyecto completo a la vista en todo momento, sin necesidad de moverse con el ratón a través de menús o subdivisiones complicadas.

Al inicio de cada proyecto, la vista del portal ofrece al usuario acceso rápido a todos los editores, como la programación de controladores, la visualización, la configuración de la conexión de red o el acceso online. La vista de proyecto permite un trabajo orientado a tareas.

De este modo, el TIA Portal ayuda a los usuarios, sean nuevos o experimentados, a trabajar del modo más productivo posible. (pág. 8)

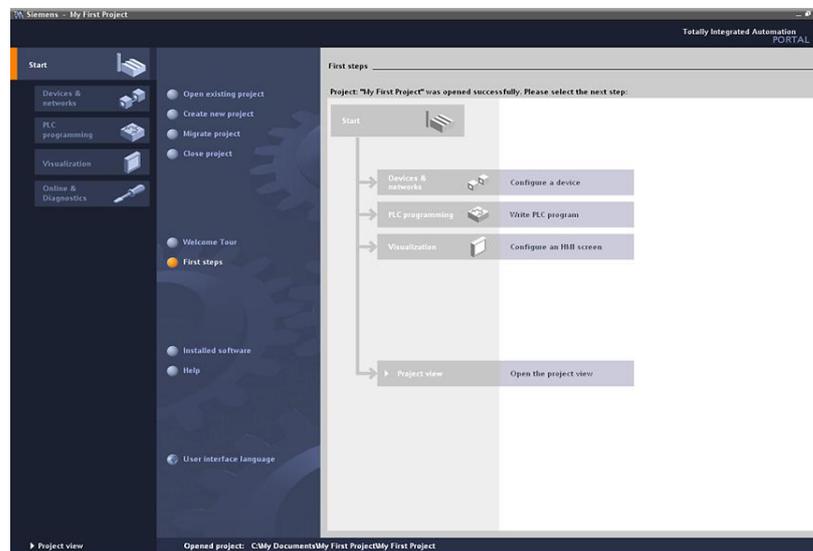


Figura 9 Vista orientada a tareas del TIA PORTAL

Fuente: (Siemens Ag, 2013)

b) Alto rendimiento

“Servicios compartidos como la descarga de elementos relacionados entre sí, referencias cruzadas homogéneas y funcionalidades online potentes y claras se administran de modo centralizado dentro del framework y están accesibles desde todos los editores.” (Siemens Ag, 2013, pág. 8)

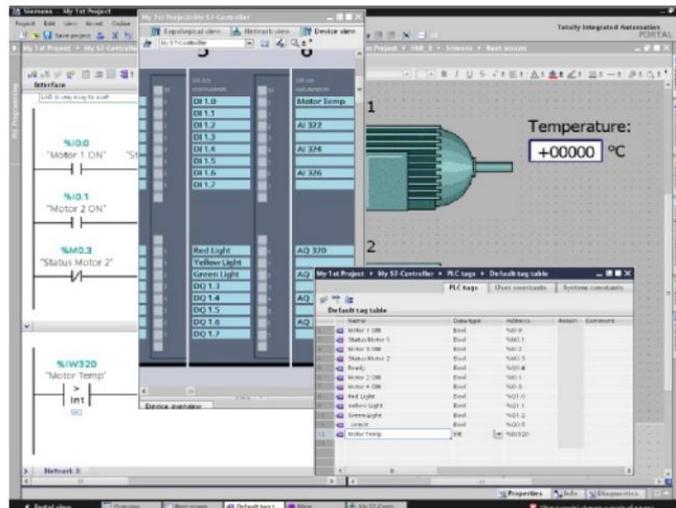


Figura 10 Automatización completa en un solo sistema

Fuente: (Siemens Ag, 2013)

c) Interoperabilidad, posibilidad de reutilización y coherencia de datos

Según el manual técnico (Siemens Ag, 2013) acota que:

En el mundo de los sistemas de automatización, la complejidad de las tareas de ingeniería puede ser muy variable. Programar algoritmos avanzados es una tarea que suele requerir mucho tiempo, y repetirla una vez realizada debería ser fácil y rápido. Un buen software de ingeniería debe garantizar la interoperabilidad. Los resultados deben ser reutilizables, a fin de ahorrar tiempo y asegurar la máxima flexibilidad en los proyectos. (pág. 9)

2.3.1 Instrucciones Modbus en el TIA PORTAL

MB_COMM_LOAD

La instrucción "MB_COMM_LOAD" configura un puerto para la comunicación mediante protocolo Modbus RTU. (Software TIA PORTAL)

MB_MASTER

La instrucción "MB_MASTER" permite comunicarse como maestro Modbus a través del puerto del módulo punto a punto (CM) o tarjeta de comunicación (CB). Es posible acceder a los datos de uno o varios dispositivos esclavo Modbus. (Software TIA PORTAL)

2.4 Variador de Frecuencia Siemens V20

Acorde al manual técnico de (Siemens, 2013) convertidor SINAMICS V20 define que:

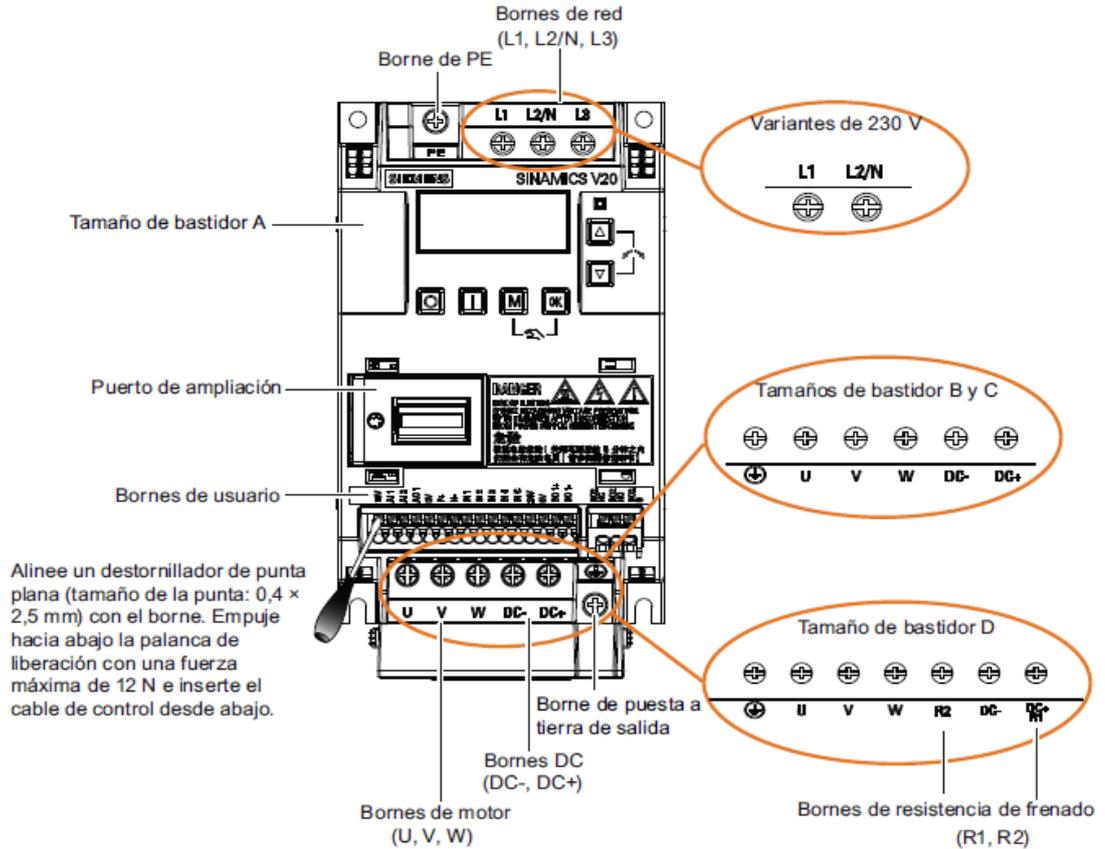
SINAMICS V20 es una gama de convertidores diseñados para regular la velocidad de motores asíncronos trifásicos.

Algunas de sus características son las siguientes:

- Alimentación de 200 a 240 V AC
- Frecuencia de 47 a 63 Hz
- Potencia nominal 3 (KW)
- Protección IP 20
- Temperatura de almacenamiento de -40 a +70 °C (pág. 283)

2.4.1 Disposición de los bornes

A continuación se observa cómo se encuentra distribuido los bornes del variador V20.



Bornes de usuario:

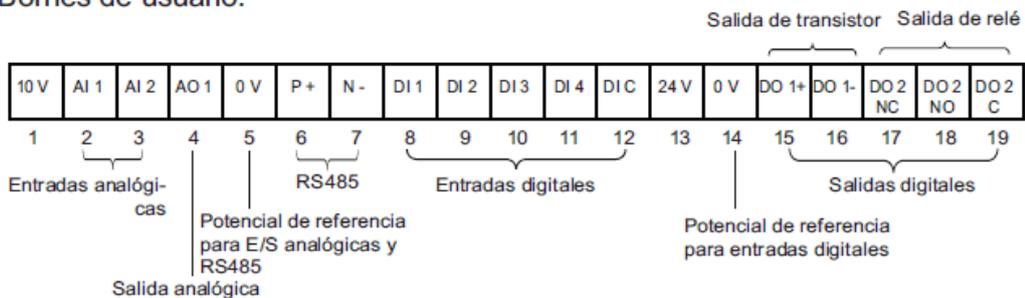


Figura 11 Bornes V20

Fuente: (Siemens, 2013)

2.4.2 Basic Operator Panel (BOP) integrado

Es el panel del mando el cual está distribuido por varias teclas y una unidad de visualización con iluminación de fondo.

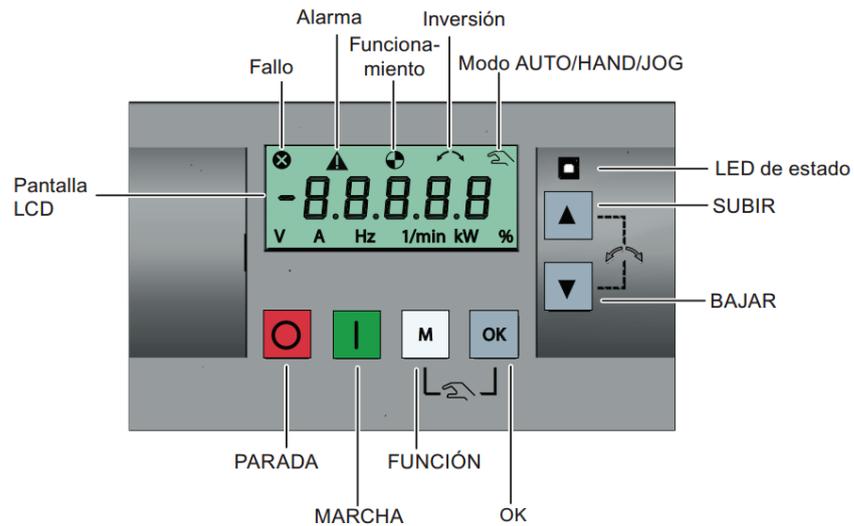


Figura 12: Panel

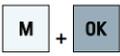
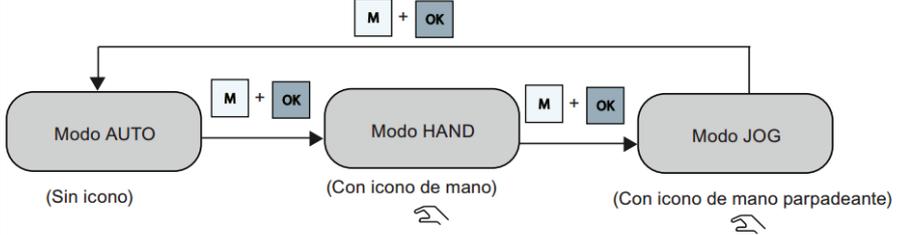
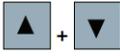
Fuente (Siemens, 2013)

2.4.3 Funciones de los botones

En esta sección se describe la función que posee cada botón que se encuentra incorporado en el panel del variador

Tabla 2

Funciones de los botones

	<p>Detiene el convertidor</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="483 371 719 510"> <p>Una pulsación</p> </td> <td data-bbox="719 371 1428 510"> <p>Reacción parada OFF1: El convertidor hace que el motor pase a una parada en el tiempo de deceleración definido en el parámetro P1121. Nota: Si está configurado para que sea una parada OFF1, este botón está inactivo en el modo AUTO.</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="483 510 719 573"> <p>Pulsación doble (<2 s) o pulsación larga (>3 s)</p> </td> <td data-bbox="719 510 1428 573"> <p>Reacción parada OFF2: El convertidor permite que el motor haga una parada natural sin emplear ningún tiempo de deceleración.</p> </td> </tr> </table>	<p>Una pulsación</p>	<p>Reacción parada OFF1: El convertidor hace que el motor pase a una parada en el tiempo de deceleración definido en el parámetro P1121. Nota: Si está configurado para que sea una parada OFF1, este botón está inactivo en el modo AUTO.</p>	<p>Pulsación doble (<2 s) o pulsación larga (>3 s)</p>	<p>Reacción parada OFF2: El convertidor permite que el motor haga una parada natural sin emplear ningún tiempo de deceleración.</p>
<p>Una pulsación</p>	<p>Reacción parada OFF1: El convertidor hace que el motor pase a una parada en el tiempo de deceleración definido en el parámetro P1121. Nota: Si está configurado para que sea una parada OFF1, este botón está inactivo en el modo AUTO.</p>				
<p>Pulsación doble (<2 s) o pulsación larga (>3 s)</p>	<p>Reacción parada OFF2: El convertidor permite que el motor haga una parada natural sin emplear ningún tiempo de deceleración.</p>				
	<p>Arranca el convertidor</p> <p>Si el convertidor arranca en modo HAND/JOG, se muestra el icono de convertidor en funcionamiento ().</p> <p>Nota: Este botón está inactivo si el convertidor está configurado para el control desde bornes (P0700 = 2, P1000 = 2) y está en modo AUTO.</p>				
	<p>Botón multifunción</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="483 786 719 920"> <p>Pulsación breve (<2 s)</p> </td> <td data-bbox="719 786 1428 920"> <ul style="list-style-type: none"> • Entra en el menú de ajuste de parámetros o pasa a la pantalla siguiente. • Reinicia la edición dígito a dígito del elemento seleccionado. • Si se pulsa dos veces en la edición dígito a dígito, vuelve a la pantalla anterior sin cambiar el elemento que se está editando. </td> </tr> </table>	<p>Pulsación breve (<2 s)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Entra en el menú de ajuste de parámetros o pasa a la pantalla siguiente. • Reinicia la edición dígito a dígito del elemento seleccionado. • Si se pulsa dos veces en la edición dígito a dígito, vuelve a la pantalla anterior sin cambiar el elemento que se está editando. 		
<p>Pulsación breve (<2 s)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Entra en el menú de ajuste de parámetros o pasa a la pantalla siguiente. • Reinicia la edición dígito a dígito del elemento seleccionado. • Si se pulsa dos veces en la edición dígito a dígito, vuelve a la pantalla anterior sin cambiar el elemento que se está editando. 				
	<p>Hand/Jog/Auto</p> <p>Se debe pulsar para cambiar entre los distintos modos:</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph LR A[Modo AUTO (Sin icono)] -- "M + OK" --> B[Modo HAND (Con icono de mano)] B -- "M + OK" --> C[Modo JOG (Con icono de mano parpadeante)] C -- "M + OK" --> A </pre> </div> <p>Nota: El modo Jog solo está disponible si el motor está detenido.</p>				
	<ul style="list-style-type: none"> • Al desplazarse por un menú, mueve la selección hacia arriba por las pantallas disponibles. • Al editar un valor de parámetro, aumenta el valor mostrado. • Cuando el convertidor está en modo RUN, aumenta la velocidad. • La pulsación larga (>2 s) de la tecla sirve para desplazarse rápidamente hacia arriba por números, índices o valores de parámetros. 				
	<ul style="list-style-type: none"> • Al desplazarse por un menú, mueve la selección hacia abajo por las pantallas disponibles. • Al editar un valor de parámetro, reduce el valor mostrado. • Cuando el convertidor está en modo RUN, reduce la velocidad. • La pulsación larga (>2 s) de la tecla sirve para desplazarse rápidamente hacia abajo por números, índices o valores de parámetros. 				
	<p>Invierte la dirección de rotación del motor. Al pulsar las dos teclas una vez activa la rotación inversa del motor. Al pulsar las dos teclas otra vez desactiva la rotación inversa del motor. El icono de reserva () de la pantalla indica que la velocidad de salida es opuesta a la consigna.</p>				

Fuente: (Siemens, 2013)

2.4.4 Iconos de Estado del Convertidor

Los distintos iconos de estado que se puede observar en la pantalla de visualización del convertidor son los siguientes:

Tabla 3

Iconos de estado

	El convertidor tiene como mínimo un fallo pendiente.	
	El convertidor tiene como mínimo una alarma pendiente.	
		El convertidor está funcionando (la velocidad del motor puede ser de 0 rpm).
	(parpadea):	El convertidor se puede energizar de forma inesperada (por ejemplo, en modo de protección antiescarcha).
	El motor gira en la dirección inversa.	
		El convertidor está en modo HAND.
	(parpadea):	El convertidor está en modo JOG.

Fuente: (Siemens, 2013)

2.4.5 Estados del LED

Según el manual técnico de (Siemens, 2013) SINAMICS V20 define los estados del led como:

SINAMICS V20 tiene un único LED para indicaciones de estado. El LED se puede visualizar en naranja, verde o rojo.

Si existe más de un estado del convertidor, el LED los muestra en el siguiente orden de prioridad:

- Clonación de parámetros
- Modo de puesta en marcha
- Todos los fallos
- Listo (sin fallo)

Por ejemplo, si hay un fallo activo cuando el convertidor está en el modo de puesta en marcha, el LED parpadea en verde a 0,5 Hz. (pág. 44)

Tabla 4

Estados del Led

Estado del convertidor	Color del LED	
Encendido	Naranja	
Listo (sin fallo)	Verde	
Modo de puesta en marcha	Parpadeo lento en verde a 0,5 Hz	
Todos los fallos	Parpadeo rápido en rojo a 2 Hz	
Clonación de parámetros	Parpadeo en naranja a 1 Hz	

Fuentes: (Siemens, 2013)

2.5 Motores Asíncronos o de Inducción

La publicación de (ABB, 2015) define a los motores trifásicos:

Los motores asíncronos trifásicos pueden incluirse entre las máquinas eléctricas más fiables que existen; desarrollan su función durante muchos años con intervenciones de mantenimiento muy reducidas y se adaptan a distintas prestaciones en función de las exigencias, cubriendo tanto aplicaciones de producción como de servicio.

Los motores se utilizan en los sectores industriales más variados, como por ejemplo las industrias alimentaria, química, metalúrgica, papelera, minera o las instalaciones de tratamiento de aguas. Las aplicaciones incluyen máquinas con piezas móviles a velocidad fija o variable, como por ejemplo los sistemas de elevación, como ascensores o montacargas; de transporte, como las cintas transportadoras; los sistemas de ventilación y climatización, como las unidades de tratamiento del aire; sin olvidar el que es probablemente el uso más común: las bombas y los compresores. (pág. 3)

2.5.1 Tipos

Según el estudio de (ABB, 2015) constituye que:

El motor asíncrono trifásico puede ser:

- Con rotor bobinado, llamado también de anillos.
- Con rotor en cortocircuito, o más conocido como rotor de jaula de ardilla.

La diferencia principal entre los dos tipos reside en la estructura del rotor; para ser más precisos, en el primer tipo el rotor está constituido por varios devanados como los del estator, presenta una estructura más compleja y delicada (escobillas que rozan con el rotor, con la posible interposición de resistencias para el control de la fase de arranque) con necesidad de mantenimiento periódico y dimensiones generales elevadas, mientras que el segundo tipo tiene un rotor constituido por barras cerradas en cortocircuito, por lo que, gracias a una mayor simplicidad constructiva, da origen a un tipo de motor muy simple, robusto y económico. Gracias al desarrollo de la electrónica de control, que permite la regulación de la velocidad de un modo muy simple y eficaz, todas aquellas aplicaciones que priorizaban la utilización de motores sujetos a tener en su propio comportamiento intrínseco la posibilidad de una regulación de la velocidad (motores de corriente continua o motores de anillo) han cedido su puesto a los motores asíncronos, en particular a los de jaula de ardilla, que se utilizan comúnmente para controlar bombas, ventiladores, compresores y muchas otras aplicaciones industriales. (pág. 4)

2.5.2 Estructura

Según (ABB, 2015) acota que:

El primer elemento que describimos es el estator, que se puede definir como el conjunto de las partes fijas cuya función es sostener, al menos parcialmente, la máquina, pero fundamentalmente constituye la parte del circuito magnético que contiene los devanados inductores alojados en las ranuras adecuadas a ese fin y en correspondencia con su superficie interna. El estator está constituido por láminas de una aleación de acero al silicio o de acero macizo aisladas entre sí. De su estructura depende todo lo concerniente a los flujos magnéticos variables en el tiempo que provocan pérdidas por histéresis (ligadas a la magnetización no lineal del material) y por corrientes parásitas inducidas. En las ranuras adecuadas en la estructura de las láminas se insertan tres devanados primarios (cada uno de ellos constituido por más devanados interconectados de distinta forma), a los que se aplica la tensión de alimentación y que generan el campo magnético. Los devanados estáticos trifásicos pueden conectarse en estrella o en triángulo, algo que es posible con motores dotados de 6 bornes, permitiendo alimentar un

mismo motor con tensiones trifásicas de redes distintas. Por ejemplo, la doble indicación podría ser 230 VΔ - 400 VY o 400 VΔ. (pág. 5)

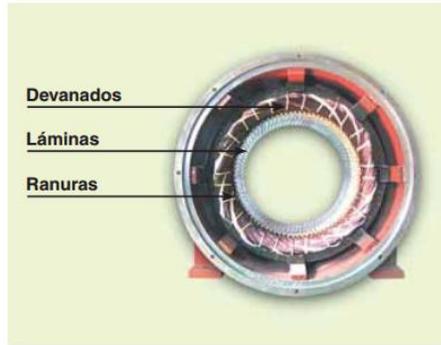


Figura 13 Estator

Fuente: (ABB, 2015)

Acorde al estudio de (ABB, 2015) constituye que:

El segundo elemento es el rotor, que está alojado en el interior del estator y constituye el circuito inducido de la máquina. Para un motor de jaula de ardilla, el rotor, está constituido por un sistema de barras conductoras (de cobre o aluminio) paralelas al eje de rotación, inyectadas directamente en las ranuras practicadas a lo largo de toda la periferia externa del núcleo ferromagnético. (pág. 5)

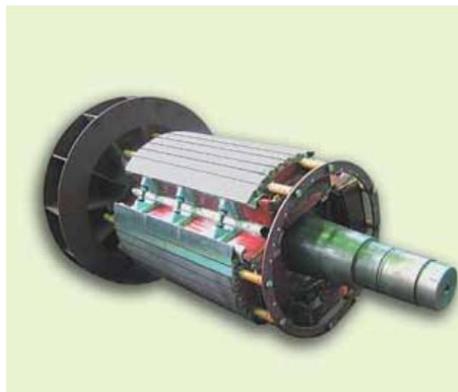


Figura 14 Rotor

Fuente: (ABB, 2015)

También existen otros componentes mecánicos presentes en el motor. Los principales son:

- Los dos cojinetes montados sobre el estator con la función de apoyar el eje del motor
- La carcasa, que con las aletas, elimina el calor producido sobre todo por el estator y que contiene también la bornera de conexión.
- El ventilador, que proporciona la refrigeración. (pág. 6)

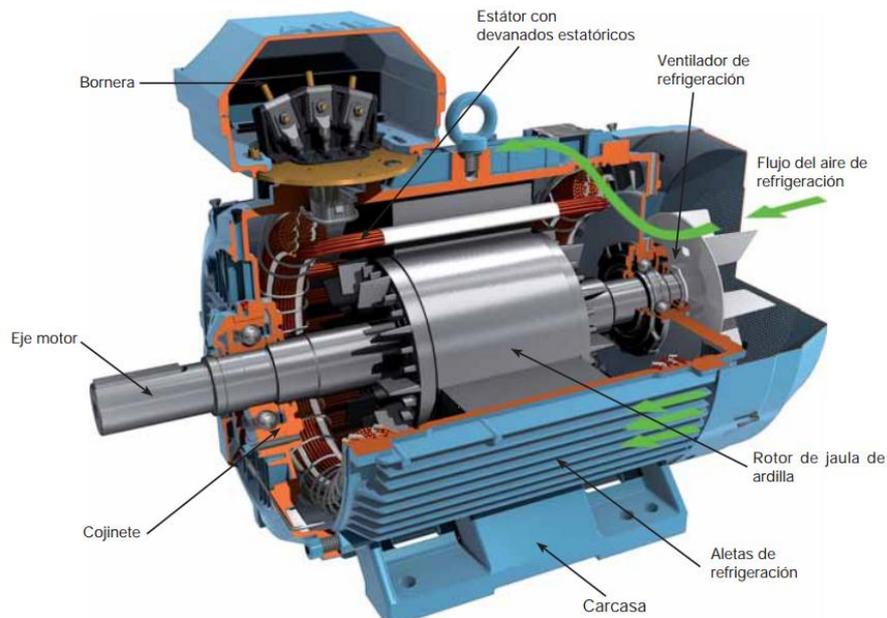


Figura 15 Partes de un motor asíncrono de jaula de ardilla

Fuente: (ABB, 2015)

2.6 HMI (Interacción Humano-Máquina)

2.6.1 Introducción

Según (Cobo, 2015) define al HMI como:

HMI significa (Human Machine Interface), es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. En la actualidad, dado que las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación, es posible contar con sistemas de HMI bastantes más

poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas. (pág. 1)

2.6.2 Características HMI

- Es posible controlar varias aplicaciones según el requerimiento del operador.
- Posibilidad de modificaciones para el proceso, mediante el software.
- Posibilidades de ampliación: se puede substituir y añadir dispositivos conforme al aumento del proceso en la industria.
- “Interconexión y cableado exterior: Es muy baja ya que substituyen sistemas cableados (elementos físicos como botones, interruptores, equipos de relés, lámparas, leds) por sistemas programables compactos.” (Ochoa, 2012, pág. 25)
- Tiempo de implantación: es corto.
- Mantenimiento: es muy fácil ya que se lo realiza mediante el software que fue preliminarmente cargado en el proceso que está siendo objeto de control.
- Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. (Ochoa, 2012, pág. 25)
- Módulo de proceso: realiza las acciones de mando previamente programadas a partir de los valores actuales de variables leídas.
- “Gestión y archivo de datos: almacenamiento y procesado ordenado de datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.” (Ochoa, 2012, pág. 25)

2.7 Comunicación serial

“En una transmisión serial se forma un “tren” de bits, uno tras de otro viajan del lugar de emisión al receptor utilizando una sola vía, en este caso será un conductor eléctrico bus Serial” (Espinosa, 2013)

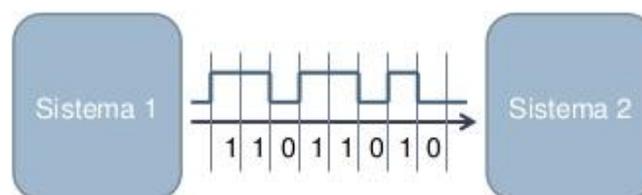


Figura 16: Comunicación serial

Fuente: (Ruiz, 2011)

Según la investigación de (Espinosa, 2013) define la trama de la comunicación serie como:

Primero se envía un bit de start, a continuación los bits de datos (primero el bit de mayor peso) y finalmente los bits de STOP. El número de bits de datos y de bits de Stop es uno de los parámetros configurables, así como el criterio de paridad par o impar para la detección de errores. Normalmente, las comunicaciones serie tienen los siguientes parámetros: 1 bit de Start, 8 bits de Datos, 1 bit de Stop y sin paridad.

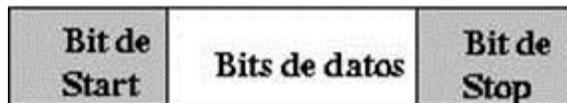


Figura 17: Trama de datos

Fuente: (Espinosa, 2013)

2.8 Protocolo RS-485

Según el estudio de (tecdigitaldelbajo, 2012) define al protocolo RS-485 que:

Es un protocolo de comunicación serial, que a la fecha es un estándar, es usado como sistema de interconexión entre dispositivos a grandes distancias y funciona en ambientes eléctricamente ruidosos sin problema alguno. Existen dos opciones para crear una red RS-485:

- Usando 4 cables, llamada en inglés full-duplex.
- Usando 2 cables, llamada half-duplex.
- Enseguida se detallan cada una de estas opciones.

2.8.1 Comunicación RS-485 a dos hilos (half-duplex)

De acuerdo al estudio de (tecdigitaldelbajo, 2012) acota que:

A dos hilos, el transmisor y el receptor nunca están funcionando en el mismo instante, o el dispositivo transmite información o la recibe, pero nunca al mismo tiempo, la ventaja en modo “half dúplex” es evidente, requiere solamente dos cables para su conexión, lo que ahorra en cableado, sobre todo si son largas las distancias entre los dispositivos.

Generalmente, cuando se conectan en la red varios dispositivos uno de ellos es llamado maestro y los otros esclavos, en la figura siguiente, muestra la conexión RS-485 de dos hilos con varios esclavos.

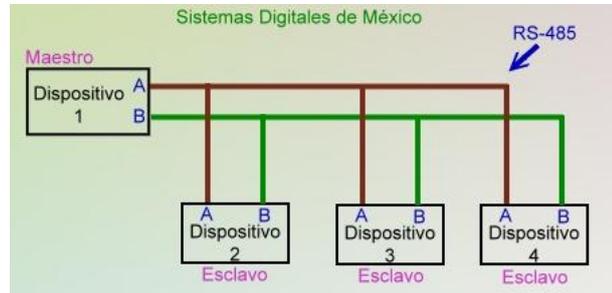


Figura 18: RS-485 dos hilos

Fuente: (tecdigitaldelbajio, 2012)

2.9 Modbus

Según (National Instruments, 2014) define a Modbus como:

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). 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.

2.9.1 Unidad de datos de protocolo

Según la investigación de (National Instruments, 2014) acota lo siguiente:

La PDU y el código que la maneja consiste en el núcleo de la Especificación del Protocolo de Aplicación Modbus. Esta especificación define el formato de la PDU, los diversos conceptos de datos utilizados por el protocolo, el uso de los códigos de función para tener acceso a esos datos y la implementación específica y restricciones de cada código de función.

El formato de Modbus PDU está definido como un código de función seguido por un conjunto de datos asociado. El tamaño y el contenido de estos datos son definidos por el código de función y la PDU completa (código de función y datos) no puede exceder de 253 bytes de tamaño. Cada código de función tiene un comportamiento específico que los esclavos pueden implementar de manera flexible en base al comportamiento de la aplicación deseada. La especificación de la PDU define conceptos básicos para el acceso y manipulación de datos; sin embargo, un esclavo puede manejar datos de una manera que no esté definida explícitamente en la especificación.

2.9.2 Unidad de Datos de Aplicación

La investigación de (National Instruments, 2014) define a la unidad de datos de aplicación como:

Además de la funcionalidad definida en la PDU principal del protocolo Modbus, usted puede usar varios protocolos de red. Los protocolos más comunes son serial y TCP/IP, pero usted puede usar otros como UDP también. Para transmitir los datos necesarios para Modbus a través de estas capas, Modbus incluye un conjunto de variantes ADU que son diseñadas para cada protocolo de red.

a) Características comunes

Modbus requiere ciertas características para proporcionar una comunicación confiable. El No. de Unidad o de Dirección es usado en cada formato de ADU para proporcionar información de enrutado a la capa de la aplicación. Cada ADU se vende con una PDU completa, la cual incluye el código de función y los datos asociados para una solicitud determinada. Para mayor fiabilidad, cada mensaje incluye la información de comprobación de errores. Finalmente, todas las ADUs proporcionan un mecanismo para determinar el comienzo y el final de un marco de solicitud, pero los implementa de manera diferente.

b) Formatos Estándares

Los tres formatos ADU (Unidad de Datos de Aplicación) estándares son TCP, unidad terminal remota (RTU), y ASCII. RTU y ASCII ADUs normalmente son usados a través de una línea serial, mientras que el TCP es usado a través de redes TCP/IP o UDP/IP modernas.

- **TCP/IP**

Las ADUs de TCP consisten en el Encabezado de Protocolo de Aplicación Modbus (MBAP) combinado con la PDU de Modbus. El MBAP es un encabezado de uso general que depende de una capa de red confiable. El formato de esta ADU, incluyendo el encabezado

- **RTU**

La ADU de RTU parece ser mucho más simple, como se muestra en la figura.

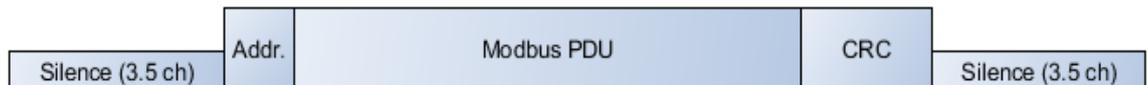


Figura 19 La ADU de RTU

Fuente: (National Instruments, 2014)

- **ASCII**

La ADU de ASCII es más compleja que la de RTU como se muestra en la figura, también evita muchos de los problemas del paquete RTU.

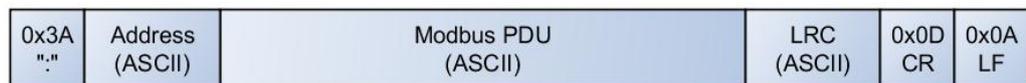


Figura 20 La ADU de ASCII

Fuente: (National Instruments, 2014)

2.10 Conector y cable de bus PROFIBUS

Los conectores de bus RS 485 para PROFIBUS sirven para conectar una estación PROFIBUS o un componente de la red PROFIBUS al cable de bus para PROFIBUS.



Figura 21 Conector sud-D con salida 90°

Fuente: (Siemens AG, 2008)

Características del cable de bus

A continuación se detallan algunas características importantes del cable:

- Cable bifilar trenzados
- Elevada inmunidad a perturbaciones gracias al doble apantallado.
- Cable difícilmente inflamable
- Red inmune a interferencias

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

En el siguiente capítulo se detalla paso a paso cómo se realizó la implementación del HMI para el control de velocidad de un motor trifásico mediante la comunicación Modbus RTU.

Mediante el software TIA PORTAL V12 se realizó la programación del PLC S7-1200 y de la TOUCH PANEL KTP 600 Basic mono PN, estableciendo la comunicación Modbus para el variador de velocidad V20, cuyos parámetros fueron fijados en base a las características del motor y de la comunicación, posteriormente se conectaron todos los dispositivos y se realizaron pruebas de funcionamiento.

3.2 Requerimientos mínimos de Hardware

Los dispositivos para la implementación del control de velocidad utilizados fueron los siguientes:

- PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Rly
- Módulo de Comunicación CM1241 RS 422/485
- Variador de velocidad SINAMICS V20
- Motor trifásico Siemens 4hp
- TOUCH PANEL KTP600 Basic mono PN

3.2.1 PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/Rly

Se eligió el PLC S7-1200 CPU1212C AC/DC/Rly que es idóneo para la realización del proyecto, mediante la programación con bloques de instrucción Modbus y diferentes funciones avanzadas.



Figura 22 PLC S7-1200

Fuente: (Siemens, 2009)

En la siguiente figura se puede observar al PLC S7-1200 ya alimentado a 110V para su funcionamiento y conectado su terminal M al terminal 0V del variador V20.

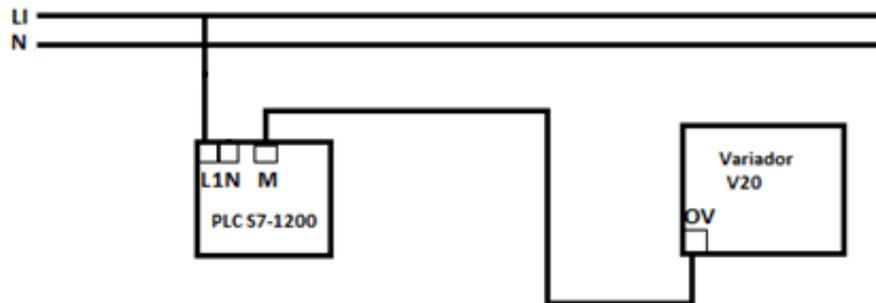


Figura 23 Alimentación del PLC S7-1200

Elaborado por: Raúl Narváez

3.2.2 Módulo de Comunicación CM1241 RS422/485

El módulo de comunicación se coloca físicamente al lado izquierdo del PLC S7-1200, lo mismo se realiza en el software Tia Portal, en el cual se encuentran los drivers de comunicación Modbus RTU (maestro).



Figura 24 CM 1241 RS422/485

Fuente: (Siemens ag, 2009)

A continuación se observa la integración del CM 1241 al PLC S7-1200 y conectado a través del cable de bus a los terminales del variador P+ y N-.

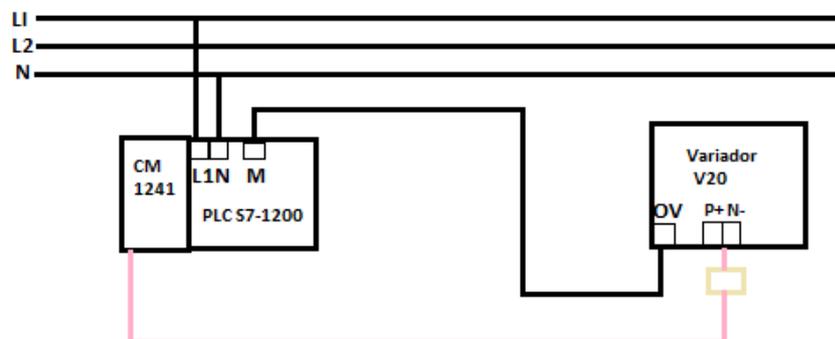


Figura 25 Integración del CM 1241

Elaborado por: Raúl Narváez

3.2.3 Variador de velocidad SINAMICS V20

Para este proyecto se utilizó el SINAMICS V20 este dispositivo se utiliza para regular la velocidad del motor asíncrono trifásico de 4Hp, a través de la comunicación Modbus el cual opera como esclavo en la red.



Figura 26 Convertidor SINAMICS V20

Fuente: (Siemens, 2013)

Para la conexión del variador se requirió resistencias terminales de valores como $1,5K\Omega$, 120Ω y 470Ω las cuales van conectadas respectivamente a los terminales del variador V20 (10V, 0V, P+, N-) como indica la figura.

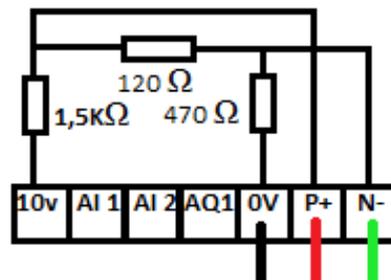


Figura 27 Conexión de las resistencias

Elaborado por: Raúl Narváez

En la figura siguiente se muestra la conexión de alimentación del variador V20 a 220V y la integración a la red.

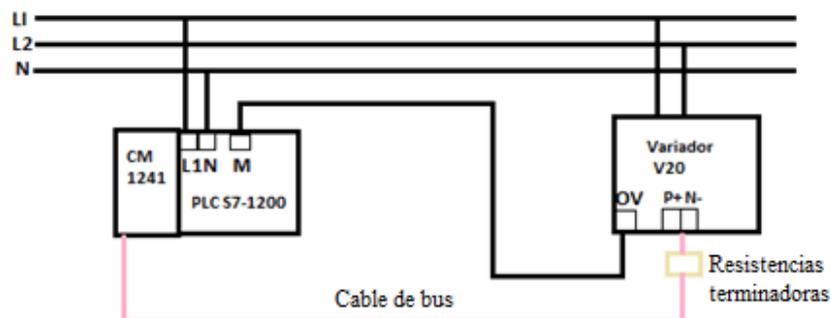


Figura 28 Alimentación del variador V20

Elaborado por: Raúl Narváez

1. Para configurar cada uno de los parámetros del variador V20 de acuerdo a las especificaciones del manual de operación se procedió a restaurar los valores de fábrica para borrar cualquier configuración anterior, para lo cual se presionó para cambiar la pantalla al menú de parámetros y se modificó los siguientes parámetros.

Tabla 5

Parámetros de restauración de valores

Parámetro	Descripción	Valor
P0003	Nivel de acceso	1
P0010	Parámetro de puesta en marcha	30
P0970	Restablecimiento de fábrica	21

Elaborado por: Raúl Narváez

2. En la pantalla siguiente se seleccionó 60Hz con los botones de flecha y presionando el botón se salió de la pantalla.



Figura 29 Selección de frecuencia

Fuente: SINAMICS V20

3. Terminada la restauración aparece los parámetros a configurar del motor como indica la siguiente tabla.

Tabla 6

Parámetros del motor trifásico

Parámetro	Descripción	Valor
P0304	Tensión nominal de motor (V)	220
P0305	Corriente nominal del motor (A)	12.20
P0307	Potencia nominal de motor (kw)	3.00
P0308	Factor de potencia del motor	0.74
P0310	Frecuencia nominal del motor (Hz)	60.00
P0311	Velocidad nominal del motor (RPM)	1745

Elaborado por: Raúl Narváez

4. Finalmente se configuro los parámetros de macros presionando , mediante las flechas , y seleccionar la macro de conexión (Cno11) para Modbus comunicación RTU, confirmar con el boton  y cambiar el menú de visualización presinando  (>2s).



Figura 30 Macros para la comunicación Modbus RTU

Fuente: SINAMICS V20

Se presiona M y se comprueba que estén correctos los siguientes parámetros:

Tabla 7

Parámetros Modbus RTU

Parámetro	Descripción	Valor
P0003	Nivel de accesode usuario	3
P2010	Velosidad transmición MODBUS	6
P2014	Tiempo de interrupción de telegrama (ms)	130
P2021	Dirección modbus	1
P2023	Selección de protocolo RS485	2
P0971	Transferir datos de la RAM a la EEPROM	21
P0003	Acceso de nivel	1

Elaborado por: Raúl Narváez

5. Comprobado cada uno de los parámetros, regresar al menu de visualización pulsando **M** (>2s) y apagar el SINAMICS V20 (puede tardarse algunos segundos), a continuación se encendio nuevamente y estará ya configurado con los parámetros requeridos.

3.2.4 Motor trifásico Siemens

Se utilizó el motor trifásico Siemens 4hp con la conexión interna $\Delta\Delta$ a 220V.

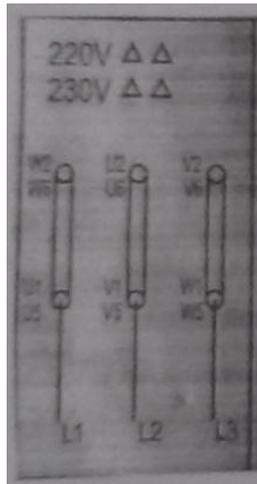


Figura 31 Conexión interna del motor

Fuente: (Motor Siemens)

El motor trifásico posee una placa de características con la cual se pudo configurar los parámetros del variador V20 que se requirió.

SIEMENS		3~Motor 1LA7 112-4YB60 IE1		
	4 HP	112 M	Aisl. F	60Hz
S1	IP55	220 $\Delta\Delta$ / 440 $\Delta\Delta$	FP 0.74	133568
η	85.5	12.2 / 6.1 A	Ia 7.6In	
IMB3	1745 rpm	Tn/Ta 16.4/46 Nm	FS1.15	25.4kg
ROD 6206/05 2Z C3		1000msnm	Ta -15/40°C	IEC34

Figura 32 Motor trifásico Siemens

Fuente: Siemens

Para el funcionamiento de motor trifásico Siemens se conectó los terminales al bloque de potencia del variador V20 como lo indica la siguiente figura:

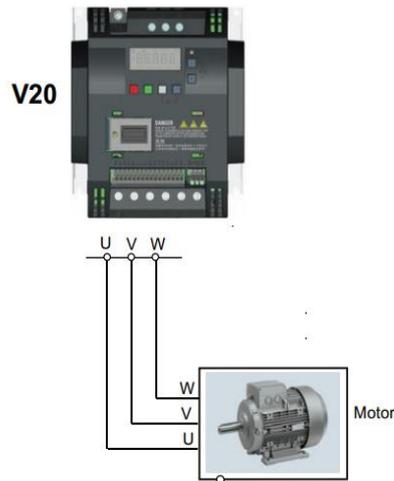


Figura 33 Conexión del motor al variador

Fuente: (Siemens, 2013)

3.2.5 TOUCH PANEL KTP600 Basic mono PN

Se utilizó la Touch Panel KTP600 Basic mono PN para realizar el HMI en la cual se manipula para el control del motor, para la alimentación de la Touch se utilizó una fuente de 24VDC.

Para la interconexión de los dispositivos se utilizó un switch el cual permitió la comunicación de la PC, PLC, y la Touch Panel.

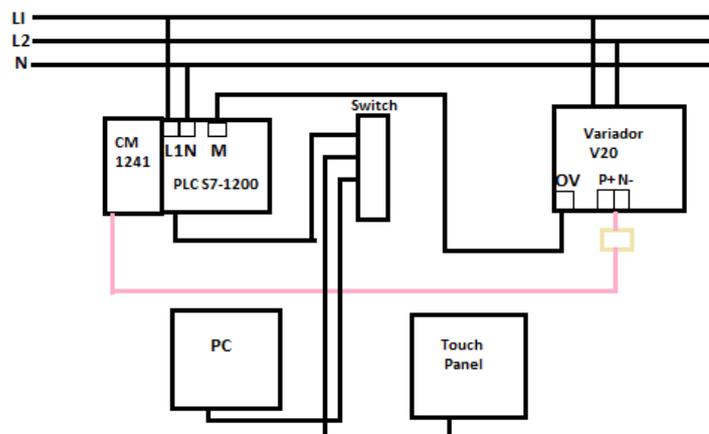


Figura 34 Integración de la Touch Panel a la red

Elaborado por: Raúl Narváez

3.3 Requerimientos de software

El software utilizado para la programación del PLC S7-1200 y de la Touch Panel es el TIA PORTAL V12, en el cual se realizó los cinco segmentos requeridos para la comunicación.

3.3.1 Creación del proyecto en el software TIA PORTAL

Para la creación del proyecto se siguieron los siguientes pasos.

1. Dirigirse al icono del software TIA PORTAL y abrirlo.

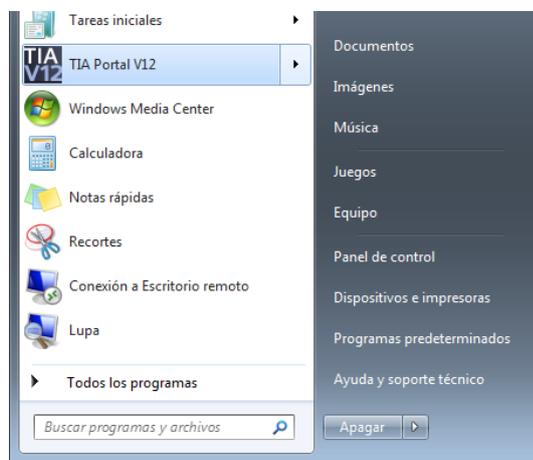


Figura 35 Ingreso al programa

Fuente: Software TIA PORTAL

2. Crear un nuevo proyecto para lo cual dar clic izquierdo sobre “crear proyecto”, escribir el nombre del proyecto de acuerdo a la función que va a cumplir en este caso se puso “Modbus RTU” y finalmente clic en “Crear”.

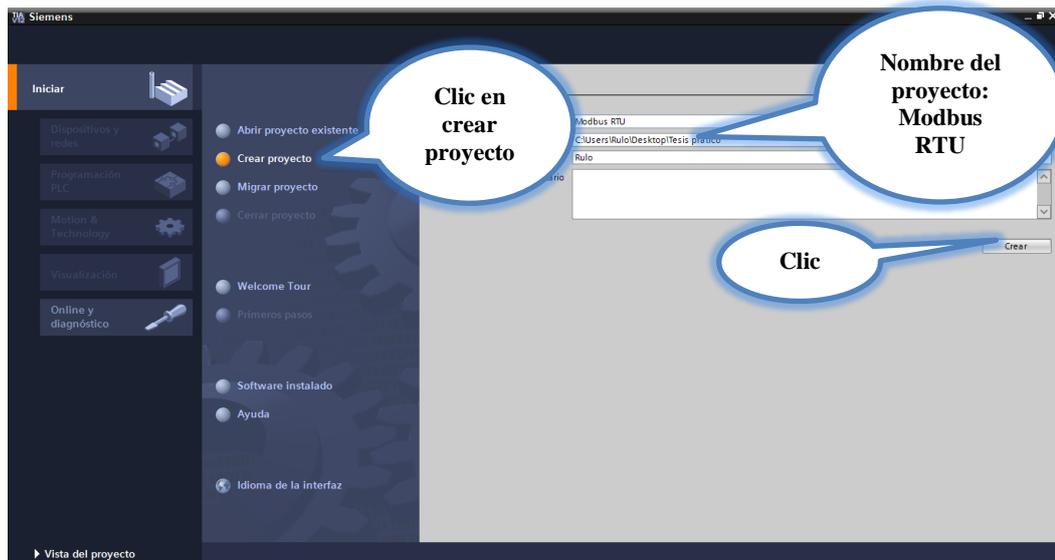


Figura 36 Crear nuevo proyecto

Fuente: Software TIA PORTAL

3. En la siguiente pantalla agregar el dispositivo, dar clic en “Dispositivos y redes” y después clic en “Agregar dispositivos”.

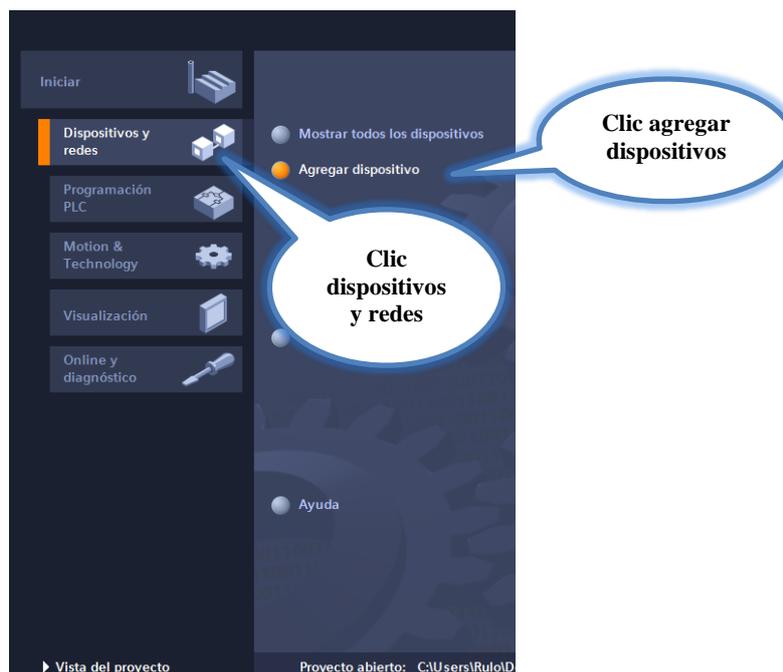


Figura 37 Agregar dispositivos

Fuente: Software TIA PORTAL

4. Después seleccionar el controlador a utilizar dando clic sobre el icono “Controladores”, clic en “SIMATIC S7-1200” y dar doble clic izquierdo en la CPU 1212C AC/DC/Rly serie 6ES7 212-1BE31-0XB0 que es el que se utilizó.



Figura 38 Selección del dispositivo

Fuente: Software TIA PORTAL

5. Se crea el proyecto y aparece en la vista general de dispositivos el PLC al cual se le va a adicionar el módulo de comunicación CM 124, que se encuentra en “Catálogo”, clic sobre “Módulos de comunicación”, después dar clic sobre “Punto a punto”, y luego en “CM 1241 (RS 422/485)” y finalizar dando doble clic sobre “6ES7 241-1CH32-0XB0”.

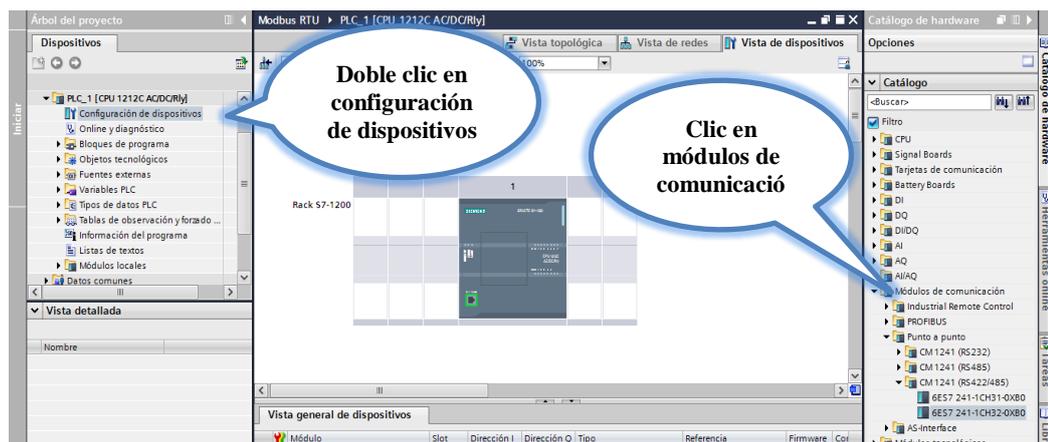


Figura 39 Configuración de dispositivos

Fuente: Software TIA PORTAL

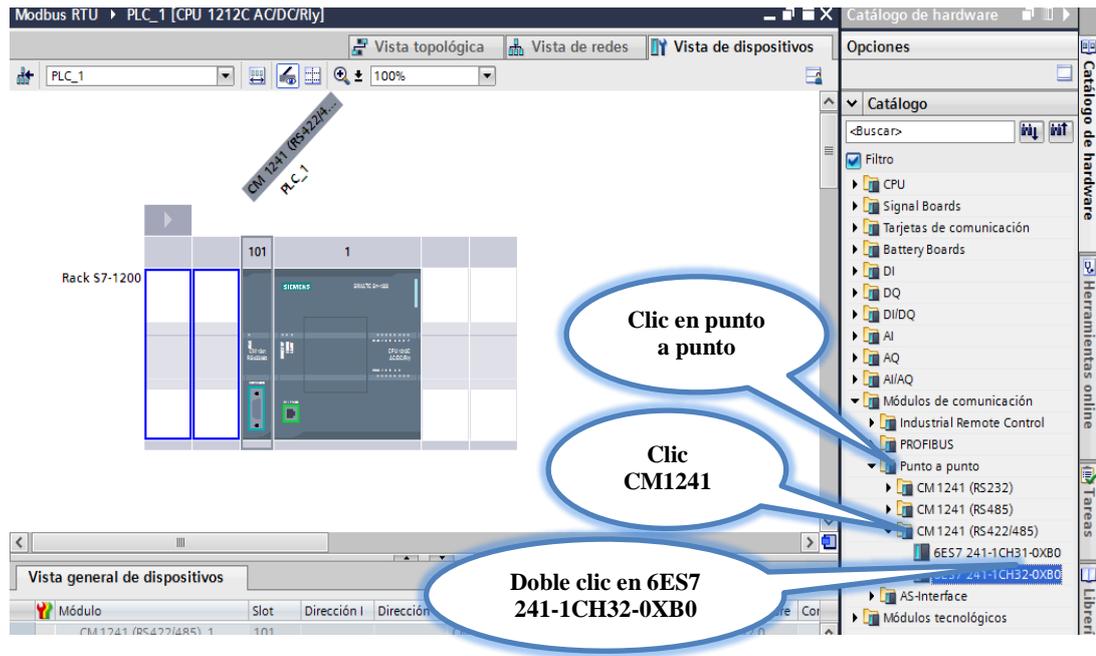


Figura 40 Agregar el módulo de comunicación

Fuente: Software TIA PORTAL

6. Para configura la IP del PLC seleccionar dando clic en el puerto “interfaz PROFINET” y en la ventana de inspección aparecerán las propiedades de la interfaz PROFINET.



Figura 41 Puerto ETHERNET

Fuente: Software TIA PORTAL

7. A continuación agregar la subred y asignar la dirección IP del PLC para lo cual dar clic en “Direcciones Ethernet”, clic sobre “Agregar subred”, después ingresar la dirección IP del controlador que en este caso es “192.168.0.1”, que no debe ser igual a la IP de la PC

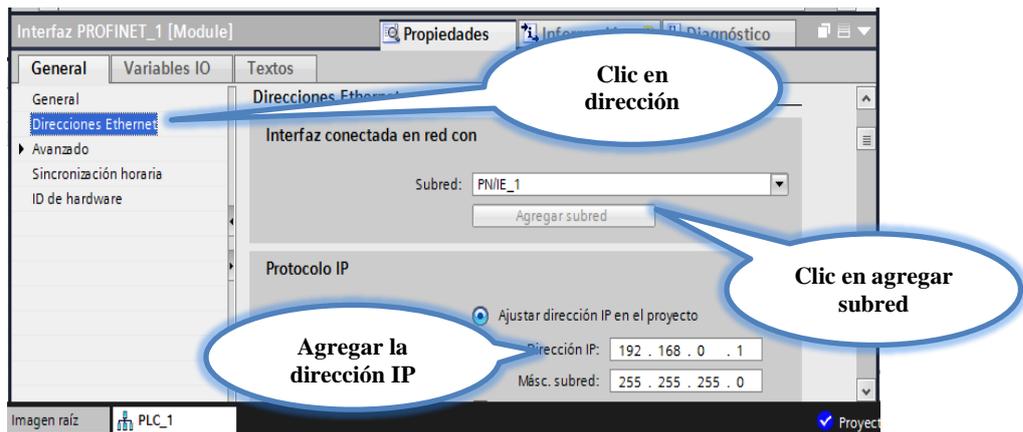


Figura 42 Configuración de la dirección IP

Fuente: Software TIA PORTAL

8. Verificar la comunicación del PC con el PLC, se da clic en el menú de “online” en la opción “dispositivos accesible” aparecerá la siguiente pantalla donde indica los dispositivos accesibles con su dirección IP.



Figura 43 Dispositivos accesibles

Fuente: Software TIA PORTAL

9. A continuación se activa la utilización del byte de marcas de sistema, las cuales pueden utilizarse en el programa de usuario, para ejecutar partes del programa sólo en el primer ciclo tras el arranque, para lo cual dar doble clic sobre el PLC, ir a “Propiedades”, clic en “Marcas de sistema y ciclo” se desplaza una pantalla en la cual se visualiza que la casilla de “Activar la utilización del byte de marcas de sistema” esta desmarcada por lo cual se da clic sobre la casilla para activar.

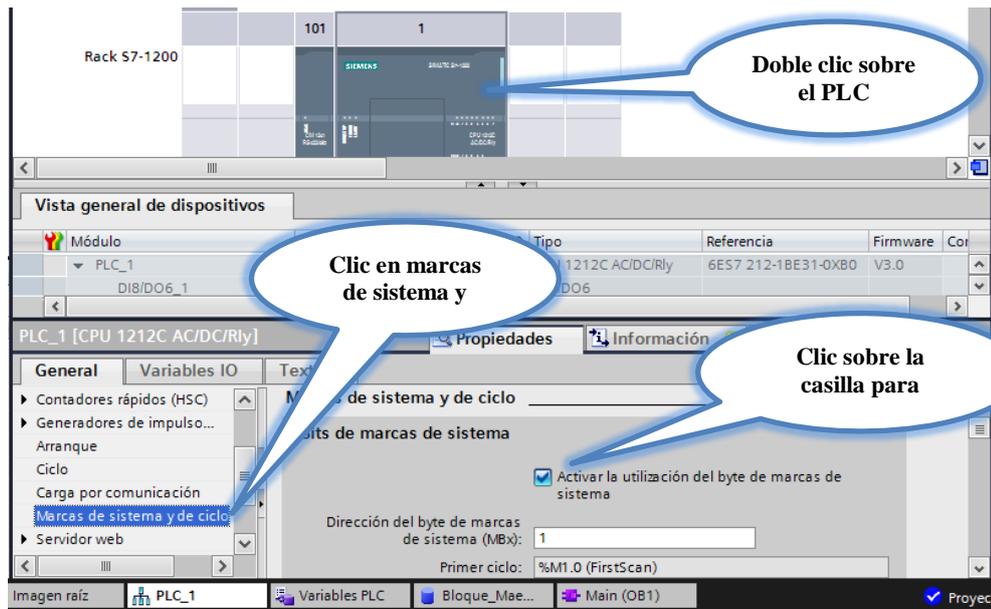


Figura 44 Marcas de sistema de ciclo

Fuente: Software TIA PORTAL

10. Para configurar el módulo de comunicación CM 1241 dar un clic izquierdo sobre el módulo de comunicación ingresar a “propiedades”, “general”, clic sobre “interfaz RS 422/485”, clic en “configuración del puerto”, al instante se visualiza una pantalla con varios ítems y se procede a configura estos datos como es: la velocidad de transferencia (9,6 Kbits), la paridad (par), bits de datos (8 bits por carácter), bit de parada (1) estos datos se encuentran configurados de acuerdo a la trama Modbus (RTU).

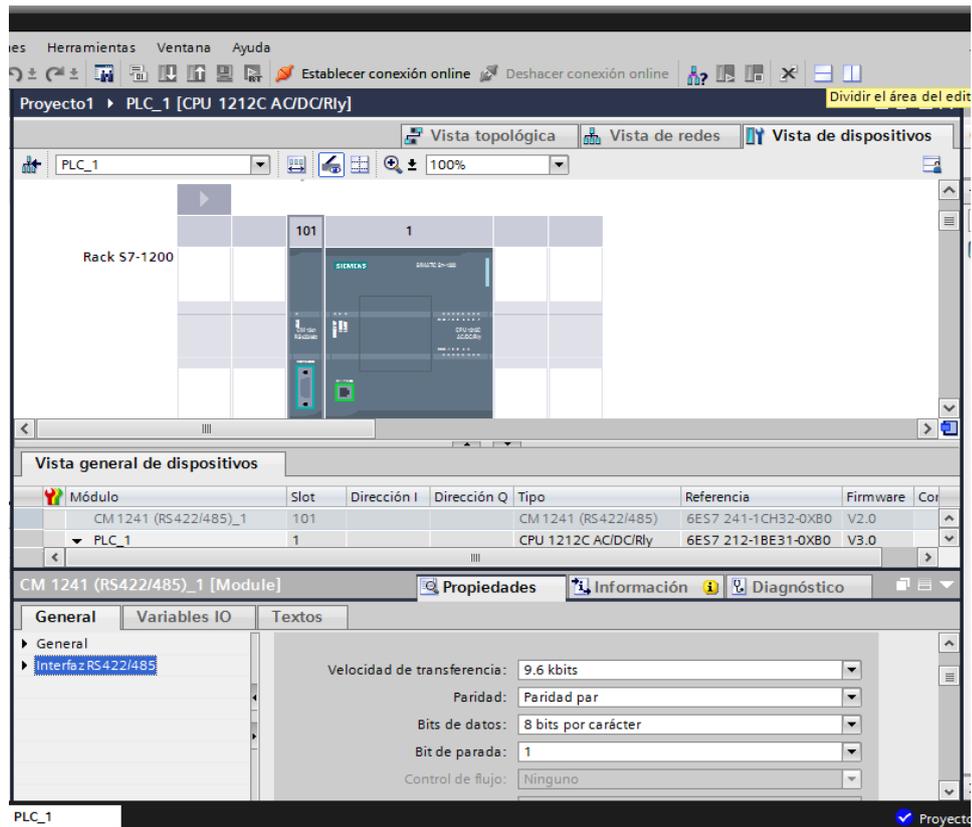


Figura 45 Configuración del puerto del módulo de comunicación

Fuente: Software TIA PORTAL

3.3.2 Programación de segmentos

Una vez configurados los dispositivos se procedió a realizar la parte de la programación de cada uno de los segmentos para lo cual en primer lugar se creó un DB (Bloque de Datos) global que va a servir para guardar valores que se escriben durante la ejecución del programa. Dar doble clic sobre “Agregar nuevo bloque”, clic en el icono “DB”, poner el nombre que se le quiera asignar al DB en este caso será “Bloque_Maestro” y finalizar dando clic en aceptar.

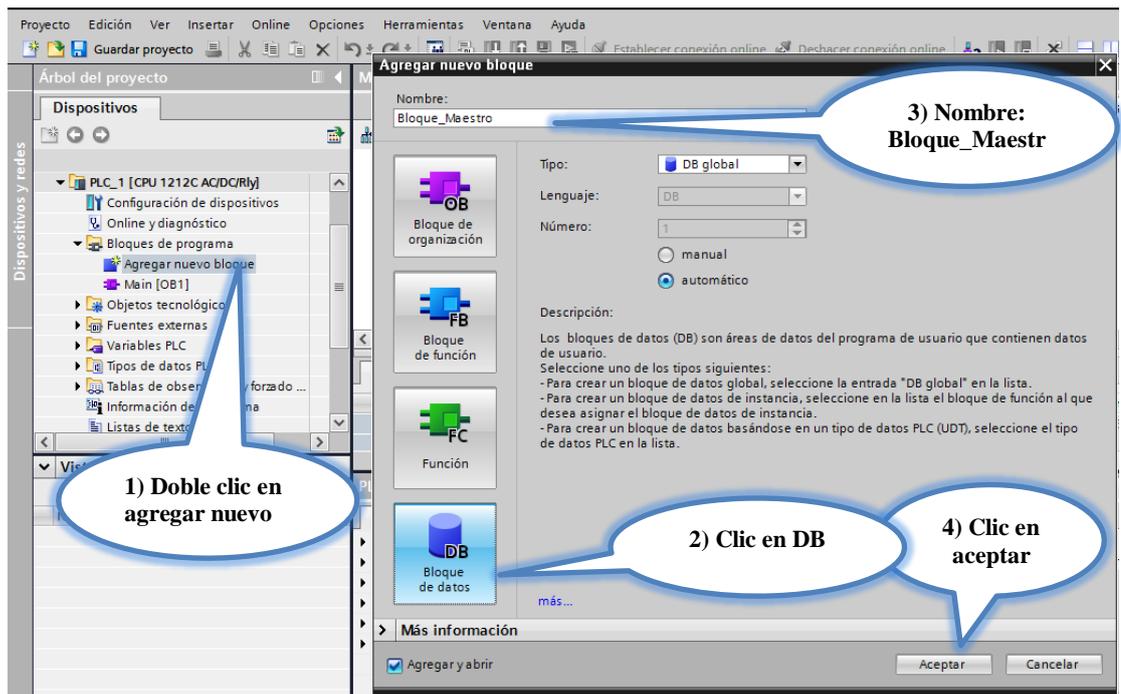


Figura 46 Crear un DB (Bloque de Datos)

Fuente: Software TIA PORTAL

El bloque de datos creado se visualiza en la carpeta de bloques de programa.

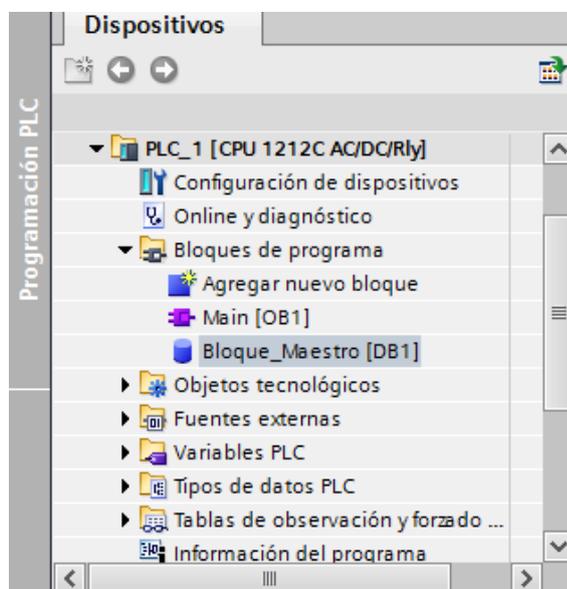


Figura 47 Bloque de datos creado

Fuente: Software TIA PORTAL

Abrir las propiedades del bloque de datos creado dando clic sobre “Bloque_Maestro”, elegir propiedades dando clic y desmarcar la opción Acceso optimizado al bloque dando clic sobre la casilla.

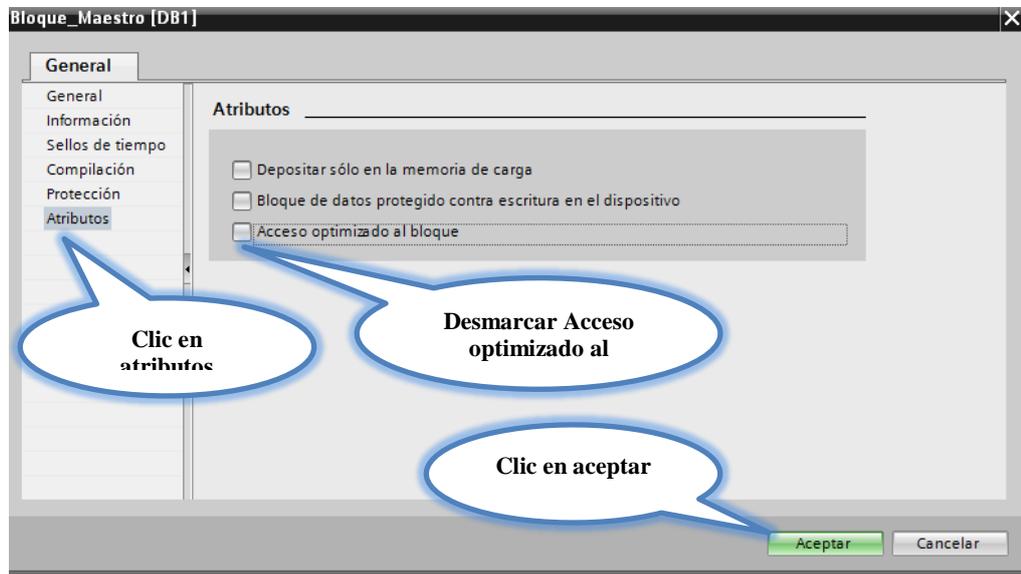


Figura 48 Propiedades del bloque de datos

Fuente: Software TIA PORTAL

A continuación se abrirá la estructura de la tabla de declaración para bloques de datos y llenar los siguientes datos en la tabla los cuales se utilizó en la programación.

	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Visible en ..	Valor de a...
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	paso	USInt	0.0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	RQ	Bool	1.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	STW	Word	2.0	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	HSW	Int	4.0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	HIW	Int	6.0	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 49 Tabla de declaración

Fuente: Software TIA PORTAL

En el árbol del proyecto dar clic en la carpeta “Variables de PLC” y crear las siguientes variables.

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
1	System_Byte	Byte	%MB1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	FirstScan	Bool	%M1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	AlwaysTRUE	Bool	%M1.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	AlwaysFALSE	Bool	%M1.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	STW_panel	Word	%MW2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	Tag_1	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	MASCARA	Word	%MW4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	HSW_panel	Real	%MD6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	AUX	Real	%MD10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	HIW_panel	Int	%MW14		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	HIM1_panel	Int	%MW16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	aux2	Real	%MD18		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	aux3	Real	%MD22		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 50 Tabla de variables

Fuente: Software TIA PORTAL

Dirigirse a Bloques de programa, Main [OB1], en el segmento 1 se realiza la configuración del puerto del módulo de comunicación. Para iniciar se usa un comparador el cual compara el dato (paso) que creó en el bloque de datos con el valor 0, para utilizar el comparador dar clic en “Instrucciones básicas”, clic en “Comparación” y dar doble clic sobre “CMP==” y se agregara en el segmento.

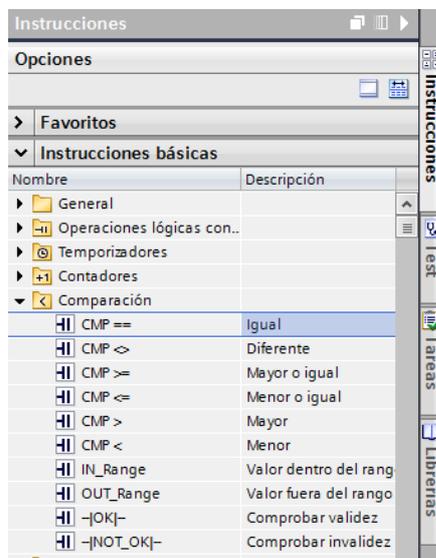


Figura 51 instrucción CMP==

Fuente: Software TIA PORTAL

Dicha comparación se cumple ya que se ingresa el valor 0 a comparar y procede a ejecutar la instrucción "MB_COMM_LOAD".

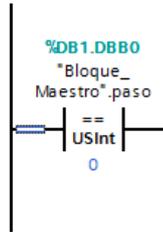


Figura 52 Instrucción CMP==

Fuente: Software TIA PORTAL

"MB_COMM_LOAD" esta instrucción se ejecuta una sola vez para seleccionar el módulo de comunicación. Para crear la instrucción "MB_COMM_LOAD" se da clic en "Comunicación", clic en la carpeta "Procesador de comunicaciones", luego clic sobre "MODBUS", doble clic sobre "MB_COMM_LOAD", y se introducirá la instrucción

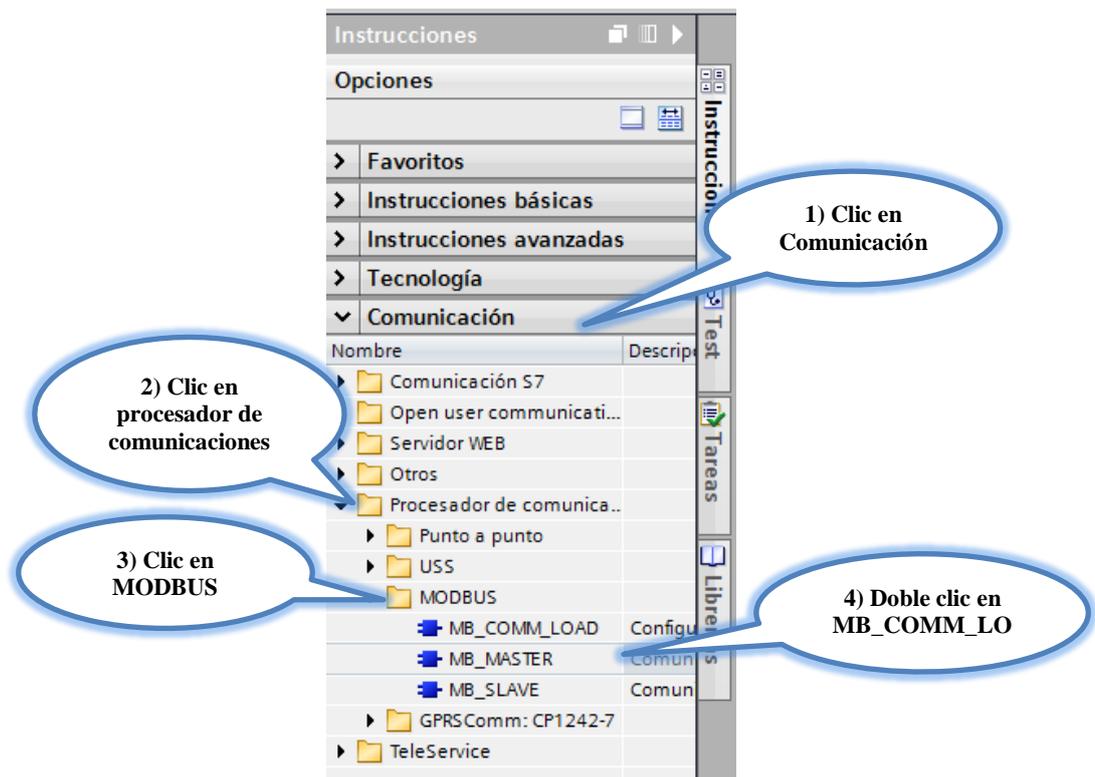


Figura 53 Utilización de la instrucción MB_COMM_LOAD

Fuente: Software TIA PORTAL

Dentro de la instrucción "MB_COMM_LOAD" se observa varios ítems los cuales son llenados en base a la siguiente tabla.

Tabla 8

Instrucciones "MB_COMM_LOAD".

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Descripción
REQ	Input	BOOL	Ejecución de la instrucción con flanco ascendente
PORT	Input	PORT	Identificación del puerto de comunicación: Tras haber insertado el módulo de comunicación en la configuración de dispositivos, la identificación de puerto aparece en la lista desplegable de la conexión del cuadro PORT. Esta constante también se puede referenciar en la tabla de variables de la ficha "Constantes".
BAUD	Input	UDINT	Selección de la velocidad de transferencia: 9600
PARITY	Input	UINT	Selección de la paridad: – Ninguna (0) – Impar (1) – Par (2)
MB_DB	Input	MB_BASE	Una referencia al bloque de datos instancia de las instrucciones "MB_MASTER" o "MB_SLAVE". Después de haber insertado "MB_SLAVE" o "MB_MASTER" en el programa, la identificación de DB está disponible en la lista desplegable en la conexión del cuadro MB_DB.
DONE	Output	BOOL	Ejecución de la instrucción finalizada sin errores.

Elaborado por: Raúl Narváez

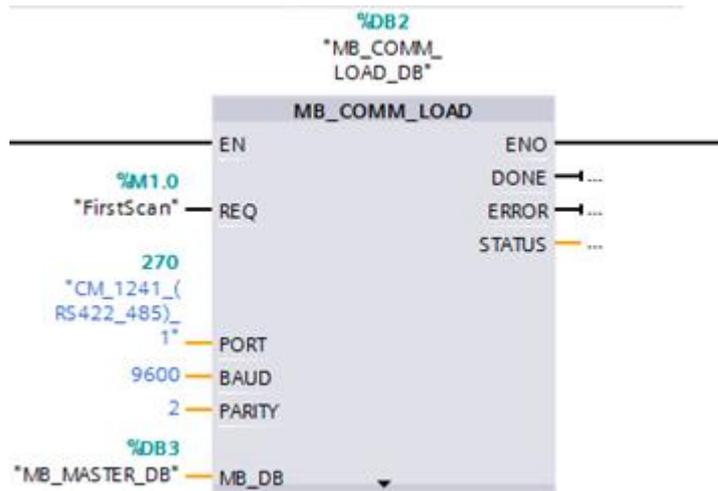


Figura 54 Instrucción MB_COMM_LOAD

Fuente: Software TIA PORTAL

Una vez que se ejecutó la configuración correctamente sin errores se activara DONE por lo cual se cerrara el contacto normalmente abierto y se ejecutara la transferencia MOVE el cual transfiere el contenido de la entrada IN al operando de la salida OUT1.

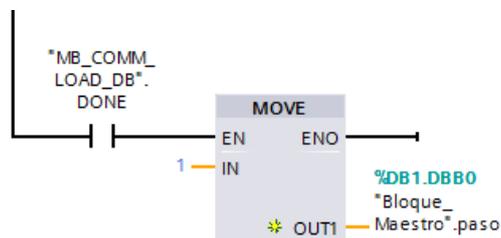


Figura 55 Instrucción MOVE

Fuente: Software TIA PORTAL

Así es como se visualiza el primer segmento ya finalizado.

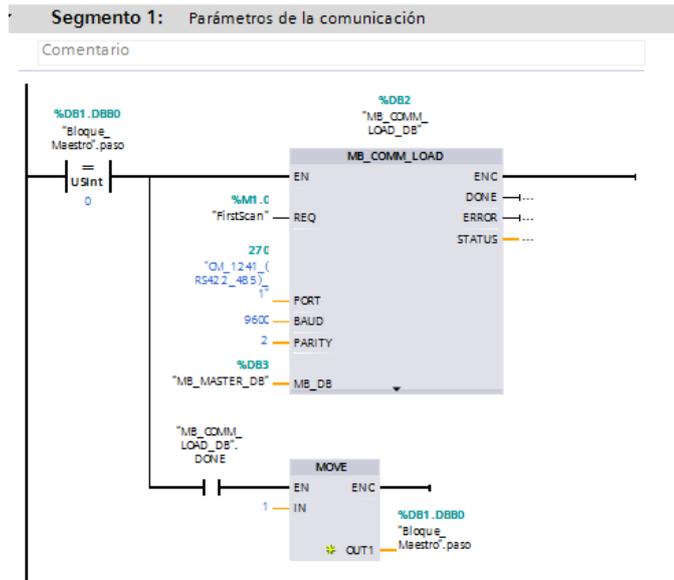


Figura 56 Segmento 1

Fuente: Software TIA PORTAL

En el segmento 2 se realiza el intercambio cíclico de datos de proceso, todos los accionamientos del puerto deben ser operados cíclicamente, uno tras otro y la palabra de control completa (STW) se debe transferir al SINAMICS V20 de acuerdo a la siguiente tabla:

Bit	Signal name	Remark
00	ON/OFF1	
01	OFF2: Electr. stop	Low enabled
02	OFF3: Fast stop	Low enabled
03	Pulse enabled	
04	RFG enabled	
05	RFG start	
06	Enable setpoint	
07	Error acknowledgement	
08	JOG right	
09	JOG left	
10	Controller of AG	
11	Reversing	

Figura 57 Palabra de control STW

Fuente: (Siemens, 2013)

Después de que el valor de la variable (paso) cambio a 1 se utilizó otro comparador que se compara con el valor ingresado que es 1, esto dio paso para ejecutarse el segmento 1.

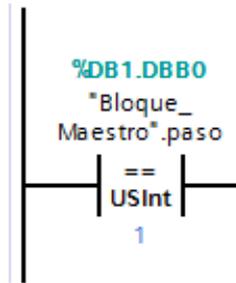


Figura 58 Instrucción CMP==

Fuente: Software TIA PORTAL

La operación lógica OR permite combinar el valor de la entrada IN1 con el valor de la entrada IN2 de bit en bit mediante una O lógica y consultar el resultado en la salida OUT, en este caso se comparó la palabra de control (STW) con el valor ingresado (1150) cuyo resultado se guarda en la variable “MASCARA”.

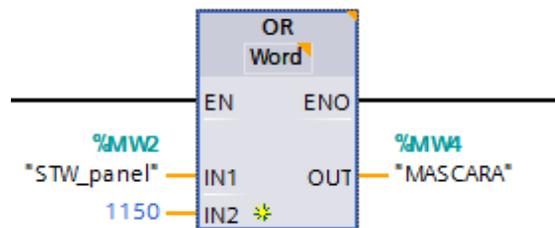


Figura 59 Instrucción operación lógica

Fuente: Software TIA PORTAL

Después se copia el valor de OUT (MASCARA) al DB (Bloque_Maestro.STW) para guardarlo.

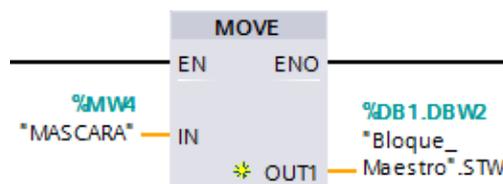


Figura 60 Instrucción de transferencia

Fuente: Software TIA PORTAL

Introducir la instrucción “activar salida” y después de haber realizado lo anterior se pone en “1” que activa “Bloque_Maestro.RQ” y da paso a que se ejecute el bloque MB_MASTER.

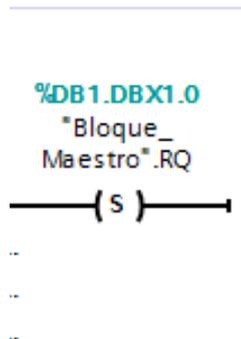


Figura 61 Instrucción activar salida

Fuente: Software TIA PORTAL

Se procede a crear la instrucción “MB_MASTER”, se da clic en “Comunicación”, clic en la carpeta “Procesador de comunicaciones”, luego clic sobre “MODBUS”, doble clic sobre “MB_MASTER”, y se introduce la instrucción

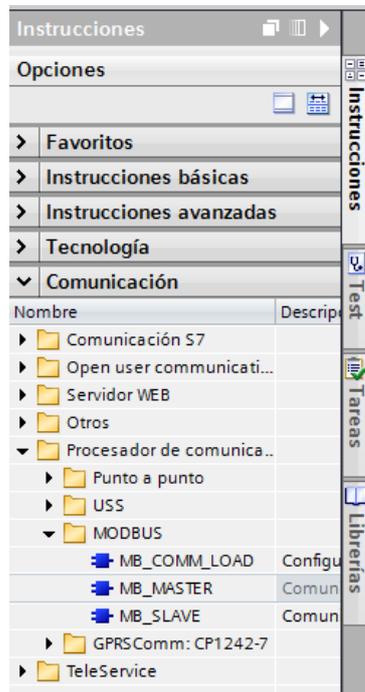


Figura 62 Instrucción MB_MASTER

Fuente: Software TIA PORTAL

Se usa el bloque MB_MASTER para definir el módulo de comunicación (CM) seleccionado con el bloque de configuración MB_COMM_LOAD como MODBUS maestro. Siguiendo la siguiente tabla se procedió a llenar los ítems del bloque.

Tabla 9

Instrucciones MB_MASTER

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Descripción
REQ	Input	BOOL	Entrada de solicitud: 0 – Ninguna solicitud 1 – Solicitud de enviar datos a esclavo(s) Modbus
MB_ADDR	Input	UINT	Dirección de estación Modbus RTU: Área de direccionamiento estándar: 0 a 247 El valor "0" está reservado para la difusión general de un aviso a todos los esclavos Modbus.
MODE	Input	USINT	Modo de selección: Indica el tipo de solicitud: 0-lectura, 1-escritura.
DATA_ADDR	Input	Input	Dirección inicial en el esclavo: indica la dirección inicial de los datos a los que se debe acceder en el esclavo Modbus.
DATA_LEN	Input	UINT	Longitud de datos: indica el número de bits o palabras a los que debe acceder esta solicitud.

CONTINUA

DATA_PTR	Input	VARIANT	Puntero hacia la dirección del DB o de la marca de la CPU de los datos que se deben escribir o leer.
----------	-------	---------	--

Elaborado por: Raúl Narváez

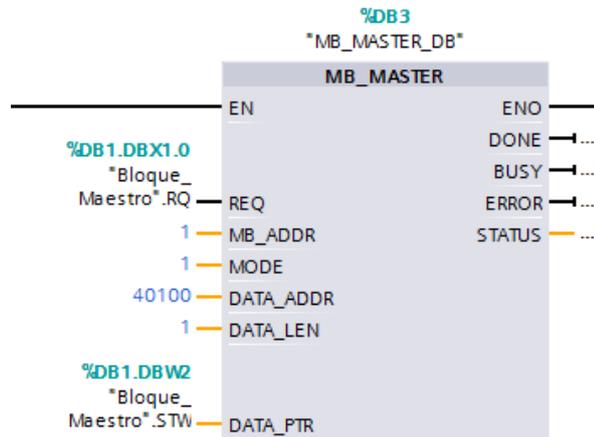


Figura 63 Segmento 2 (Configuración de la instrucción MB_MASTER)

Fuente: Software TIA PORTAL

Para el parámetro DATA_ADDR se indago en el manual de velocidad SINAMIC V20 el cual posee una tabla de correspondencias y con la ayuda de esa tabla se asigna el valor (40100 STW).

Después de que se cumplió la configuración de la instrucción MB_MASTER se cierra el contacto DONE y le resetea al "Bloque_Maestro".RQ.

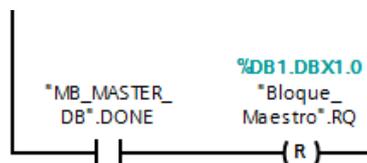


Figura 64 Segmento 2

Fuente: Software TIA PORTAL

Nuevamente se realizó una transferencia para cambiar el valor de la variable (paso) en este caso a 2.

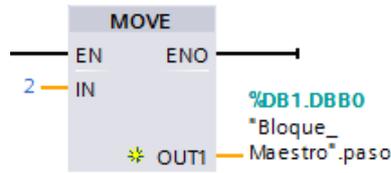


Figura 65 Instrucción MOVE

Fuente: Software TIA PORTAL

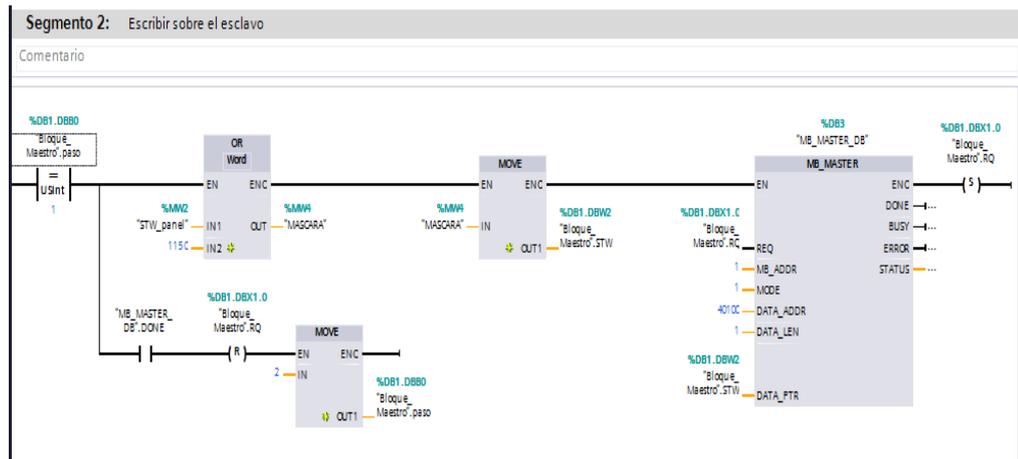


Figura 66 Segmento 2

Fuente: Software TIA PORTAL

Para ejecutar el segmento 3 se utilizó un comparador cuyos valores a comparar son la variable (paso) con el valor ingresado en este caso 2.

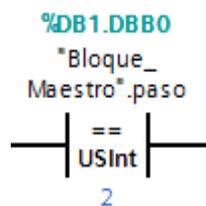


Figura 67 Instrucción CMP==

Fuente: Software TIA PORTAL

En este segmento 3 se programó para que el valor de consigna principal (HSW) que esta estandarizado con una frecuencia de referencia (16384) se pueda controlar únicamente con la frecuencia que se trabajó a (60Hz), haciendo una simple regla de tres y el valor de salida se le redondeo.

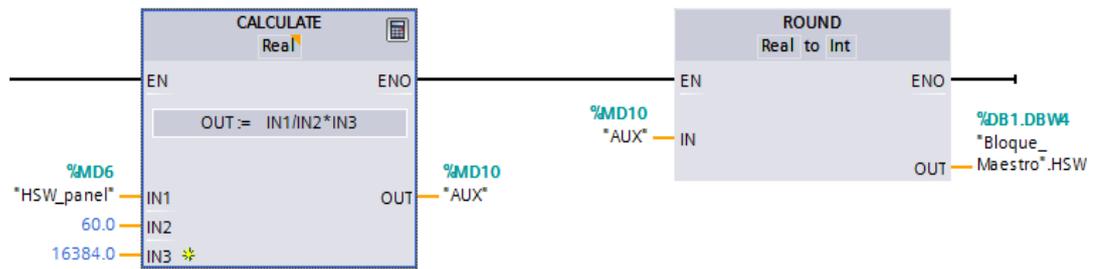


Figura 68 Instrucción CALCULATE y ROUND

Fuente: Software TIA PORTAL

Se insertó la misma instrucción utilizada anteriormente MB_MASTER, configurar los parámetros antes descritos solo cambiar el parámetro DATA_ADDR (40101) que es el valor de consigna HSW.

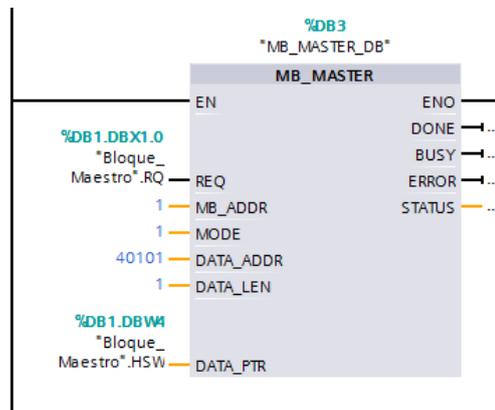


Figura 69 Bloque MB_MASTER

Fuente: Software TIA PORTAL

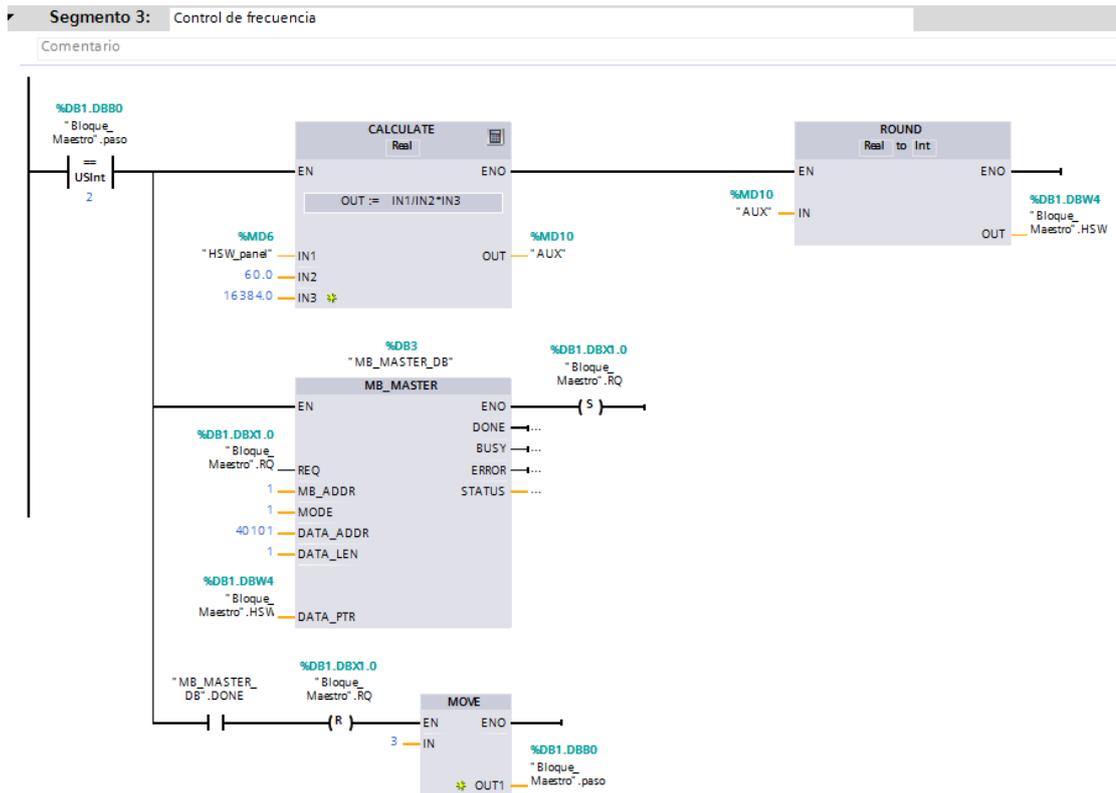


Figura 70 Segmento 3

Fuente: Software TIA PORTAL

El segmento 4 se realizó para leer el valor real principal (frecuencia) con el campo de salida predeterminado HIW, insertar nuevamente la misma instrucción MB_MASTER, cambiar los parámetro DATA_ADDR (40111) que es el valor de HIW y el parámetro MODE (0) ya que solo se va a leer el valor. Se introdujo otro bloque de transferencia MOVE el cual sirve para copiar el valor a una variable del PLC para poder utilizar en la TOUCH PANEL.

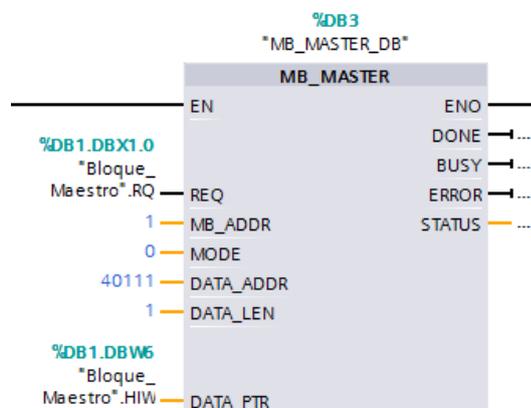


Figura 71 Bloque MB_MASTER

Fuente: Software TIA PORTAL

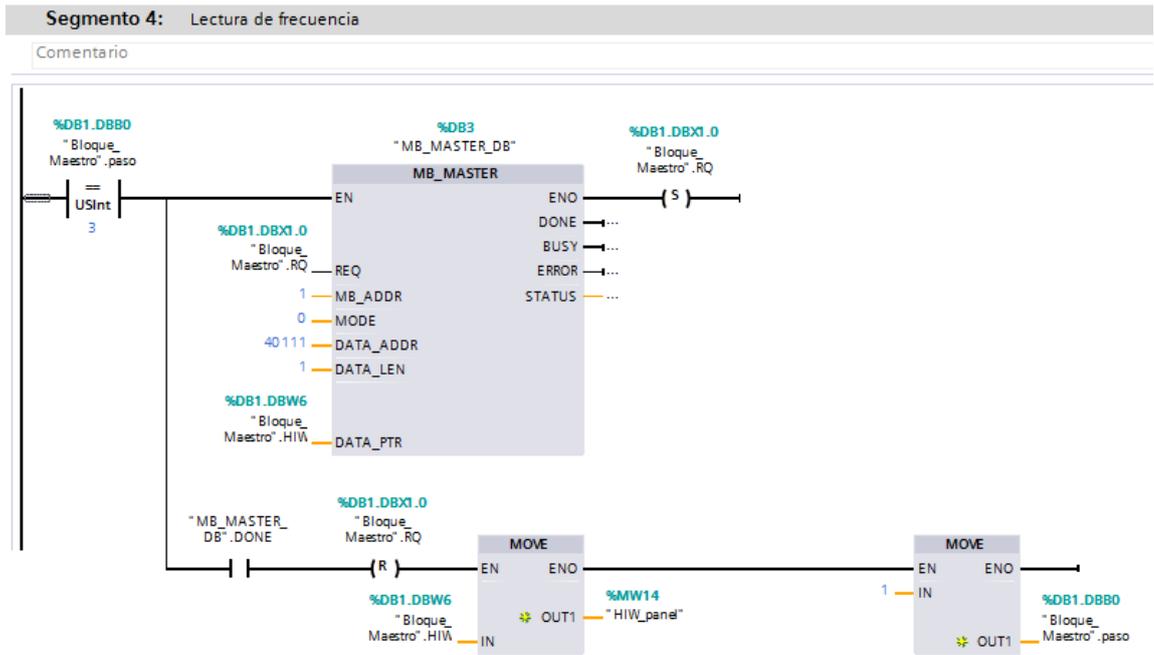


Figura 72 Segmento 4

Fuente: Software TIA PORTAL

Finalmente en el segmento 5 se realizó una conversión, después una regla de tres para poder leer el valor de frecuencia en 60Hz, también se redondeó el número real a un valor entero.

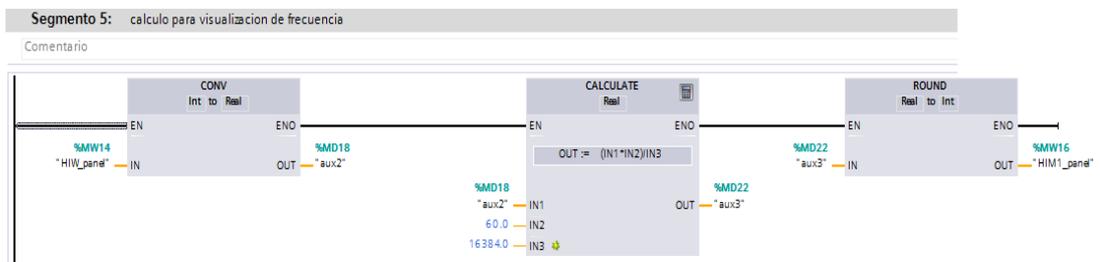


Figura 73 Segmento 5

Fuente: Software TIA PORTAL

3.3.3 Programación de la HMI

Se debe instalar y configura el HMI para esto dar doble clic sobre “Agregar dispositivos”, después clic en el icono “HMI”, clic en “SINAMIC Basic Panel”, elegir la versión “KTP600 Basic mono PN” dando clic, por último clic en “Aceptar”.

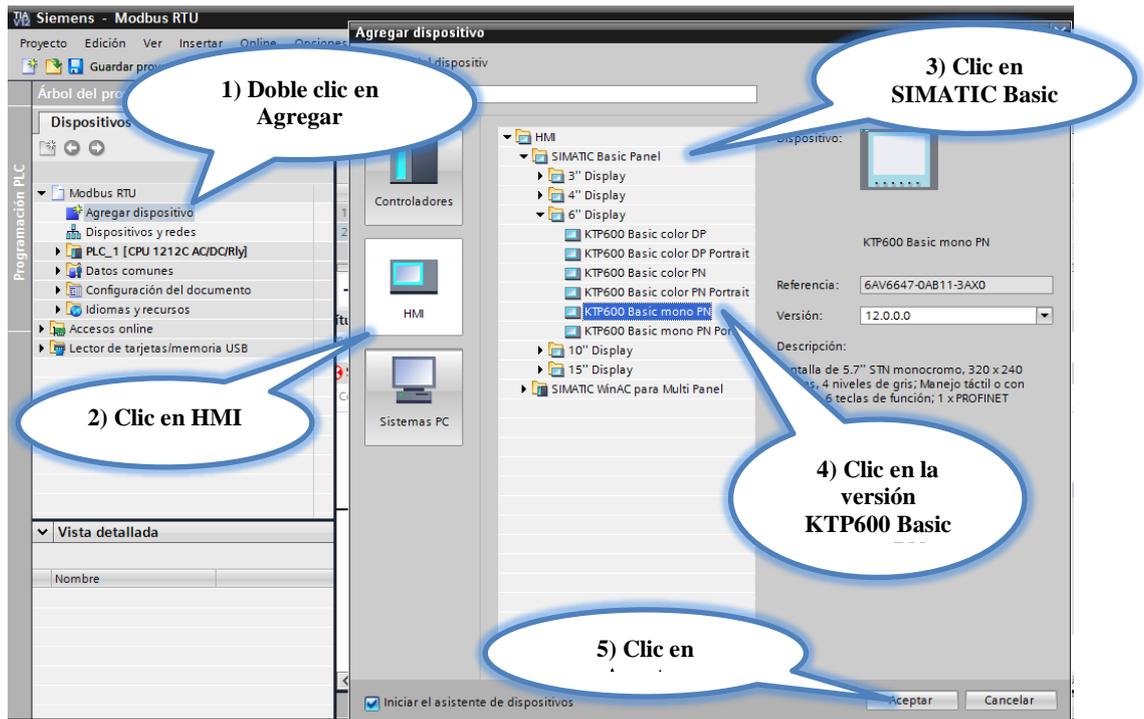


Figura 74 Agregar HMI

Fuente: Software TIA PORTAL

En la siguiente ventana se configuro la conexión del HMI con el PLC buscando en “Examinar”, escoger el PLC dando clic.

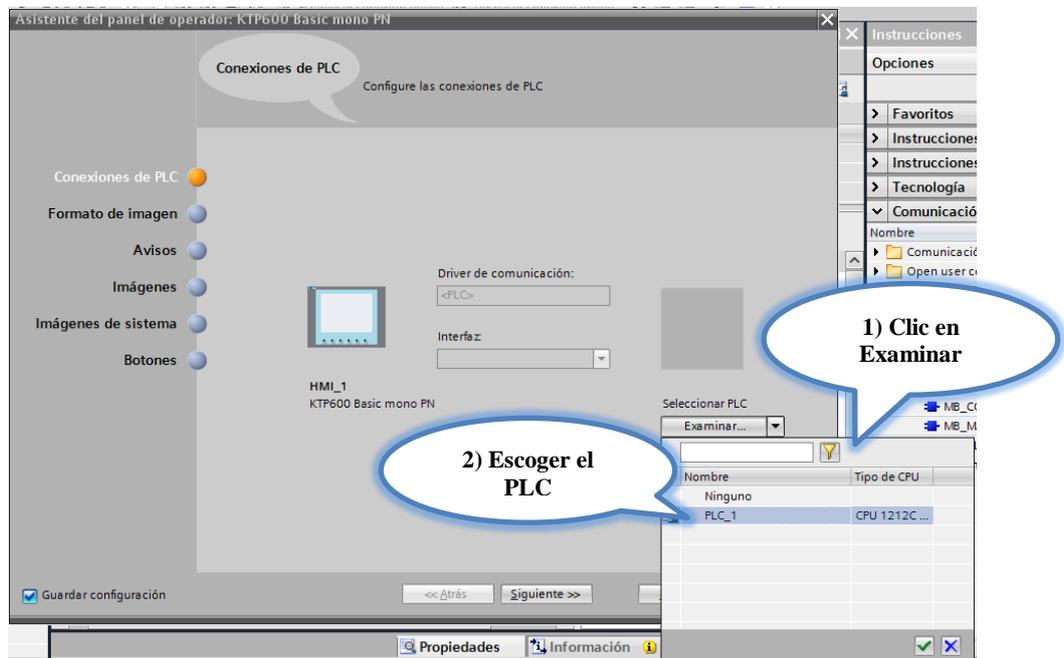


Figura 75 Conexiones de PLC

Fuente: Software TIA PORTAL

A Continuación se observa ya establecida la conexión.

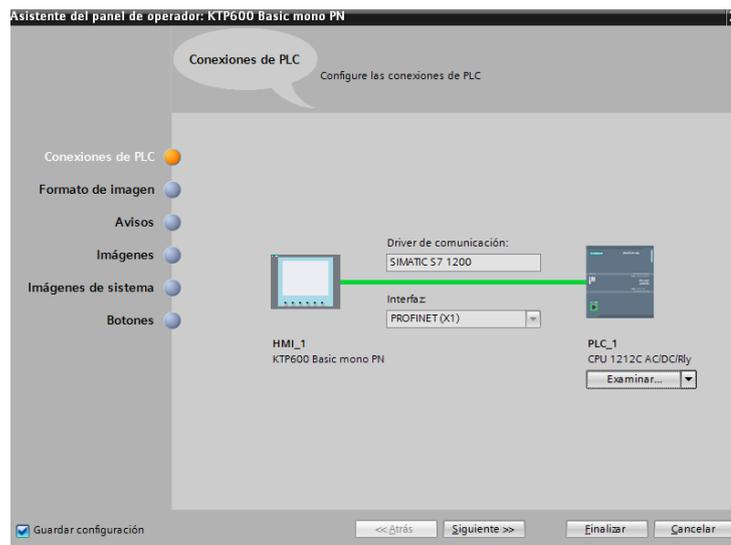


Figura 76 Visualización de la comunicación

Fuente: Software TIA PORTAL

Se modificó el “Formato de Imagen” dando clic sobre el mismo y deshabilitar la opción “Encabezado” dando clic sobre la casilla.

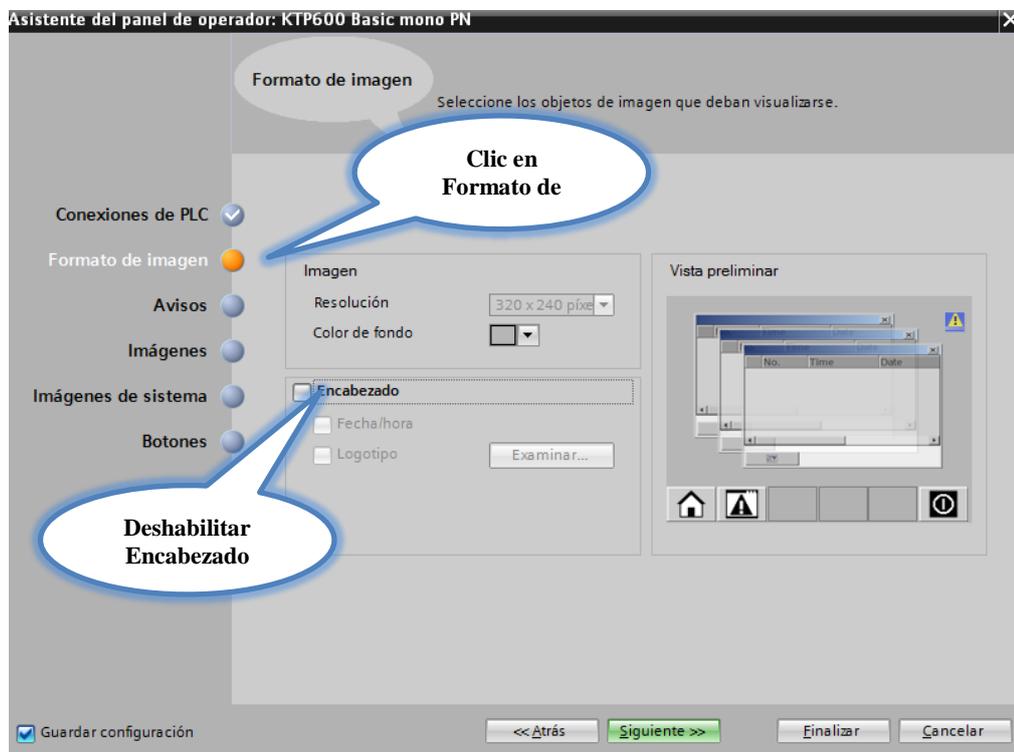


Figura 77 Formato de imagen

Fuente: Software TIA PORTAL

Dar clic en “avisos”, deshabilitar todas las opciones dando clic sobre todas las casillas y dar clic sobre “Finalizar”,

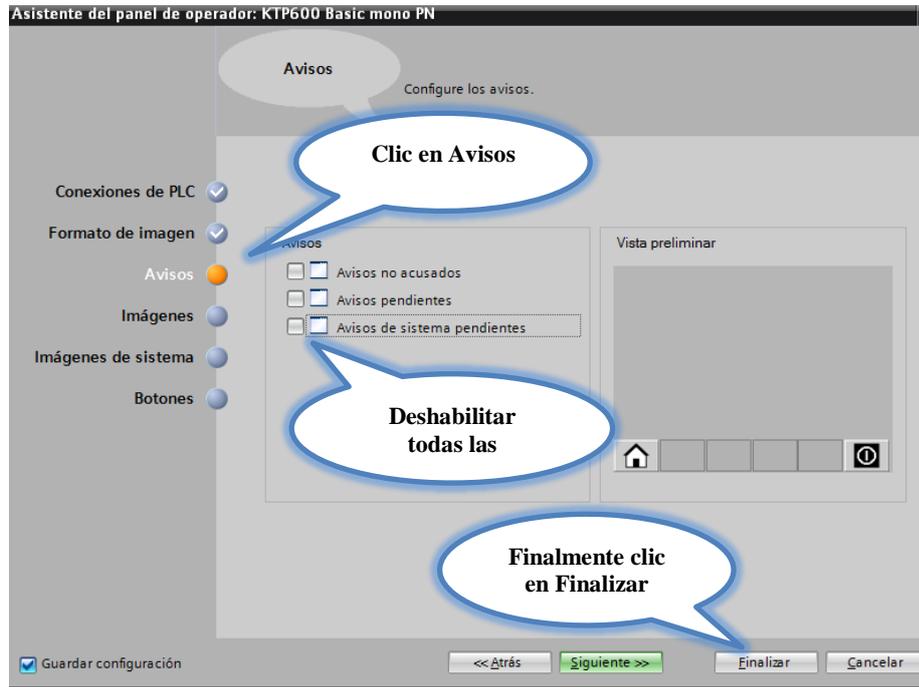


Figura 78 Finalizar la asistencia del panel de operador

Fuente: Software TIA PORTAL

Después ya se visualizó la pantalla creada.



Figura 79 Visualización de la TOUCH creada

Fuente: Software TIA PORTAL

Dar clic en el árbol de proyecto seleccionar la opción “imágenes” y doble clic en “Imagen raíz”, comenzar a editar insertando los objetos requeridos arrastrando y soltando. Dirigirse a “Herramientas”, clic en “Elementos” y arrastrar tres botones a la pantalla.

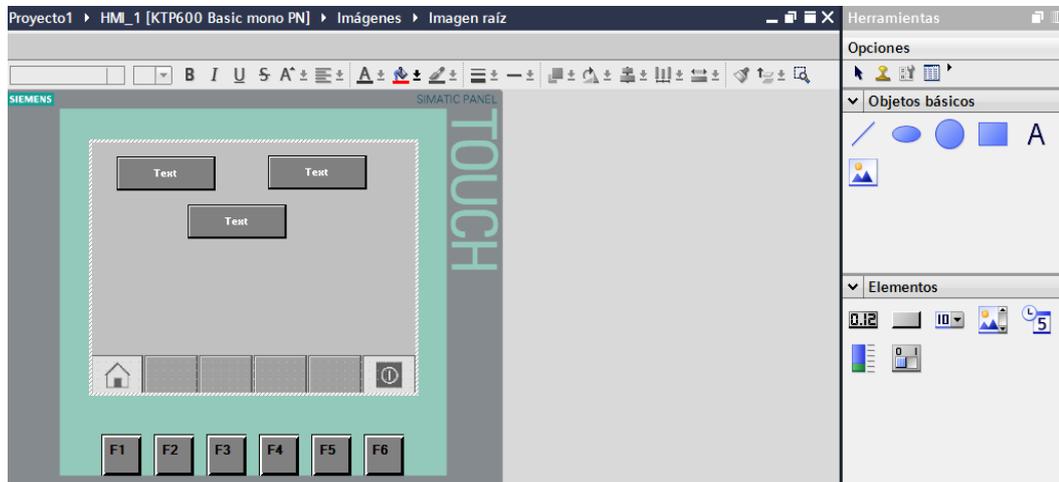


Figura 80 Insertar botones

Fuente: Software TIA PORTAL

Arrastrar dos Campos de E/S y dos Campos de texto estos dos se arrastró de “Objetos básicos”.

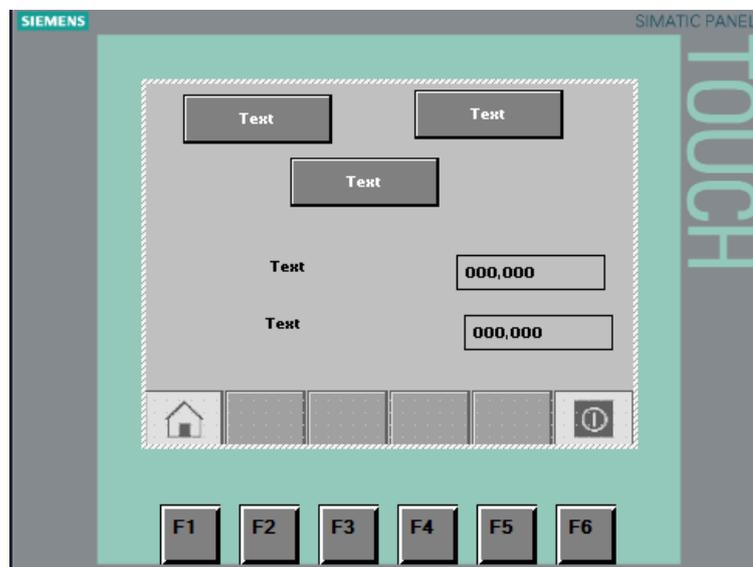


Figura 81 Campos E/S

Fuente: Software TIA PORTAL

Editar el primer botón, clic sobre el botón, clic en “Propiedades”, después se dio clic en “General” y cambiar el texto a “ON/OFF”.

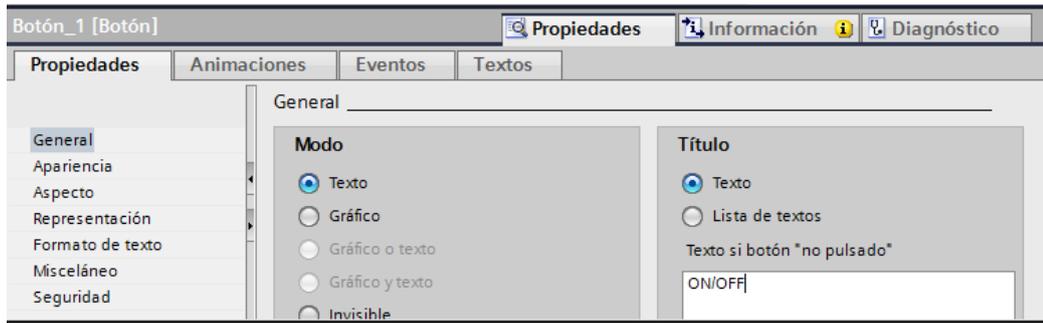


Figura 82 Modificar texto

Fuente: Software TIA PORTAL

Después dirigirse a “propiedades”, clic en “eventos”, se eligió la opción “hacer clic”, clic sobre “agregar función”, clic en “procesamiento por bits”, y se seleccionó “InvertirBitEnVariable”.

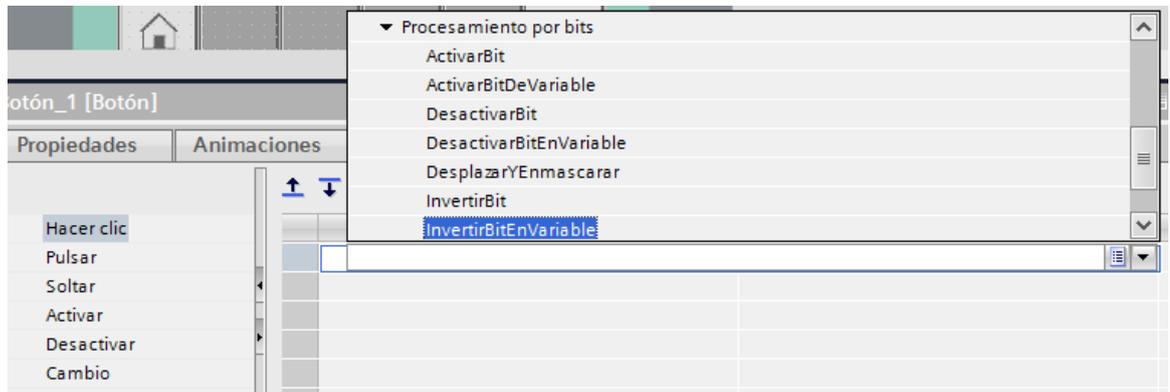


Figura 83 Agregar Función del botón 1

Fuente: Software TIA PORTAL

Seleccionar la variable que será STW_PANEL, y en la opción Bit se colocó 0 basándose en la (Figura 58).

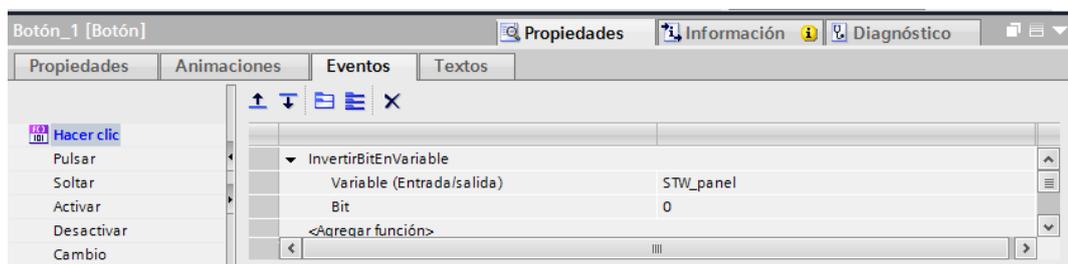


Figura 84 Agregar variable del botón 1

Fuente: Software TIA PORTAL

Para el segundo botón se modificó el texto “INVERSION” realizar los pasos anteriores y solo se cambió el Bit=11 basándose en la (Figura 58).

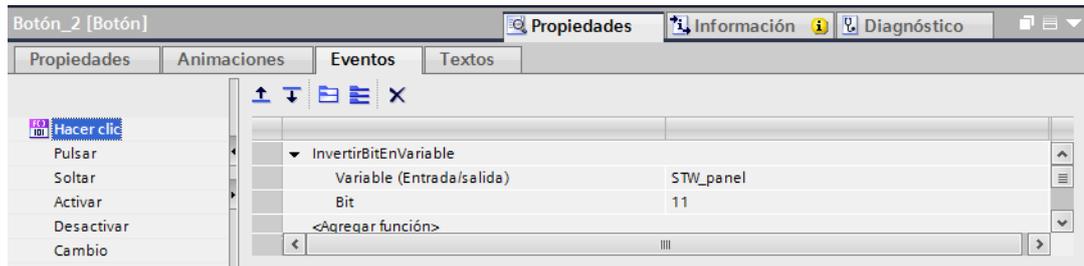


Figura 85 Agregar variable del botón 2

Fuente: Software TIA PORTAL

Para el tercer botón se modificó el texto “REINICIAR FALLA” y se procede hacer los mismo pasos anteriores para el botón 3, se cambió el Bit=7 basándose en la (Figura 58).

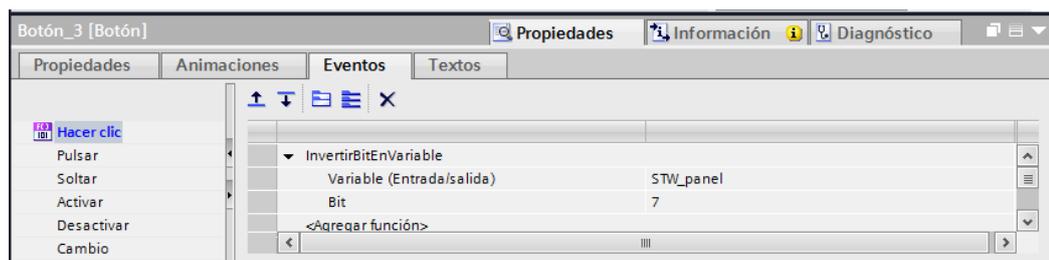


Figura 86 Agregar variable botón 3

Fuente: Software TIA PORTAL

En el primer campo de E/S ir a “propiedades”, clic en “general”, ir a “Variable” y se cargó la variable HSW_panel.

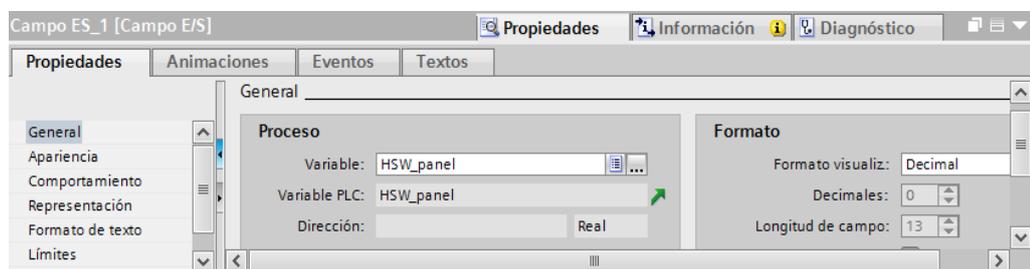


Figura 87 Configuración del Campo E/S 1

Fuente: Software TIA PORTAL

En el segundo campo E/S se cargó la variable HIM1_panel.

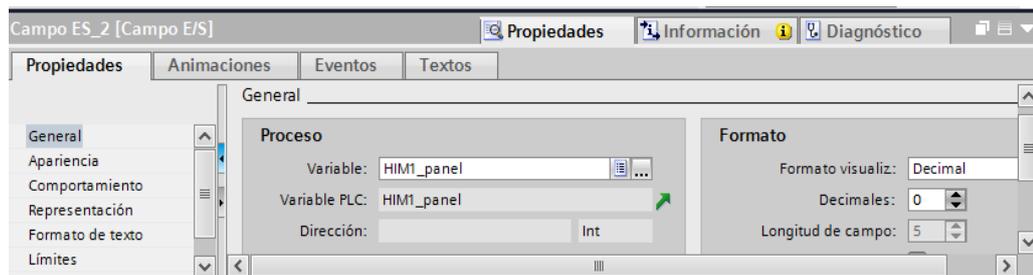


Figura 88 Configuración del Campo E/S 2

Fuente: Software TIA PORTAL

Se especificó con los campos de texto dando doble clic y se escribió la utilización de los campos de E/S. Finalmente se visualizó la pantalla completa.

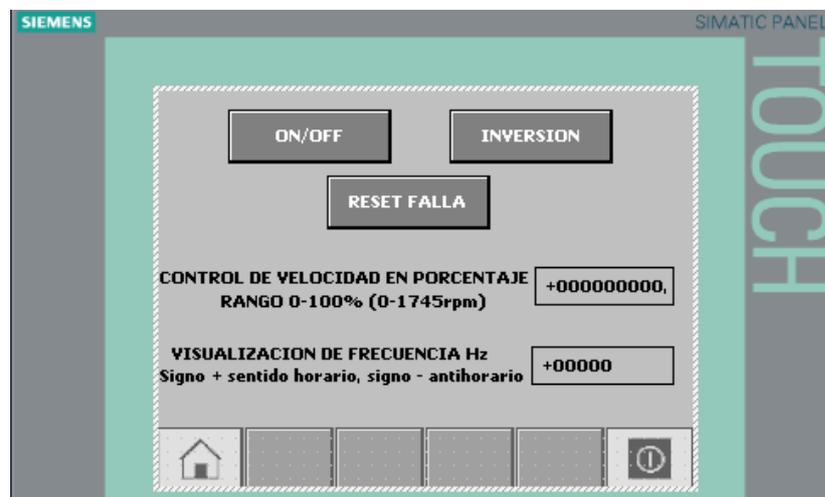


Figura 89 Pantalla de usuario

Fuente: Software TIA PORTAL

3.3.4 Cargar dispositivos

Se procedió primero a cargar el PLC, dar clic sobre “PLC_1”, luego clic en “Compilar” con lo cual se comprobó que no existen errores, a continuación clic en “Cargar en dispositivo”.

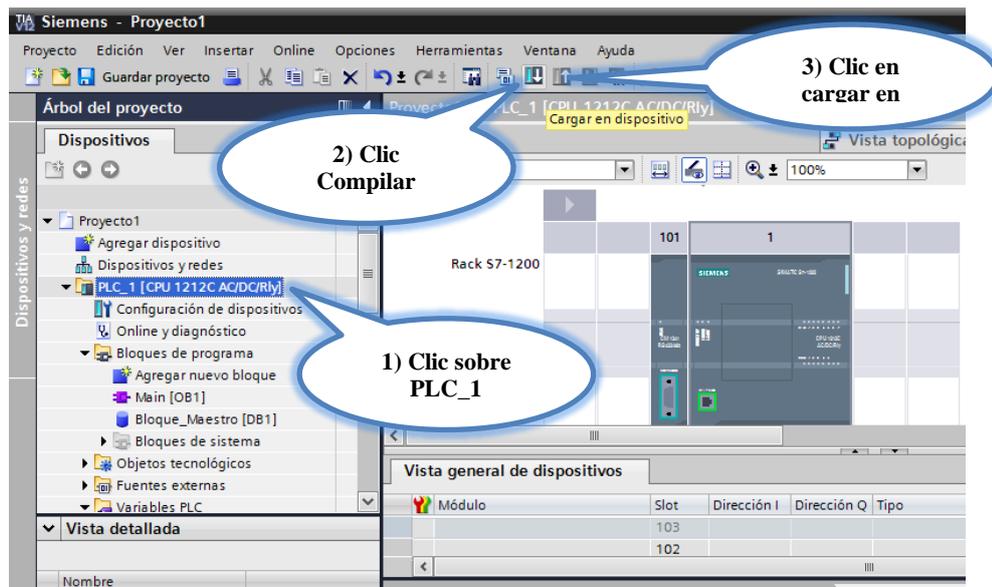


Figura 90 Pasos para cargar el PLC

Fuente: Software TIA PORTAL

En la siguiente pantalla clic en “Tipo de interfaz PG/PC” se eligió “PN/IE”, clic en “Conexión con subred” se eligió “PN/IE_1” y clic sobre cargar.

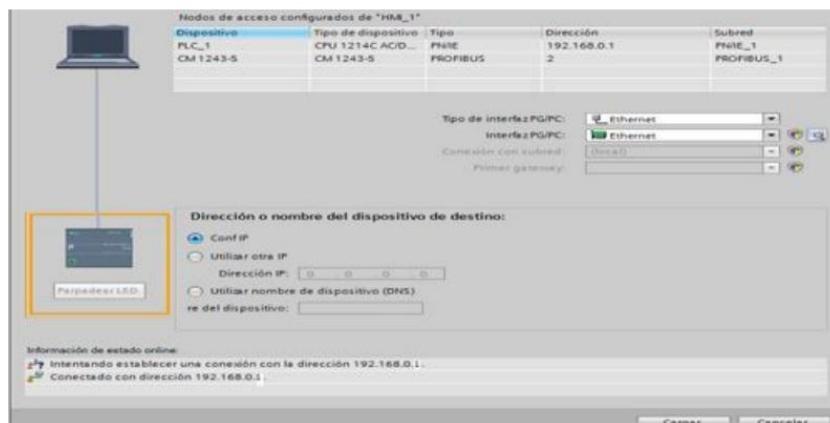


Figura 91 Pantalla para verificar la conexión de dispositivos

Fuente: Software TIA PORTAL

En la ventana que aparecerá después se dio clic sobre la casilla “sobre escribir todo” y clic en “cargar”.

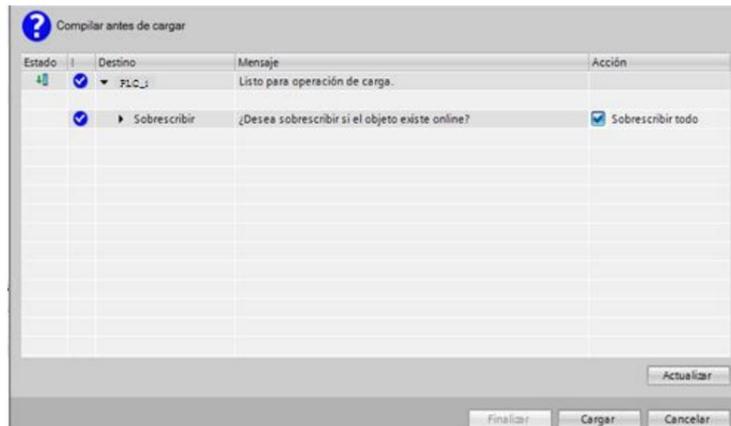


Figura 92 Ventana final para cargar PLC

Fuente: Software TIA PORTAL

Después se cargó en la HMI, para lo cual se asignó la dirección IP dando clic sobre el puerto de la “HMI”, clic en “Interfaz PROFINET” y en este caso la IP “192.168.0.4”.

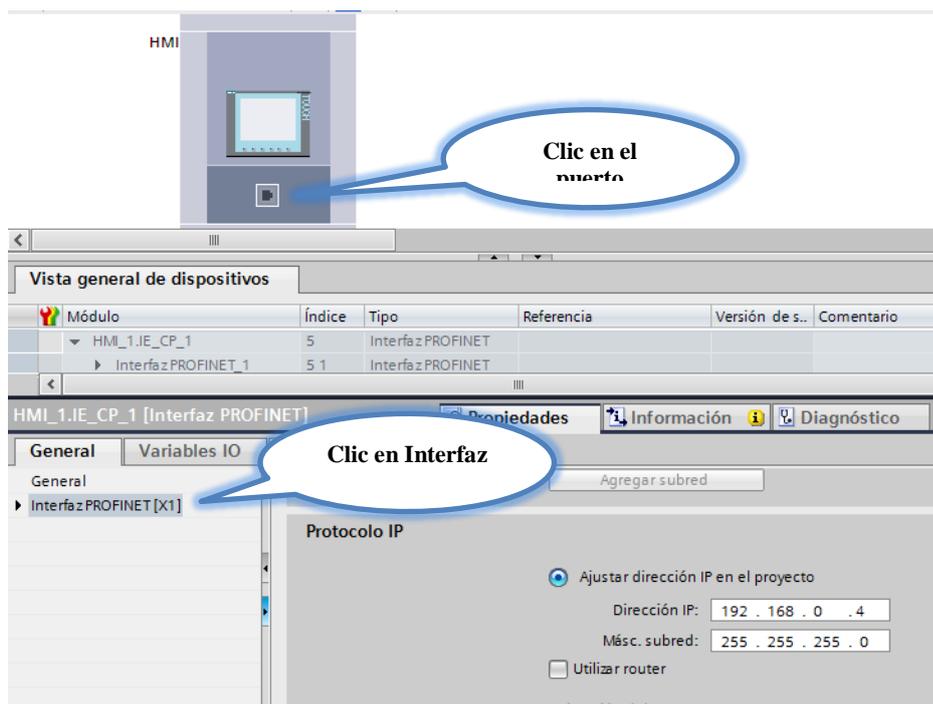


Figura 93 Configuración de la IP de la HMI

Fuente: Software TIA PORTAL

Dar clic en cargar una vez que le haya detectado la HMI_1.

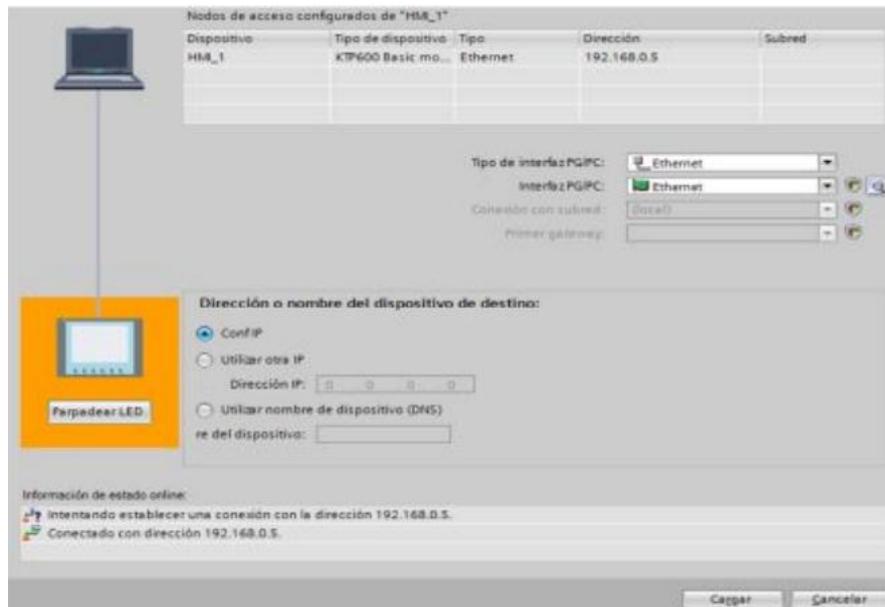


Figura 94 Cargar HMI_1

Fuente: Software TIA PORTAL

Activar la casilla “sobre escribir todo” y clic en cargar; con ello se ha finalizado la programación y el PLC queda listo.

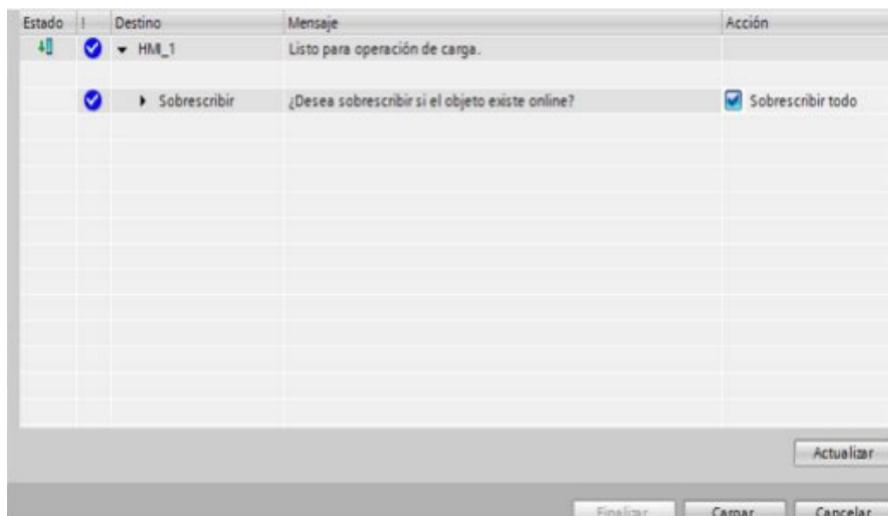


Figura 95 Venta final para cargar HMI

Fuente: Software TIA PORTAL

3.4 Conexiones Físicas

Concluida la programación en el software TIA PORTAL se procedió a realizar las conexiones físicas entre los dispositivos utilizados en el proyecto, comprobando que se encuentren los terminales correctamente conectados para obtener un correcto funcionamiento de los equipos y una excelente comunicación Modbus, logrando una buena Interfaz entre hombre y máquina que permitió operar el control de velocidad del motor trifásico, obteniendo como resultado las conexiones que muestra la siguiente figura.

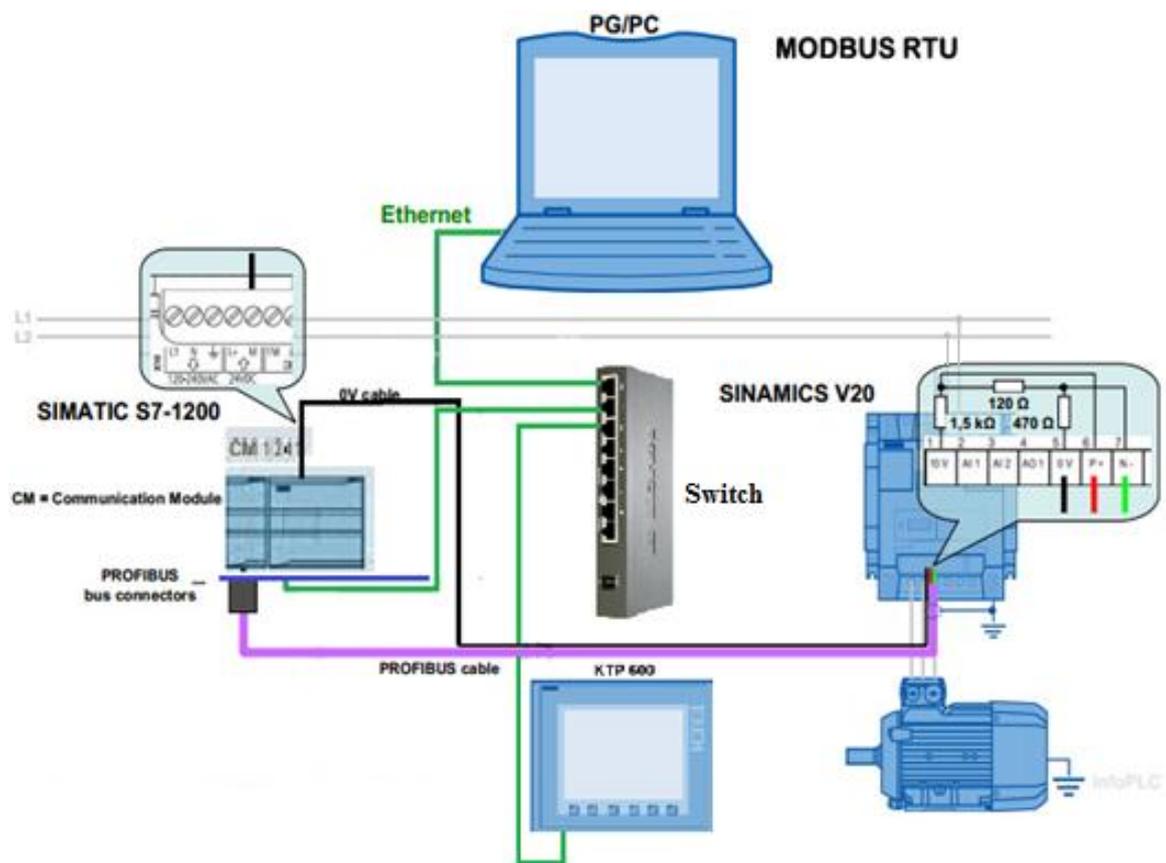


Figura 96 Conexiones Físicas

Elaborado por: Raúl Narváez

3.5 Pruebas funcionales

Para la realización de las pruebas funcionales se culminó previamente con la implementación de la red Modbus, se procedió a manipular la Touch Panel ingresando diferentes valores equivalentes al porcentaje de la velocidad del motor, para comprobar dichos valores se midió las rpms (revoluciones por minuto) a las que

operaba el motor trifásico con el apoyo de un tacómetro y también se pudo observar en la pantalla del variador V20 el rango al que operaba.



Figura 97 Variación de velocidad

Fuente: Touch Panel

Con las diferentes mediciones tomadas de la velocidad del motor trifásico en rpm con el tacómetro se pudo saber de cuanto es el margen de error de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$E\% = \frac{V_{Real} - V_{Medido}}{V_{Real}}$$

Se pudo deducir de acuerdo al margen de error que el fabricante indica el valor de velocidad en la placa aproximadamente menos un 3.5% de su valor máximo de operación con el fin de proteger la máquina.

Tabla 10

Comparación de valores de velocidad

Velocidad	Medición	Margen de error %
1745 rpm	1808 rpm	3.61%
1308,75 rpm	1356,15 rpm	3.62%
872,5 rpm	904,2 rpm	3.63%
610,75 rpm	632,8 rpm	3.61%
436,25 rpm	451,4 rpm	3.47%

Elaborado por: Raúl Narváez



Figura 98 Lectura de velocidad

Fuente: SINAMICS V20

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se estableció las características y los parámetros de funcionamiento del variador de velocidad Siemens V20 lo cual depende de las especificaciones técnicas del motor de inducción trifásico y del tipo de conexión.
- Las funciones que posee el variador SIEMENS V20 permite la fácil integración al protocolo Modbus RTU el cual tiene una arquitectura maestro-esclavo, que solo el maestro (PLC) inicia la comunicación y el esclavo (variador) responde.
- Mediante el software TIA PORTAL se realizó la programación del PLC S7-1200 para lo cual se utilizó las instrucciones Modbus, permitiendo así realizar las configuraciones requeridas para el proyecto.
- La implementación del HMI se lo hizo mediante la programación de la pantalla táctil utilizando botones y campos de texto, que sirvió de interfaz entre el hombre y la máquina.
- Se realizó satisfactoriamente el control de velocidad de un motor trifásico a través de la interconexión de los dispositivos utilizados en el proyecto.

4.2 Recomendaciones

- Colocar correctamente los parámetros del variador de velocidad basándose tanto en los ajustes de la comunicación Modbus como en la placa del motor para que funcione adecuadamente.
- Verificar que sean diferentes las direcciones IP tanto del PLC como de la TOUCH PANEL para que el software pueda ejecutar la comunicación.
- Verificar la correcta alimentación y las conexiones de los equipos que intervienen en la implementación del control de velocidad.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

BOP	Panel de Operaciones Básicas
CM	Módulo de Comunicación
DB	Bloque de Datos
ETHERNET	Estándar de redes de área local
Hardware	Conjunto de elementos físicos
HMI	Interfaz hombre-máquina
Interfaz	Conexión entre hardware, software y usuario
IP	Protocolo de internet
OSI	Interconexión de Sistemas Abiertos
PLC	Controlador Lógico Programable
Software	Conjunto de programas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. (09 de Mayo de 2015). *Cuaderno de aplicaciones técnicas*. Obtenido de https://library.e.abb.com/public/477b5b9a47443becc125791a003ab324/1TXA007106G0701_CT6.pdf
- Cobo, R. (31 de Mayo de 2015). Obtenido de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>
- Espinosa, J. (2 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://juandeg.tripod.com/comserial.htm>
- Moya, C. (03 de Julio de 2012). *repositorio.usfq*. Obtenido de [http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1103/2/94529%20\(Tesis\).pdf](http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1103/2/94529%20(Tesis).pdf)
- National Instruments. (16 de Octubre de 2014). Obtenido de <http://www.ni.com/white-paper/52134/es/>
- Ochoa, E. (12 de Julio de 2012). *dspace.esPOCH.edu*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2984/1/25T00190.pdf>
- Ruiz, J. (19 de Octubre de 2011). *SlideShare*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/JonathanRuizdeGaribay/09comunicacin-serie>
- Siemens. (16 de Noviembre de 2009). Obtenido de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- Siemens. (febrero de 2013). *Convertidor SINAMICS V20*. Obtenido de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/484/67267484/att_61462/v1/v20_OPI_es-SP_es-ES.pdf
- Siemens. (16 de Noviembre de 2015). Obtenido de <file:///C:/Users/Rulo/Downloads/6ES7241-1CH32-0XB0.pdf>
- Siemens AG. (Abril de 2008). Obtenido de http://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/de/Documents/infocenter/bs_profibus_sp.pdf
- Siemens ag. (10 de Julio de 2009). Obtenido de <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/59426?pdti=td&lc=es-ES>

Siemens Ag. (16 de Mayo de 2013). Obtenido de

https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_simatic-step7_tia-portal_es.pdf

Siemens AG. (18 de Febrero de 2015). Obtenido de

https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_panels_es.pdf

Simatic HMI. (20 de Enero de 2015). Obtenido de

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/678/31032678/att_25341/v1/hmi_basic_panels_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf

tecdigitaldelbajio. (29 de Mayo de 2012). Obtenido de

<http://tecdigitaldelbajio.com/blog/25-modbus-parte-ii-comunicacion-a-traves-de-una-red-rs-485.html>

ANEXOS