

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**TESIS**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO DE  
UNA RED DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL MEDIANTE CONTROLADORES  
LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC's) Y VARIADORES DE VELOCIDAD,  
UTILIZANDO EL ESTÁNDAR PROFINET “**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Rotherick Jordán DÁVILA PORTOCARRERO**

**Bach. Santiago José PULGAR ALARCÓN**

**Tacna – Perú**

**2018**

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis

“Diseño e implementación de un módulo de entrenamiento de una red de comunicación industrial mediante controladores lógicos programables (PLC's) y variadores de velocidad, utilizando el estándar PROFINET”

Tesis sustentada y aprobada el 14 de diciembre del 2018, estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE: DR. ABEL OBIDIO ARGUMÉ SOTOMAYOR

SECRETARIO: MAG. ANIBAL JUAN ESPINOZA ARANCIAGA

VOCAL: ING. LUIS ENRIQUE NINA PONCE

ASESOR: ING. MARCO ANTONIO COLOMA YUNGANINA



## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, SANTIAGO JOSÉ PULGAR ALARCÓN y ROTHERICK JORDÁN DÁVILA PORTOCARRERO, en calidad de Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 45206977 y 41360971 respectivamente.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada:  
“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL MEDIANTE CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC's) Y VARIADORES DE VELOCIDAD, UTILIZANDO EL ESTÁNDAR PROFINET”  
La misma que presentamos para optar:  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, no hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestras acciones se deriven, sometiéndonos a la normatividad de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 19 de diciembre del 2018



**SANTIAGO JOSÉ PULGAR ALARCÓN**  
DNI: 45206977



**ROTHERICK JORDÁN DÁVILA**  
**PORTOCARRERO**  
DNI: 41360971

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos quienes fueron fundamentales en el proceso de mi carrera profesional, ya que gracias a su apoyo incondicional he logrado todas las metas que me he propuesto.

***Santiago José Pulgar Alarcón***

A Dios, mis padres, mi esposa y mis hijos quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido realizar esta tesis. Mi dedicatoria va para todos ellos.

***Rotherick Jordán Dávila Portocarrero***

## **AGRADECIMIENTO**

Les doy gracias a mis padres por darme su amor incondicional y la educación para poder lograr todas mis metas.

A mi novia Carla Pamela por apoyarme en todos mis proyectos y estar junto a mí tanto en los mejores momentos de mi vida como en los más difíciles.

Les agradezco la confianza, apoyo y dedicación a mis profesores por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobretodo su amistad.

***Santiago José Pulgar Alarcón***

Le doy gracias a mis padres por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida y por ser ejemplo de vida.

A mi esposa ser una parte importante de mi vida, por su apoyo incondicional y por motivarme a seguir adelante.

***Rotherick Jordán Dávila Portocarrero***

## INDICE GENERAL

	Pág
INTRODUCCION	01
<b><u>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u></b>	<b>02</b>
1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	02
1.2. DEFINICION DEL PROBLEMA	03
1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA	03
1.4. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	03
1.5. OBJETIVOS	04
1.6 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	05
1.6.1 Escuela Politécnica del Ejército-Extensión Latacunga, Ecuador.	05
1.6.2 Universidad Politécnica Sallesiana-Sede Guayaquil, Ecuador.	06
1.7 BASES TEORICAS	06
1.7.1 Sistemas de control	06
1.7.1.1 <u>Definiciones básicas de un sistema de control</u>	06
1.7.1.2 <u>Componentes de un sistema de control</u>	06
1.7.1.3 <u>Sistema de control en lazo abierto</u>	07
1.7.1.4 <u>Sistema de control lazo cerrado</u>	08
1.7.2 Estándar PROFINET	08
1.7.2.1 PROFINET como solución a los requisitos de automatización	09
1.7.3 Controlador lógico programable (PLC)	17
1.7.3.1 <u>Definición</u>	17
1.7.3.2 <u>Campos de aplicación</u>	17
1.7.3.3 <u>Ventajas e inconvenientes</u>	17
1.7.3.4 <u>Estructura de un PLC</u>	18
1.7.3.5 <u>Definición de los componentes de un PLC</u>	19
1.7.3.6 <u>Lenquajes de programación en un PLC</u>	22
1.7.3.7 <u>Niveles de los Lenquajes Específicos para PLC</u>	23
<b><u>CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO</u></b>	<b>26</b>
2.1 ALCANCE	26
2.2 METODOLOGÍA	26
2.2.1 Tipos de Investigación	26
2.2.2 Diseño de investigación.	26

2.2.3	Técnicas de investigación	27
2.2.4	Métodos empleados para la investigación	27
2.2.5	Hipótesis	28
2.2.6	Población y muestra	28
2.3	PROCEDIMIENTO SEGUIDO EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO	29
2.4	DISEÑO DE LOS MÓDULOS DE ENTRENAMIENTO	29
2.4.1	Descripción de los Elementos del Sistema de Control	29
2.4.1.1	Fuente de Alimentación SIEMENS PM1207	29
2.4.1.2	PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1214C	30
2.4.1.3	Switch SIEMENS CSM1277	31
2.4.1.4	Variador de Velocidad SIEMENS SIMATIC G120	33
2.4.2	Diseño del soporte físico del módulo de entrenamiento	34
2.4.3	Diseño de la red industrial basado en el estándar PROFINET	35
2.4.4	Diseño de la arquitectura de red	35
2.4.4.1	<u>Diagrama de Conexiones</u>	35
2.4.5	Diseño de software de control	36
2.4.5.1	<u>TIA PORTAL de SIEMENS</u>	36
2.5	IMPLEMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS DE ENTRENAMIENTO	39
2.6	CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA	41
2.7	PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN	54
2.7.1	Fabricación del soporte físico del módulo de entrenamiento	54
2.7.2	Cableado del módulo de entrenamiento	54
2.7.3	Instalación de la fuente de alimentación SIEMENS	58
2.7.4	Instalación del PLC SIEMENS S7-1200	59
2.7.5	Instalación del Switch CSM1277 SIEMENS	61
2.7.6	Instalación del variador de velocidad SIEMENS G120	62
2.7.7	Conexión del PLC S7-1200 con el variador de velocidad G120	62
2.7.8	Ensamblaje del primer módulo de entrenamiento	64
2.7.9	Ensamblaje del segundo módulo de entrenamiento	64
	<b><u>CAPITULO III: ANALISIS DE RESULTADOS</u></b>	<b>65</b>
3.1	PRUEBAS DE OPERATIVIDAD DE LOS MÓDULOS DE ENTRENAMIENTO DE CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES	65
3.2	EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LOS MÓDULOS DE ENTRENAMIENTO	70
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>72</b>

<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>73</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>74</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>77</b>

## INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1: Componentes de un sistema de control	07
Figura 2: Elementos de un sistema de control de lazo abierto	07
Figura 3: Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo cerrado	08
Figura 4: Características PROFINET	09
Figura 5: Comunicación en tiempo real con PROFINET	10
Figura 6: Dispositivos de campo descentralizados	11
Figura 7: Control de movimiento	12
Figura 8: Inteligencia distribuida	13
Figura 9: Instalación de red	14
Figura 10: Estándares de TI y seguridad de datos	15
Figura 11: Seguridad en las comunicaciones	16
Figura 12: Estructura Básica de un PLC	19
Figura 13: Señales Analógicas del PLC	21
Figura 14: Lenguajes de Programación	22
Figura 15: Lenguaje Lista de Instrucciones	23
Figura 16: Diagrama de Contactos	24
Figura 17: Diagrama de bloques Funcionales	24
Figura 18: Organigrama de Bloques Secuenciales	25
Figura 19: Fuente de Alimentación SIEMENS PM1207	30
Figura 20: PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1214C	31
Figura 21: SWITCH SIEMENS CSM1277	32
Figura 22: TOPOLOGÍA LINEAL CON CSM1277	32
Figura 23: TOPOLOGÍA EN ESTRELLA CON CSM1277	33
Figura 24: VARIADOR DE VELOCIDAD SINAMICS G120	34
Figura 25: Soporte físico del módulo de entrenamiento terminado	35
Figura 26: Esquema general de conexión	36
Figura 27: Totally Integrated Automation	37
Figura 28: Vista de portal orientada a tareas del TIA PORTAL	38
Figura 29: Creación de un dispositivo en la vista de portal	38
Figura 30: Diagrama de bloques del sistema de control	39
Figura 31: Esquema de conexión PROFINET y conexión hacia el motor trifásico	40
Figura 32: Datos y Valores del Motor Trifásico Siemens usado	40
Figura 33: Esquema de conexión del variador de velocidad-motor trifásico	41

<b>Figura 34: Ventana “Crear Proyecto” del software TIA Portal</b>	<b>42</b>
<b>Figura 35: Actualización de Dispositivos Accesibles - PLC y Variador de Velocidad</b>	<b>42</b>
<b>Figura 36: Asignación de IP para cada dispositivo</b>	<b>43</b>
<b>Figura 37: Agregar Dispositivo PLC al proyecto</b>	<b>43</b>
<b>Figura 38: Vista de Dispositivos – PLC S7 1200</b>	<b>44</b>
<b>Figura 39: Buscar Variador de Velocidad G120 en el catálogo de Hardware</b>	<b>44</b>
<b>Figura 40: Agregar Variador de Velocidad G120 al proyecto</b>	<b>45</b>
<b>Figura 41: Vista del PLC y el Variador de Velocidad en el Proyecto</b>	<b>45</b>
<b>Figura 42: Conexión del PLC y el Variador de Velocidad en el Proyecto</b>	<b>46</b>
<b>Figura 43: Conexión del PLC y el Variador de Velocidad vía PROFINET</b>	<b>46</b>
<b>Figura 44: Adición de “Telegrama estándar” al Variador de Velocidad G120</b>	<b>47</b>
<b>Figura 45: Entradas y Salidas asignadas en el telegrama del Variador de Velocidad</b>	<b>48</b>
<b>Figura 46: Estructura del Telegrama de la Palabra de Mando</b>	<b>49</b>
<b>Figura 47: Palabras utilizadas en el telegrama en código binario y hexadecimal</b>	<b>50</b>
<b>Figura 48: Segmento 1 – VARIADOR LISTO</b>	<b>51</b>
<b>Figura 49: Segmento 2 y 3 – RUN e INVERTIR</b>	<b>52</b>
<b>Figura 50: Segmento 4 – CAMBIO DE CONSIGNA</b>	<b>52</b>
<b>Figura 51: Segmento 5 y 6 – CAMBIO DE CONSIGNA</b>	<b>53</b>
<b>Figura 52: Enviar el programa al PLC</b>	<b>53</b>
<b>Figura 53: Fabricación de módulos en Industrias Maldonado</b>	<b>54</b>
<b>Figura 54: Plano de conexiones y distribución del módulo de entrenamiento</b>	<b>55</b>
<b>Figura 55: Plano de fabricación del módulo de entrenamiento</b>	<b>55</b>
<b>Figura 56: Cableado de Módulos de entrenamiento</b>	<b>56</b>
<b>Figura 57: Cableado y conexión de borneras</b>	<b>56</b>
<b>Figura 58: Borneras y canaleta ranurada</b>	<b>57</b>
<b>Figura 59: Cableado interno de los módulos con el proceso de soldadura terminado</b>	<b>57</b>
<b>Figura 60: Cableado de fuente de alimentación PM1207, PLC S7-1200 y CSM 1277</b>	<b>58</b>
<b>Figura 61: Fuente de alimentación PM1207, PLC S7-1200 Y CSM 1277</b>	<b>58</b>
<b>Figura 62: Entradas y Salidas de la Fuente de alimentación PM1207</b>	<b>59</b>
<b>Figura 63: Entradas y Salidas del PLC SIEMENS S7 1200 - CPU 1214C</b>	<b>60</b>

<b>Figura 64: Salidas Analógicas del PLC SIEMENS S7 1200 - CPU 1214C</b>	<b>60</b>
<b>Figura 65: Entradas de Alimentación del Switch CSM1277</b>	<b>61</b>
<b>Figura 66: Puertos LAN del Switch CSM1277</b>	<b>61</b>
<b>Figura 67: Variador de Velocidad SIEMENS G120 colocado en el Módulo de Entrenamiento</b>	<b>62</b>
<b>Figura 68: Puerto Profinet (LAN) del PLC SIEMENS S7 1200 - CPU 1214C</b>	<b>63</b>
<b>Figura 69: Conexión del puerto LAN en el Variador de Velocidad SIEMENS G120 y de los cables de alimentación 24VDC</b>	<b>63</b>
<b>Figura 70: Primer Módulo de Entrenamiento terminado</b>	<b>64</b>
<b>Figura 71: Segundo Módulo de Entrenamiento terminado</b>	<b>64</b>
<b>Figura 72: Primer Módulo de Entrenamiento con los cables de conexión hacia el motor Trifásico</b>	<b>65</b>
<b>Figura 73: Módulo de Motor Trifásico SIEMENS del Laboratorio de Automatización y Control de la Universidad Privada de Tacna</b>	<b>66</b>
<b>Figura 74: Motor Trifásico SIEMENS 1LA7</b>	<b>66</b>
<b>Figura 75: Conexiones del Variador de Velocidad hacia el Motor Trifásico</b>	<b>67</b>
<b>Figura 76: Conexiones del Motor Trifásico hacia el Variador de Velocidad</b>	<b>67</b>
<b>Figura 77: Encendido de equipos y verificación de la Comunicación</b>	<b>68</b>
<b>Figura 78: Puesta en Marcha del Motor Trifásico con la activación de los interruptores de entrada</b>	<b>68</b>
<b>Figura 79: Visualización del funcionamiento del motor trifásico en la pantalla del Variador de Velocidad</b>	<b>69</b>
<b>Figura 80: Visualización del funcionamiento del motor trifásico en sentido contrario, accionado por el interruptor de inversión (entrada)</b>	<b>69</b>
<b>Figura 81: Motor Trifásico en funcionamiento</b>	<b>70</b>

## **RESUMEN**

La presente tesis realiza un análisis de los requerimientos del Laboratorio de Automatización y Control de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada de Tacna, y de acuerdo a este análisis propone y ejecuta el diseño e implementación de dos módulos de entrenamiento compuestos por Controladores Lógicos Programables (PLC's) y Variadores de Velocidad para alumnos de la misma escuela, para que puedan realizar distintas aplicaciones.

En uno de los módulos de entrenamiento se implementará una aplicación, la cual consta del control de velocidad de un motor trifásico por medio de un variador de velocidad de la marca SIEMENS, el control lo realizará un PLC de la misma marca previamente configurado utilizando sus entradas las cuales pueden ser activadas desde el módulo de entrenamiento. La comunicación de estos dispositivos se realizará por medio de un switch Ethernet con protocolo PROFINET.

Al finalizar la implementación se realizarán las pruebas respectivas para verificar su correcto funcionamiento y comprobar los beneficios de los Controladores Lógicos Programables, Variadores de Velocidad y del protocolo PROFINET.

### **Palabras clave:**

Automatización

Controlador lógico programable

Red industrial

Variador de velocidad

Protocolo PROFINET

## **ABSTRACT**

This thesis makes an analysis of the requirements of the Automation and Control Laboratory of the Professional School of Electronic Engineering of the Private University of Tacna, and according to this analysis proposes and executes the design and implementation of two training modules composed of Programmable Logic Controller (PLC's) and Speed Variators for students of the same school, so they can make different applications.

In one of the training modules an application will be implemented, which consists of the speed control of a three-phase motor by means of a speed variator of the SIEMENS brand, the control will be carried out by a PLC of the same brand previously configured using its inputs which can be activated from the training module. The communication of these devices will be done through an Ethernet switch with PROFINET protocol.

At the end of the implementation, the respective tests will be carried out to verify its correct operation and to check the benefits of the Programmable Logic Controllers, Speed Variators and the PROFINET protocol.

### **Keywords:**

Automation

Programmable logic controller

Industrial network

Speed variator

PROFINET protocol

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los controladores programables (PLC's) son ampliamente utilizados para la supervisión, control y automatización de los procesos industriales, por su simplicidad y fácil adaptación a las necesidades de los dispositivos actuadores a controlar.

En el año 2005, el estándar PROFINET fue desarrollado por primera vez, como resultado de la mejora en los protocolos de comunicación para entornos de desarrollo de redes industriales.

En la presente tesis denominada: **“Diseño e implementación de un módulo de entrenamiento de una red de comunicación industrial mediante Controladores Lógicos Programables (PLC's) y variadores de velocidad, utilizando el estándar PROFINET”**, se propone realizar el diseño y la implementación de dos módulos de entrenamiento empleados para el control electrónico de la velocidad de un motor eléctrico trifásico utilizando el PLC SIEMENS S7-1200, el switch Ethernet CSM 1277 y al variador de velocidad SIEMENS G120., los que serán instalados en el Laboratorio de Automatización y Control de la Universidad Privada de Tacna, Campus Capanique 1.

La presente Tesis ha sido estructurada en cuatro capítulos: El Capítulo I denominado Planteamiento del Problema, desarrolla la parte metodológica de la investigación. Presenta además, el marco teórico y los antecedentes del Proyecto a desarrollar. El Capítulo II denominado Marco Metodológico, presenta la metodología de investigación seguida, el procedimiento seguido para el desarrollo de la Tesis como Proyecto así como del diseño y la implementación de los módulos de entrenamiento. El Capítulo III denominado Análisis de los resultados, se evalúan los resultados obtenidos y se verifican la operatividad de los dispositivos de la red industrial, así como la operatividad de los módulos de entrenamiento. El Capítulo IV presenta las conclusiones y las recomendaciones. Finalmente se muestra la bibliografía utilizada y los anexos.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El laboratorio de Automatización y Control de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica cuenta con controladores de características industriales empleados para el control de procesos de plantas industriales y aplicaciones complejas, mas no para el control de procesos distribuidos en aplicaciones de redes industriales.

El empleo de las redes industriales en la actualidad ha tomado mucha importancia por los centros de producción que buscan optimizar su productividad.

Considerando que el Laboratorio de Automatización y Control de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, cuenta con estaciones de trabajo de FESTO, PLC's Siemens y PLC's Allen Bradley, sin embargo no cuentan con una red industrial basado en el estándar PROFINET.

Considerando que la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Privada de Tacna forma futuros profesionales en el Área de Control y Automatización, entonces existe la necesidad de integrar las estaciones de trabajo, los controladores PLC's de Siemens y Allen Bradley en ambientes de redes industriales para completar su formación académica, dado que en la actualidad no existen módulos de entrenamientos sobre redes industriales implementadas en el Laboratorio de Control que le permita a los estudiantes desarrollar sus prácticas.

El implementar nuevas tecnologías que faciliten el desarrollo de aplicaciones basado en el estándar PROFINET dentro del laboratorio Automatización y Control de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, permitirá experimentar a nuestros estudiantes sobre el uso de redes industriales y a la vez desarrollar aplicaciones para el control distribuido de dichos procesos industriales.

Es de necesidad urgente incorporar las experiencias prácticas en el uso del estándar PROFINET, considerando que los centro de producción minera que se encuentran en el sur del Perú, lugar donde se encuentra la Región de Tacna, tienen implementados el control de sus procesos de producción basados en estándares de redes industriales.

## 1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

El laboratorio de Automatización y Control de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada de Tacna, no cuenta con módulos de entrenamiento que empleen una red de comunicación industrial mediante Controladores Lógicos Programables (PLC) y variadores de velocidad, basado en el estándar PROFINET, que permita mejorar el control de arranque y velocidad de un motor trifásico.

## 1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

El problema a resolver puede ser formulado con la siguiente pregunta de investigación:

**¿Cómo el diseño y la implementación de una red de comunicación industrial mediante Controladores Lógicos Programables y variadores de velocidad, utilizando el estándar PROFINET, permite mejorar el control de arranque y velocidad de trabajo de motor trifásico, en el laboratorio de Automatización y Control de la Universidad Privada de Tacna?**

## 1.4 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

Debido al gran avance de tecnológico que han ido evolucionando las comunicaciones industriales en los Centros de Producción y/o Plantas Industriales, los sistemas de control y automatización han tomado auge, ya que con la automatización su concepto se extiende a la optimización de los procesos que allí se desarrollan. Pero la optimización, supervisión y control de los procesos industriales a través del proceso de automatización, requiere necesariamente el desarrollo de las redes de comunicación industrial. Es por tal motivo que con los módulos de entrenamiento a desarrollar, podremos estudiar una de las redes de comunicación más utilizadas en el área de control y automatización, conocida como el estándar PROFINET.

La creciente importancia de la integración de los dispositivos de control de modo jerárquico, es decir integración vertical, nos da un claro indicio del rol decisivo que desempeña el intercambio de información en un entorno industrial en los sistemas de automatización actuales. PROFINET,

el estándar abierto y no propietario basado en Industrial Ethernet, permite un acceso directo dentro de una red industrial, desde el nivel 4 de gestión hasta el nivel 2 de campo. Para ello el estándar PROFINET dentro de una de sus características esenciales es la que soporta TCP/IP sin ningún tipo de restricciones.

Este protocolo de comunicación permite obtener un mejor control de elementos de campos tales como controlador de motor (variador de velocidad). Estos dispositivos variadores de velocidad, han evolucionado y son equipos más robustos, más fáciles de programar, con un mejor control en el motor, y lo más importante, se han convertido en una herramienta que comunica al sistema de control todo lo que está pasando en el motor. Con una comunicación Ethernet, nos permite que el variador envíe todos los datos de sus mediciones como: voltaje, corriente, consumo energético, alarmas y fallas, entre otros, al sistema de control de la planta o del proceso, dándole la oportunidad al usuario de tomar las decisiones correctas en tiempo real.

Sobre lo expuesto y en forma de síntesis se puede afirmar que con el módulo de variador de frecuencia con estándar PROFINET, se puede obtener diferentes valores de lecturas del motor, optimizando el uso del motor y permitiendo un control más efectivo a través de la red de control, así mismo poder ver que estos procesos son programables y ajustables a la persona que lo supervisa.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivos generales**

Diseñar e implementar un módulo de entrenamiento de una red de comunicación industrial mediante Controladores Lógicos Programables y variadores de velocidad, utilizando el estándar PROFINET, que permita mejorar el control de arranque y velocidad de trabajo de un motor trifásico, en el laboratorio de Automatización y Control de la Universidad Privada de Tacna.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- a) Diseñar un módulo de entrenamiento de una red industrial basado en el estándar PROFINET

- b) Estudiar y programar el software de automatización TIA PORTAL, para configurar los dispositivos de control de la red industrial PROFINET.
- c) Desarrollar una aplicación de una red industrial Ethernet utilizando el PLC Siemens S7-1200 y el variador de velocidad G120 de Siemens, que controle a un motor trifásico 220-220 Voltios.

## 1.6 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Nuestra región tiene como un eje principal para su desarrollo la explotación minera y procesamiento industrial de materias primas que allí se extraen.

Dichos centros mineros requieren un alto grado de automatización de sus plantas. En este sentido es de importancia conocer las posibilidades que el control automatizado ofrece para la industria, considerando este aspecto una necesidad inherente al desarrollo profesional, de los estudiantes de la escuela profesional de ingeniería electrónica, en la especialidad de control y automatización de procesos industriales.

A continuación se citará los trabajos desarrollados por tesis de algunas instituciones de educación superior latinoamericanas, que se han tomado en cuenta para desarrollar nuestro trabajo de tesis

### 1.6.1 Escuela Politécnica del Ejército-Extensión Latacunga, Ecuador.

**GUEVARA y ROSERO (2013)** presentaron en Ecuador el trabajo de tesis:

***“Diseño e Implementación de una red industrial utilizando protocolo PROFINET para monitoreo y control de las estaciones de nivel, flujo, presión y temperatura en el laboratorio de redes industriales y control de procesos de la ESPE Extensión Latacunga”.***

El trabajo de tesis presentado por **GUEVARA y ROSERO (2013)**, abordó como objetivo general:

***“Diseñar e Implementar de una Red Industrial con protocolo PROFINET para el monitoreo y control de las estaciones de Procesos industriales de nivel, Flujo, presión y temperatura de la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga.” (p. 5)***

## 1.6.2 Universidad Politécnica Salesiana-Sede Guayaquil, Ecuador.

**CEVALLOS y HUIRACOCKA (2015)** presentaron el trabajo de tesis para obtener el título de Ingeniero Electrónico:

**“Diseño e Implementación de maletas didácticas para el control de motores utilizando variadores de velocidad para el control de llenado” (p. XIII)**

El trabajo de tesis presentado por **CEVALLOS y HUIRACOCKA (2015)**, se basa en

“El diseño e implementación de módulos didácticos en Sistemas de Controles Industriales, generando variaciones de velocidad en un motor trifásico, a través de un variador de velocidad Sinamics G110 y un mini PLC Logo 230 RCE, mediante el puerto Ethernet.” **(p. 6)**

## 1.7 BASES TEORICAS

### 1.7.1 Sistemas de control

#### 1.7.1.1 Definiciones básicas de un sistema de control

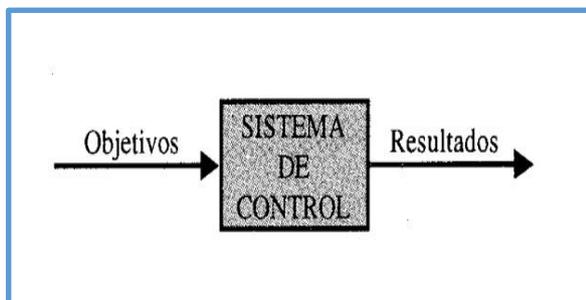
Si consideramos a un sistema de control como aquel que regula los diferentes procesos mediante el uso de dispositivos, entonces:

*Un sistema de Control está compuesto por objetivos en la cual debe cumplirse para obtener un resultado deseado, la búsqueda de dichos objetivos requiere normalmente utilizar unas estrategias de control ya que estos se encuentran en gran cantidad en el sector industrial el cual beneficia al desarrollo eléctrico, mecánico, neumático, electrónico. En lo personal se puede comparar con el realizar grandes tareas lo cual lleva a la persona a tomar decisiones. (KUO,1996, p. 2)*

#### 1.7.1.2 Componentes de un sistema de control

*En un Sistema de Control los objetivos se pueden identificar como señales entrantes o señales actuales y a los resultados que se obtiene se lo conoce como variables controladas o salidas,*

generalmente no es más que controlar la salida mediante las entradas que de alguna forma se encuentra prescrita en los elementos de un sistema de Control". (KUO, 1996, p. 2)

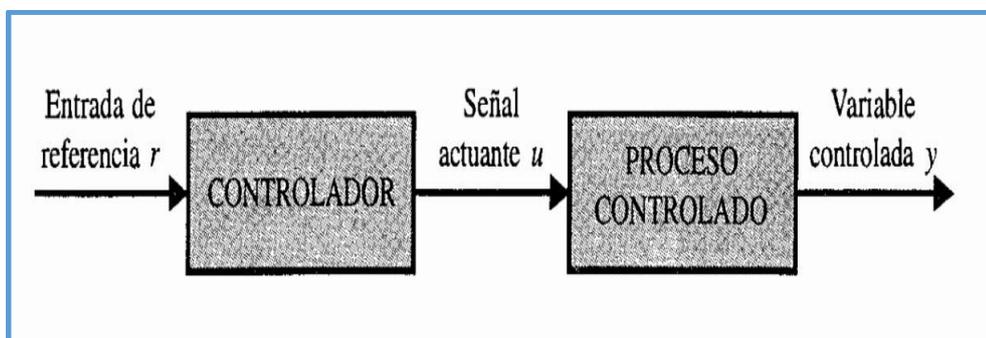


**Figura 1: Componentes de un sistema de control**

(Fuente: En "Sistemas de Control Automático", por B.C. KUO, 1996, Séptima Edición, p.2., Derechos de autor [1996] por Prentice Hall Hispanoamericana S.A."

### 1.7.1.3 Sistema de control en lazo abierto

En el sistema de lazo abierto se puede apreciar que estos sistemas no pueden satisfacer requerimientos de desempeño crítico, pero se puede dividir en dos partes el controlador y el proceso controlado. Una señal de entrada se aplica al controlador y su salida no tiene efecto sobre el sistema, por su simplicidad y economía se les encuentra en muchas aplicaciones no críticas. (KUO, 1996, p. 9)



**Figura 2: Elementos de un sistema de control de lazo abierto**

(Fuente: En "Sistemas de Control Automático", por B.C. KUO, 1996, Séptima Edición, p.9., Derechos de autor [1996] por Prentice Hall Hispanoamericana S.A."

#### 1.7.1.4 Sistema de control lazo cerrado

En un sistema para tener un control más exacto la señal controlada debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, para esto se debe enviar una señal actuante que proporcione una diferencia entre la entrada y la salida a través del sistema para corregir el error. El sistema que cuenta con una o más trayectorias de realimentación se le conoce como sistema lazo cerrado ya que cuentan con mayores ventajas con respecto a los de lazo abierto. (KUO, 1996, p. 9)

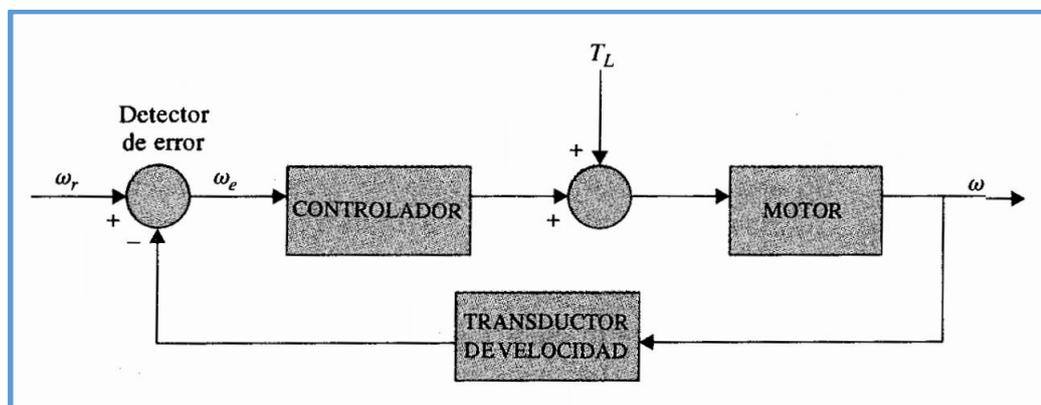


Figura 3: Diagrama de bloques de un sistema de control de lazo cerrado  
(Fuente: En "Sistemas de Control Automático", por B.C. KUO, 1996, Séptima Edición, p.10., Derechos de autor [1996] por Prentice Hall Hispanoamericana S.A.")

#### 1.7.2 Estándar PROFINET

Presentaremos una breve descripción del estándar de comunicación PROFINET:

**PROFINET** es un nuevo concepto de automatización que emerge de la tendencia general hacia plantas modulares con maquinaria reutilizable con inteligencia distribuida. PROFINET está disponible como especificación, incluyendo datos sobre como conectarse y los módulos a utilizar. Asimismo incluye el código que se

debe usar en su implementación con lo que se permite una rápida integración de las diferentes partes del proyecto. Esto quiere decir que los problemas de interacción entre partes del bus queda reducido a un mínimo. (GUEVARA y ROSERO, 2013, p. 32)



**Figura 4: Características PROFINET**

(Fuente: En "Tutorial virtual", por A. J. BARRAGÁN, 2012, del sitio web: <http://www.uhu.es/antonio.barragan/content/10-sistemas-profinet>)

#### **1.7.2.1 PROFINET como solución a los requisitos de automatización**

De acuerdo a la estipulado por la IEC (acrónimo de Comisión Internacional Electrotécnica), el estándar internacional 61158 orienta al uso de la redes de comunicaciones industriales.

PROFINET acrónimo de (Process Field Net) es una norma que utiliza la industria para regular las comunicaciones de datos en basa al estándar internacional Ethernet (IEEE 802.3).

PROFINET (Process Field Net o Red de Procesos de Campo), se caracteriza especialmente por lo siguiente: uso en conjunto de comunicación en tiempo real y basada en el Protocolo TCP/IP; con conexión Fast Ethernet a la velocidad de transmisión de datos de 100 Mbit/s y al empleo de la tecnología switching o de conmutación. (SIEMENS A.G, 2006, p. 6)

#### **1. Procesos**

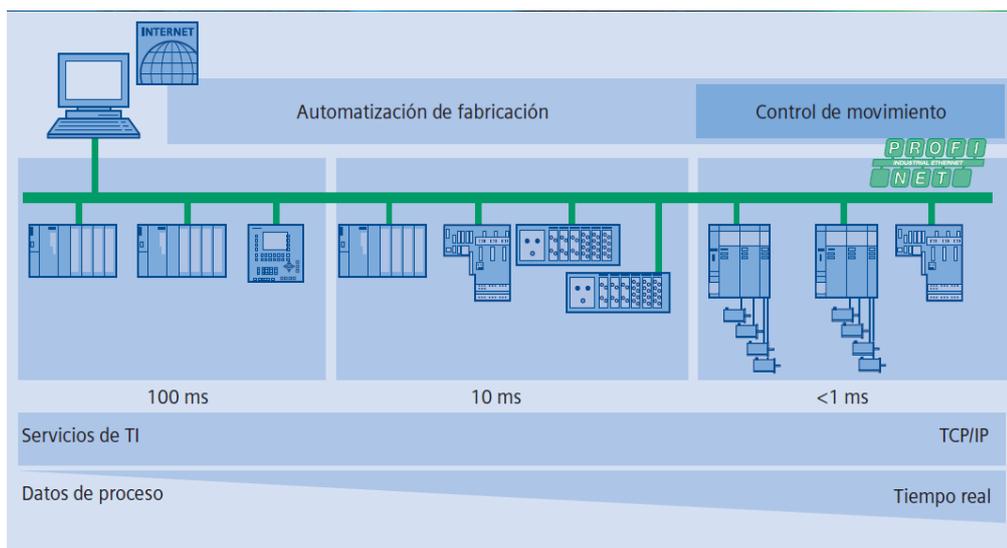
Con respecto a la característica de Procesos, en el Manual de SIEMENS (PROFINET) se presenta los siguientes considerandos:

*PROFINET ha sido concebido como estándar completo para todas las tareas de automatización. En los gremios de normalización se elaboran actualmente complementos específicos para su aplicación en plantas de proceso y la integración de instrumentación industrial y equipos de análisis. (SIEMENS A.G, 2006, p. 5)*

## 2. Comunicación en tiempo real

Con respecto a la característica de Comunicación en tiempo real, en el Manual de SIEMENS (PROFINET) se presenta los siguientes considerandos:

*PROFINET utiliza un canal de comunicaciones en tiempo real optimizado para las necesidades de tiempo real de los procesos de automatización. Así se minimizan los tiempos de **ejecución** y se aumenta el rendimiento a la hora de actualizar los datos de proceso. Las prestaciones son comparables a las de los buses de campo, permitiendo unos tiempos de reacción de entre 1-10 ms. (SIEMENS A.G, 2006, p. 8)*



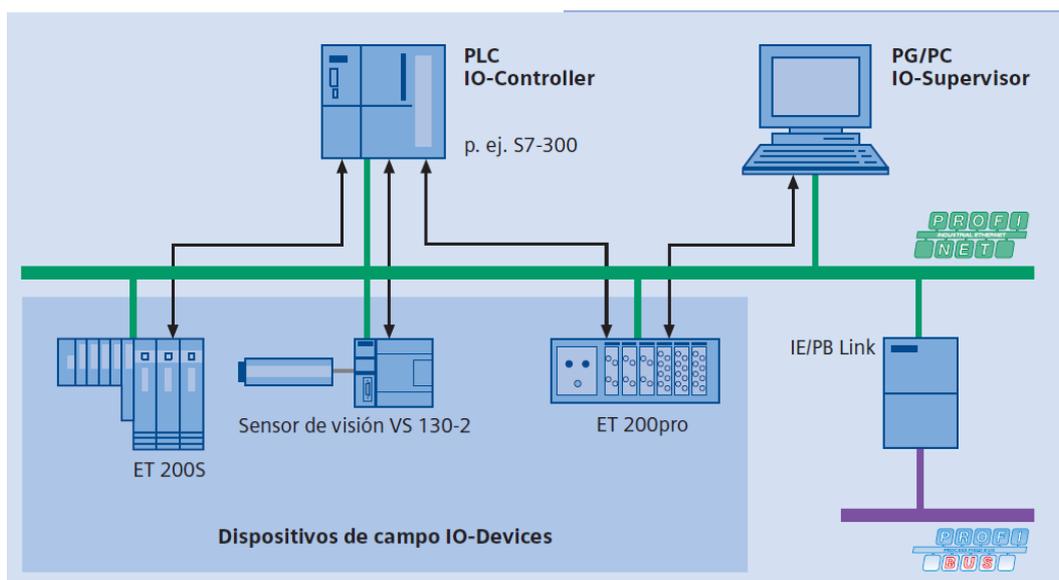
**Figura 5: Comunicación en tiempo real con PROFINET**

(Fuente: En “PROFINET, el estándar abierto de Industrial Ethernet”, por SIEMENS, 2006, del sitio web: <http://www.grupdap.es/ficheros/descrip-tecnicas/Profinet-2006.pdf>)

### 3. Dispositivos de campo descentralizados

Con respecto a la característica de Dispositivos de campo descentralizados, en el Manual de SIEMENS (PROFINET) se presenta los siguientes considerandos:

*Para la conexión directa de dispositivos de campo descentralizados a Industrial Ethernet, PROFIBUS International ha definido el estándar PROFINET IO. Gracias a él, los dispositivos de campo transmiten sus datos cíclicamente a la imagen de proceso del controlador (p. ej. PLC) correspondiente. Aquí, PROFINET admite 1.440 bytes/ciclo por dispositivo de campo, superando el volumen de datos que se puede enviar a través de un bus de campo. (SIEMENS A.G, 2006, p. 10)*



**Figura 6: Dispositivos de campo descentralizados**

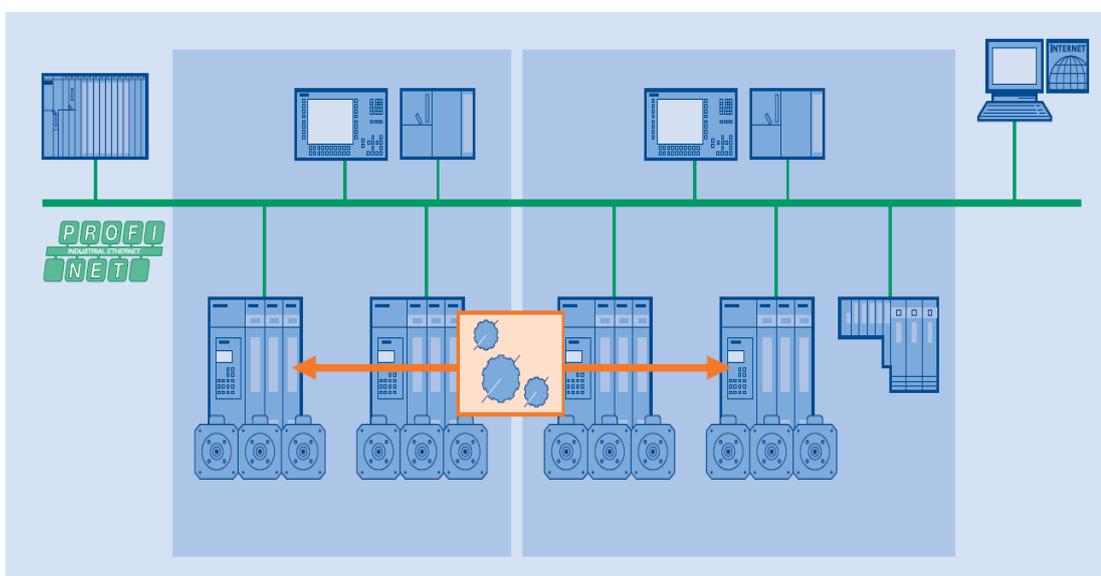
(Fuente: En “PROFINET, el estándar abierto de Industrial Ethernet”, por SIEMENS, 2006, del sitio web:<http://www.grupdap.es/ficheros/descrip-tecnicas/Profinet-2006.pdf>)

### 4. Control de movimiento

Con respecto a la característica de control de movimiento, en el Manual de SIEMENS (PROFINET) se presenta los siguientes considerandos:

*La aplicación de PROFINET permite obtener máquinas con mayores prestaciones, lo que se refleja en óptimo rendimiento, mayor número de accionamientos y menores tiempos de reacción.*

*Con PROFINET, la comunicación en tiempo real deja siempre recursos a la comunicación de TI abierta y simultánea. Estos recursos se pueden utilizar, por ejemplo, para funciones de diagnóstico y mantenimiento, lo que a su vez mejora la disponibilidad. (SIEMENS A.G, 2006, p. 12)*



**Figura 7: Control de movimiento**

(Fuente: En “PROFINET, el estándar abierto de Industrial Ethernet”, por SIEMENS, 2006, del sitio web:<http://www.grupdap.es/ficheros/descrip-tecnicas/Profinet-2006.pdf>)

## 5. Inteligencia distribuida

Con respecto a la característica de inteligencia distribuida, en el Manual de SIEMENS (PROFINET) se presenta los siguientes considerandos:

*PROFIBUS International ha definido un estándar para la implantación de instalaciones modulares: PROFINET CBA (Component Based Automation). En el sector de máquinas e instalaciones, la modularización ha proporcionado ya excelentes*

resultados: los elementos requeridos con mayor frecuencia se prefabrican y, al realizar el pedido, se integran rápidamente en una unidad individual. PROFINET CBA permite extender la modularización al ámbito de la automatización de instalaciones con la ayuda de componentes de software. (SIEMENS A.G, 2006, p. 14)

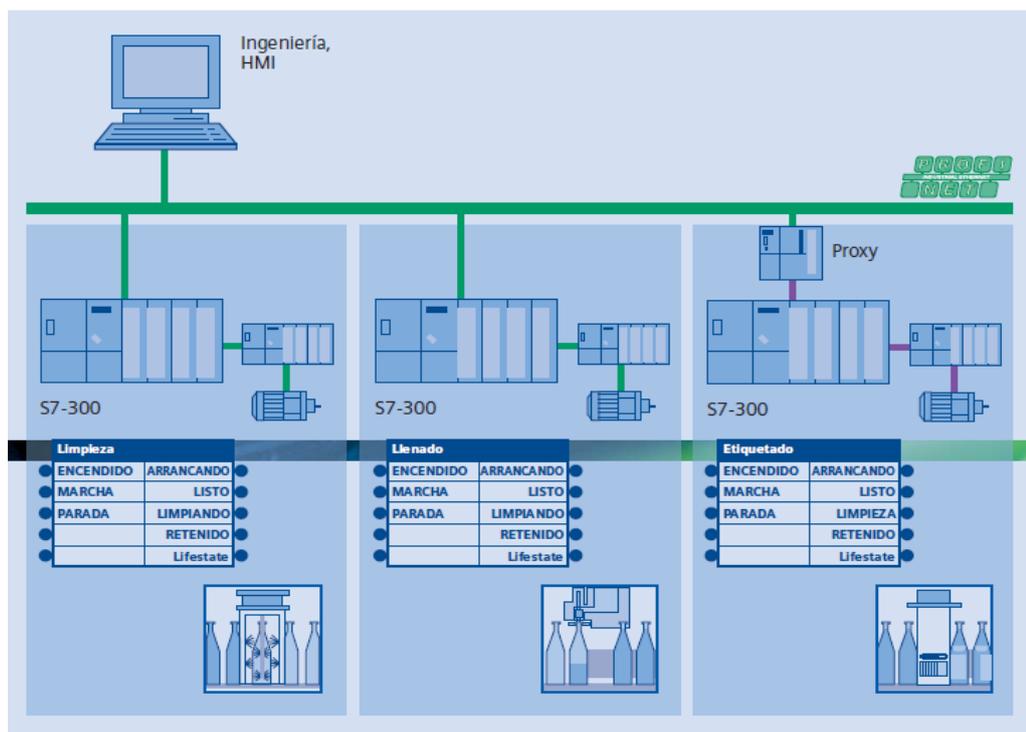


Figura 8: Inteligencia distribuida

(Fuente: En "PROFINET, el estándar abierto de Industrial Ethernet", por SIEMENS, 2006, del sitio web:<http://www.grupdap.es/ficheros/descrip-tecnicas/Profinet-2006.pdf>)

## 6. Instalación de red

Con respecto a la característica de instalación de red, en el Manual de SIEMENS (PROFINET) se presenta los siguientes considerandos:

*La norma internacional ISO/IEC 11801 y su equivalente europeo EN 50173 definen una red estándar de información e independiente de la aplicación. El documento «Installation Guideline PROFINET», publicado por PROFIBUS International, ofrece ayuda a los*

constructores de instalaciones durante la instalación de redes PROFINET. (SIEMENS A.G, 2006, p. 16)

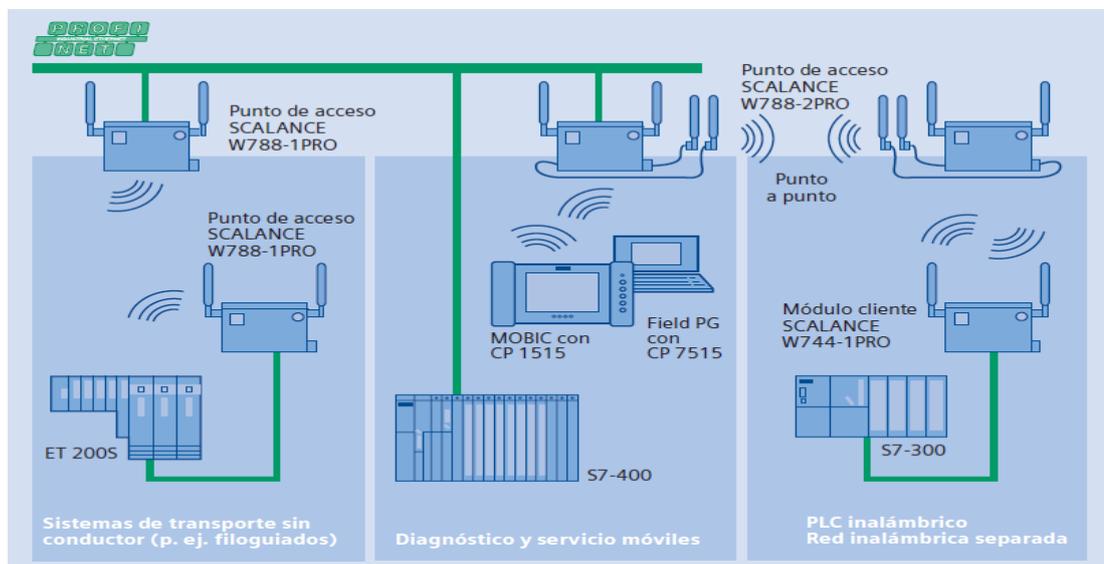


Figura 9: Instalación de red

(Fuente: En “PROFINET, el estándar abierto de Industrial Ethernet”, por SIEMENS, 2006, del sitio web:<http://www.grupdap.es/ficheros/descrip-tecnicas/Profinet-2006.pdf>)

## 7. Estándares de TI y seguridad de datos

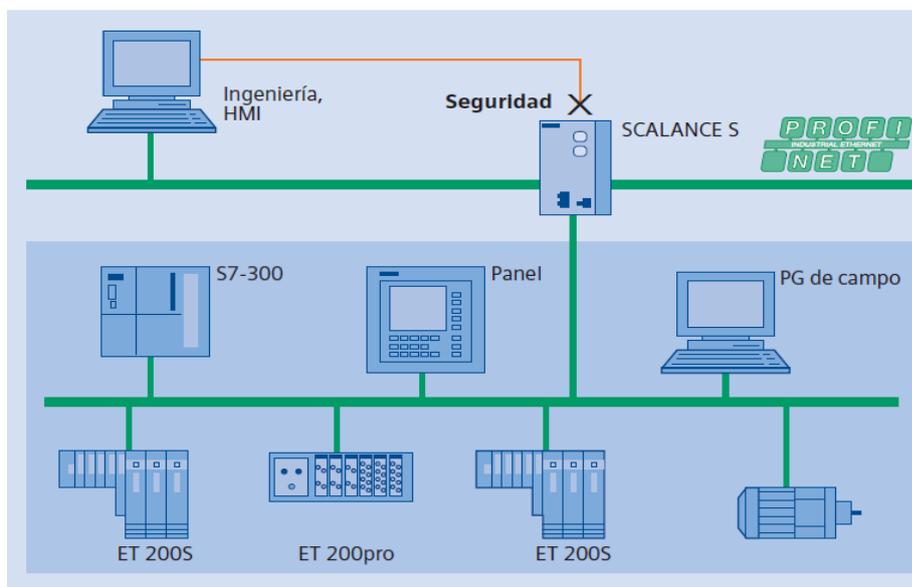
Con respecto a la característica de instalación de red, en el Manual de SIEMENS (PROFINET) se presenta los siguientes considerandos:

Gestión de redes: A diferencia de los buses de campo, Ethernet ofrece en combinación con TCP/IP y UDP/IP posibilidades adicionales para la gestión de redes. Los aspectos de infraestructura de redes, gestión de IP, diagnóstico de red y sincronización de hora forman parte de la gestión de redes integrada. Con ella, la administración y la gestión de Ethernet resulta mucho más sencilla gracias a la utilización de protocolos estándar en informática. (SIEMENS A.G, 2006, p. 18)

Gestión de diagnósticos: La fiabilidad de la red tiene prioridad absoluta en la gestión de redes. Para el mantenimiento y supervisión de componentes de red y sus funciones, se ha impuesto en las redes

existentes el protocolo SNMP como estándar de facto. Este protocolo permite accesos de lectura (supervisión, diagnóstico) y escritura (administración) a los equipos. **(SIEMENS A.G, 2006, p. 18)**

Servicios Web: También es posible acceder a los dispositivos PROFINET a través de un cliente Web. Dicho acceso se basa en tecnologías estándar del mundo de Internet, como HTTP, XML, HTML o scripts. De esta forma es posible integrar la información procedente de los equipos PROFINET en sistemas de información modernos y con compatibilidad multimedia. **(SIEMENS A.G, 2006, p. 18)**



**Figura 10: Estándares de TI y seguridad de datos**

(Fuente: En “PROFINET, el estándar abierto de Industrial Ethernet”, por SIEMENS, 2006, del sitio web:<http://www.grupdap.es/ficheros/descrip-tecnicas/Profinet-2006.pdf>)

Con respecto a la característica de **seguridad de datos en ambientes industriales**, en el Manual de SIEMENS (PROFINET) se presenta los siguientes considerandos:

*Con PROFINET es posible acceder a datos del nivel de campo desde el nivel de gestión. De este modo, es posible explorar y sacar*

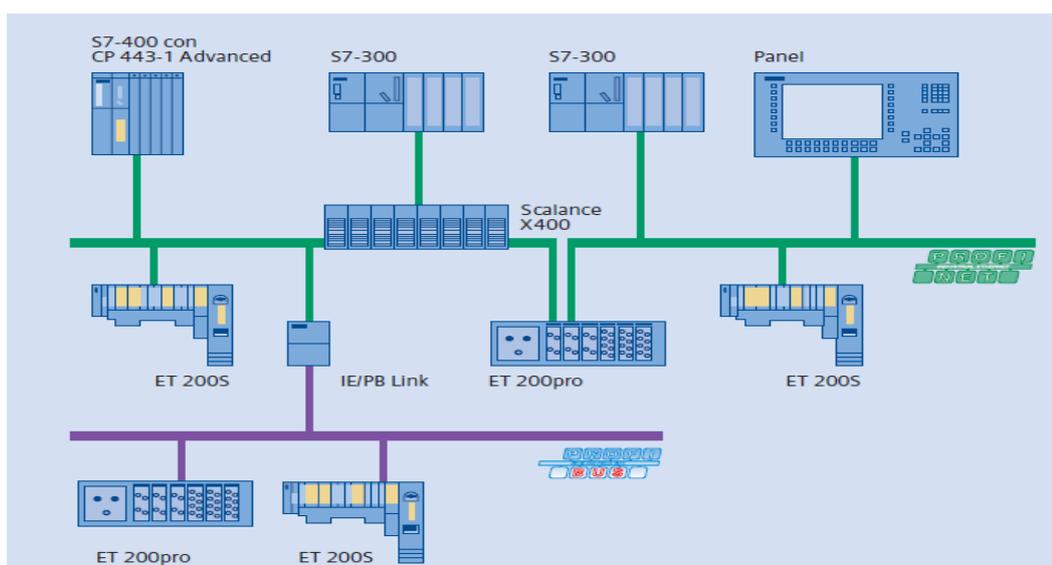
*partido de oportunidades ocultas de mejora de la productividad. No obstante, en todo momento se debe garantizar la seguridad de la red y de los datos. La seguridad no sólo se ve amenazada por virus, troyanos y otras amenazas, sino que también deben evitarse direccionamientos accidentales incorrectos dentro de la empresa.*

**(SIEMENS A.G, 2006, p. 19)**

## 1. **Seguridad en las comunicaciones**

Con respecto a la seguridad de las comunicaciones, en el artículo PROFINET se indica:

*“Para garantizar una comunicación segura, PROFINET utiliza el perfil PROFIsafe. Éste es el primer estándar de comunicaciones según la norma de seguridad IEC 61508 que permite la comunicación estándar y segura por un único cable de bus. Sus ventajas: una reducción significativa de los trabajos de cableado y una menor variedad de componentes. . (SIEMENS A.G, 2006, p. 20)*



**Figura 11: Seguridad en las comunicaciones**

(Fuente: En “PROFINET, el estándar abierto de Industrial Ethernet”, por SIEMENS, 2006, del sitio web:<http://www.grupdap.es/ficheros/descrip-tecnicas/Profinet-2006.pdf>)

### 1.7.3 Controlador lógico programable (PLC)

#### 1.7.3.1 Definición

En el Manual 061 de Controladores Lógicos Programables (PLC) se indica que:

*El Controlador Lógico Programable es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, la cual cuenta con funciones predeterminadas como: temporizadores, lógicas, secuenciales, aritméticas, etc. Las cuales en conjunto permiten el control de diversos procesos o máquinas. (MICRO, 2010, p. 9)*

#### 1.7.3.2 Campos de aplicación

En el Manual 061 de Controladores Lógicos Programables (PLC) se indica que:

*El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, o control de instalaciones, entre otras. (MICRO, 2010, p. 9)*

#### 1.7.3.3 Ventajas e inconvenientes

##### 1. Ventajas

En el Manual 061 de Controladores Lógicos Programables (PLC) se indica que:

*Dentro de las ventajas que presenta el utilizar a los PLCs tenemos:*

- *Permite la elaboración de proyectos en un menor tiempo.*
- *Reducción de la cantidad de dispositivos o accesorios a emplear.*
- *Posibilidad de efectuar cambios en la configuración del sistema, sin modificar ni el hardware.*
- *Reducción del espacio dedicado para la instalación del PLC.*
- *Al contar con manuales de instrucción para su configuración e instalación, se reduce el costo de mano de obra.*
- *Uso de un menor presupuesto para su mantenimiento.*
- *Posibilidad de controlar varios dispositivos con un mismo PLC (MICRO, 2010, pp. 9-10)*

## 2. **Inconvenientes**

En el Manual 061 de Controladores Lógicos Programables (PLC) se indica que:

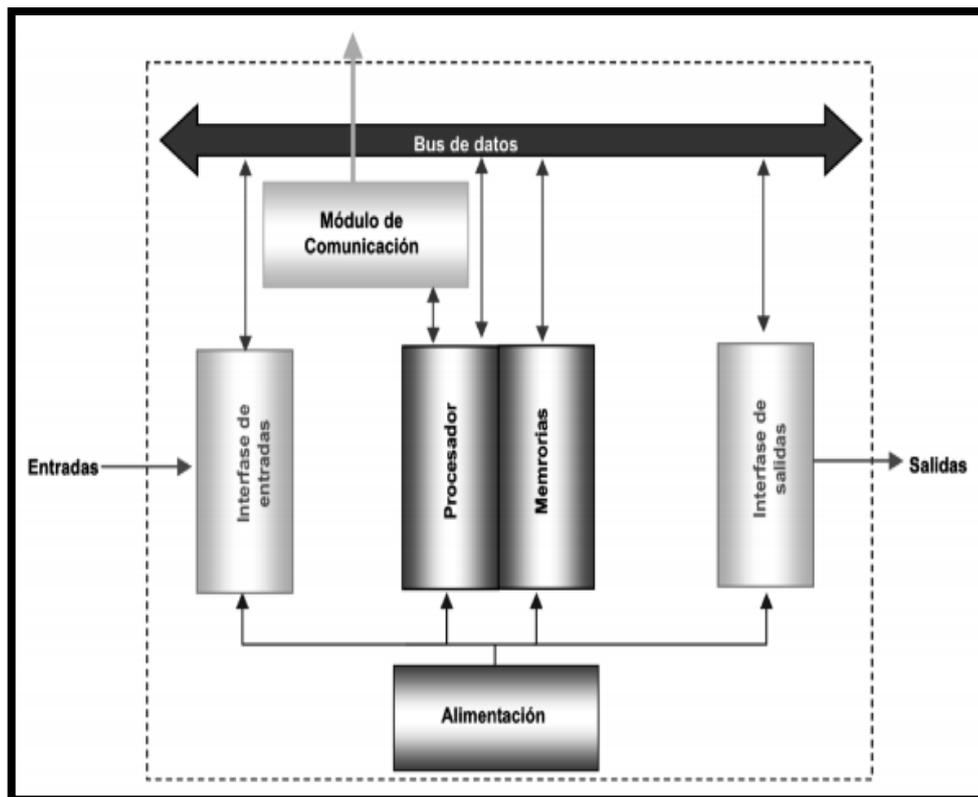
*Dentro de los inconvenientes que presenta utilizar los PLCs tenemos:*

- *Se requiere conocimientos de programación, por lo que se hace necesario contar con un especialista en la programación de PLCs.*
- *El costo inicial requerido para implementar un sistema de control con PLC, es alto. (MICRO, 2010, p. 10)*

### 1.7.3.4 **Estructura de un PLC**

El Controlador Lógico Programable (PLC) presenta la siguiente estructura básica:

- La Unidad de Procesamiento Central (CPU)
- Las interfases de entrada
- Las Interfases de salida



**Figura 12: Estructura Básica de un PLC**

(Fuente: En “Manual 061 de Controladores Lógicos Programables”, por MICRO, 2010, del sitio web: <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLogicoProgramablePLC.pdf>.)

### 1.7.3.5 Definición de los componentes de un PLC

#### 1. Procesador

Dentro de la estructura del PLC, el procesador o unidad de procesamiento es el elemento inteligente que se encarga de procesar las instrucciones provenientes de un programa elaborado por el operador del sistema, que facilite la operatividad del proceso industrial a controlar, así como supervisar la comunicación entre la unidad de programación-PLC.

Cuenta con un programa residente instalado por el fabricante del PLC que representa su sistema operativo.

El sistema operativo no está al alcance del operario del sistema y tiene características propias de acuerdo al fabricante de controladores.

## 2. Memoria

Son dispositivos semiconductores denominados circuitos integrados de gran escala de integración, que tiene la capacidad de almacenar información en determinadas localizaciones o direcciones de memoria, cuya organización está bien estructurada

La información que se almacena en las direcciones de memoria es en forma de datos: Los datos que tiene que ver con la información de las señales de entrada y salida se llaman **datos del proceso**; los datos relacionados con las variables internas del PLC se llaman **datos de control**; y los datos que almacenan las constantes se denominan **datos alfanuméricos**.

## 3. Entradas y Salidas

*“Tanto entradas como las salidas desempeñan la función de intercambio de señales con el autómata programable, ya sean de envío o recepción, existen muchos dispositivos que tienen una condición particular de su entorno como temperatura, presión, entre otras.” (LOBATO y ANDRAMUÑO, 2015, p. 32)*

“Algunos dispositivos que conocemos en el mercado pueden acoplarse a los módulos como son: Sensores Inductivos, sensores Magnéticos, sensores Ópticos, Pulsadores, Termocuplas, Encoders”.  
(LOBATO y ANDRAMUÑO, 2015, p. 32)

### Dispositivos de salida

*“Como dispositivos típicos de salida podemos hallar varios, pero los más conocidos son: los contactores de Motores, electroválvulas, indicadores Luminosos o Relés, etc...”. (LOBATO y ANDRAMUÑO, 2015, pp. 32-33)*

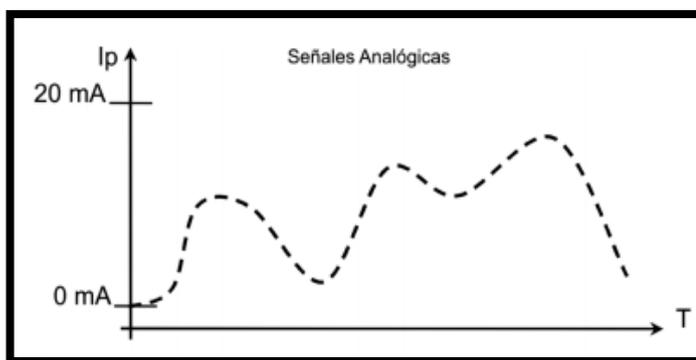
### Entradas digitales

*“Los módulos de entradas digitales trabajan con señales de tensión discretas. Existen módulos de corriente continua para tensiones de 5 a 48 VDC y otros para 110 y 220 VAC”..(LOBATO y ANDRAMUÑO, 2015, p. 33)*

### Entradas analógicas

Las entradas que admiten los PLC, son señales analógicas que se encuentran dentro de un rango de operación de valores de voltaje o valores de corriente. Los niveles continuos de los voltajes pueden variar, admitiendo señales que van desde 0 a 5 VDC, o desde 0 a 10 VDC, y desde 0 a 20mA o 4 a 20mA.

Para que puedan ser admitidas estas señales en el PLC se utilizan módulos de tipo analógico, que desarrollan la función de convertir las señales derivadas de sensores en señales eléctricas continuas, las cuales serán adecuadas para ser reconocidas por el PLC.



**Figura 13: Señales Analógicas del PLC**

(Fuente: En "Manual 061 de Controladores Lógicos Programables", por MICRO, 2010, del sitio web: <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLogicoProgramablePLC.pdf>.)

### Salidas digitales

Estos módulos tienen el mismo funcionamiento que las entradas digitales. Funcionan con lógica digital con la diferencia que a su salida se debe acoplar circuitos que ayude activar los diferentes dispositivos utilizados

**Salida a Relé:** Es una de las más usuales, pueden tolerar hasta 2 A.

**Salidas a Transistor:** Capaces de operar solamente en corriente continua de baja potencia hasta 0.5 A máximo.

**Salidas por Triac:** Operan con corrientes alternas. Son circuitos integrados de potencia. (LOBATO y ANDRAMUÑO, 2015, p. 34)

#### 4. Equipos o unidades de Programación

Se utilizan dos tipos de unidades de programación para configurar un PLC:

**Unidad de Programación portátil:** Tiene la forma de calculadora y puede ser utilizado para pequeñas modificaciones del programa o de la lectura de datos de un PLC.

**Personal Computer (PC):** Es un dispositivo de procesamiento de datos que contiene un microprocesador (CPU) capaz de almacenar **gran** volumen de información, imprimir archivos interconectarse con el PLC para una interfaz de comunicación, utilizar herramienta gráficas para optimizar la programación.

##### 1.7.3.6 Lenguajes de programación en un PLC

Los lenguajes de programación cumplen la función principal de establecer la comunicación entre la unidad de programación y el Controlador (PLC).

Es lenguajes de programación se clasifican en **visuales**: que emplean gráficos, y **escritos**: que usan conjunto de instrucciones, para la elaboración de un programa.

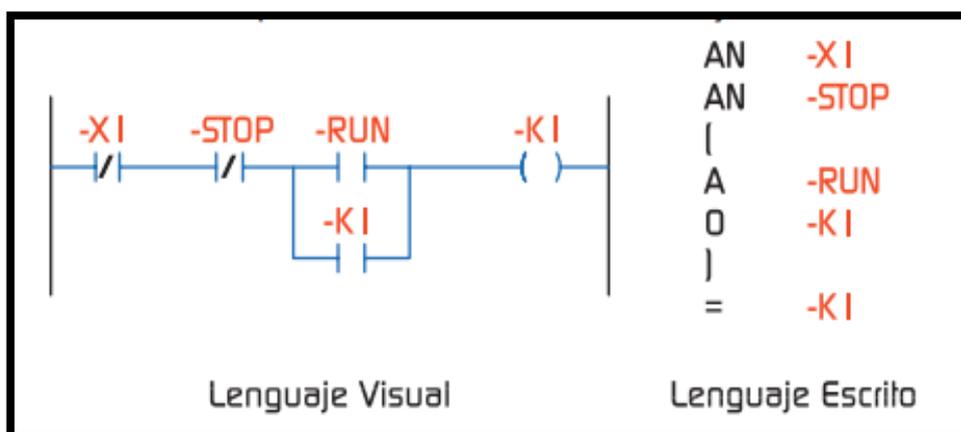


Figura 14: Lenguajes de Programación

(Fuente: En "Lección 6 de Controladores Lógicos Programables", por J. TORRES, 2016, del sitio web: [http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3124/5/Torres\\_Zambrano\\_JennyKatherine2016Anexo.3.pdf](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3124/5/Torres_Zambrano_JennyKatherine2016Anexo.3.pdf)).

### 1.7.3.7 Niveles de los Lenguajes Específicos para PLC

Listado de instrucciones (mnemónico): Utiliza instrucciones derivadas de las operaciones del álgebra de Boole, combinadas con otras que permiten representar funciones como temporizadores, contadores, movimientos de datos en la memoria y cálculos. Cada instrucción está formada por un mnemónico o código, (abreviatura que representa una función), y uno o varios argumentos (variables que indican la dirección de memoria sobre la que se va a trabajar. **(MICRO, 2010, p. 46)**)

AN	-XI
AN	-STOP
(	
A	-RUN
O	-KI
)	
=	-KI

Lenguaje IL

**Figura 15: Lenguaje Lista de Instrucciones**

(Fuente: En “Lección 6 de Controladores Lógicos Programables”, por J. TORRES, 2016, del sitio web: [http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3124/5/Torres\\_Zambrano\\_JennyKatherine2016Anexo.3.pdf](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3124/5/Torres_Zambrano_JennyKatherine2016Anexo.3.pdf)).

Diagrama de Contactos: Representa el funcionamiento deseado, como en un circuito de contactores y relés, fácil de entender y utilizar para usuarios con experiencia en lógica alamburada. En general, nos referimos a este lenguaje como LADDER (escalera), ya que la forma de construcción de su esquema se asemeja a una escalera. . **(TORRES, 2016, p. 8)**

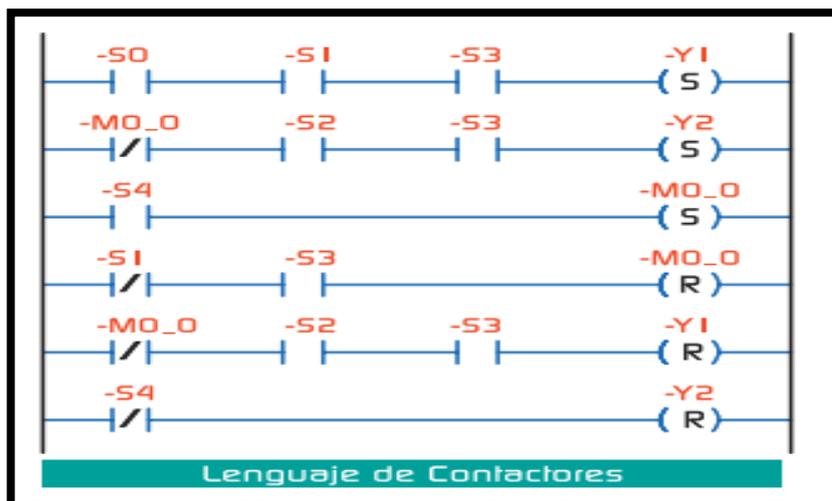


Figura 16: Diagrama de Contactos

(Fuente: En "Lección 6 de Controladores Lógicos Programables", por J. TORRES, 2016, del sitio web: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3124/5/TorresZambranoJennyKatherine2016Anexo.3.pdf>).

Diagrama de Bloques Funcionales: El diagrama de funciones (function block diagram) es un lenguaje gráfico que permite programar elementos que aparecen como bloques para ser cableados entre sí de forma análoga al esquema de un circuito. El uso de FBD es adecuado para muchas aplicaciones que involucren el flujo de información o datos entre componentes de control. (MICRO, 2010, p. 8)

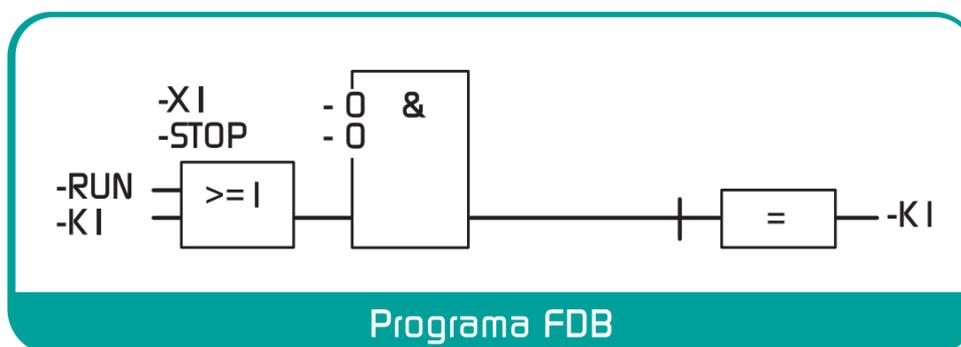
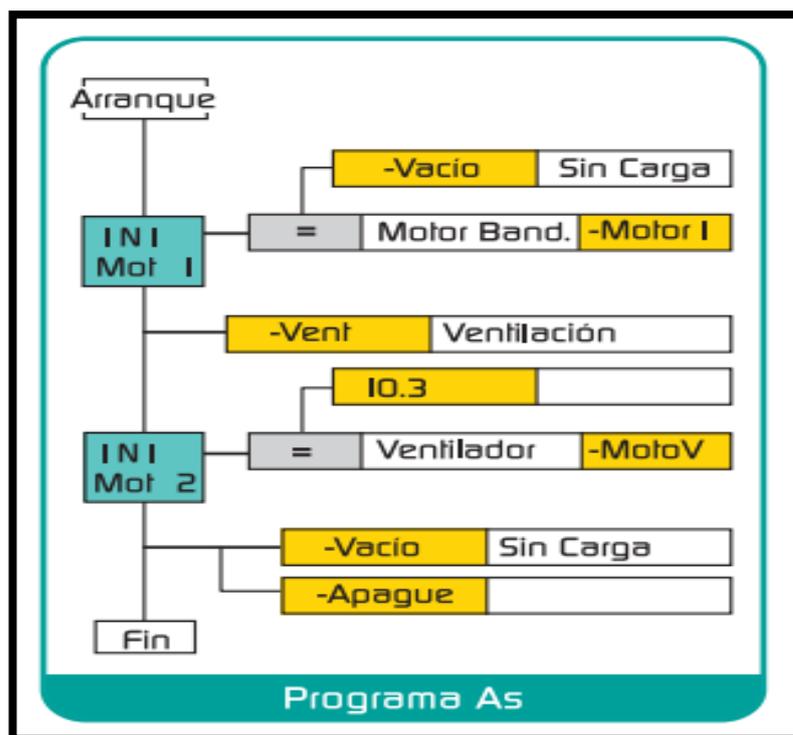


Figura 17: Diagrama de bloques Funcionales

(Fuente: En "Lección 6 de Controladores Lógicos Programables", por J. TORRES, 2016, del sitio web: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3124/5/TorresZambranoJennyKatherine2016Anexo.3.pdf>).

*“Organigrama de Bloques Secuenciales: Explota la concepción algorítmica que todo proceso cumple con una secuencia. Estos lenguajes son los más utilizados por programadores de PLC con mayor trayectoria”. (TORRES, 2016, p. 8)*



**Figura 18: Organigrama de Bloques Secuenciales**

(Fuente: En “Lección 6 de Controladores Lógicos Programables”, por J. TORRES, 2016, del sitio web: [http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3124/5/Torres\\_Zambrano\\_JennyKatherine2016Anexo.3.pdf](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3124/5/Torres_Zambrano_JennyKatherine2016Anexo.3.pdf).)

## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 ALCANCE

Con la presente tesis logramos implementar dos módulos de entrenamiento para distintos tipos de aplicaciones, y en este caso la aplicación que desarrollamos es la de controlar el accionamiento y velocidad de un motor trifásico, esto mediante un controlador lógico programable S7-1200 y un variador de velocidad G120, ambos de la marca SIEMENS, la comunicación se realizará mediante protocolo PROFINET con la ayuda de un switch de la misma marca.

#### 2.2 METODOLOGÍA

##### 2.2.1 Tipos de Investigación

De acuerdo al estudio previsto, la implementación del módulo de entrenamiento de red industrial utilizando PLC's y variadores de velocidad, basado en el estándar PROFINET de comunicación Ethernet, y el desarrollo de una aplicación para el control de un motor trifásico, refleja un tipo de investigación cuasi - experimental y descriptiva.

- Según el propósito : Tecnológico
- Según el nivel de conocimiento : Descriptiva
- Según la naturaleza de la fuente : Teórica, experimental
- Según el tipo de información : cualitativa

##### 2.2.2 Diseño de investigación

En el presente trabajo hemos dispuesto utilizar dos tipos de investigación: una investigación documentaria y una investigación de tipo experimental

Por tal motivo es una investigación documentaria ya que se analiza información escrita sobre el diseño de módulos de entrenamiento para redes industriales; también es de tipo experimental para desarrolla una investigación aplicada, orientada a resolver problemas de tipo práctico; según el lugar es una investigación de tipo experimental en el laboratorio de

Automatización y Control de la universidad Privada de Tacna, ya que es el lugar donde ocurren los fenómenos a estudiarse.

### **2.2.3 Técnicas de investigación**

#### **2.2.3.1 De campo**

La implementación y desarrollo de la presente tesis se realizó en las instalaciones del laboratorio de control y automatización de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada de Tacna, bajo la supervisión de los docentes del Área de Automatización y Control, así como de la Dirección de la Escuela profesional de Ingeniería Electrónica, a fin que los módulos de entrenamientos desarrollados cumplan con los estándares establecidos para su implementación.

#### **2.2.3.1 Documental**

Para el desarrollo de la tesis, se ha manejado información proveniente de los fabricantes de los dispositivos y equipos de control que se encuentran en el Laboratorio de Automatización y Control. Así mismo para el diseño y construcción de los módulos de entrenamiento, los planos en AUTOCAD han sido suministrados por la Dirección de la carrera de ingeniería electrónica, con la finalidad de homogenizar los módulos a desarrollar con los ya existentes.

El acervo documental de la presente tesis, fue obtenido de información provenientes de libros especializados, de direcciones electrónicas en el world wide web (direcciones URL), uso de artículos de la Biblioteca Virtual de la universidad, de tesis desarrolladas por egresados de ingeniería electrónica de nuestra universidad y de universidades nacionales y extranjeras cuyos trabajos comprenden el Área de Automatización.

### **2.2.4 Métodos empleados para la investigación**

#### **2.2.4.1 Métodos deductivo e inductivo**

La implementación de módulos de entrenamiento de redes industriales basados en el estándar PROFINET, incrementará el conocimiento sobre la comunicación industrial en los estudiantes de la carrera de Ingeniería electrónica y mediante el desarrollo de prácticas de laboratorio que empleen variadores de velocidad reforzarán sus conocimientos teóricos.

#### **2.2.4.2 Método científico**

A través de la experimentación, el desarrollo de prácticas y la observación de los fenómenos que puedan ocurrir durante la experimentación, los estudiantes de ingeniería electrónica podrán ampliar sus fronteras del conocimiento en el uso de los procesos industriales, los sistemas de control y automatización.

#### **2.2.4.3 Método analítico**

Mediante el análisis de los resultados de las prácticas de laboratorio con los módulos de entrenamiento de redes industriales basados en el estándar PROFINET, permitirá desarrollar un pensamiento crítico y así efectuar mejoras sobre el uso de las redes industriales en procesos que empleen variadores de velocidad para controlar un motor trifásico en un ambiente PROFINET.

#### **2.2.5 Hipótesis**

“Las redes de comunicación industrial basados en el estándar PROFINET que utilizan Programadores Lógicos Programables (PLC's) y variadores de velocidad, brindan soluciones eléctricas para el control de motores trifásico, los cuales pueden ser utilizados por los estudiantes de ingeniería electrónica de la Universidad Privada de Tacna en el laboratorio de Automatización y Control”.

#### **2.2.6 Población y muestra**

La presente tesis está dirigida a los estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Privada de Tacna, que hacen uso del Laboratorio de Automatización y Control, y que cursan las asignaturas de Controladores Industriales, Procesos Industriales, Comunicaciones Industriales y Proyecto Electrónico.

Los estudiantes pondrán en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en dichas asignaturas y así desarrollar sus destrezas y habilidades a través del efectuar prácticas de laboratorio con los módulos de entrenamientos aquí propuestos.

## **2.3 PROCEDIMIENTO SEGUIDO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

El presente proyecto de tesis estuvo enmarcado siguiendo los siguientes pasos:

- Se hizo el análisis respectivo de los equipos que se necesitarían para implementar los dos módulos de entrenamiento.
- Se procedió a realizar el pedido de los equipos a la empresa FAMETAL de la ciudad de Lima.
- Se elaboró el plano para la fabricación de los dos módulos de entrenamiento y posteriormente se procedió a su fabricación por medio de Industrias Maldonado S.R.L.
- Una vez terminados los módulos se procedió a la implementación con sus diferentes elementos (terminales, borneras, fusibleras, interruptores, etc.). Dichos elementos fueron conectados y soldados según correspondía dentro de los módulos.
- Posteriormente cuando recibimos los equipos de la empresa FAMETAL, se procedió a colocarlos dentro de los módulos y realizar las conexiones respectivas.
- Una vez verificadas todas las conexiones se corroboró que los equipos encendieran y que estén comunicados entre sí.
- Mediante el software de programación de equipos Siemens (TIA Portal) se realizó el programa para que los equipos puedan comunicarse y realizar la aplicación antes mencionada, cabe recordar que la comunicación se realizó mediante protocolo PROFINET.
- Se hizo uso del módulo de motor Trifásico SIEMENS ubicado en el laboratorio de Automatización y Control de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada de Tacna. Este se conectó al variador de velocidad del módulo de entrenamiento.
- Una vez cargado el programa en el PLC y verificadas nuevamente todas las conexiones, se realizaron las pruebas respectivas para corroborar su correcto funcionamiento.

## **2.4 DISEÑO DE LOS MÓDULOS DE ENTRENAMIENTO**

### **2.4.1 Descripción de los Elementos de los Sistemas de Control**

#### **2.4.1.1 Fuente de Alimentación SIEMENS PM1207**

La fuente de alimentación SIEMENS PM1207 se encarga de brindar los 24VDC necesarios para el funcionamiento de equipos de sistemas de

control como PLC, variadores de velocidad entre otros. Requiere una alimentación que va desde 110 a 220 VAC con puesta a tierra y posee dos líneas de salidas de 24VDC.



**Figura 19: Fuente de Alimentación SIEMENS PM1207**

(Fuente: <https://cl.rsdelivers.com/product/siemens/6ep1332-1sh71/simatic-s7-1200-switch-mode-din-rail-panel-mount/6680554>)

#### **2.4.1.2 PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1214C**

El PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200 es el núcleo de la nueva línea de productos SIEMENS para tareas de automatización sencillas pero de alta precisión.

El PLC SIMATIC S7-1200 posee características técnicas entre las cuales cabe destacar las siguientes:

- Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.
- Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- Entradas analógicas integradas.
- Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v13 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panels.

El sistema S7-1200 viene equipado con cinco modelos diferentes de CPU (CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C, CPU 1215C y CPU 1217C) en el caso de este proyecto utilizaremos el modelo de CPU 1214C, y sus principales características son:

- CPU compacta
- DC/DC/DC
- Puerto PROFINET
- E/S integradas: 14 entradas digitales 24 VDC; 10 salidas digitales 24 VDC; 0,5A; 2 entradas analógicas 0-10V
- Alimentación: 20,4 - 28,8 VDC
- Memoria programa/datos: 100 KB



**Figura 20: PLC SIEMENS S7-1200 CPU 1214C**

(Fuente: <https://www.automation24.es/siemens-cpu-1214c-6es7214-1ag40-0xb0>)

#### **2.4.1.3 Switch SIEMENS CSM1277**

El SIEMENS CSM 1277 permite construir redes de tipo Industrial Ethernet con topología en línea y estrella con funcionalidad de conmutación (Switching).

El CSM 1277 cuenta con cuatro conectores hembra RJ45 para la conexión de equipos terminales o de otros segmentos de red.

La alimentación de tensión se conecta a través de un bloque de bornes de 3 contactos. La tierra funcional se puede conectar al riel como puesta a tierra. La conexión no es necesaria para un funcionamiento correcto.

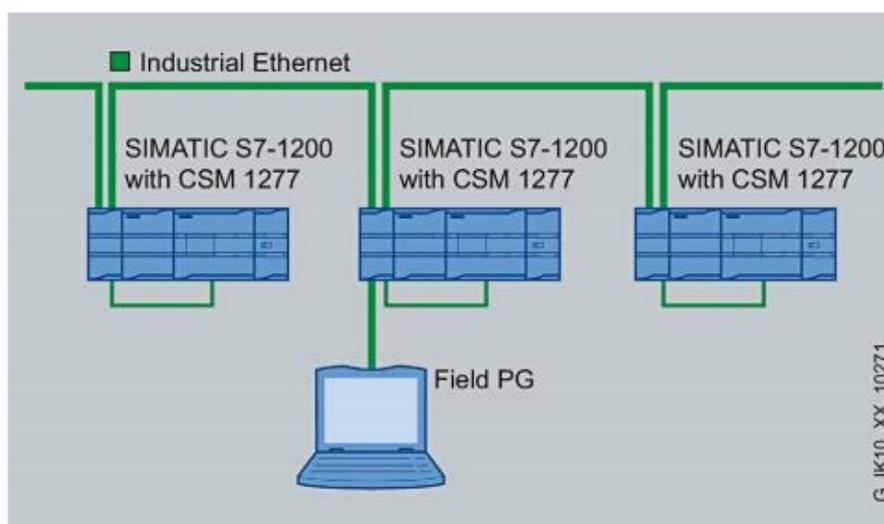


**Figura 21: SWITCH SIEMENS CSM1277**

(Fuente:

[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/313/36087313/att\\_74878/v1/BA\\_S7-1200-CSM1277\\_78.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/313/36087313/att_74878/v1/BA_S7-1200-CSM1277_78.pdf))

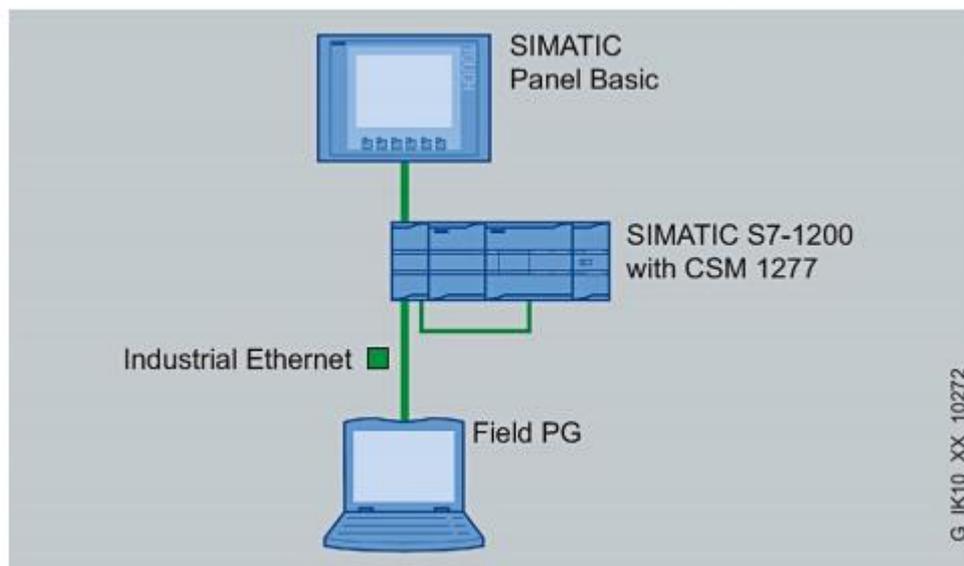
Con el Compact Switch Module CSM 1277 se pueden realizar topologías lineales y en estrella.



**Figura 22: TOPOLOGÍA LINEAL CON CSM1277**

(Fuente:

[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/313/36087313/att\\_74878/v1/BA\\_S7-1200-CSM1277\\_78.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/313/36087313/att_74878/v1/BA_S7-1200-CSM1277_78.pdf))



**Figura 23: TOPOLOGÍA EN ESTRELLA CON CSM1277**

(Fuente:

[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/313/36087313/att\\_74878/v1/BA\\_S7-1200-CSM1277\\_78.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/313/36087313/att_74878/v1/BA_S7-1200-CSM1277_78.pdf))

#### 2.4.1.4 Variador De Velocidad SIEMENS SIMATIC G120

Es un variador de velocidad de la marca SIEMENS, tiene un diseño modular, compuesto por una unidad de regulación (Control Unit, CU) y un módulo de potencia (Power Module, PM) para el intervalo de potencia de 0,37 kW hasta 250 kW

Dependiendo de los requisitos de hardware, comunicación o funciones de seguridad, se puede combinar los componentes correspondientes. Además, las innovaciones amplían el sistema G120 continuamente con nuevos elementos y posibilidades.

La comunicación de este variador se realiza mediante diferentes protocolos: PROFINET, PROFIBUS, PROFI-safe, Modbus RTU, CANopen, USS, BacNet y MS/TP.

Existen varios modelos dentro de los variadores G120, en este caso el que utilizaremos será el SINAMICS G120 CU240E-2 PN V4.7



**Figura 24: VARIADOR DE VELOCIDAD SINAMICS G120**

(Fuente: [http://www.flamoil.es/descargas/Siemens\\_VariadoresDeVelocidad.pdf](http://www.flamoil.es/descargas/Siemens_VariadoresDeVelocidad.pdf))

#### **2.4.2 Diseño del soporte físico del módulo de entrenamiento**

Para el diseño del soporte físico del módulo de entrenamiento de la red industrial PROFINET, se tomó en cuenta los diseños existentes en el Laboratorio de Control y Automatización de la Universidad Privada de Tacna, con el fin de uniformizar o estandarizar los módulos que se van a implementar en dicho ambiente.

El Plano de la estructura física y del conexionado del soporte del módulo de entrenamiento fue desarrollado en AUTOCAD y validado por el responsable encargado del Laboratorio de Control y Automatización.

Posteriormente, el diseño del soporte fue enviado para su fabricación e acuerdo al plano elaborado.

Se efectuaron las coordinaciones con el fabricante para hacer las mejoras al diseño antes de la fabricación.

A continuación en la figura siguiente, se muestra el soporte físico del módulo de entrenamiento terminado.



**Figura 25: Soporte físico del módulo de entrenamiento terminado**  
(Fuente: propia)

### **2.4.3 Diseño de la red industrial basado en el estándar PROFINET**

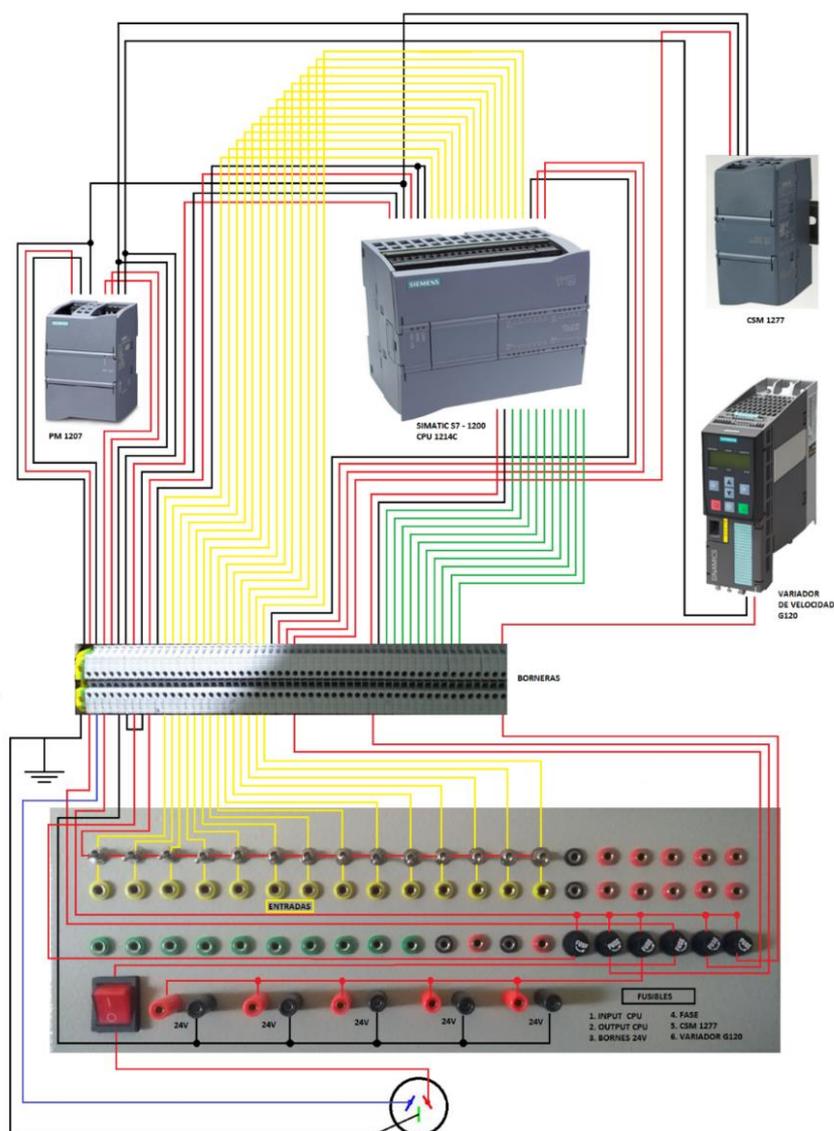
Para el diseño de la red industrial basada en el estándar PROFINET, se ha tomado en cuenta los tipos de actuadores a controlar la velocidad de un motor trifásico en cada uno de los módulos de entrenamiento del laboratorio de Automatización y Control.

Además es importante indicar los dispositivos que forman parte de la estructura tanto de hardware como de software de la red industrial, tales como los PLC's, fuentes de alimentación, Switches Ethernet, Módulos de Comunicación Ethernet Industrial y PROFINET, computadores, variadores de velocidad, y el software de automatización TIA Portal.

### **2.4.4 Diseño de la arquitectura de red**

#### **2.4.4.1 Diagrama de Conexiones**

Se completó el desarrollo de módulos de entrenamiento por medio de PLC Siemens S7 1200 para la comunicación con el variador de velocidad SIEMENS G120, el switch Ethernet y posteriormente el control de la velocidad del motor trifásico.



**Figura 26: Esquema general de conexión**  
(Fuente: propia)

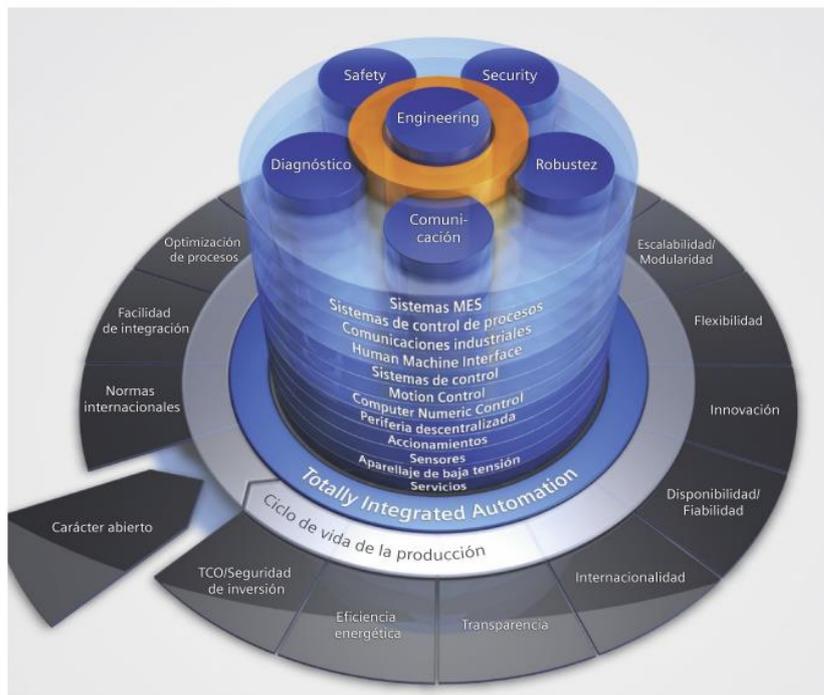
## 2.4.5 Diseño de software de control

### 2.4.5.1 TIA PORTAL de SIEMENS

El empleo de un software de control es importante para el desarrollo de múltiples aplicaciones en diferentes entornos industriales. Según la empresa SIEMENS:

*El nuevo framework de ingeniería TIA Portal reúne todas las herramientas de software de automatización en un único entorno de*

desarrollo. Su intuitiva interfaz de usuario, su eficiente navegación y su probada tecnología hacen del TIA Portal la solución más innovadora en numerosas áreas. El framework ahorra tiempo, trabajo y costos de ingeniería en todas las tareas desde el desarrollo, el montaje y la puesta en marcha hasta el mantenimiento y la ampliación de sistemas de automatización. (SIEMENS AG, 2011, p. 8)



**Figura 27: Totally Integrated Automation**

(Fuente: En "SIMATIC WinCC in Totally Integrated Automation Portal", por SIEMENS AG, 2011, del sitio web: [https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure\\_simatic-wincc\\_tia-portal\\_es.pdf](https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_simatic-wincc_tia-portal_es.pdf))



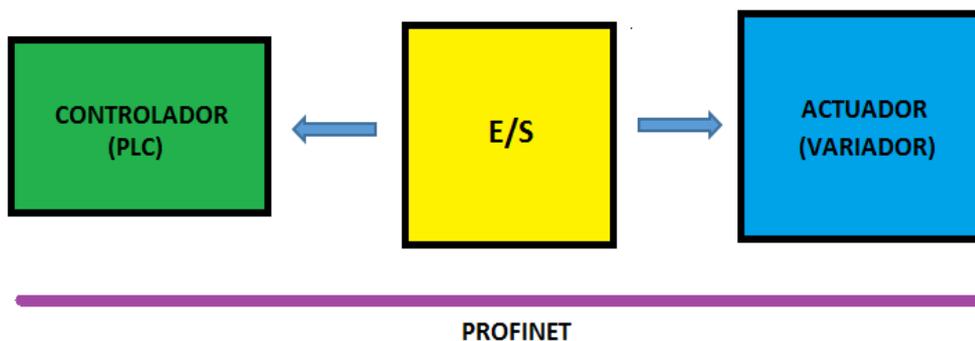
## 2.5 IMPLEMENTACIÓN DE LOS MÓDULOS DE ENTRENAMIENTO

El accionamiento de sistemas electromecánicos de producción en su mayoría se realiza con motores eléctricos. El arranque de los motores eléctricos en sus diferentes modalidades y potencias constituye una de las principales aplicaciones que se implementan con Controladores Programables o PLC. Los módulos a implementar obedecen en su diseño de ingeniería a un sistema de control abierto los que permitirán el control del motor y sus distintas opciones.

En total se implementaron dos módulos de entrenamiento basados en el PLC S7-1200:

- 01 módulo para el accionamiento y variación del motor trifásico
- 01 módulo opcional para ampliar la comunicación a otro PLC y controlar de la misma manera un variador de velocidad y un motor trifásico.

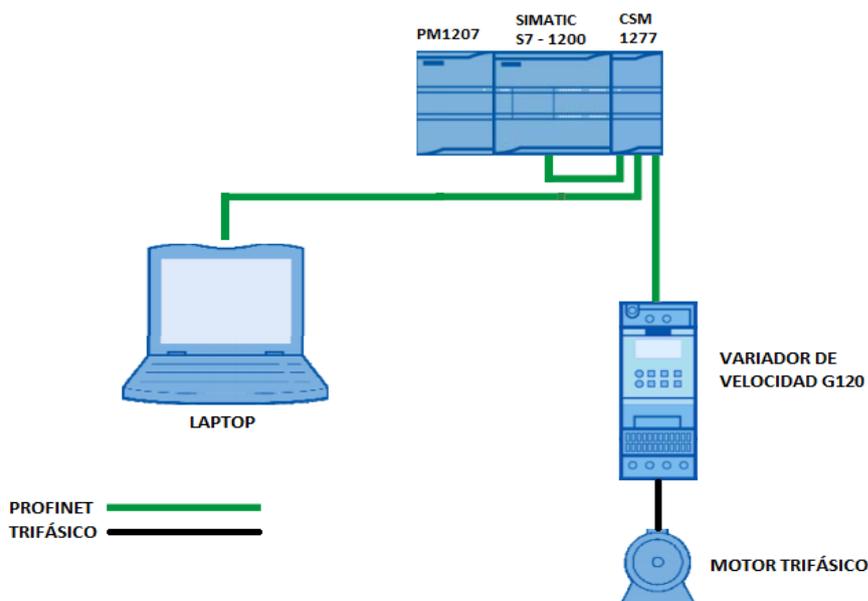
A continuación se describe el diagrama de bloques utilizado para este sistema:



**Figura 30: Diagrama de bloques del sistema de control**  
(Fuente: propia)

Donde podemos apreciar las entradas y salidas que van al PLC, del mismo modo las salidas del PLC que van al variador, y este último tiene sus propias salidas que van al PLC, y toda la comunicación se realiza por medio de protocolo PROFINET.

Las conexiones en los módulos se realizaron tal cual se puede apreciar en el diagrama anteriormente mostrado, pero las demás conexiones hacia el motor y desde la laptop donde se controla y visualiza el proceso se hizo de la siguiente manera:

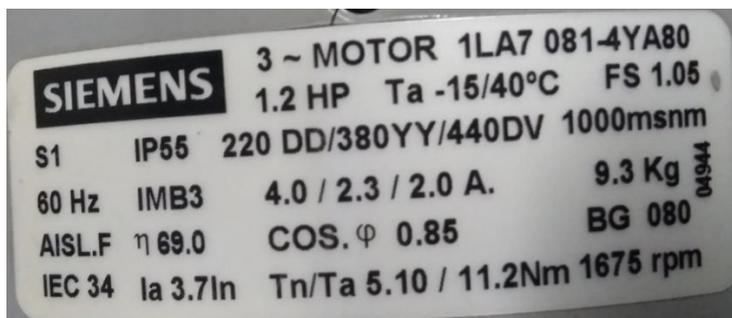


**Figura 31: Esquema de conexión PROFINET y conexión hacia el motor trifásico**  
(Fuente: Propia)

La PM1207 es una fuente de alimentación de 120/230 VAC de entrada y salidas de 24VDC de la marca Siemens que se encarga de alimentar a los diferentes componentes del módulo, en este caso al PLC S7 1200, el switch CSM 1277 y al variador de velocidad G120.

El PLC Siemens S7 1200 con CPU 1214C se encarga de realizar el control del variador de velocidad G120, que por medio de las entradas del módulo (que serán configuradas también en el PLC por medio del software TIA Portal) se encargarán de enviar el pulso hacia el PLC para accionar o invertir el giro del motor y también variar su velocidad.

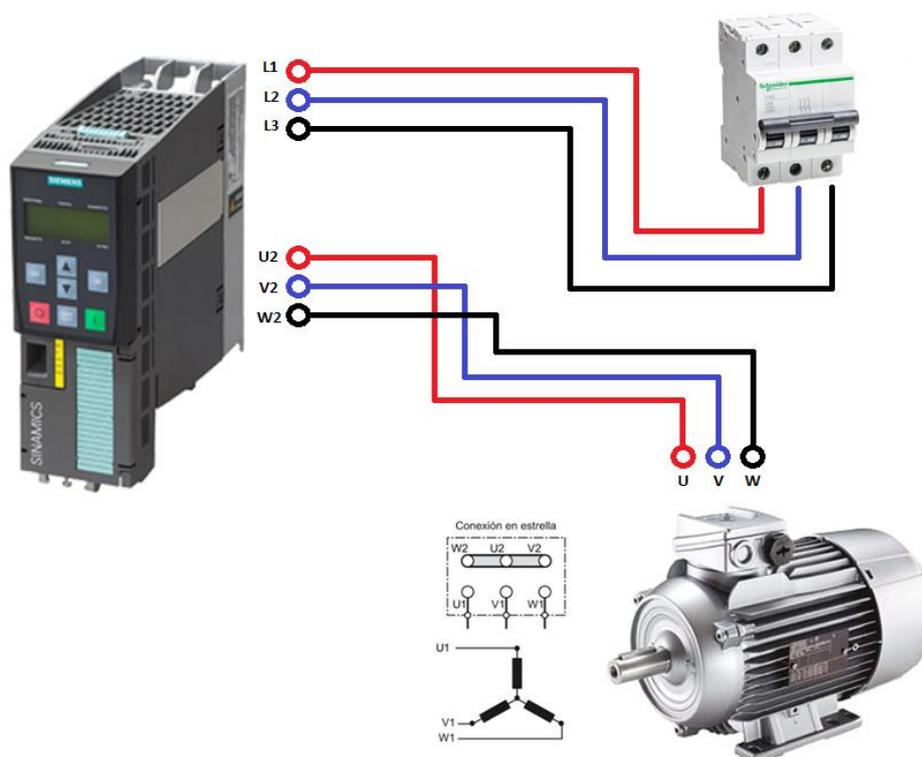
Todo esto a la vez por medio del variador de velocidad Siemens G120, el cuál será configurado manualmente con los valores y datos del motor trifásico que se va a utilizar.



**Figura 32: Datos y Valores del Motor Trifásico Siemens usado en el proyecto**  
(Fuente: Etiqueta del equipo)

El Siemens CSM 1277 (Compact Switch Module) es un switch que encarga de las líneas de comunicación con protocolo Profinet que hay entre los equipos del módulo, en este caso el PLC S7 1200 y el variador de velocidad G120, y a la vez la conexión hacia la laptop.

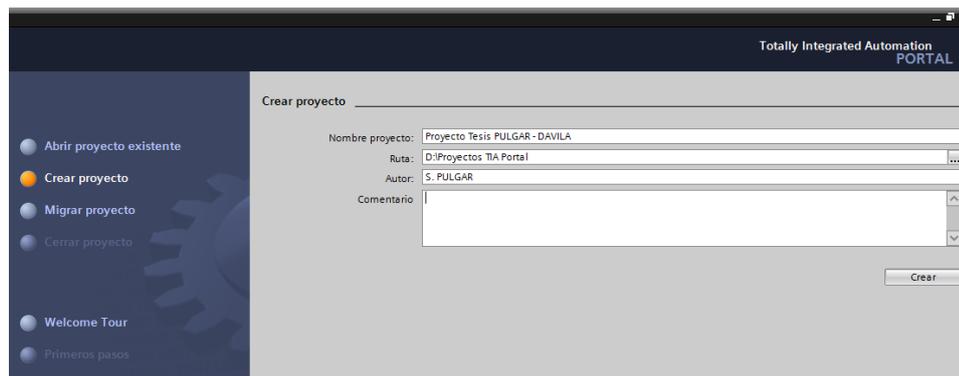
Finalmente la conexión del variador de velocidad Siemens G120 hacia el motor trifásico se realiza de la siguiente manera, tal como se muestra en la Figura 27.



**Figura 33: Esquema de conexión entre variador de velocidad y motor trifásico**  
(Fuente: Propia)

## 2.6 CONFIGURACIÓN DEL PROGRAMA

Este proceso se realizó por medio del software TIA Portal V14, que es la versión que se utilizó en este caso. Lo primero que hacemos es seleccionar la opción de “Crear proyecto” en la ventana principal del programa, en ese momento le asignaremos un nombre al mismo y presionaremos el botón “Crear” de la misma ventana.

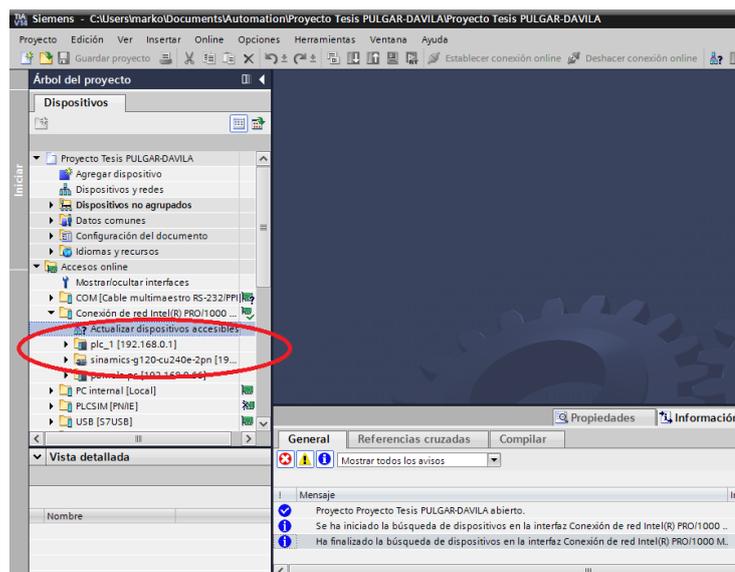


**Figura 34: Ventana “Crear Proyecto” del software TIA Portal  
(Fuente: Propia)**

Una vez creado el proyecto y ya estando en la nueva ventana, nos dirigimos a la opción “Accesos Online” donde dentro de las opciones que se despliegan encontraremos la tarjeta de red de nuestra PC o laptop donde tenemos conectado el cable de red que se conecta al switch CSM1277.

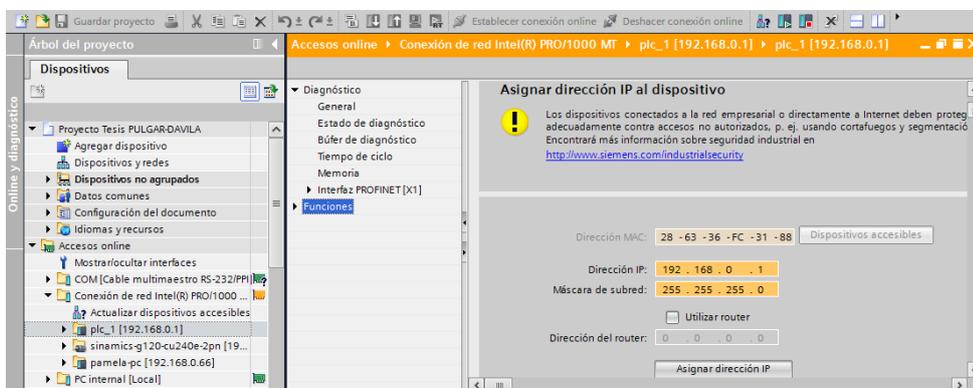
Cabe mencionar que antes de este procedimiento el módulo junto con los equipos deben estar encendidos y correctamente conectados para que puedan ser detectados por el software.

Una vez que encontramos nuestra tarjeta de red y la seleccionamos, presionamos la opción “Actualizar dispositivos accesibles”, donde después de unos instantes deberán aparecer los equipos conectados a la Red, es decir el PLC S7-1200 y el variador de velocidad G120.



**Figura 35: Actualización de Dispositivos Accesibles - PLC y Variador de Velocidad  
(Fuente: Propia)**

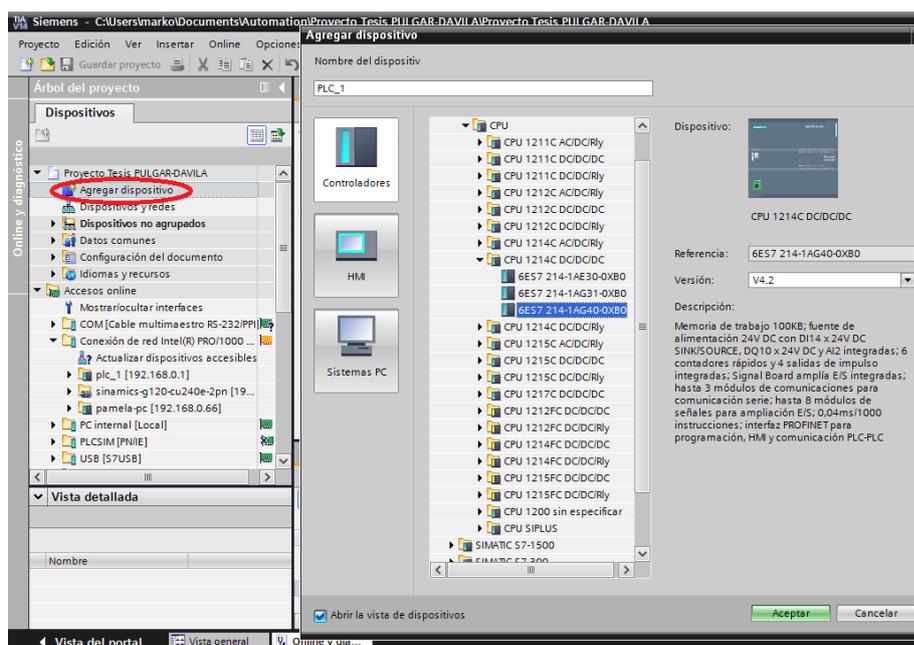
Una vez que son reconocidos los dispositivos, seleccionamos uno por uno haciendo doble clic sobre ellos y nos saldrá una ventana de configuración donde procederemos a asignarles sus respectivas direcciones IP a cada uno.



**Figura 36: Asignación de IP para cada dispositivo**

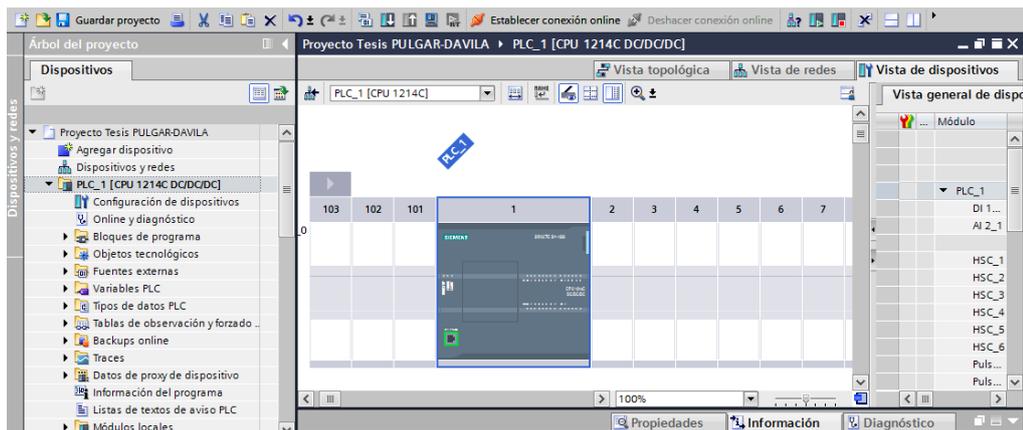
(Fuente: Propia)

Posteriormente una vez que cada dispositivo ya tenga su IP, procederemos a armar el proyecto, agregando los dispositivos en el mismo. Para esto seleccionamos la opción de “Agregar dispositivo” en la sección de dispositivos del Árbol del proyecto. Al hacerlo se abrirá una nueva ventana, donde en primer lugar elegiremos nuestro PLC especificando el modelo el cual es CPU 1214C DC/DC/DC 6ES7 214-1AG40-0XB0.



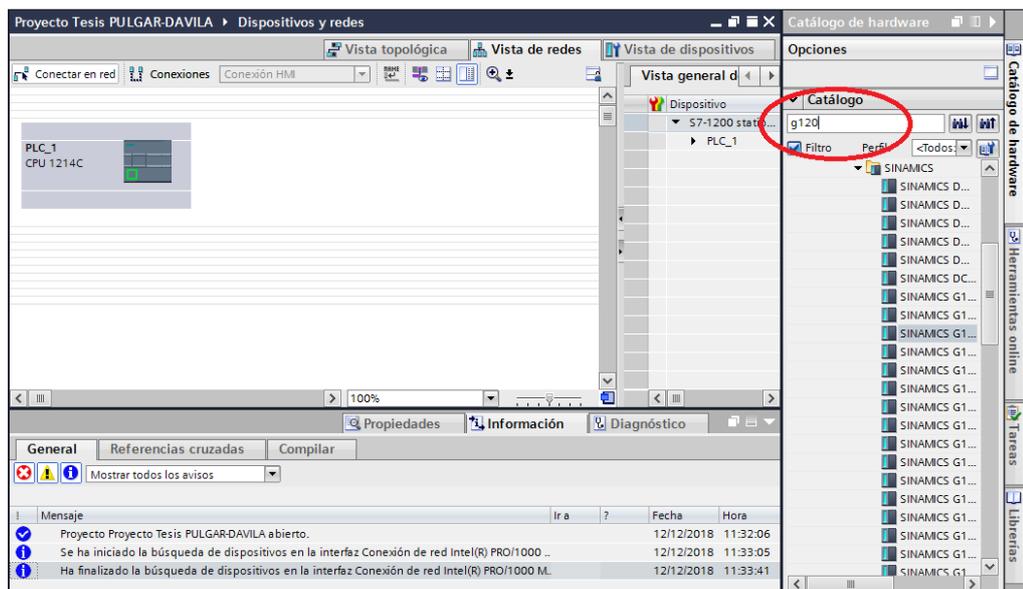
**Figura 37: Agregar Dispositivo PLC al proyecto**

(Fuente: Propia)



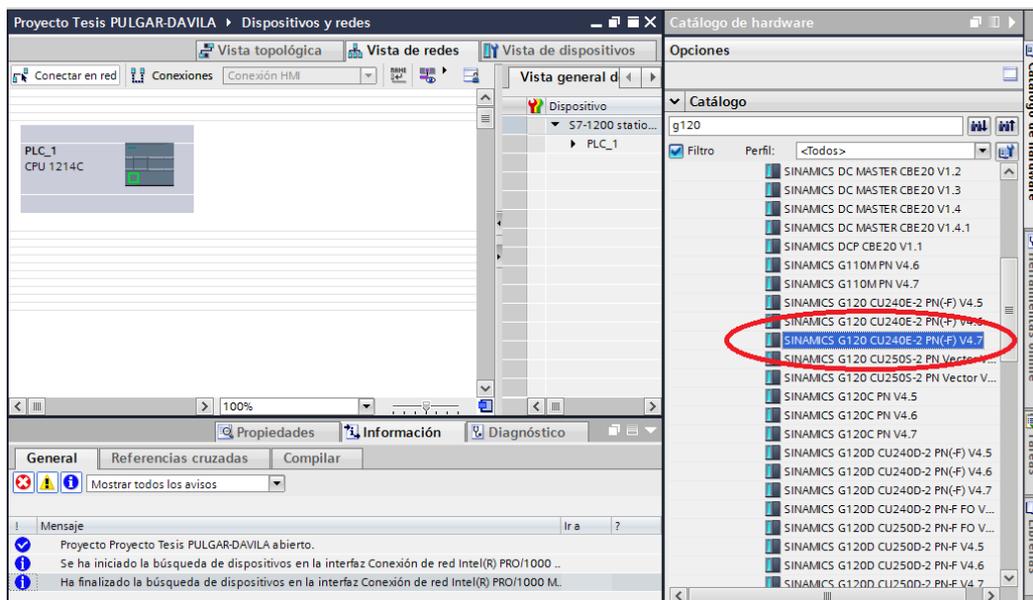
**Figura 38: Vista de Dispositivos – PLC S7 1200**  
(Fuente: Propia)

En segundo lugar tenemos que agregar el variador de velocidad G120, el cual debemos buscar en el Catálogo de hardware ubicado en la parte derecha de la ventana.



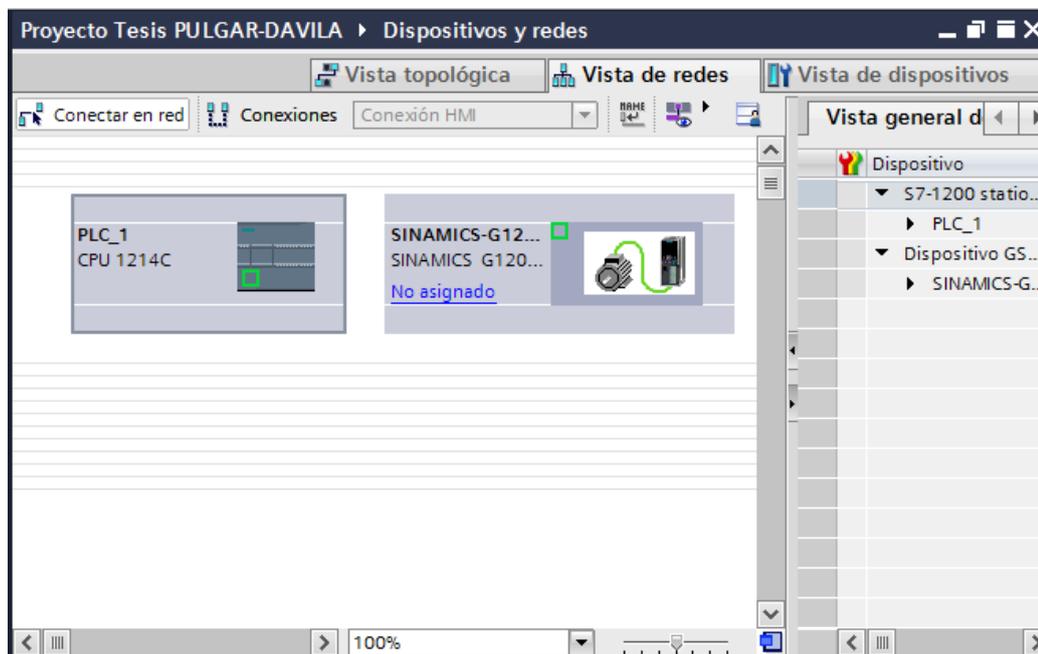
**Figura 39: Buscar Variador de Velocidad G120 en el Catálogo de Hardware**  
(Fuente: Propia)

Una vez que se realice la búsqueda, especificaremos el modelo del variador el cual es SINAMICS G120 CU240E-2 PN V4.7.



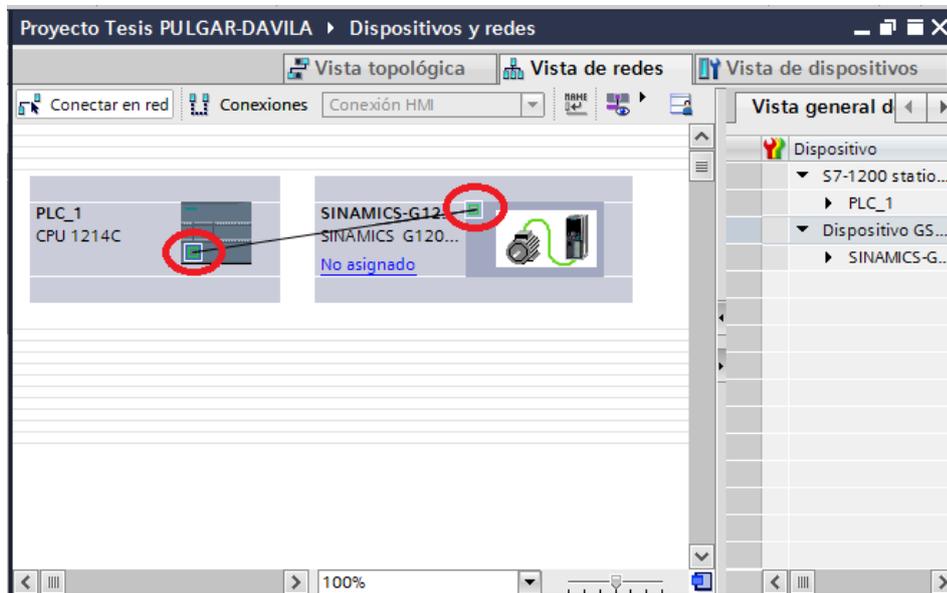
**Figura 40: Agregar Variador de Velocidad G120 al proyecto**  
(Fuente: Propia)

Después que seleccionemos el variador de velocidad, este aparecerá en la vista de redes del proyecto junto con el PLC, como se puede apreciar en la siguiente figura.



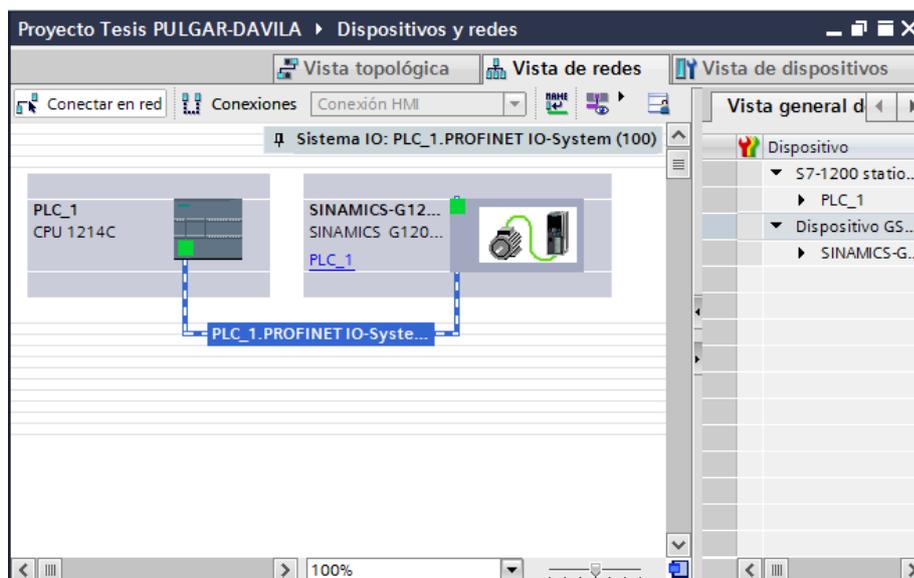
**Figura 41: Vista del PLC y el Variador de Velocidad en el Proyecto**  
(Fuente: Propia)

Para finalizar esta parte, conectamos ambos dispositivos conectando los puertos rectangulares de color verde que posee cada uno, como se ve en la siguiente figura resaltada por los círculos rojos.



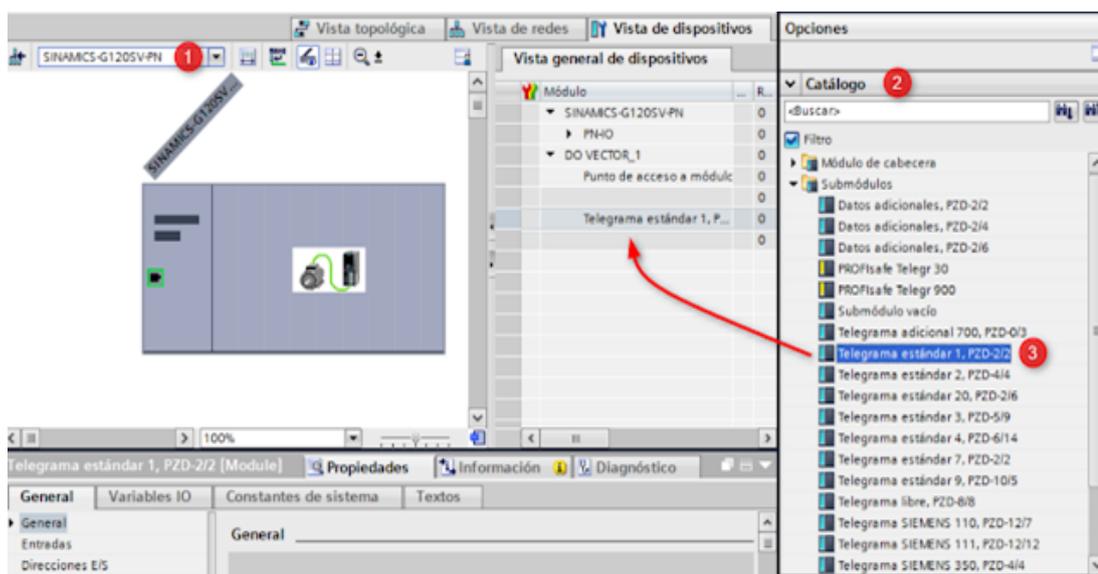
**Figura 42: Conexión del PLC y el Variador de Velocidad en el Proyecto (Fuente: Propia)**

Finalmente la vista que obtendremos en el proyecto será la que se ve en la siguiente figura, donde se puede apreciar la conexión de ambos dispositivos.



**Figura 43: Conexión del PLC y el Variador de Velocidad vía PROFINET (Fuente: Propia)**

Una vez realizada esta parte, ingresamos en el variador G120 haciendo doble clic, después nos dirigimos hacia el catálogo de hardware nuevamente y buscamos en la parte de “Módulos” la opción “Telegrama estándar 1” y la arrastramos a la vista general de Dispositivos. En ese momento aparecerán donde direccionan las entradas y salidas del telegrama estándar.



**Figura 44: Adición de “Telegrama estándar” al Variador de Velocidad G120**  
(Fuente: Propia)

Ahora procederemos al desarrollo del programa, en el cual desde varios interruptores del módulo de entrenamiento conectados a las entradas digitales del PLC, vamos a controlar la puesta en marcha, inversión de giro y el cambio de velocidad conectado a nuestro variador G120.

Lo primero que se debe hacer es ubicar donde se direccionan las entradas y salidas de la periferia que se han asignado en el telegrama del variador, para esto entramos a la vista general del dispositivo y ahí podemos observar las entradas y salidas que se han asignado.

The screenshot shows the 'Vista general de dispositivos' window in SIMATIC Manager. The table below is a representation of the data shown in the interface, with a red circle highlighting the 'Dirección I' and 'Dirección Q' columns for the 'Telegrama estándar 1, P...' entry.

Módulo	Rack	Slot	Dirección I	Dirección Q	Tipo	Referencia
SINAMICS-G120-CU240E-2PN	0	0			SINAMICS G120 CU...	6SL3 244-0...
var	0	0 X150			SINAMICS-G120-CU...	
Accionamiento_1	0	1			Accionamiento	
Punto de acceso a módulo	0	1 1			Punto de acceso a ...	
	0	1 2				
Telegrama estándar 1, P...	0	1 3	68...71	64...67	telegrama estándar...	
	0	1 4				

**Figura 45: Entradas y Salidas asignadas en el telegrama del Variador de Velocidad**  
(Fuente: Propia)

Podemos ver en la imagen anterior que el direccionamiento de entradas se hace del byte 68 al 71 y el direccionamiento de salidas del 64 al 67, cabe señalar que la zona de entradas es de solo lectura y la de salidas es de solo escritura, por lo tanto con la zona de entrada lo que se hace es leer datos del variador y utilizarlos en el programa del PLC, y en la zona de salidas lo que se hace es enviar datos del PLC hacia el variador para poder arrancar el motor, pararlo, invertir el giro, etc.

En este caso nos vamos a limitar a utilizar el direccionamiento de salidas para enviar órdenes desde el PLC al variador, como se puede apreciar las salidas que van del byte 64 al 67 ocupan 2 palabras (64 y 65 son una palabra denominada QW64, mientras que 66 y 67 son otra palabra denominada QW66).

La primera palabra pertenece a la orden de mando o de control, en esta palabra manejando los bits que la constituyen individualmente podemos arrancar el motor, pararlo, invertir el sentido de giro, etc. Y la segunda palabra es la de consigna, que como su nombre lo dice se encargará de enviar la consigna de velocidad.

En resumen, lo que se va a realizar es variar esas dos palabras con ayuda de las tablas que mostraremos más adelante para poder enviar datos, de forma que se pueda interactuar sobre el control del variador y además poder modificar la consigna de velocidad en el variador y que ésta se la transmita al motor.

Ahora veremos cómo está estructurado el telegrama de la palabra de mando, el cual está constituido por 16 bits.

### Palabra de mando y de estado 1

#### Palabra de mando 1 (STW1)

Bit	Significado		Explicación	Interconexión de señales en el convertidor
	Telegrama 20	Resto de telegramas		
0	0 = DES1		El motor frena con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa. El convertidor desconecta el motor durante la parada.	p0840[0] = r2090.0
	0 → 1 = CON		El convertidor pasa al estado "Listo para el servicio". Si además el bit 3 = 1, el convertidor conecta el motor.	
1	0 = DES2		Desconectar inmediatamente el motor; a continuación se produce parada natural.	p0844[0] = r2090.1
	1 = Sin DES2		Se puede conectar el motor (orden CON).	
2	0 = Parada rápida (DES3)		Parada rápida: el motor frena hasta la parada con el tiempo de deceleración DES3 p1135.	p0848[0] = r2090.2
	1 = Sin parada rápida (DES3)		Se puede conectar el motor (orden CON).	
3	0 = Bloquear servicio		Desconectar inmediatamente el motor (suprimir impulsos).	p0852[0] = r2090.3
	1 = Habilitar servicio		Conectar el motor (habilitación de impulsos posible).	
4	0 = Bloquear GdR		El convertidor ajusta inmediatamente a 0 su salida del generador de rampa.	p1140[0] = r2090.4
	1 = No bloquear GdR		Es posible la habilitación del generador de rampa.	
5	0 = Detener GdR		La salida del generador de rampa permanece en el valor actual.	p1141[0] = r2090.5
	1 = Habilitar GdR		La salida del generador de rampa sigue a la consigna.	
6	0 = Bloquear consigna		El convertidor frena el motor con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa.	p1142[0] = r2090.6
	1 = Habilitar consigna		El motor acelera con el tiempo de aceleración p1120 hasta alcanzar la consigna.	
7	0 → 1 = Confirmar fallos		Confirmar el fallo. Si todavía está presente la orden ON, el convertidor conmuta al estado "Bloqueo conexión".	p2103[0] = r2090.7
8, 9	Reservado			
10	0 = Ningún mando por PLC		El convertidor ignora los datos de proceso del bus de campo.	p0854[0] = r2090.10
	1 = Mando por PLC		Mando a través del bus de campo; el convertidor adopta los datos de proceso desde el bus de campo.	
11	1 = Inversión de sentido		Invertir la consigna en el convertidor.	p1113[0] = r2090.11
12	No utilizado			
13	--- <sup>1)</sup>	1 = Subir PMot	Aumentar la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	p1035[0] = r2090.13
14	--- <sup>1)</sup>	1 = Bajar PMot	Reducir la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	p1036[0] = r2090.14
15	CDS bit 0	Reservado	Conmutación entre ajustes para distintas interfaces de manejo (juegos de datos de mando).	p0810 = r2090.15

**Figura 46: Estructura del Telegrama de la Palabra de Mando**  
(Fuente: Instrucciones de Servicio SINAMICS G120)

Como podemos ver en la tabla anterior, cada bit tiene una función y un valor, y dependiendo de cómo juguemos con estos valores en el programa del PLC vamos a hacer que el convertidor se comporte de una manera u otra.

Lo primero que tenemos que hacer es que el variador se ponga en LISTO, es decir que esté preparado para recibir órdenes de la palabra de mando y de la consigna.

En la siguiente tabla podemos apreciar los arreglos de 0 y 1 de código binario que se necesitan de acuerdo a la tabla anterior, para tener el variador en sus 3 estados, LISTO, RUN e INVERSIÓN. Dicho código binario podemos transformarlo a hexadecimal, en este caso lo hicimos con la calculadora de Windows, y este código hexadecimal es el que se agregará en el programa.

Bit	Significado		Explicación	Interconexión de señales en el convertidor	Código binario		
	Telegrama 20	Resto de telegramas			Listo	Run	Inversión
0	0 = DES1		El motor frena con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa. El convertidor desconecta el motor durante la parada.	p0840[0] = r2090.0	0	1	1
	0 → 1 = CON		El convertidor pasa al estado "Listo para el servicio". Si además el bit 3 = 1, el convertidor conecta el motor.				
1	0 = DES2		Desconectar inmediatamente el motor; a continuación se produce parada natural.	p0844[0] = r2090.1	1	1	1
	1 = Sin DES2		Se puede conectar el motor (orden CON).				
2	0 = Parada rápida (DES3)		Parada rápida; el motor frena hasta la parada con el tiempo de deceleración DES3 p1135.	p0848[0] = r2090.2	1	1	1
	1 = Sin parada rápida (DES3)		Se puede conectar el motor (orden CON).				
3	0 = Bloquear servicio		Desconectar inmediatamente el motor (suprimir impulsos).	p0852[0] = r2090.3	1	1	1
	1 = Habilitar servicio		Conectar el motor (habilitación de impulsos posible).				
4	0 = Bloquear GdR		El convertidor ajusta inmediatamente a 0 su salida del generador de rampa.	p1140[0] = r2090.4	1	1	1
	1 = No bloquear GdR		Es posible la habilitación del generador de rampa.				
5	0 = Detener GdR		La salida del generador de rampa permanece en el valor actual.	p1141[0] = r2090.5	1	1	1
	1 = Habilitar GdR		La salida del generador de rampa sigue a la consigna.				
6	0 = Bloquear consigna		El convertidor frena el motor con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa.	p1142[0] = r2090.6	1	1	1
	1 = Habilitar consigna		El motor acelera con el tiempo de aceleración p1120 hasta alcanzar la consigna.				
7	0 → 1 = Confirmar fallos		Confirmar el fallo. Si todavía está presente la orden ON, el convertidor conmuta al estado "Bloqueo conexión".	p2103[0] = r2090.7	0	0	0
8, 9	Reservado				0	0	0
10	0 = Ningún mando por PLC		El convertidor ignora los datos de proceso del bus de campo.	p0854[0] = r2090.10	0	0	0
	1 = Mando por PLC		Mando a través del bus de campo; el convertidor adopta los datos de proceso desde el bus de campo.				
11	1 = Inversión de sentido		Invertir la consigna en el convertidor.	p1113[0] = r2090.11	0	0	1
12	No utilizado				0	0	0
13	---	1 = Subir PMot	Aumentar la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	p1035[0] = r2090.13	0	0	0
14	---	1 = Bajar PMot	Reducir la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	p1036[0] = r2090.14	0	0	0
15	CDS bit 0	Reservado	Comutación entre ajustes para distintas interfaces de manejo (juegos de datos de mando).	p0810 = r2090.15	0	0	0

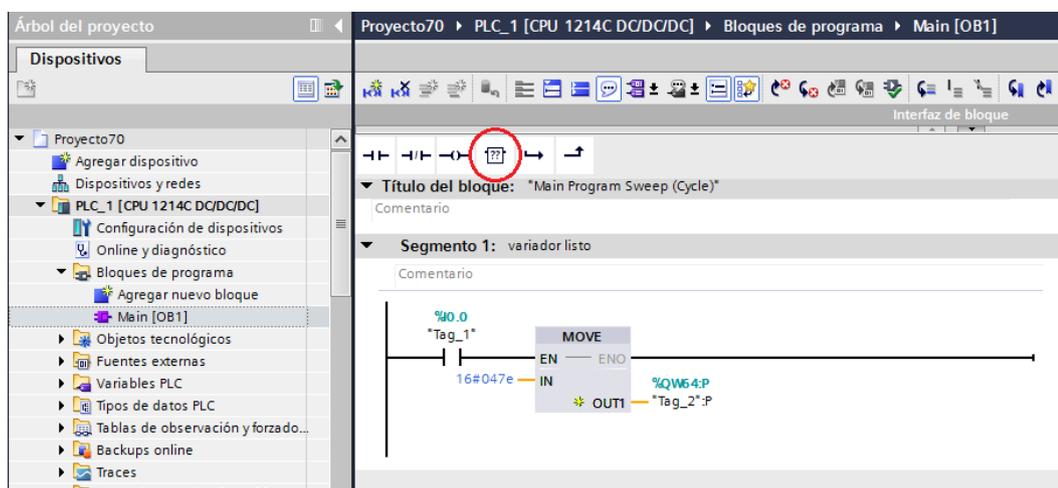
  

047E	047F	0C7F
------	------	------

**Figura 47: Palabras utilizadas en el telegrama en código binario y hexadecimal**  
(Fuente: Propia)

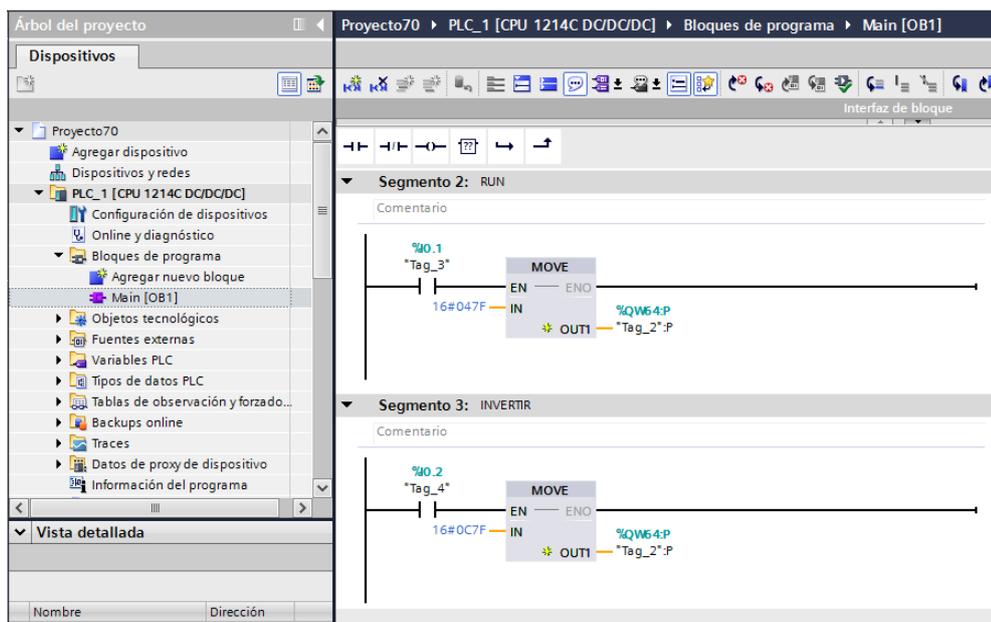
Una vez que ya tenemos nuestras palabras armadas, nos dirigimos a la sección “Bloques del Programa” dentro del PLC, elegimos la opción “Main (OB1)” y en el primer segmento creamos una instrucción MOVE, primero agregamos un cuadro vacío (es el que se encuentra dentro del círculo rojo en la figura siguiente) y después digitamos en este cuadro la instrucción MOVE, posteriormente delante de este cuadro colocamos un contacto normalmente abierto para asignar la entrada del PLC que activará esta instrucción (en este caso será i0.0) para poner en LISTO el variador.

Además en la entrada de esta instrucción colocamos el código hexadecimal que previamente armamos para poner en LISTO el variador. Finalmente en la salida colocamos la palabra de mando que va a recibir esta instrucción, esta palabra es QW64.



**Figura 48: Segmento 1 – VARIADOR LISTO**  
(Fuente: Propia)

De igual manera agregamos dos instrucciones más, también de tipo MOVE, una para accionar el motor (RUN) y otra para invertir el giro (INVERSIÓN). Cada una de estas instrucciones con su respectivo código hexadecimal, y cada una asignada a una entrada diferente (i0.1 e i0.2 respectivamente) y la salida es la misma palabra de mando que es QW64.

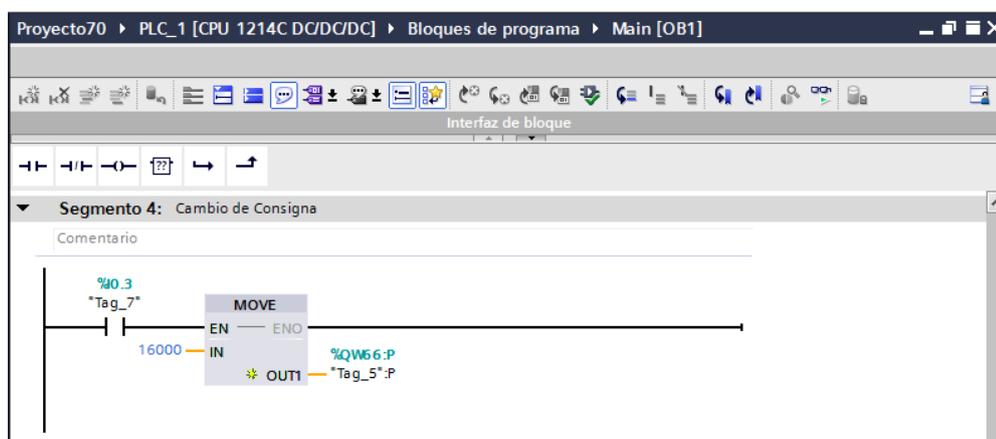


**Figura 49: Segmento 2 y 3 – RUN e INVERTIR**

(Fuente: Propia)

Finalmente agregaremos 3 instrucciones más para controlar la velocidad del variador, para las cuales es necesario el cambio de consigna (QW66). Para esto asignaremos diferentes valores a la consigna en función a las entradas que utilicemos en nuestro PLC.

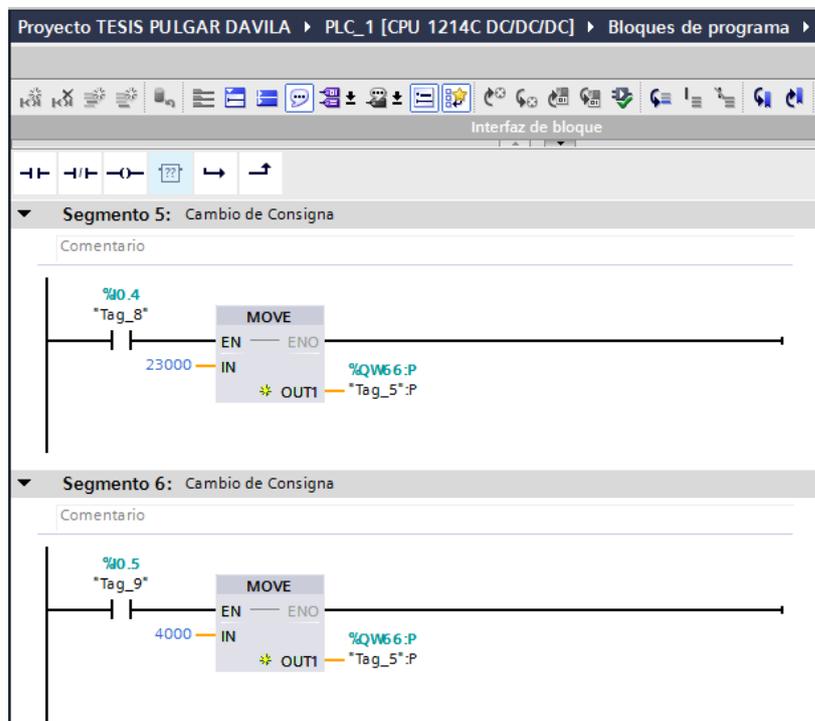
En primer lugar agregaremos un segmento más con una instrucción MOVE y le asignaremos un valor de 16000 a la velocidad del motor, es decir al cambio de consigna, y en la salida colocamos dicha palabra que es QW66. Además en la entrada de este cuadro colocaremos otro contacto normalmente abierto para asignar la entrada del PLC, que en primer lugar será i0.3.



**Figura 50: Segmento 4 – CAMBIO DE CONSIGNA**

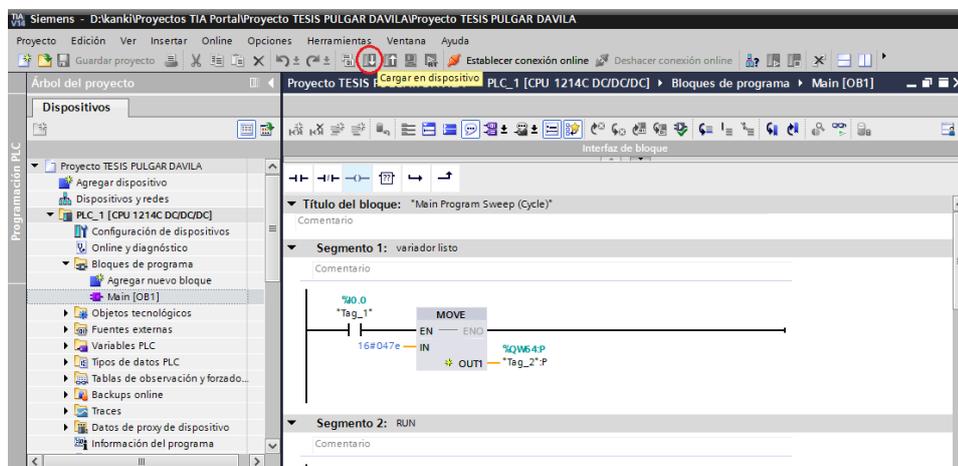
(Fuente: Propia)

Posteriormente para las dos siguientes instrucciones asignaremos valores de 23000 y 4000, además sus entradas en el PLC i0.4 e i0.5 respectivamente.



**Figura 51: Segmento 5 y 6 – CAMBIO DE CONSIGNA**  
(Fuente: Propia)

Con esto finalizamos el programa, solo basta con enviar el programa al PLC y podremos hacer que nuestro motor arranque, pueda invertir su giro y además funcione en 3 velocidades predefinidas.



**Figura 52: Enviar el programa al PLC**  
(Fuente: Propia)

## 2.7 PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

### 2.7.1 Fabricación del soporte físico del módulo de entrenamiento

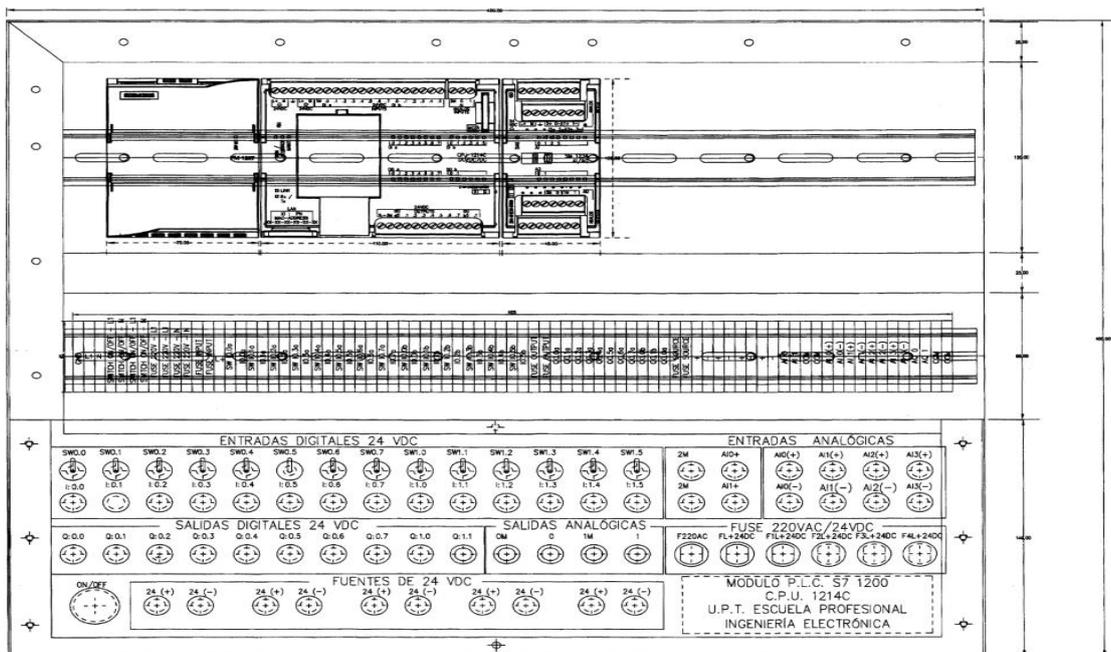
Con los planos elaborados en AUTOCAD se procedió a realizar su fabricación en Industrias Maldonado S.R.L. como ya anteriormente se ha mencionado, y se hizo una pequeña modificación en el orificio del botón de encendido ya que al comprar los componentes que posteriormente serían colocados en los módulos, sólo se pudo conseguir botones de encendido de forma rectangular.



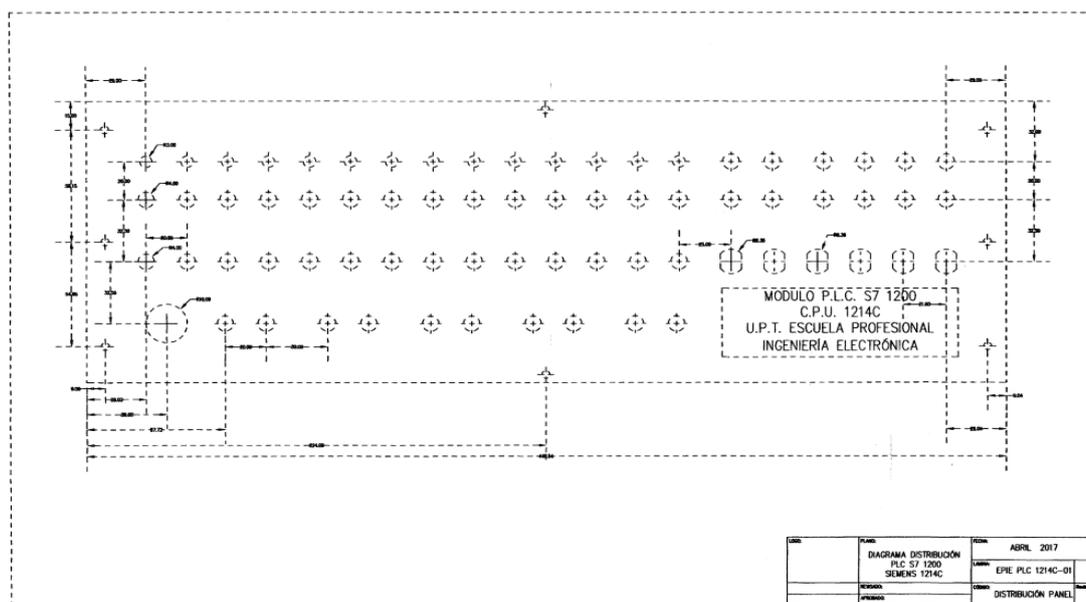
**Figura 53: Fabricación de módulos en Industrias Maldonado**  
(Fuente: Propia)

### 2.7.2 Cableado del módulo de entrenamiento

Una vez fabricados los módulos, se procedió a su cableado, para ello se utilizó los planos de conexiones cuyo esquema fue propuesta por la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, a fin de mantener una homogeneidad entre los módulos.



**Figura 54: Plano de conexiones y distribución del módulo de entrenamiento**  
(Fuente: Propia)



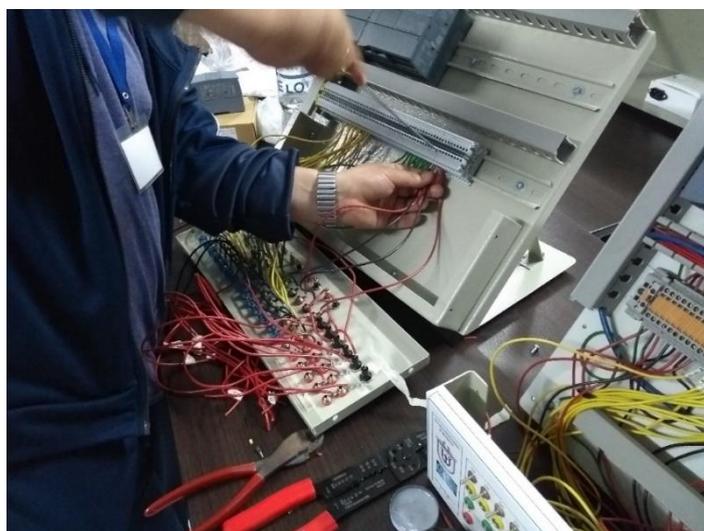
**Figura 55: Plano de fabricación del módulo de entrenamiento**  
(Fuente: Propia)

En dicha implementación se colocaron todos los componentes como terminales, borneras, fusibleras, interruptores, etc. Dichos elementos fueron conectados y soldados según correspondía dentro de los módulos. Cabe mencionar que esta implementación no se pudo culminar en un solo día.

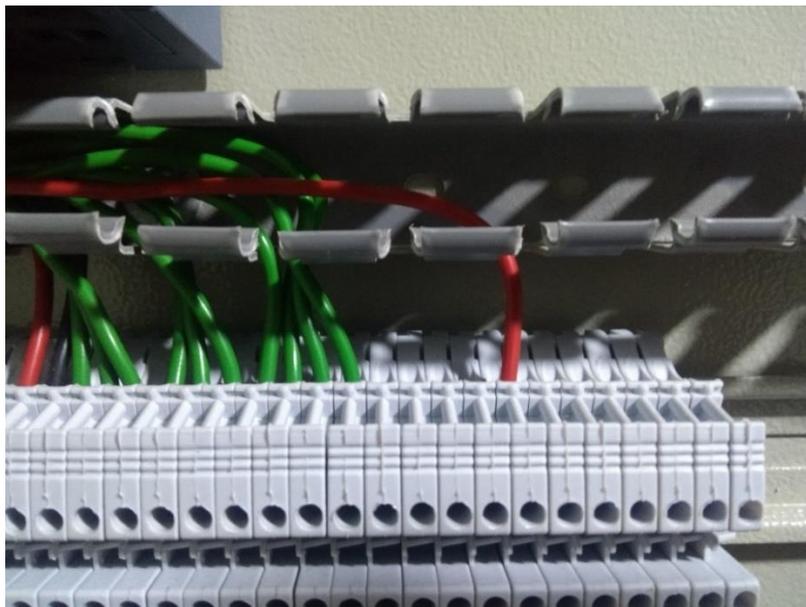


**Figura 56: Cableado de Módulos de entrenamiento**  
(Fuente: Propia)

Después de colocar y soldar los componentes se procedió a realizar las conexiones del cableado hacia las borneras, tal cómo se muestra en el diagrama de la figura 20 anteriormente mostrado.

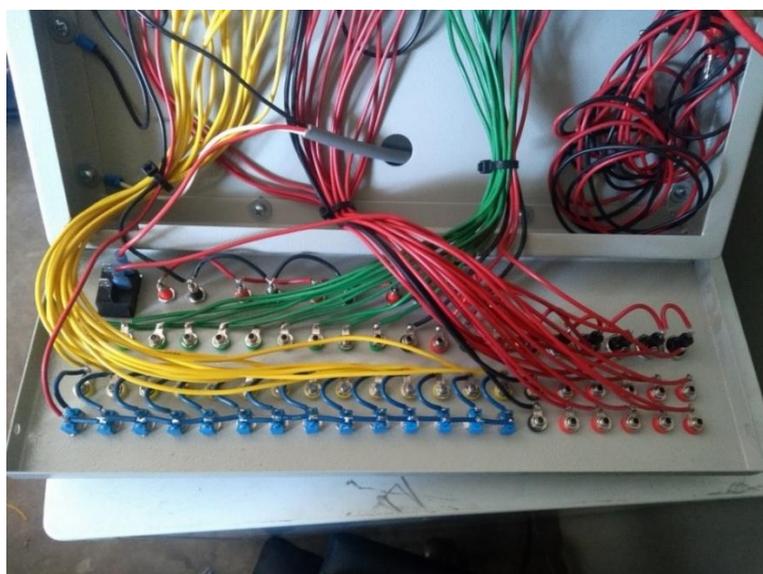


**Figura 57: Cableado y conexión de borneras**  
(Fuente: Propia)

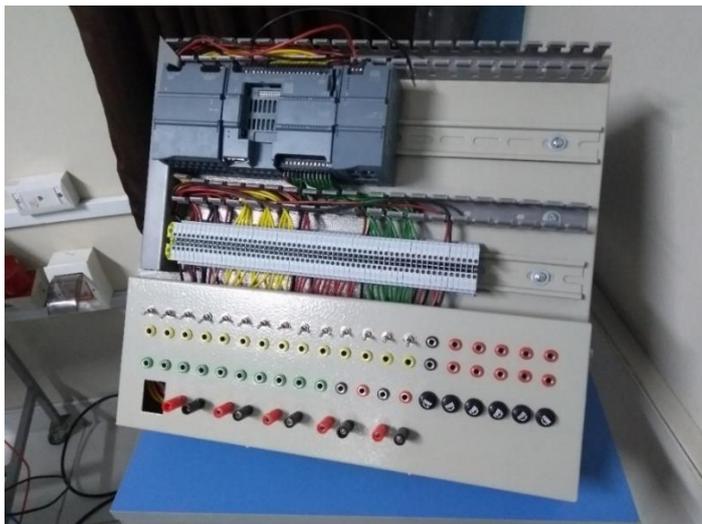


**Figura 58: Borneras y canaleta ranurada**  
(Fuente: Propia)

Fue importante cortar los cables de forma uniforme para obtener un cableado más ordenado, y posteriormente se agruparon los cables con cintillos con el mismo propósito.



**Figura 59: Cableado interno de los módulos con el proceso de soldadura terminado**  
(Fuente: Propia)



**Figura 60: Cableado de fuente de alimentación PM1207, PLC S7-1200 y CSM 1277**  
(Fuente: Propia)

Una vez recibidos los equipos enviados por la empresa FAMETAL, se procedió a colocarlos en el módulo.

### 2.7.3 Instalación de la fuente de alimentación SIEMENS

Los equipos recibidos de la empresa FAMETAL, todos de la marca SIEMENS, fueron colocados en los módulos de entrenamiento de acuerdo al diagrama planteado con anterioridad y según convenía por su función, es decir, en qué ubicación debía estar cada uno.



**Figura 61: Fuente de alimentación PM1207, PLC S7-1200 Y CSM 1277**  
(Fuente: Propia)

En primer lugar se colocó la fuente de alimentación PM1207, la cual provee los 24V necesarios para el funcionamiento de los demás equipos como el PLC, el switch y el variador de velocidad, a la vez también provee los 24V para las salidas de la fuente en el módulo de entrenamiento de variador de velocidad.

Después de ubicar correctamente los equipos y comprobar su correcta sujeción, se procedió a realizar las conexiones necesarias. La fuente de alimentación tiene entradas de 120/230V de corriente alterna, ubicadas en la esquina superior izquierda de la fuente de alimentación, y salidas de 24V de corriente continua ubicadas justo a la derecha de las entradas.



**Figura 62: Entradas y Salidas de la Fuente de alimentación SIEMENS PM1207  
(Fuente: Propia)**

#### **2.7.4 Instalación del PLC SIEMENS S7-1200**

En segundo lugar se colocó el PLC Siemens S7-1200, a la derecha de la fuente de alimentación PM1207. Este PLC, además de las entradas y salidas de alimentación de 24V posee entradas digitales configurables en la parte superior, las cuales fueron posteriormente conectadas al módulo con cables de color amarillo.



**Figura 63: Entradas y Salidas del PLC SIEMENS S7 1200 - CPU 1214C**  
(Fuente: Propia)

De la misma forma en la parte inferior del módulo se encuentran las salidas analógicas, las cuales no se usarán en este proyecto pero fueron conectadas al módulo para proyectos posteriores, en la figura 44 que se muestra a continuación podemos apreciar el cableado de color verde que corresponde a las salidas analógicas mencionadas.



**Figura 64: Salidas Analógicas del PLC SIEMENS S7 1200 - CPU 1214C**  
(Fuente: Propia)

### 2.7.5 Instalación del Switch CSM1277 SIEMENS

En tercer lugar, justo a la derecha del PLC, se colocó el switch SIEMENS CSM1277, el cual en su parte superior posee los bornes donde serán colocados los terminales para su alimentación de 24V, provenientes de la PM1207.



**Figura 65: Entradas de Alimentación del Switch CSM1277**  
(Fuente: Propia)

En su parte inferior, este switch posee 4 puertos LAN para conectores RJ45, que posteriormente conectaremos.



**Figura 66: Puertos LAN del Switch CSM1277**  
(Fuente: Propia)

### 2.7.6 Instalación del variador de velocidad SIEMENS G120

El último equipo en colocar fue el variador de velocidad SIEMENS G120, para el cuál se tuvo que realizar algunas variaciones en el módulo ya que por su gran tamaño se tuvo que recortar parte de las canaletas sobrantes, para que este variador pueda ubicarse correctamente en el módulo.



**Figura 67: Variador de Velocidad SIEMENS G120 colocado en el Módulo de Entrenamiento**  
(Fuente: Propia)

### 2.7.7 Conexión del PLC S7-1200 con el variador de velocidad G120

El PLC S7-1200 también posee en su parte inferior un puerto de LAN con protocolo PROFINET para realizar la comunicación, de acuerdo al diagrama, este puerto se conecta al switch mediante un cable Ethernet, en este caso, de color azul como se muestra en la figura 50.



**Figura 68: Puerto Profinet (LAN) del PLC SIEMENS S7 1200 - CPU 1214C**  
(Fuente: Propia)

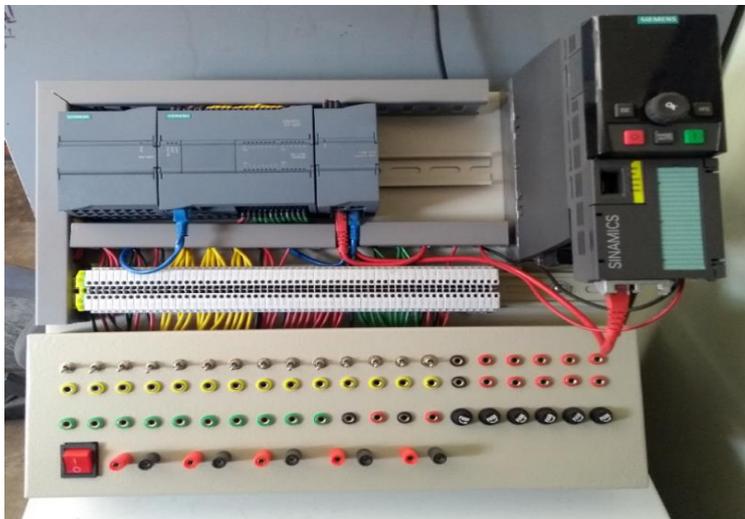
De la misma forma y de acuerdo al diagrama, el variador de velocidad también se conecta al switch mediante un cable Ethernet, en este caso de color rojo como se muestra en la figura 49. Cabe mencionar que el variador de velocidad posee dos puertos LAN como se muestra en la misma figura.



**Figura 69: Conexión del puerto LAN en el Variador de Velocidad SIEMENS G120 y de los cables de alimentación 24VDC**  
(Fuente: Propia)

### 2.7.8 Ensamblaje del primer módulo de entrenamiento

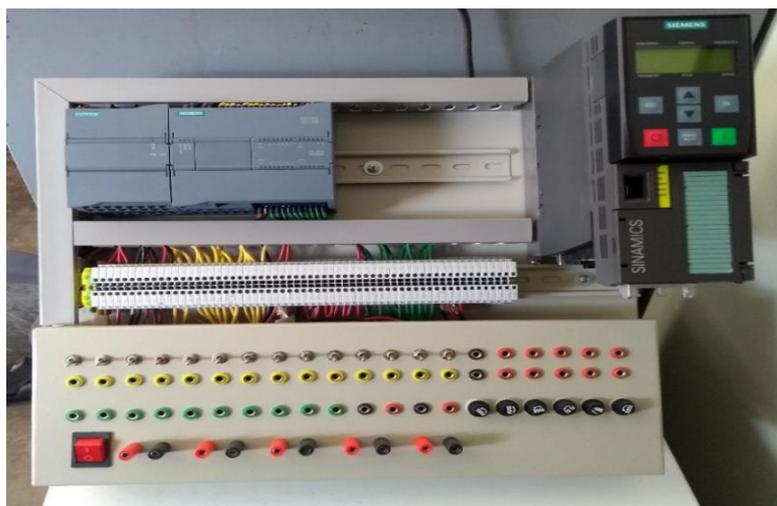
En la figura 53 se puede observar el primer módulo de entrenamiento ya terminado con todas sus conexiones, excepto las que van hacia el motor trifásico ya que esas se realizaron al momento de hacer las pruebas.



**Figura 70: Primer Módulo de Entrenamiento terminado**  
(Fuente: Propia)

### 2.7.9 Ensamblaje del segundo módulo de entrenamiento

De la misma forma en la figura siguiente se aprecia el segundo módulo de entrenamiento culminado, la diferencia con el primero es que éste no cuenta con el switch SIEMENS CSM 1277 y que el variador de velocidad SIEMENS G120 posee otro panel de control manual.



**Figura 71: Segundo Módulo de Entrenamiento terminado**  
(Fuente: Propia)

## CAPITULO III

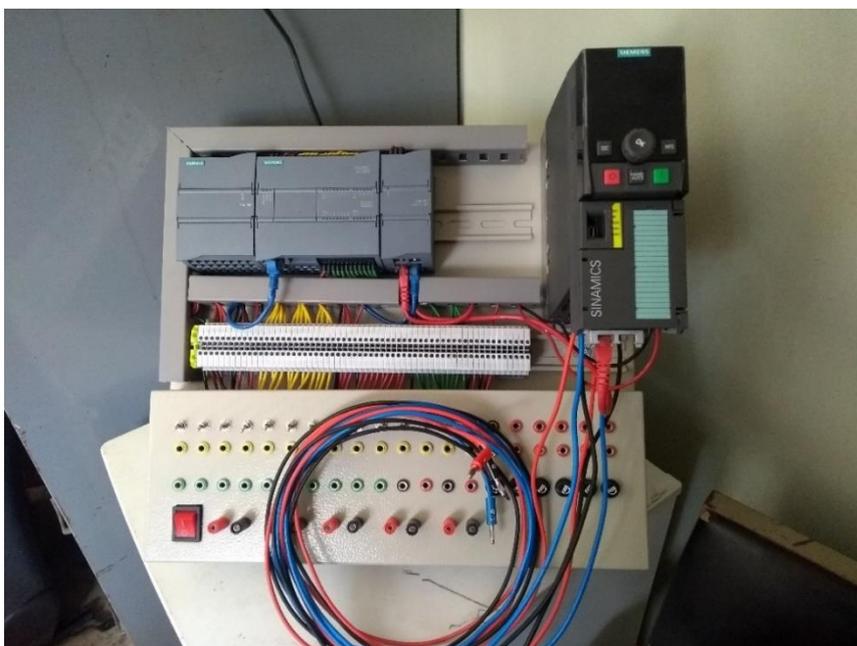
### ANALISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 PRUEBAS DE OPERATIVIDAD DE LOS MÓDULOS DE ENTRENAMIENTO DE CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES

Luego de que se siguieron los pasos de las guías prácticas para la implementación de la Red Industrial basada en el estándar PROFINET, en esta etapa se procedió a la revisión y verificación de la operatividad de los actuadores, dispositivos de control, fuentes de alimentación, dispositivos de conmutación y de las máquinas rotativas (máquinas eléctricas).

Una vez verificado la operatividad de los componentes del módulo de entrenamiento, se procedió a verificar la operatividad del módulo de entrenamiento utilizando la aplicación del control de velocidad de un motor trifásico.

A continuación se muestran las imágenes de los módulos de entrenamiento terminados, ya con los cables de conexión hacia el motor trifásico, a los cuáles se le realizó las pruebas de operatividad de la aplicación en el Laboratorio de Automatización y Control de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada de Tacna.



**Figura 72: Primer Módulo de Entrenamiento con los cables de conexión hacia el motor Trifásico**  
(Fuente: Propia)

El motor trifásico utilizado se encuentra en el Laboratorio de Control y Automatización de la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada de Tacna, el cual ya posee los conectores para los cables que vienen desde el variador de velocidad.

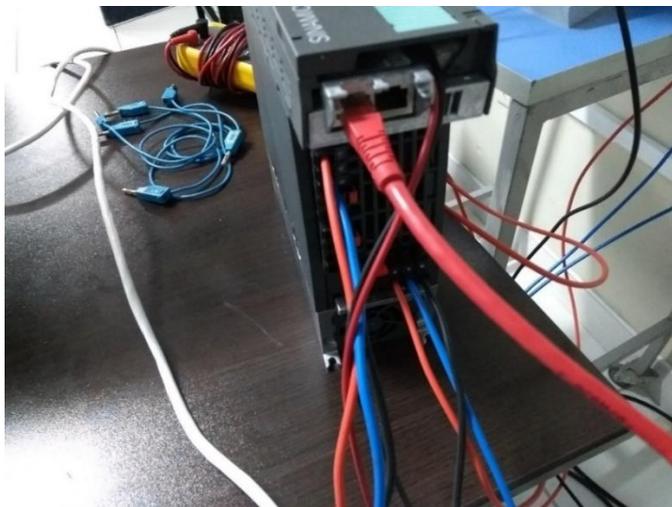


**Figura 73: Módulo de Motor Trifásico SIEMENS del Laboratorio de Automatización y Control de la universidad Privada de Tacna**  
(Fuente: Propia)



**Figura 74: Motor Trifásico SIEMENS 1LA7**  
(Fuente: Propia)

En la figura 57 se puede apreciar los conectores del variador de velocidad conectados con cables de color rojo, azul y negro para las líneas L1, L2 Y L3 respectivamente, de la misma forma para las líneas U2,V2,W2.



**Figura 75: Conexiones del Variador de Velocidad hacia el Motor Trifásico**  
(Fuente: Propia)

En la figura 58 se puede apreciar las conexiones de los cables que vienen desde el variador hacia el módulo del motor trifásico, el diagrama para esta conexión se aprecia en la figura 27, cabe mencionar que en la figura 58 también se puede apreciar la conexión en estrella del motor trifásico, que se realizó con los bananos azules.



**Figura 76: Conexiones del Motor Trifásico hacia el Variador de Velocidad**  
(Fuente: Propia)

Finalmente, llegó el momento de realizar las pruebas del proyecto, se verificó que los equipos encendieran correctamente, de la misma forma la correcta comunicación entre los mismos.



**Figura 77: Encendido de equipos y verificación de la Comunicación**  
(Fuente: Propia)

Posteriormente se activaron las entradas correspondientes del módulo de entrenamiento para la puesta en marcha del motor trifásico, como se puede apreciar en la figura 58.



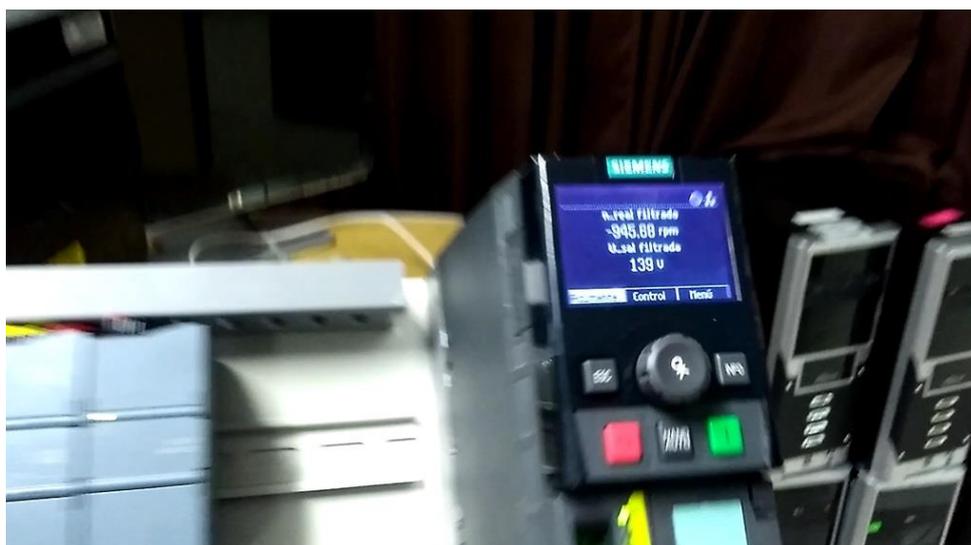
**Figura 78: Puesta en Marcha del Motor Trifásico con la activación de los interruptores de entrada**  
(Fuente: Propia)

En ese momento el motor trifásico comenzó a girar en sentido horario, y la velocidad de este giro podía ser visualizado en la pantalla del variador de velocidad SIEMENS G120, como se muestra en la figura 59.

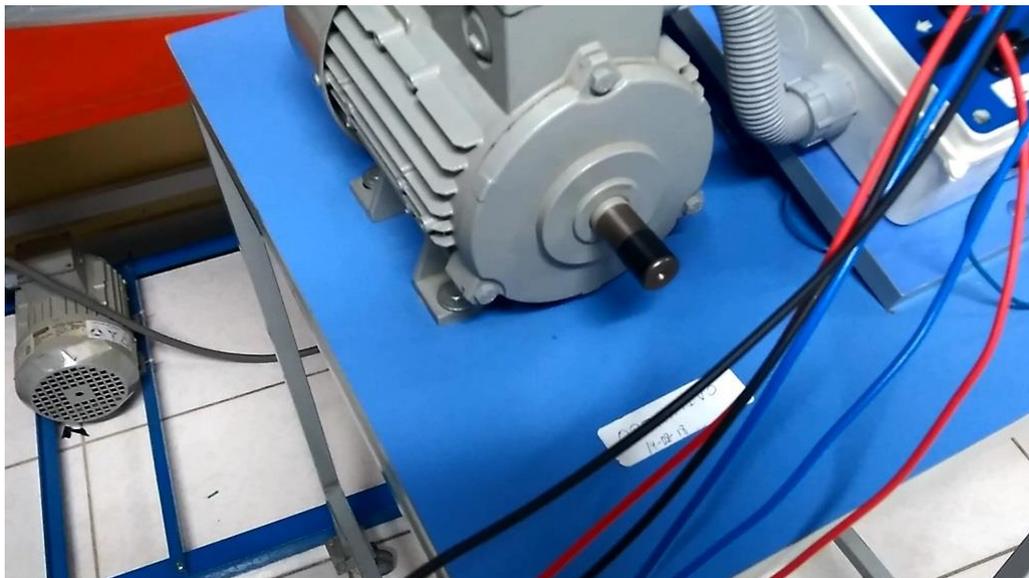


**Figura 79: Visualización del funcionamiento del motor trifásico en la pantalla del Variador de Velocidad**  
(Fuente: Propia)

Finalmente se activó otra entrada más en el módulo de entrenamiento para realizar la inversión del giro del motor, la cual se dio satisfactoriamente y se puede apreciar en la figura 60, donde se corrobora el giro en sentido contrario del motor con las RPM con símbolo negativo.



**Figura 80: Visualización del funcionamiento del motor trifásico en sentido contrario, accionado por el interruptor de inversión (entrada)**  
(Fuente: Propia)



**Figura 81: Motor Trifásico en funcionamiento**  
(Fuente: Propia)

Así se concluyó satisfactoriamente las pruebas del proyecto, donde se pudo comprobar la comunicación por medio de protocolo PROFINET y las distintas aplicaciones que podemos realizar.

### **3.2 EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LOS MÓDULOS DE ENTRENAMIENTO**

- Al realizar las primeras pruebas tuvimos inconvenientes con el accionamiento del motor trifásico, debido a que se podía visualizar que el PLC enviaba la señal al Variador de Velocidad pero sin embargo el motor no giraba. Se pudo solucionar el inconveniente presentado, ya que se trataba de una omisión en la configuración del motor trifásico en el Variador de velocidad.
- En las primeras pruebas tal como se ve en las imágenes captadas, se pudo observar el accionamiento del motor trifásico, posteriormente se realizó la prueba de inversión del giro del motor y su posterior detención. Ya en pruebas posteriores se agregó las funciones de variación de la velocidad.

- Finalmente, después de realizar algunos cambios en la configuración de los dispositivos del módulo de entrenamiento para optimizar su operatividad, las pruebas se dieron con éxito, los equipos funcionaron de manera adecuada y se pudo comprobar la comunicación en la red industrial por medio de protocolo PROFINET que era el objetivo de la presente tesis.
- Nos damos cuenta que los módulos son funcionales y están a disposición de la imaginación del estudiante y/o docente ya que dependiendo de la aplicación que quieran darle solo es necesario cambiar la programación y adecuar las conexiones.

## CONCLUSIONES

- Se concretó el diseño y la implementación de los módulos de entrenamiento utilizando el PLC SIEMENS S7-1200, el variador de velocidad SIEMENS G120, el switch Ethernet CSM 1277, de acuerdo al objetivo propuesto.
- Se verificó la operatividad de los 02 módulos de entrenamiento de la red de comunicación industrial que utiliza el estándar PROFINET, luego de realizar algunas modificaciones en la configuración de los dispositivos de control.
- Se verificó la operatividad de la red industrial implementada al desarrollar la aplicación que permite mejorar el control de arranque y velocidad de trabajo de un motor trifásico 220-220 Voltios. Las pruebas de operatividad se desarrollaron en el laboratorio de Control y Automatización de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada de Tacna, ubicada en el Campus Capanique 1.
- Se realizó un estudio exhaustivo del hardware del PLC S7-1200 para lograr la configuración requerida basada en el estándar PROFINET. Para ello se empleó el software de automatización TIA PORTAL de SIEMENS.

## RECOMENDACIONES

- Se requiere que previamente al desarrollo de un módulo de entrenamiento en redes industriales, es necesario conocer a profundidad los conocimientos teóricos y la práctica en el manejo de los protocolos de comunicación y los estándares que regulan la operatividad de las redes industriales.
- Usar la versión adecuada del software de automatización TIA PORTAL de SIEMENS, dado que no todas las versiones interactúan adecuadamente con nuestro controlador PLC S7-1200, lo que nos produjo algunos inconvenientes al momento de configurar nuestro PLC en la aplicación desarrollada.
- Dado que los módulos de entrenamiento serán utilizados en el Laboratorio de Automatización y Control por los estudiantes de ingeniería electrónica al momento de desarrollar sus experiencias de laboratorio en redes industriales, es necesario que la operación y configuración de los módulos de entrenamiento en un inicio sea realizado por el docente de clases.
- Es necesario, que el laboratorio de Control y Automatización cuente con una adecuada instalación para una conexión trifásica estabilizada.
- Es indispensable seguir los procedimientos recomendados en los manuales que contiene la información de cómo configurar los dispositivos de control, así como del actuador, que en nuestro caso fue el variador de velocidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **BARRAGÁN, A.** (2012) “Tutorial virtual”,  
<http://www.uhu.es/antonio.barragan/content/10-sistemas-profinet>
2. **BARRERA D.** (Enero 2008) “Diseño e implementación de un sistema de entrenamiento PROFINET para el Laboratorio de PLCs y Robótica del Departamento de Eléctrica y Electrónica de la ESPE”, Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí – Ecuador  
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/606/T-ESPE-021951.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. **BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.** Estilo APA: Cómo se redactan las referencias bibliográficas.  
Extraído el 03 de Febrero del 2018 desde [https://biblioteca.unizar.es/sites/biblioteca.unizar.es/files/documentos/estilo\\_apa\\_resumen.pdf](https://biblioteca.unizar.es/sites/biblioteca.unizar.es/files/documentos/estilo_apa_resumen.pdf)
4. **CENTRO TECNOLÓGICO UCampus.** (2010). “*Máquinas eléctricas rotativas*”. 2018, de Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.  
Extraído desde [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/1/EL3003/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=279040](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/1/EL3003/1/material_docente/bajar?id_material=279040) Máquinas Eléctricas Rotativas
5. **CEVALLOS, M. & HUIRACOCCHA, C.** (Noviembre 2015) “Diseño e implementación de maletas didácticas para el control de motores utilizando variadores de velocidad para el control de llenado”. Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.  
Extraído desde <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10423>
6. **E-DUCATIVA CATEDU.** (2016). “*Máquinas eléctricas rotativas. Conceptos básicos*”. de Plataforma e-ducativa aragonea.  
Extraído el 10 de Agosto del 2017 desde [http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3016/html/21\\_introduccion.html](http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3016/html/21_introduccion.html)

7. **GUEVARA M. & ROSERO J.** (Junio 2013) *“Diseño e implementación de una red industrial utilizando protocolo PROFINET para monitoreo y control de las estaciones de nivel, flujo, presión y temperatura en el laboratorio de redes industriales y control de procesos de la ESPE Extensión Latacunga”*. Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico. Latacunga, Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/6425/T-ESPEL-ENI-0300.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
8. **GUZMÁN, C. & ESQUIVES, J.** (Abril, 2013). *“Diseño e Implementación de módulos de PLC básico para controlar Motores Eléctricos para el Laboratorio de Automatización y Control de la EPIE”*, Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
9. **INFOPLC** (Febrero 2013). *“Introducción al estándar IEC 61131-3”*. Extraído el 18 de Enero del 2018 desde [http://www.infoplcn.net/files/documentacion/estandar\\_programacion/infoPLC\\_net\\_Intro\\_estandar\\_IEC\\_61131-3.pdf](http://www.infoplcn.net/files/documentacion/estandar_programacion/infoPLC_net_Intro_estandar_IEC_61131-3.pdf)
10. **KUO B.C.** (1996) *“Sistemas de Control Automático”* Séptima Edición, p.2., Derechos de autor [1996] por Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
11. **LOBATO, L. & ANDRAMUÑO, I.** (Junio 2015) *“diseño e implementación de un sistema de control para el proceso de alimentación de material hacia el molino de crudo en planta Chimborazo UCEM-CEM”*, Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2015 <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/4979>
12. **MICRO-AUTOMACIÓN** (2011). *“Curso 061: Controlador Lógico Programable (PLC)”*. Extraído el 14 de Enero del 2018 desde <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>
13. **MILLOR N.** (2011). *“Controladores Lógicos Programables (PLCs)”*. UNED, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control.

Extraído el 11 de Enero del 2018 desde [http://www.ieec.uned.es/investigacion/ipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/ipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)

14. **MOTOREX.** (Agosto 10, 2017). *“Motores eléctricos”*. 2018, de MOTOREX  
Extraído el 10 de Agosto del 2017 desde <http://www.motorex.com.pe/blog/motor-electrico-monofasico-trifasico/>
15. **SIEMENS A.G** (2011) “SIMATIC WinCC in Totally Integrated Automation Portal”  
Extraído del sitio web: [https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure\\_simatic-wincc\\_tia-portal\\_es.pdf](https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_simatic-wincc_tia-portal_es.pdf)
16. **SIEMENS A.G.** (2006) “PROFINET, el estándar abierto de Industrial Ethernet”,  
Extraído del sitio web::<http://www.grupdap.es/ficheros/descrip-tecnicas/Profinet-2006.pdf>
17. **TORRES, J.** (2016) “PLC - Controladores Lógicos Programables Lección 6 Lenguajes de Programación”  
Extraído del sitio web: [http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3124/5/Torres\\_ZambranoJennyKatherine2016Anexo.3.pdf](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3124/5/Torres_ZambranoJennyKatherine2016Anexo.3.pdf)

# **ANEXOS**

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO CON VARIADOR DE VELOCIDAD**

# SINAMICS G120

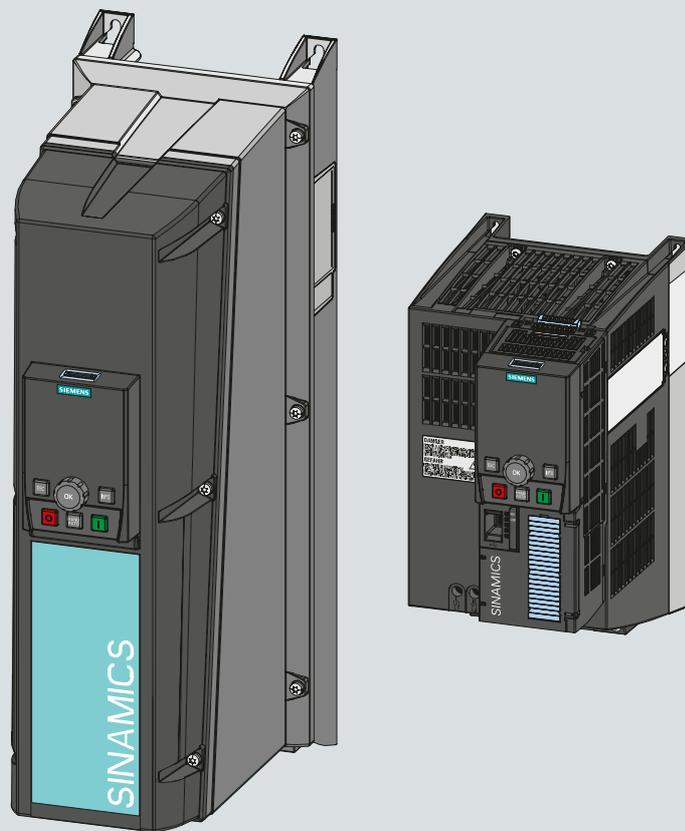
Convertidor de frecuencia con las Control Units

CU230P-2

CU240B-2

CU240E-2

Getting Started · 04/2012



## SINAMICS

Answers for industry.

**SIEMENS**





Diseño del convertidor

1

Instalación

2

Puesta en marcha

3

## SINAMICS G120

Convertidor de frecuencia  
con las Control Units  
CU230P-2  
CU240B-2  
CU240E-2

Getting Started (primeros pasos)

## Notas jurídicas

### Filosofía en la señalización de advertencias y peligros

Este manual contiene las informaciones necesarias para la seguridad personal así como para la prevención de daños materiales. Las informaciones para su seguridad personal están resaltadas con un triángulo de advertencia; las informaciones para evitar únicamente daños materiales no llevan dicho triángulo. De acuerdo al grado de peligro las consignas se representan, de mayor a menor peligro, como sigue.

 <b>PELIGRO</b>
Significa que, si no se adoptan las medidas preventivas adecuadas <b>se producirá</b> la muerte, o bien lesiones corporales graves.
 <b>ADVERTENCIA</b>
Significa que, si no se adoptan las medidas preventivas adecuadas <b>puede producirse</b> la muerte o bien lesiones corporales graves.
 <b>PRECAUCIÓN</b>
con triángulo de advertencia significa que si no se adoptan las medidas preventivas adecuadas, pueden producirse lesiones corporales.
<b>PRECAUCIÓN</b>
sin triángulo de advertencia significa que si no se adoptan las medidas preventivas adecuadas, pueden producirse daños materiales.
<b>ATENCIÓN</b>
significa que puede producirse un resultado o estado no deseado si no se respeta la consigna de seguridad correspondiente.

Si se dan varios niveles de peligro se usa siempre la consigna de seguridad más estricta en cada caso. Si en una consigna de seguridad con triángulo de advertencia se alarma de posibles daños personales, la misma consigna puede contener también una advertencia sobre posibles daños materiales.

### Personal cualificado

El producto/sistema tratado en esta documentación sólo deberá ser manejado o manipulado por **personal cualificado** para la tarea encomendada y observando lo indicado en la documentación correspondiente a la misma, particularmente las consignas de seguridad y advertencias en ella incluidas. Debido a su formación y experiencia, el personal cualificado está en condiciones de reconocer riesgos resultantes del manejo o manipulación de dichos productos/sistemas y de evitar posibles peligros.

### Uso previsto o de los productos de Siemens

Considere lo siguiente:

 <b>ADVERTENCIA</b>
Los productos de Siemens sólo deberán usarse para los casos de aplicación previstos en el catálogo y la documentación técnica asociada. De usarse productos y componentes de terceros, éstos deberán haber sido recomendados u homologados por Siemens. El funcionamiento correcto y seguro de los productos exige que su transporte, almacenamiento, instalación, montaje, manejo y mantenimiento hayan sido realizados de forma correcta. Es preciso respetar las condiciones ambientales permitidas. También deberán seguirse las indicaciones y advertencias que figuran en la documentación asociada.

### Marcas registradas

Todos los nombres marcados con ® son marcas registradas de Siemens AG. Los restantes nombres y designaciones contenidos en el presente documento pueden ser marcas registradas cuya utilización por terceros para sus propios fines puede violar los derechos de sus titulares.

### Exención de responsabilidad

Hemos comprobado la concordancia del contenido de esta publicación con el hardware y el software descritos. Sin embargo, como es imposible excluir desviaciones, no podemos hacernos responsable de la plena concordancia. El contenido de esta publicación se revisa periódicamente; si es necesario, las posibles las correcciones se incluyen en la siguiente edición.

# Índice

<b>1</b>	<b>Diseño del convertidor .....</b>	<b>7</b>
1.1	Control Unit .....	10
1.2	Power Module .....	12
1.3	Intelligent Operator Panel IOP .....	13
<b>2</b>	<b>Instalación .....</b>	<b>15</b>
2.1	Interfaces de las Control Units .....	16
2.1.1	Interfaces de la CU230P-2 .....	16
2.1.2	Regletas de bornes de la CU230P-2 .....	17
2.1.3	Interfaces de la CU240B-2 y la CU240E-2 .....	18
2.1.4	Regleta de bornes de las Control Units CU240B-2 .....	19
2.1.5	Regleta de bornes de las Control Units CU240E-2 .....	20
2.2	Seleccionar asignación de bornes de la interfaz .....	21
<b>3</b>	<b>Puesta en marcha .....</b>	<b>27</b>
3.1	Ajustes del menú Puesta marcha básica .....	28
3.2	Habilitar función segura "Safe Torque Off" (STO) .....	29
3.3	Resumen de los parámetros más importantes .....	30
3.4	Copia de seguridad en tarjeta de memoria .....	34
3.5	Archivos descriptivos para la configuración del bus de campo .....	34
	<b>Índice alfabético .....</b>	<b>35</b>

## Objetivo de estas instrucciones

En este Getting Started se describen la puesta en marcha y el manejo de un convertidor SINAMICS G120 con los asistentes de aplicaciones del IOP. Para funciones especiales del convertidor, como p. ej. re arranque automático o re arranque al vuelo, consulte las **instrucciones de servicio** y el **manual de listas** de la Control Unit correspondiente.

Las funciones y características de IOP se describen de forma detallada en las instrucciones de servicio del "SINAMICS IOP"; las explicaciones que aquí se incluyen están limitadas a garantizar la comprensión de las funciones descritas.

## Información detallada sobre SINAMICS G120

Todos los manuales de convertidores SINAMICS G120 se pueden descargar en Internet: Manuales (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/22339653/133300>)

y además están disponibles en DVD:

SINAMICS Manual Collection: todos los manuales sobre motores de baja tensión, motorreductores y convertidores de baja tensión, en 5 idiomas

Referencia: 6SL3298-0CA00-0MG0

## Diseño del convertidor

### Componentes y diseño del convertidor

Los convertidores constan de *Power Module (PM)* y *Control Unit (CU)*; los convertidores IP20 tienen además un *filtro CEM de clase B* externo.

#### Nota

#### Convertidores con grado de protección IP55

En los convertidores con grado de protección IP55 debe enchufarse un *Operator Panel (IOP o BOP-2)* para alcanzar el grado de protección IP55. El *Operator Panel* no forma parte del volumen de suministro y se tiene que pedir por separado.

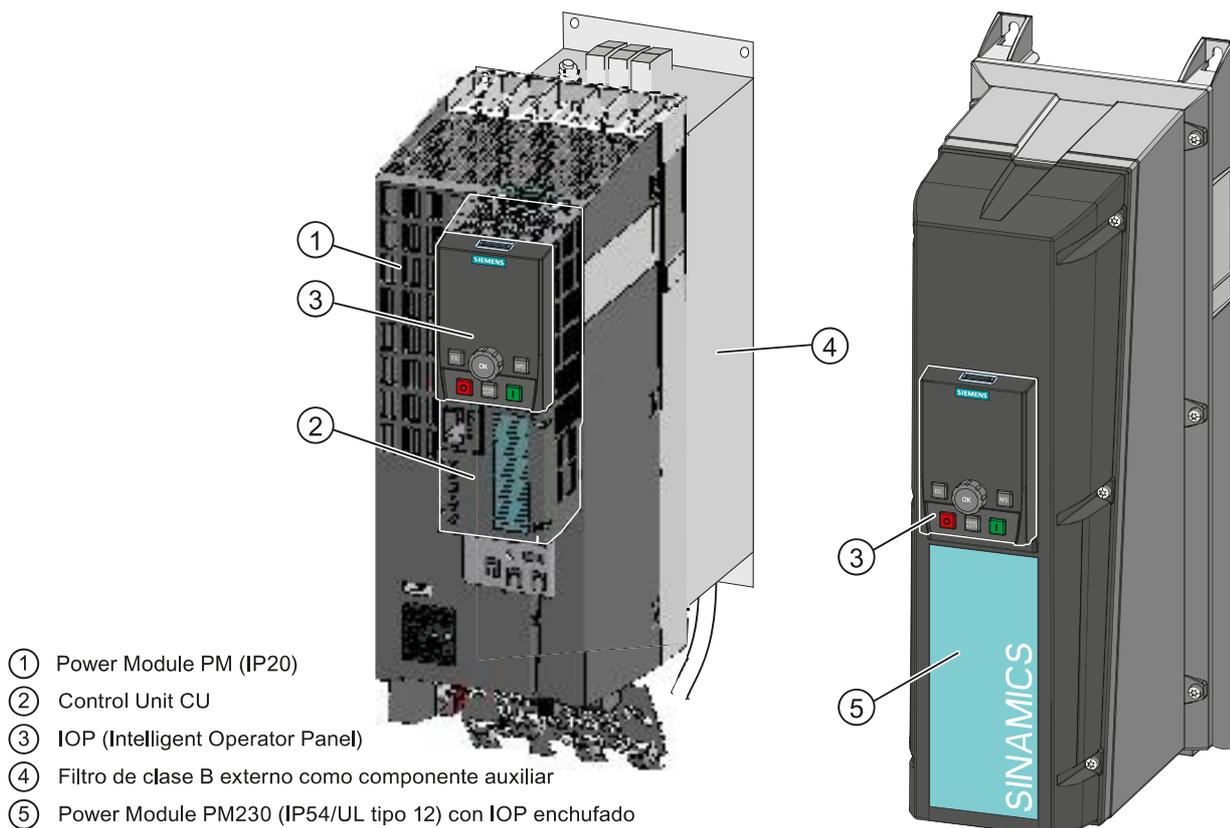


Figura 1-1 Diseño del convertidor (ejemplo)

## Componentes para la puesta en marcha

Pueden elegirse las siguientes herramientas para poner en marcha el convertidor:

- IOP (Intelligent Operator Panel)
- Basic Operator Panel BOP-2
- Herramienta de puesta en marcha STARTER (software de PC)



Figura 1-2 Opciones de manejo

Tabla 1- 1 Accesorios para la puesta en marcha y el manejo del convertidor, así como para el backup de datos.

Componente o herramienta		Referencia
<b>Operator Panel</b> para la puesta en marcha, el diagnóstico y el control del convertidor		
	BOP-2 - Para abrochar en el convertidor <ul style="list-style-type: none"> <li>• Copia de parámetros de accionamiento</li> <li>• Visualización en dos líneas</li> <li>• Puesta en marcha guiada</li> </ul>	6SL3255-0AA00-4CA1
	IOP - Para abrochar en el convertidor o con dispositivo portátil <ul style="list-style-type: none"> <li>• Copia de parámetros de accionamiento</li> <li>• Pantalla de texto plano</li> <li>• Guía de menú y asistentes de aplicación</li> </ul>	6SL3255-0AA00-4JA0 Dispositivo portátil IOP 6SL3255-0AA00-4HA0
	IOP/BOP-2 Mounting Kit IP54/UL Type 12	6SL3256-0AP00-0JA0
<b>Herramientas de PC</b>		
	STARTER Herramienta de puesta en marcha (software para PC) Conexión con el convertidor mediante cable USB Descargar: STARTER <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/10804985/130000">http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/10804985/130000</a>	STARTER en DVD: 6SL3072-0AA00-0AG0
	PC Connection Kit Contiene DVD con STARTER y cable USB 	6SL3255-0AA00-2CA0
	Drive ES Basic Como opción a STEP7; con función de enrutado superando límites de redes	6SW1700-5JA00-5AA0
<b>Tarjetas de memoria:</b> para guardar y transferir los ajustes del convertidor		
	Tarjeta MMC	6SL3254-0AM00-0AA0
	Tarjeta SD	6ES7954-8LB00-0AA0

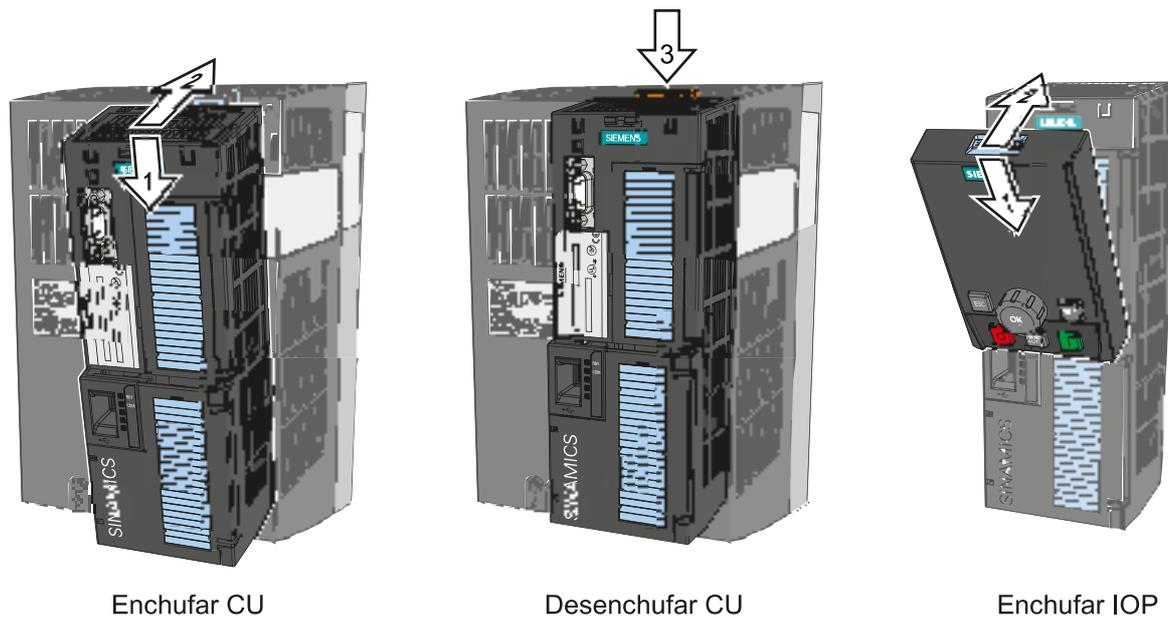


Figura 1-3 Ensamblar componentes

## 1.1 Control Unit

### Versiones diferentes de las Control Units

Las Control Units se diferencian esencialmente por los factores siguientes:

- Tipo de las interfaces de bus de campo
- Tipo y alcance de las funciones
  - P. ej. en el caso de CU230P-2... por funciones tecnológicas adicionales específicas para bombas, ventiladores y compresores
  - P. ej. en el caso de CU240E-2... por funciones de seguridad integradas adicionales
- Tipo y cantidad de las entradas y salidas disponibles

<b>CU230P-2...</b>	CU230P-2 HVAC	CU230P-2 CAN	CU230P-2 DP	CU230P-2 PN
Funciones				
Bus de campo	USS / Modbus RTU / Bacnet MS/TP / P1	CANopen	PROFIBUS DP	PROFINET
Funciones tecnológicas	Por ejemplo: modo de ahorro energético, conexión en cascada, modo de emergencia ampliado, regulador multizona, bypass			
Entradas digitales	6			
Entradas analógicas	<b>AI0 y AI1:</b> tensión o corriente; <b>AI2:</b> corriente o sensor de temperatura (Ni1000/PT1000); <b>AI3:</b> sensor de temperatura (Ni1000/PT1000);			
Salidas digitales	3			
Salidas analógicas	2			

<b>CU240B-2...</b>	CU240B-2	CU240B-2 DP
Funciones		
Bus de campo	USS o Modbus RTU	PROFIBUS DP
Entradas digitales	4	
Entradas analógicas	1	
Salidas digitales	1	
Salidas analógicas	1	

<b>CU240E-2...</b>	CU240E-2	CU240E-2 F	CU240E-2 DP	CU240E-2 DP-F	CU240E-2 PN	CU240E-2 PN-F
Funciones						
Bus de campo	USS o Modbus RTU	USS o Modbus RTU	PROFIBUS DP	PROFIBUS DP con PROFIsafe	PROFINET	PROFINET con PROFIsafe
Funciones de seguridad integradas	STO	STO, SS1, SLS	STO	STO, SS1, SLS	STO	STO, SS1, SLS
Entradas digitales	6					
Entradas digitales de seguridad*	1	3	1	3	1	3
Entradas analógicas	2					
Salidas digitales	3					
Salidas analógicas	2					

\*) Una entrada digital de seguridad se forma agrupando dos entradas digitales "estándar".

## 1.2 Power Module

Hay Power Modules en diversos grados de protección y para diferentes campos de aplicación para un rango de potencias de 0,37 a 250 kW. Los Power Modules se clasifican en varios tamaños (frame size, FS).

### Vista general de los Power Modules

Tamaño	FSA	FSB	FSC	FSD	FSE	FSF	FSGX
<b>PM230, 400 V 3AC, IP20, Power Module para bombas y ventiladores</b>							
Rango de potencia (LO) en kW	0,37 ... 3	4 ... 7,5	11 ... 18,5	22 ... 37	45 ... 55	75 ... 90	---
Filtro de red de clase A integrado	○/●	○/●	○/●	○/●	○/●	○/●	---
<b>PM230, 400 V 3AC, Push Through, Power Module para bombas y ventiladores</b>							
Rango de potencia (LO) en kW	3	7,5	18,5	---	---	---	---
Filtro de red de clase A integrado	○/●	○/●	○/●	---	---	---	---
<b>PM230, 400 V 3AC, IP55/UL tipo 12, Power Module para bombas y ventiladores (solo para Control Units CU230)</b>							
Rango de potencia (LO) en kW	0,37 ... 3	4 ... 7,5	11 ... 18,5	22 ... 30	37 ... 45	55 ... 90	---
Filtro de red de clase A integrado	●	●	●	●	●	●	---
Filtro de red de clase B integrado	●	●	●	●	●	●	---
<b>PM240, 400 V 3AC, IP20, Power Module para aplicaciones estándar con chopper de freno integrado<sup>1)</sup></b>							
Rango de potencia (LO) en kW	0,37 ... 1,5	2,2 ... 4	7,5 ... 15	18,5 ... 30	37 ... 45	55 ... 132	160 ... 250
Filtro de red de clase A integrado	○	●	●	●	●	●	●
<b>PM240-2, 400 V 3AC, IP20, Power Module para aplicaciones estándar con chopper de freno integrado</b>							
Rango de potencia (LO) en kW	0,55 ... 3	---	---	---	---	---	---
Filtro de red de clase A integrado	○/●	---	---	---	---	---	---
<b>PM240-2, 400 V 3AC, Push Through, Power Module para aplicaciones estándar con chopper de freno integrado</b>							
Rango de potencia (LO) en kW	2,2	3	---	---	---	---	---
Filtro de red de clase A integrado	●	○	---	---	---	---	---
<b>PM250, 400 V 3AC, IP20, Power Module con capacidad de realimentación</b>							
Rango de potencia (LO) en kW	---	---	7,5 ... 15	18,5 ... 30	37 ... 45	55 ... 90	---
Filtro de red de clase A integrado	---	---	●	●	●	●	---
<b>PM260, 690 V 3AC, IP20, Power Module con capacidad de realimentación</b>							
Rango de potencia (LO) en kW	---	---	---	11 ... 18,5	---	30 ... 55	---
Filtro de red de clase A integrado	---	---	---	○/●	---	○/●	---
Filtro senoidal	---	---	---	●	---	●	---

○ = sin; ● = integrado; ◐ = a partir de 110 kW para montaje externo

1) El Power Module PM240 FSGX se suministra sin chopper de freno, pero está preparado para incorporar el chopper de freno opcional.

## 1.3 Intelligent Operator Panel IOP

El IOP es el instrumento de mando con el que se pone en marcha in situ el convertidor, se introducen parámetros y se observa su funcionamiento.

Mediante la pantalla gráfica y de textos se muestran los menús de selección y los indicadores de estado. La pantalla se divide en estas partes:

- Indicación de estado y diagnóstico
- Aviso de estado
- Menú de selección

- ① Indicación de estado y diagnóstico
- ② Aviso de estado, aquí: tensión de salida
- ③ Aviso de estado, aquí: frecuencia de salida
- ④ Menú de selección: Asistente/Control/Menú



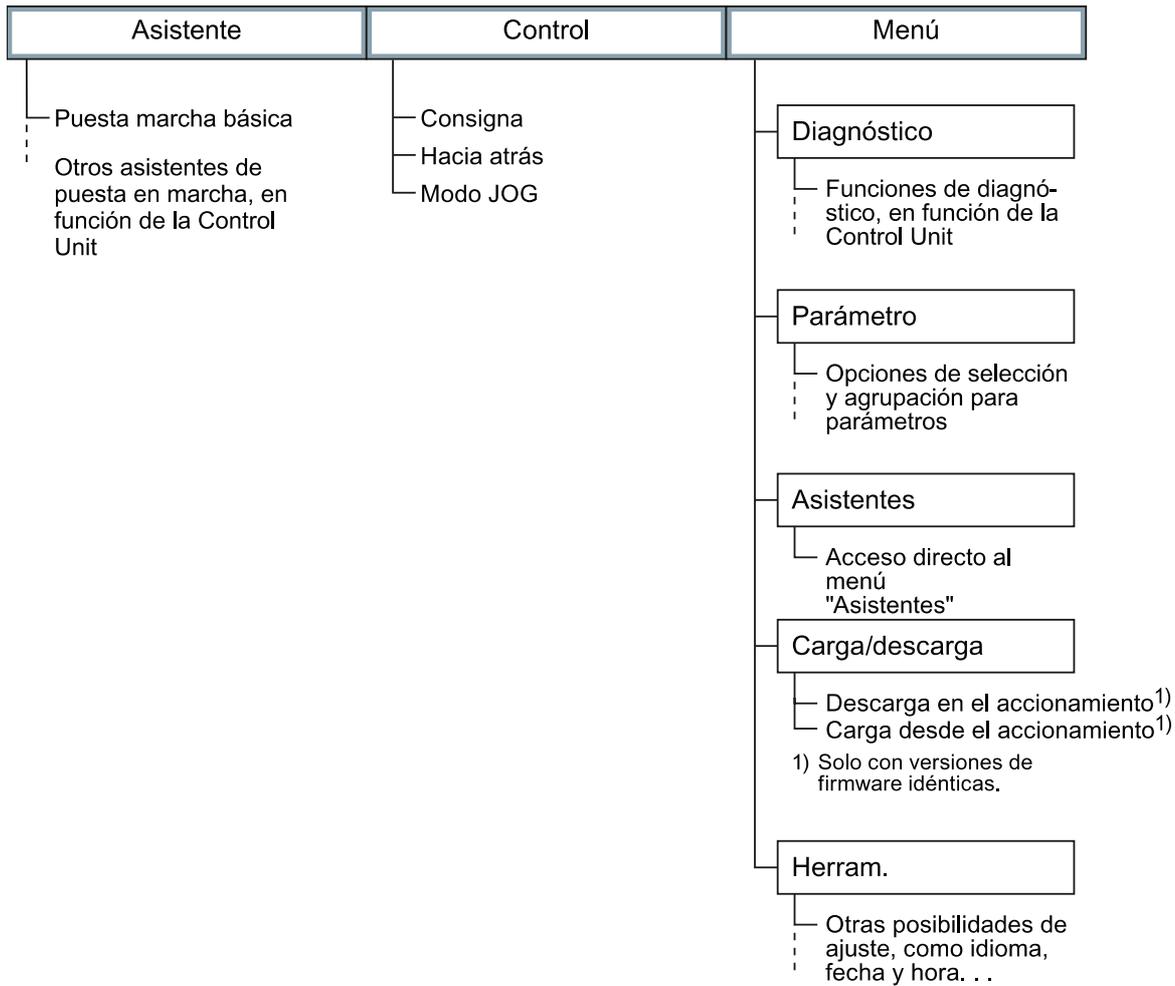
### Manejo del IOP

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para seleccionar un menú se gira la rueda de navegación, p. ej. ASISTENTE</li> <li>• Pulsando la rueda de navegación (OK) se confirma la selección correspondiente.</li> </ul>
	<p>Al pulsar se alterna entre fuentes de mando externas y el IOP.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MANUAL significa: manejo manual con las teclas del IOP</li> <li>• AUTO significa: el convertidor reacciona a las órdenes de mando externas (p. ej. bus de campo o bornes)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el modo de operación AUTO: sin función</li> <li>• En el modo de operación MANUAL: al pulsar se arranca el convertidor</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el modo de operación AUTO: sin función</li> <li>• En el modo de operación MANUAL: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Al pulsar brevemente: DES1, el motor se para con la rampa de deceleración ajustada (P1121)</li> <li>– Al pulsar más de 3 segundos: DES2, el motor gira por inercia hasta la parada</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al pulsar se obtiene información sobre la indicación actual</li> <li>• Al pulsar de nuevo se regresa a la indicación</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al pulsar brevemente: retorno a la indicación precedente</li> <li>• Al pulsar más de 3 segundos: el IOP vuelve a la pantalla de estado</li> </ul>

### Estructura de menús

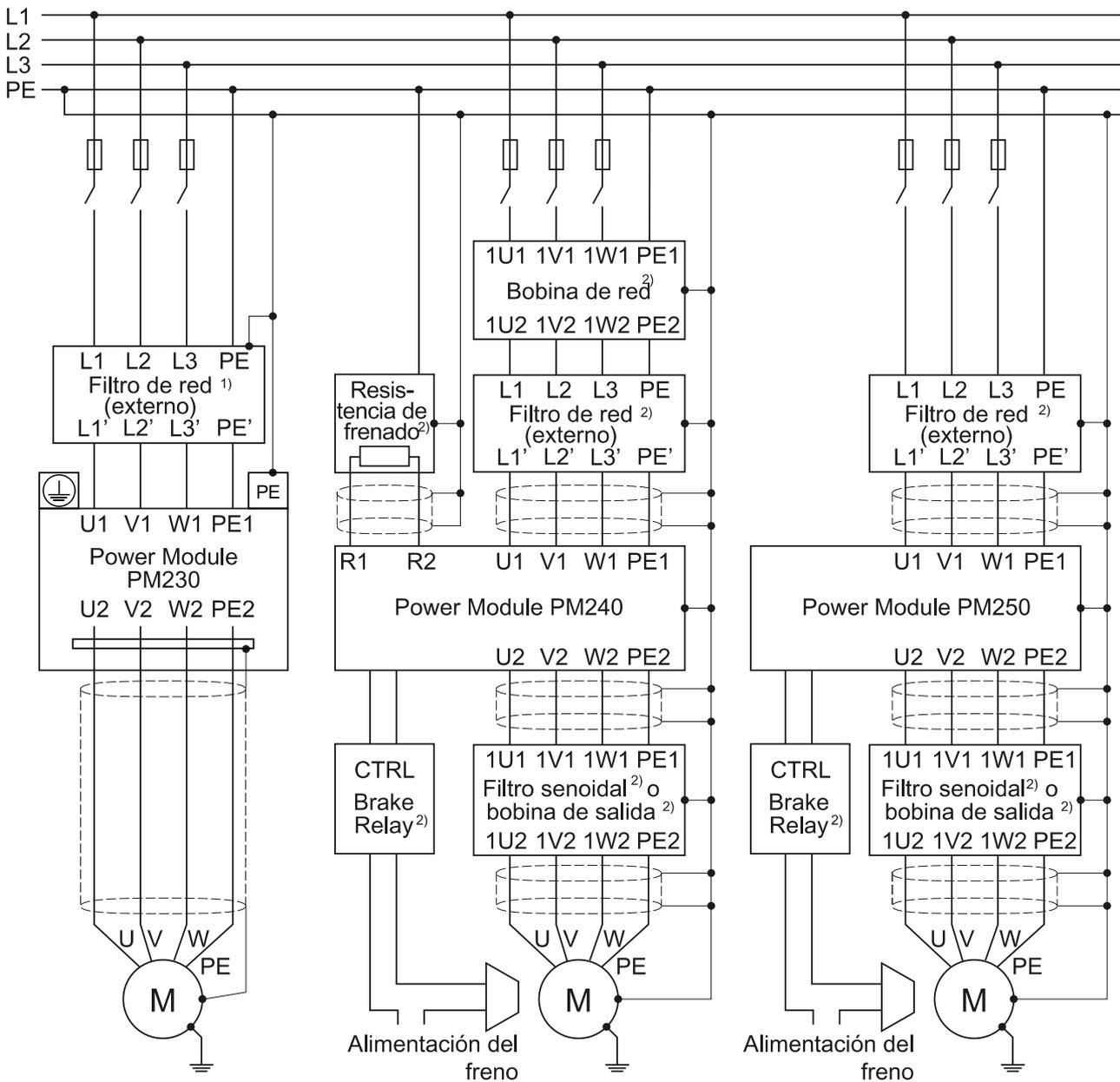
La estructura de menús que se representa aquí es válida para el IOP con FW 1.1 y FW1.1HF. Ofrece una vista general de dónde encontrar los asistentes de aplicaciones y otras funciones de ajuste.

En lugar de utilizar los asistentes de aplicaciones, también puede modificar todos los ajustes directamente mediante parámetros individuales.



## Instalación

### Cableado de Power Module con motor y red de alimentación



1) Accesorio, solo con IP20 y Push Through

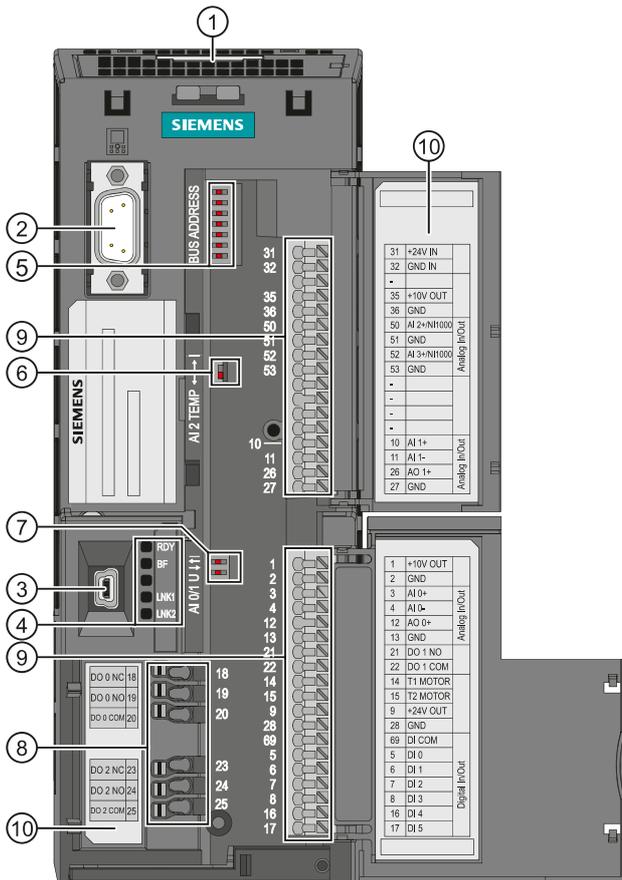
2) Accesorio

Figura 2-1 Esquemas de conexiones para PM230, PM240, PM250

**Nota:** El PM260 lleva integrados el filtro de red y el filtro senoidal. Por lo demás, el cableado del PM260 es igual al del PM250.

## 2.1 Interfaces de las Control Units

### 2.1.1 Interfaces de la CU230P-2

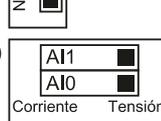


- ① Slot para tarjeta de memoria (MMC o SD)
- ② Interfaz para Operator Panel (IOP o BOP-2)
- ③ Interfaz USB para STARTER
- ④ LED de estado
  - RDY
  - BF
  - 
  - LNK1, solo en PROFINET
  - LNK2, solo en PROFINET

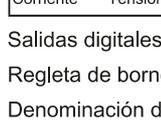
- ⑤ Bloque de interruptores DIP para dirección de bus de campo (con PROFINET, sin función)



- ⑥ NI1000 Corriente Bloque de interruptores DIP AI2 (bornes 50/51)



- ⑦ Bloque de interruptores DIP para AI0 y AI1 (bornes 3/4 y 10/11)

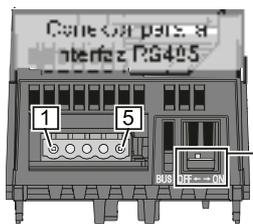


- ⑧ Salidas digitales

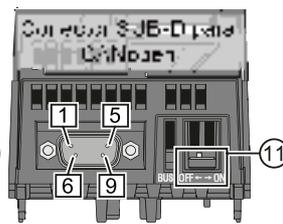
- ⑨ Regleta de bornes

- ⑩ Denominación de bornes

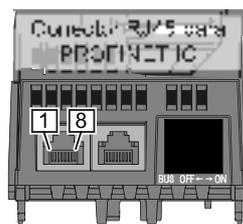
- ⑪ Interruptor para resistencia de cierre del bus



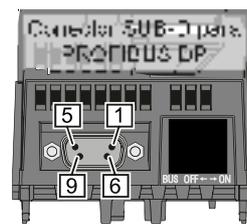
- Pin
- 1 0 V, potencial de referencia
  - 2 RS485P, recepción y emisión (+)
  - 3 RS485N, recepción y emisión (-)
  - 4 Pantalla de cable
  - 5 no conectado



- Pin
- 1 No ocupado
  - 2 CAN\_L, señal CAN (dominant low)
  - 3 CAN\_GND, masa para CAN
  - 4 No ocupado
  - 5 (CAN\_SHLD), pantalla opcional
  - 6 (GND), masa opcional
  - 7 CAN\_H, señal CAN (dominant high)
  - 8 No ocupado
  - 9 No ocupado

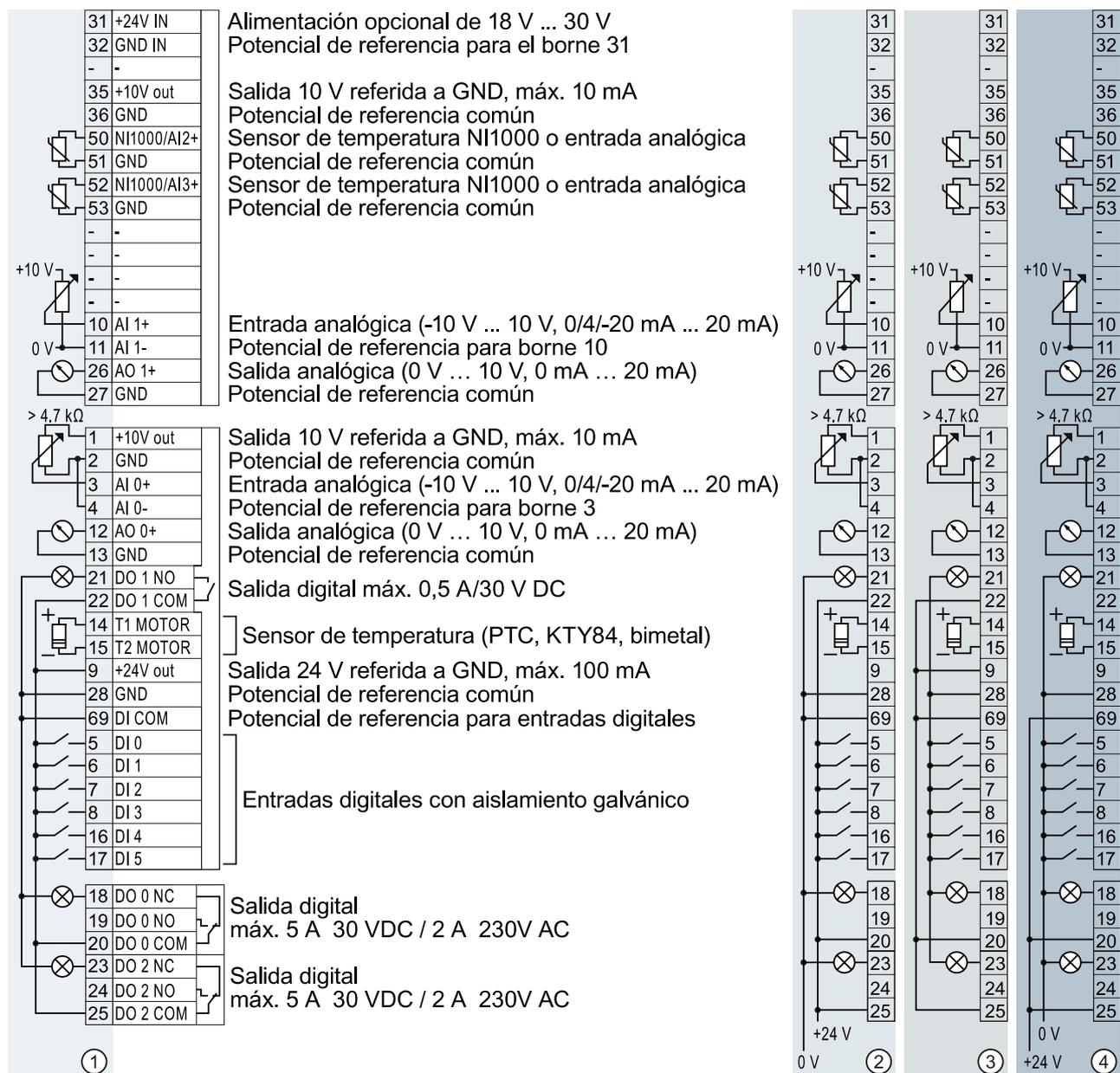


- Pin
- 1 RX+, datos recibidos +
  - 2 RX-, datos recibidos -
  - 3 TX+. Datos enviados +
  - 4 No ocupado
  - 5 No ocupado
  - 6 TX-, datos enviados -
  - 7 No ocupado
  - 8 No ocupado



- Pin
- 1 Pantalla, conexión de tierra
  - 2 No ocupado
  - 3 RxD/TxD-P, recibir y enviar datos (B/B')
  - 4 CNTR-P, señal de control
  - 5 DGND, potencial de referencia para datos (C/C')
  - 6 VP, tensión de alimentación
  - 7 No ocupado
  - 8 DGND, recibir y enviar datos (A/A')
  - 9 No ocupado

### 2.1.2 Regletas de bornes de la CU230P-2

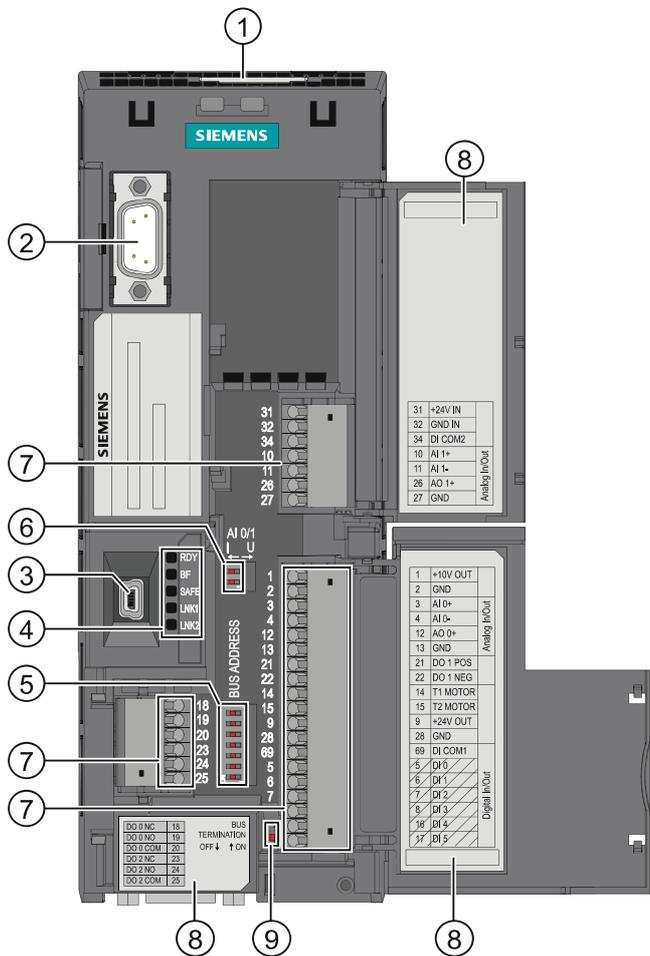


Para las entradas analógicas puede usarse la alimentación interna de 10 V o una fuente de alimentación externa.

Las entradas analógicas pueden también conmutarse a entradas digitales, para aumentar su número.

- ① Cableado si se usan las fuentes de alimentación internas. DI = high si el interruptor está cerrado.
- ② Cableado si se usan las fuentes de alimentación externas. DI = high si el interruptor está cerrado.
- ③ Cableado si se usan las fuentes de alimentación internas. DI = low si el interruptor está cerrado.
- ④ Cableado si se usan las fuentes de alimentación externas. DI = low si el interruptor está cerrado.

2.1.3 Interfaces de la CU240B-2 y la CU240E-2



- ① Slot para tarjeta de memoria (MMC o SD)
- ② Interfaz para Operator Panel
- ③ Interfaz USB para STARTER
- ④ LED de estado
  - RDY
  - BF
  - SAFE
  - LNK1, nur bei PROFINET
  - LNK2, nur bei PROFINET
- ⑤ Interruptores DIP para la dirección de bus de campo (sin función en PROFINET)
 

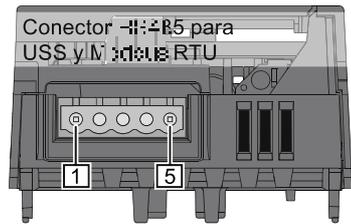
Bit 6 (64)	<input type="checkbox"/>
Bit 5 (32)	<input type="checkbox"/>
Bit 4 (16)	<input type="checkbox"/>
Bit 3 (8)	<input type="checkbox"/>
Bit 2 (4)	<input type="checkbox"/>
Bit 1 (2)	<input type="checkbox"/>
Bit 0 (1)	<input type="checkbox"/>
On	Off

Ejemplo:

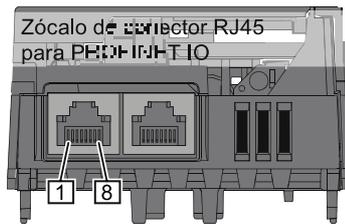
Dirección = 10
- ⑥ Interruptores DIP para entradas analógicas
 

AI 1	<input type="checkbox"/>
AI 0	<input type="checkbox"/>
I	U
- ⑦ Regleta de bornes
- ⑧ Denominación de bornes
- ⑨ En función del bus de campo:  
USS, Modbus: terminación de bus  
PROFIBUS, PROFINET: sin función
 

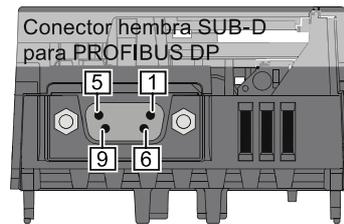
ON	<input type="checkbox"/>
OFF	<input checked="" type="checkbox"/>



- Conector RS485 para USS y Modbus RTU
- Pin
- 1 0 V, potencial de referencia
  - 2 RS485P, recibir y enviar (+)
  - 3 RS485N, recibir y enviar (-)
  - 4 Pantalla de cable
  - 5 No conectado



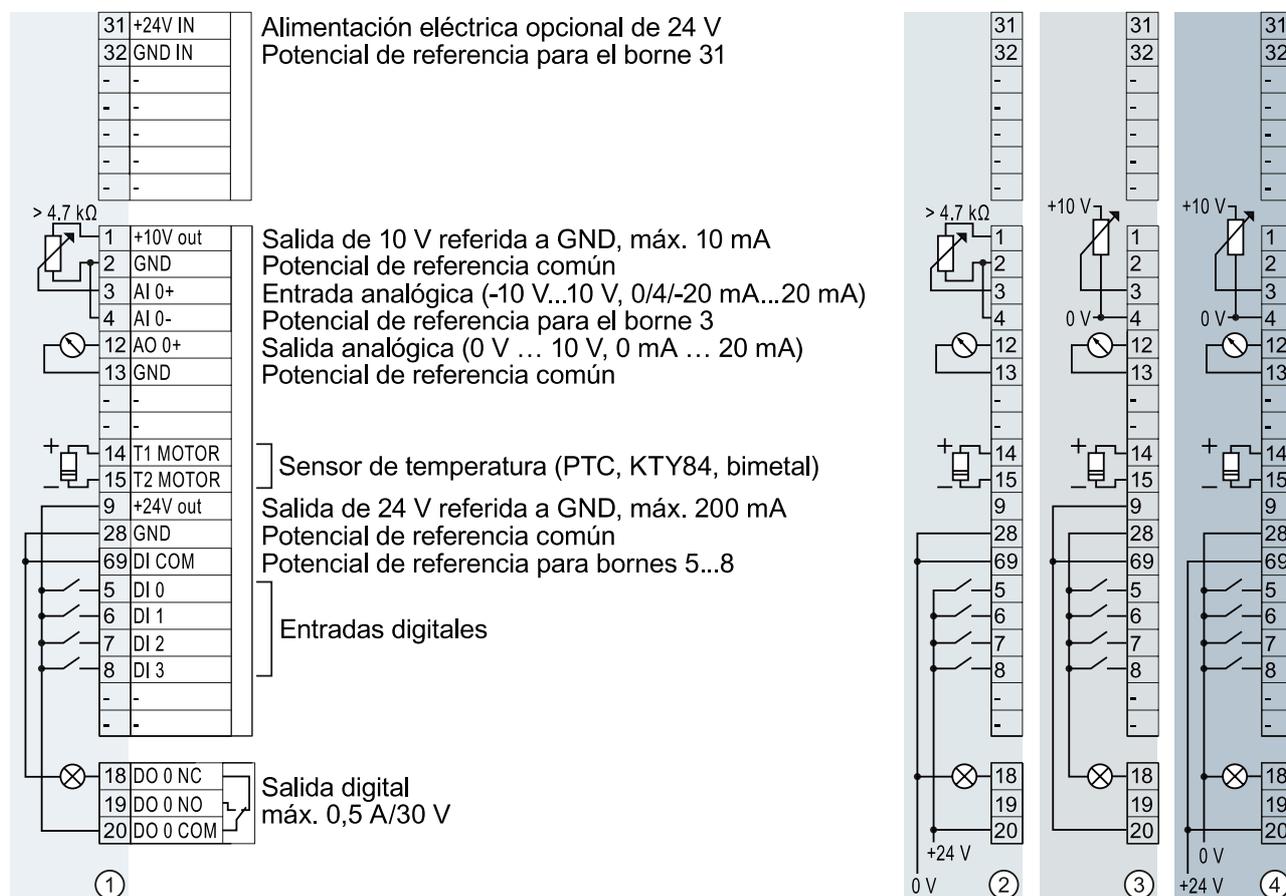
- Zócalo de conector RJ45 para PROFINET IO
- Pin
- 1 RX+, datos recibidos +
  - 2 RX-, datos recibidos -
  - 3 TX+, datos enviados +
  - 4 No ocupado
  - 5 No ocupado
  - 6 TX-, datos enviados -
  - 7 No ocupado
  - 8 No ocupado



- Conector hembra SUB-D para PROFIBUS DP
- Pin
- 1 Pantalla, conexión de puesta a tierra
  - 2 No ocupado
  - 3 RxD/TxD-P, recibir y enviar (B/B')
  - 4 CNTR-P, señal de mando
  - 5 DGND, potencial de referencia para datos (C/C')
  - 6 VP, tensión de alimentación
  - 7 No ocupado
  - 8 RxD/TxD-N, recibir y enviar (A/A')
  - 9 No ocupado

Figura 2-2 Diseño de la Control Unit tomando como ejemplo la CU240E-2

### 2.1.4 Regleta de bornes de las Control Units CU240B-2

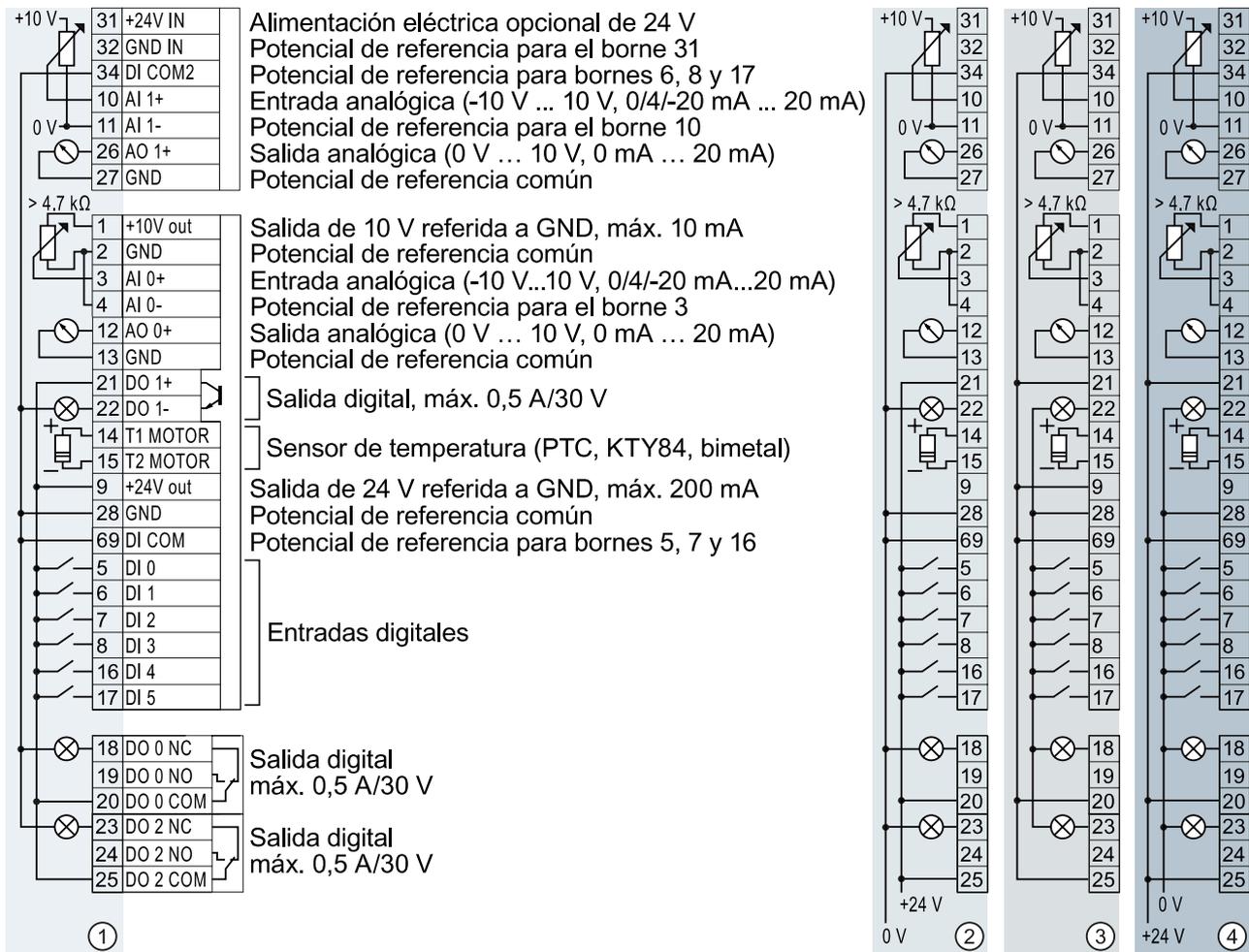


Para la entrada analógica puede usarse la alimentación interna de 10 V o una fuente de alimentación externa.

La entrada analógica puede también conmutarse a entrada digital, para aumentar su número.

- ① Cableado si se usan las fuentes de alimentación internas. DI = high si el interruptor está cerrado.
- ② Cableado si se usan las fuentes de alimentación externas. DI = high si el interruptor está cerrado.
- ③ Cableado si se usan las fuentes de alimentación internas. DI = low si el interruptor está cerrado.
- ④ Cableado si se usan las fuentes de alimentación externas. DI = low si el interruptor está cerrado.

2.1.5 Regleta de bornes de las Control Units CU240E-2



Para la entrada analógica puede usarse la alimentación interna de 10 V o una fuente de alimentación externa. Las entradas analógicas pueden también conmutarse a entradas digitales, para aumentar su número.

- ① Cableado si se usan las fuentes de alimentación internas. DI = high si el interruptor está cerrado.
- ② Cableado si se usan las fuentes de alimentación externas. DI = high si el interruptor está cerrado.
- ③ Cableado si se usan las fuentes de alimentación internas. DI = low si el interruptor está cerrado.
- ④ Cableado si se usan las fuentes de alimentación externas. DI = low si el interruptor está cerrado.

**ATENCIÓN**

**CU240E-2 PN y CU240E-2 PN-F**

La salida +24V-OUT de la fuente, borne 9, dispone de protección electrónica de cortocircuito. En el caso, poco probable, de que aparezca un cortocircuito durante el funcionamiento coincidiendo con condiciones poco favorables como altas temperaturas y alimentación externa de 24 V con la tensión máxima permitida, no es posible excluir defectos en la protección contra cortocircuitos.

## 2.2 Seleccionar asignación de bornes de la interfaz

En el convertidor de frecuencia se dispone de varios ajustes establecidos para las interfaces. Seleccione el ajuste adecuado (macro) y cablee las regletas de bornes de acuerdo con el ajuste seleccionado.

Si ninguno de los ajustes establecidos casa del todo con su aplicación, realice los siguientes pasos:

1. Cablee las regletas de bornes de la forma adecuada para su aplicación.
2. Seleccione el ajuste (macro) que mejor case con su aplicación.
3. Ajuste la macro que haya seleccionado durante la puesta en marcha base.
4. Modifique la función de los bornes no adecuados.

### Macros 1 ... 5 con velocidad fija – CU240E-2

#### Macro 1 Control por dos hilos con dos velocidades fijas

p1003 = Velocidad fija 3  
p1004 = Velocidad fija 4

DI 4 y DI 5 = HIGH:  
El convertidor suma  
velocidad fija 3 + velocidad fija 4

5	DI 0	ON/OFF1 derecha	Fallo	18	DO 0
6	DI 1	ON/OFF1 izquierda		19	
7	DI 2	Confirmar		20	
8	DI 3	---	Alarma	21	DO 1
16	DI 4	Velocidad fija 3		22	
17	DI 5	Velocidad fija 4			
3	AI 0	---	Velocidad de giro	12	AO 0
4			0 V ... 10 V	13	
10	AI 1	---	Corriente	26	AO 1
11			0 V ... 10 V	27	

#### Macro 2 Dos velocidades fijas con función de seguridad

p1001 = Velocidad fija 1  
p1002 = Velocidad fija 2

DI 0 y DI 1 = HIGH:  
El motor gira a  
velocidad fija 1 + velocidad fija 2

5	DI 0	ON/OFF1 + velocidad fija 1	Fallo	18	DO 0
6	DI 1	Velocidad fija 2		19	
7	DI 2	Confirmar		20	
8	DI 3	---	Alarma	21	DO 1
16	DI 4	Reservado para función de seguridad		22	
17	DI 5				
3	AI 0	---	Velocidad de giro	12	AO 0
4			0 V ... 10 V	13	
10	AI 1	---	Corriente	26	AO 1
11			0 V ... 10 V	27	

Debe habilitar la función de seguridad; ver apartado: Habilitar función segura "Safe Torque Off" (STO) (Página 29).

#### Macro 3 Cuatro velocidades fijas

p1001 = Velocidad fija 1  
p1002 = Velocidad fija 2  
p1003 = Velocidad fija 3  
p1004 = Velocidad fija 4

Varias DI = HIGH:  
El convertidor suma las velocidades fijas  
correspondientes

5	DI 0	ON/OFF1 + velocidad fija 1	Fallo	18	DO 0
6	DI 1	Velocidad fija 2		19	
7	DI 2	Confirmar		20	
8	DI 3	---	Alarma	21	DO 1
16	DI 4	Velocidad fija 3		22	
17	DI 5	Velocidad fija 4			
3	AI 0	---	Velocidad de giro	12	AO 0
4			0 V ... 10 V	13	
10	AI 1	---	Corriente	26	AO 1
11			0 V ... 10 V	27	

2.2 Seleccionar asignación de bornes de la interfaz

Macro 4 Bus de campo PROFIBUS DP o PROFINET

5	DI 0	---	Fallo	18	DO 0
6	DI 1	---		19	
7	DI 2	Confirmar		20	
8	DI 3	---	Alarma	21	DO 1
16	DI 4	---		22	
17	DI 5	---			
3	AI 0	---	Velocidad	12	AO 0
4			0 V ... 10 V	13	
10	AI 1	---	Intensidad	26	AO 1
11			0 V ... 10 V	27	

PROFIBUS DP  
PROFINET  
Telegrama 352

Para saber cómo se obtiene el archivo GSD, consulte el apartado: Archivos descriptivos para la configuración del bus de campo (Página 34).

Macro 5 Bus de campo con función de seguridad o PROFINET

5	DI 0	---	Fallo	18	DO 0
6	DI 1	---		19	
7	DI 2	Confirmar		20	
8	DI 3	---	Alarma	21	DO 1
16	DI 4	Reservado para función de seguridad		22	
17	DI 5				
3	AI 0	---	Velocidad	12	AO 0
4			0 V ... 10 V	13	
10	AI 1	---	Intensidad	26	AO 1
11			0 V ... 10 V	27	

PROFIBUS DP  
PROFINET  
Telegrama 352

Debe habilitar la función de seguridad; ver apartado: Habilitar función segura "Safe Torque Off" (STO) (Página 29). Para saber cómo se obtiene el archivo GSD, consulte el apartado: Archivos descriptivos para la configuración del bus de campo (Página 34).

Dos funciones de seguridad – Macro 6 – CU240E-2 F y CU240E-2 DP F

Macro 6 Bus de campo PROFIBUS DP o PROFINET con dos funciones de seguridad

5	DI 0	Reservado para función de seguridad 1	Fallo	18	DO 0
6	DI 1			19	
7	DI 2	---		20	
8	DI 3	Confirmar	Alarma	21	DO 1
16	DI 4	Reservado para función de seguridad 2		22	
17	DI 5				
3	AI 0	---	Velocidad	12	AO 0
4			0 V ... 10 V	13	
10	AI 1	---	Intensidad	26	AO 1
11			0 V ... 10 V	27	

PROFIBUS DP  
PROFINET  
Telegrama 1

Debe habilitar la función de seguridad; ver apartado: Habilitar función segura "Safe Torque Off" (STO) (Página 29). Para saber cómo se obtiene el archivo GSD, consulte el apartado: Archivos descriptivos para la configuración del bus de campo (Página 34).

### Conmutación automática/in situ entre bus de campo y JOG Macro 7 - CU240B-2

Macro 7				DI 3 = LOW	Bus de campo PROFIBUS DP	DI 3 = HIGH				JOG vía DI 0 y DI 1				
5	DI 0	---			Fallo	18	DO 0	5	DI 0	JOG 1		Fallo	18	DO 0
6	DI 1	---				19		6	DI 1	JOG 2			19	
7	DI 2	Confirmar				20		7	DI 2	Confirmar			20	
8	DI 3	LOW						8	DI 3	HIGH				
3	AI 0+	---			Velocidad	12	AO 0+	3	AI 0+	---		Velocidad	12	AO 0+
4					0 V ... 10 V	13		4				0 V ... 10 V	13	
					PROFIBUS DP Telegrama 1							p1058 = JOG 1		
												p1059 = JOG 2		

Para saber cómo se obtiene el archivo GSD, consulte el apartado: Archivos descriptivos para la configuración del bus de campo (Página 34).

### Conmutación automática/in situ entre bus de campo y JOG Macro 7 - CU230P-2 y CU240E-2

Macro 7				DI 3 = LOW	Bus de campo PROFIBUS DP o PROFINET	DI 3 = HIGH				JOG vía DI 0 y DI 1				
5	DI 0	---			Fallo	18	DO 0	5	DI 0	JOG 1		Fallo	18	DO 0
6	DI 1	---				19		6	DI 1	JOG 2			19	
7	DI 2	Confirmar				20		7	DI 2	Confirmar			20	
8	DI 3	LOW			Alarma	21	DO 1	8	DI 3	HIGH		Alarma	21	DO 1
16	DI 4	---				22		16	DI 4	---			22	
17	DI 5	---						17	DI 5	---				
3	AI 0	---			Velocidad	12	AO 0	3	AI 0	---		Velocidad	12	AO 0
4					0 V ... 10 V	13		4				0 V ... 10 V	13	
10	AI 1	---			Intensidad	26	AO 1	10	AI 1	---		Intensidad	26	AO 1
11					0 V ... 10 V	27		11				0 V ... 10 V	27	
					PROFIBUS DP PROFINET Telegramm 1							p1058 = JOG 1		
												p1059 = JOG 2		

Para saber cómo se obtiene el archivo GSD, consulte el apartado: Archivos descriptivos para la configuración del bus de campo (Página 34).

### Potenciómetro motorizado – Macro 9 – CU240B-2

Macro 9				Potenciómetro motorizado (PMot)		
5	DI 0	ON/OFF1		Fallo	18	DO 0
6	DI 1	PMot Subir			19	
7	DI 2	PMot Bajar			20	
8	DI 3	Confirmar				
3	AI 0+	---		Velocidad de giro	12	AO 0+
4				0 V ... 10 V	13	

**Potenciómetro motorizado – Macro 9 – CU230P-2 y CU240E-2**

Macro 9		Potenciómetro motorizado (PMot)			
5	DI 0	ON/OFF1	Fallo	18	DO 0
6	DI 1	PMot Subir		19	
7	DI 2	PMot Bajar		20	
8	DI 3	Confirmar	Alarma	21	DO 1
16	DI 4	---		22	
17	DI 5	---			
3	AI 0	---	Velocidad de giro	12	AO 0
4			0 V ... 10 V	13	
10	AI 1	---	Corriente	26	AO 1
11			0 V ... 10 V	27	

**Potenciómetro motorizado con función de seguridad – Macro 8 – CU240E-2**

Macro 8		Potenciómetro motorizado (PMot) con función de seguridad			
5	DI 0	ON/OFF1	Fallo	18	DO 0
6	DI 1	PMot Subir		19	
7	DI 2	PMot Bajar		20	
8	DI 3	Confirmar	Alarma	21	DO 1
16	DI 4	Reservado para		22	
17	DI 5	función de seguridad			
3	AI 0	---	Velocidad de giro	12	AO 0
4			0 V ... 10 V	13	
10	AI 1	---	Corriente	26	AO 1
11			0 V ... 10 V	27	

Debe habilitar la función de seguridad; ver apartado: Habilitar función segura "Safe Torque Off" (STO) (Página 29).

**Industria de procesos – Macros 14 y 15 – CU230P-2 y CU240E-2**

Macro 14		DI 3 = LOW Bus de campo PROFIBUS DP o PROFINET			
5	DI 0	---	Fallo	18	DO 0
6	DI 1	Fallo externo		19	
7	DI 2	Confirmar		20	
8	DI 3	LOW	Alarma	21	DO 1
16	DI 4	---		22	
17	DI 5	---			
3	AI 0	---	Velocidad	12	AO 0
4			0 V ... 10 V	13	
10	AI 1	---	Intensidad	26	AO 1
11			0 V ... 10 V	27	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">                     PROFIBUS DP                      PROFINET                      Telegrama 20                 </div>					
		DI 3 = HIGH Potenciómetro motorizado (PMot)			
5	DI 0	ON/OFF1	Fallo	18	DO 0
6	DI 1	Fallo externo		19	
7	DI 2	Confirmar		20	
8	DI 3	HIGH	Alarma	21	DO 1
16	DI 4	PMot Subir		22	
17	DI 5	PMot Bajar			
3	AI 0	---	Velocidad	12	AO 0
4			0 V ... 10 V	13	
10	AI 1	---	Intensidad	26	AO 1
11			0 V ... 10 V	27	

Para saber cómo se obtiene el archivo GSD, consulte el apartado: Archivos descriptivos para la configuración del bus de campo (Página 34).

2.2 Seleccionar asignación de bornes de la interfaz

Macro 15				DI 3 = LOW Consigna analógica			
5	DI 0	ON/OFF1	Fallo	18	DO 0		
6	DI 1	Fallo externo		19			
7	DI 2	Confirmar		20			
8	DI 3	LOW	Alarma	21	DO 1		
16	DI 4	---		22			
17	DI 5	---					
3	AI 0	Consigna	Velocidad de giro	12	AO 0		
4		I <input type="checkbox"/> U -10 V ... 10 V	0 V ... 10 V	13			
10	AI 1	---	Corriente	26	AO 1		
11			0 V ... 10 V	27			

DI 3 = HIGH Potenciómetro motorizado (PMot)							
5	DI 0	ON/OFF1	Fallo	18	DO 0		
6	DI 1	Fallo externo		19			
7	DI 2	Confirmar		20			
8	DI 3	HIGH	Alarma	21	DO 1		
16	DI 4	PMot Subir		22			
17	DI 5	PMot Bajar					
3	AI 0	---	Velocidad de giro	12	AO 0		
4			0 V ... 10 V	13			
10	AI 1	---	Corriente	26	AO 1		
11			0 V ... 10 V	27			

Control por dos o tres hilos – Macros 12, 17, 18, 19, 20 – CU240B-2

	Macro 12	Macro 17	Macro 18
Control por dos hilos	Método 1	Método 2	Método 3
Orden de mando 1	ON/OFF1	ON/OFF1 derecha	ON/OFF1 derecha
Orden de mando 2	Invertir sentido	ON/OFF1 izquierda	ON/OFF1 izquierda

5	DI 0	Orden de mando 1	Fallo	18	DO 0		
6	DI 1	Orden de mando 2		19			
7	DI 2	Confirmar		20			
8	DI 3	---					
3	AI 0+	Consigna	Velocidad de giro	12	AO 0+		
4		I <input type="checkbox"/> U -10 V ... 10 V	0 V ... 10 V	13			

	Macro 19	Macro 20
Control por tres hilos	Método 1	Método 2
Orden de mando 1	Habilitación/OFF1	Habilitación/OFF1
Orden de mando 2	ON derecha	ON
Orden de mando 3	ON izquierda	Invertir sentido

5	DI 0	Orden de mando 1	Fallo	18	DO 0		
6	DI 1	Orden de mando 2		19			
7	DI 2	Orden de mando 3		20			
8	DI 3	Confirmar					
3	AI 0+	Consigna	Velocidad de giro	12	AO 0+		
4		I <input type="checkbox"/> U -10 V ... 10 V	0 V ... 10 V	13			

Control por dos o tres hilos – Macros 12, 17, 18, 19, 20 – CU230P-2 y CU240E-2

	Macro 12	Macro 17	Macro 18
Control por dos hilos	Método 1	Método 2	Método 3
Orden de mando 1	ON/OFF1	ON/OFF1 derecha	ON/OFF1 derecha
Orden de mando 2	Invertir sentido	ON/OFF1 izquierda	ON/OFF1 izquierda

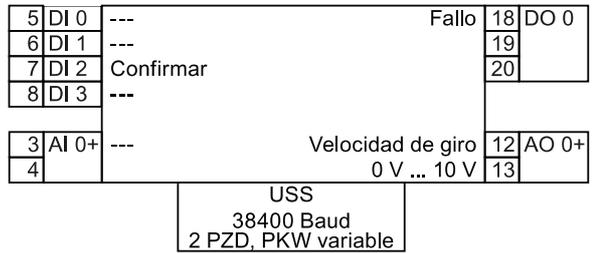
5	DI 0	Orden de mando 1	Fallo	18	DO 0		
6	DI 1	Orden de mando 2		19			
7	DI 2	Confirmar		20			
8	DI 3	---	Alarma	21	DO 1		
16	DI 4	---		22			
17	DI 5	---					
3	AI 0	Consigna	Velocidad de giro	12	AO 0		
4		I <input type="checkbox"/> U -10 V ... 10 V	0 V ... 10 V	13			
10	AI 1	---	Corriente	26	AO 1		
11			0 V ... 10 V	27			

	Macro 19	Macro 20
Control por tres hilos	Método 1	Método 2
Orden de mando 1	Habilitación/OFF1	Habilitación/OFF1
Orden de mando 2	ON derecha	ON
Orden de mando 3	ON izquierda	Invertir sentido

5	DI 0	Orden de mando 1	Fallo	18	DO 0		
6	DI 1	Orden de mando 2		19			
7	DI 2	Orden de mando 3		20			
8	DI 3	Confirmar	Alarma	21	DO 1		
16	DI 4	---		22			
17	DI 5	---					
3	AI 0	Consigna	Velocidad de giro	12	AO 0		
4		I <input type="checkbox"/> U -10 V ... 10 V	0 V ... 10 V	13			
10	AI 1	---	Corriente	26	AO 1		
11			0 V ... 10 V	27			

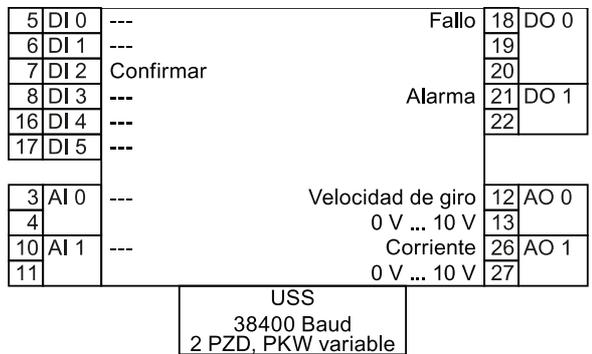
**Comunicación vía USS – Macro 21 – CU240B-2**

<b>Macro 21</b>	<b>Bus de campo USS</b>
p2020 = Velocidad de transferencia	
p2022 = Cantidad PZD	
p2023 = Cantidad PKW	



**Comunicación vía USS – Macro 21 – CU230P-2 HVAC y CU240E-2**

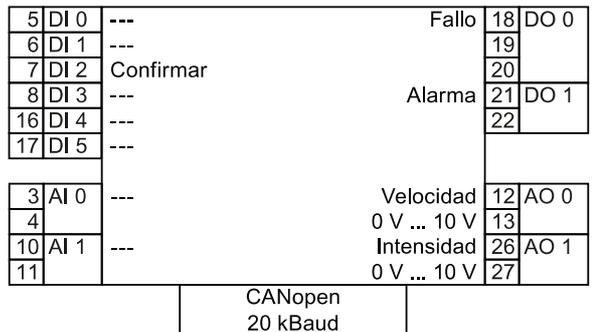
<b>Macro 21</b>	<b>Bus de campo USS</b>
p2020 = Velocidad de transferencia	
p2022 = Cantidad PZD	
p2023 = Cantidad PKW	



Para más información sobre el bus de campo USS, consulte las instrucciones de servicio.

**Comunicación vía CAN – Macro 22 – CU230P-2 CAN**

<b>Macro 22</b>	<b>Bus de campo CANopen</b>
p8622 = Velocidad de transmisión	



Para más información sobre el bus de campo CANopen, consulte las instrucciones de servicio.

## Puesta en marcha

La puesta en marcha se realiza con el IOP mediante uno de los "asistentes de puesta marcha básica (Página 13)". Si el IOP no contiene el software de convertidor actual, aparece la advertencia "Requiere actualizar". Los datos necesarios se encuentran en la página web "<http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/43896115> (<http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/43896115>)".

En la puesta en marcha básica se selecciona el tipo de regulación del motor, se introducen los datos del motor y se establece la preasignación de las interfaces del convertidor. El cableado correspondiente se encuentra en el apartado "Seleccionar asignación de bornes de la interfaz (Página 21)".

SIEMENS		H		EFF1		CE			
D-91056 Erlangen		3-Mot. 1LE10011AC434AA0		E0807/0496382_02 003					
IEC/EN 60034 100L		IMB3		IP55					
25 kg		Th.Cl. 155(F)		-20°C		Tamb 40°C			
DE		Bearing 3206-2ZC3		UNIREX-N3		15g Intervall: 4000hrs			
NE		3206-2ZC3				11g			
60Hz:		SF 1.15 CONI		NEMA MG1-12		IEFC Design A 2.0 HP			
V	Hz	A	kW	PF	NOM.EFF	rpm	V	A	CL
400	Δ 50	3.5	1.5	0.73	84.5%	970	380 - 420	3.55-3.55	
690	Y 50	2.05	1.5	0.73	84.5%	970	660 - 725	2.05-2.05	
460	Δ 60	3.15	1.5	0.69	86.5%	1175			K

- ① Tensión del motor (p0304)
- ② Frecuencia del motor (P0310)
- ③ Corriente del motor (P0305)
- ④ Potencia del motor (P0307)
- ⑤ Factor de potencia del motor (P0308)
- ⑥ Velocidad nominal del motor (P0311)

### Resumen de la puesta en marcha

- El primer paso de la puesta en marcha con asistente es RESTABLECER la configuración de fábrica. De esta forma se asegura que el convertidor se encuentre en un ajuste básico definido.

Tras la puesta en marcha básica, el asistente que haya elegido le guiará por los ajustes específicos de la aplicación.

- Antes de que el convertidor acepte los datos de puesta en marcha, debe comprobarlos y confirmarlos. Para ello elija el penúltimo punto de menú, RESUMEN DE AJUSTES. Desplácese en esta pantalla hasta el punto SIGUIENTE y confirme con OK.
- Como último paso aparece la consulta ¿GUARDAR o CANCELAR EL ASISTENTE? Seleccione GUARDAR. Con esto finaliza la puesta en marcha con asistente.
- A continuación puede volver a modificar los ajustes del convertidor (apartado "Resumen de los parámetros más importantes (Página 30)").
- Al terminar la puesta en marcha debe guardar los ajustes del convertidor, p. ej., en el IOP para que no se pierdan en caso de que falle el convertidor (apartado "Copia de seguridad en tarjeta de memoria (Página 34)").

### 3.1 Ajustes del menú Puesta marcha básica

#### Inicie el menú: ASISTENTE/PUESTA EN MARCHA BÁSICA

El asistente "Puesta marcha básica" le guiará por los siguientes pasos de la puesta en marcha:

N.º	Pantalla de entrada del IOP	Ajuste seleccionado en el IOP	Parámetro
01/21	Restablecer la configuración de fábrica	[1] Sí	P0970 = ...
02/21	Tipo de regulación	[0] U/f con característica lineal	P1300 = ...
03/21	Tipo de encóder	[0] No activado	P0400 = ...
04/21	Impulsos de encóder	Tipo de encóder no activado P0408 se setea por defecto	Confirmar con OK
05/21	Datos del motor	[0] Europa 50 Hz, kW	P0100 = ...
06/21	Característica	50 Hz/87 Hz	Seleccionar la característica
07/21	Conexiones del motor	Tener en cuenta el tipo de conexión del motor (estrella/triángulo)	Confirmar con OK
08/21	Datos del motor	Introducir datos del motor para 50 Hz (ver 06/23)	Confirmar con OK
09/21	Potencia nominal	Introducir [kW] (o [hp]) según placa de características de motor	P0307 =
10/21	Velocidad del motor	Introducir [1/min] según placa de características de motor	P0311 =
11/21	Corriente motor	Introducir [A] según placa de características de motor	P0305 =
12/21	Tensión del motor	Introducir [V] según placa de características de motor	P0304 =
13/21	ID de datos del motor	[1] Medición estacionaria y en giro <sup>1)</sup> Cuando el motor no puede girar libremente, p. ej. en recorridos de desplazamiento limitados mecánicamente, seleccione el ajuste [2] "MotID solo estacionario".	P1900 = ...
14/21	Configuración de E/S	Elija un ajuste predefinido, ver apartado: Seleccionar asignación de bornes de la interfaz (Página 21)	P0015 = ...
15/21	Velocidad mínima	Introducir velocidad de giro mínima [1/min] a partir de la cual debe funcionar el motor.	P1080 = ...
16/21	Arranque	Tiempo [s] en el que el motor debe acelerar desde velocidad cero hasta la máxima (P1082).	P1120 = ...
17/21	Deceleración	Tiempo [s] en el que el motor debe frenar desde la velocidad máxima (P1082) hasta la velocidad cero.	P1121 = ...
18/21	Resumen de ajustes	Comprobar lista + <b>marcar &lt; Siguiente &gt;</b> + OK	P3900 = ...
19/21	Almacenamiento de los ajustes	Guardar	Confirmar con OK
20/21	Guardando, espere un momento	...	Confirmar con OK
21/21	ID de datos del motor	En la próxima orden CON se inicia una ID de datos del motor.	Confirmar con OK

1) Si el asistente del IOP no ofrece este ajuste, asigne el valor 1 al parámetro p1900 a través del menú de parámetros una vez finalizada la puesta en marcha básica.

**Identificar los datos del motor**

Hasta que el convertidor no identifique los datos del motor, aparecerá la alarma A07791. Para identificar los datos del motor, debe encender el motor (p. ej. mediante el IOP). Una vez concluida la identificación de los datos del motor, el convertidor desconecta el motor.

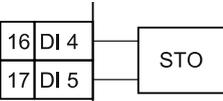
** PRECAUCIÓN****Identificación de datos del motor con cargas peligrosas**

Antes de proceder a la identificación de los datos del motor, proteja las partes peligrosas de la instalación, p. ej. cerrando el paso a la zona de peligro o bajando al suelo cualquier carga suspendida.

**3.2 Habilitar función segura "Safe Torque Off" (STO)**

En el presente manual se describe la puesta en marcha de la función de seguridad STO en caso de control a través de una entrada digital de seguridad.

En el manual de funciones Safety Integrated encontrará una descripción detallada de todas las funciones de seguridad y del control a través de PROFIsafe.

Bornes		Ajuste los siguientes parámetros para habilitar la función STO:	
Entrada digital de seguridad		p0010 = 95	Ponga en marcha las funciones de seguridad
		p9761 = ...	Introduzca la contraseña de la función de seguridad (ajuste de fábrica = 0).
		p9762 = ...	Introduzca una nueva contraseña si es necesario (0 ... FFFF FFFF)
		p9763 = ...	Confirme la nueva contraseña
		p9601.0 = 1	STO se selecciona mediante la regleta de bornes.
		p9659 = ...	Ajuste el temporizador para la dinamización forzada. Para cumplir los requisitos de las normas ISO 13849-1 e IEC 61508 sobre la detección a tiempo de fallos, el convertidor debe comprobar periódicamente el buen funcionamiento de los circuitos relevantes para la seguridad.
		p9700 = D0	Copie los parámetros de seguridad
		p9701 = DC	Confirme los parámetros de seguridad
		p0010 = 0	Termine la puesta en marcha de las funciones de seguridad

### 3.3 Resumen de los parámetros más importantes

Tabla 3- 1 Establecer las interfaces del convertidor

Parámetro	Ajustes posibles
p0015	<b>Macro unidad de accto.</b> Establecer la preasignación de las entradas y salidas mediante una de las macros de la 1 a la 22Auto-Hotspot.

Tabla 3- 2 Seleccionar protocolo de bus de campo

Parámetro	Ajustes posibles (selecciones disponibles en función del tipo de CU)
p2030	0: Sin protocolo (esto significa: control mediante entradas digitales/bornes de conexión) 1: USS 2: Modbus 3: PROFIBUS DP 4: CAN 5: BACnet 7: PROFINET 8: P1

Tabla 3- 3 Ajustar generador de rampas

Parámetro	Significado
p1080	Velocidad de giro mínima [1/min]
p1082	Velocidad de giro máxima [1/min]
p1120	Tiempo de aceleración del motor tras la conexión en [s]
p1121	Tiempo de deceleración del motor tras la desconexión en [s]

Tabla 3- 4 Ajustar tipo de regulación

Parámetro	Ajustes posibles
p1300	<b>Ajuste del tipo de control y regulación de un accionamiento</b> 0: Control U/f con característica lineal 1: Característica lineal U/f con Flux Current Control (FCC) 2: Control U/f con característica lineal cuadrática 3: Característica lineal U/f ajustable 4: Característica lineal U/f lineal con ECO 5: Característica lineal U/f para aplicaciones de frecuencia exacta en el sector textil 6: Característica lineal U/f con FCC para aplicaciones de frecuencia exacta en el sector textil 7: Característica lineal U/f cuadrática con ECO 19: Control U/f sin característica lineal 20: Regulación vectorial sin encóder 22: Regulación de par sin encóder

Tabla 3- 5 Datos del motor según placa de características

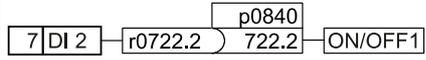
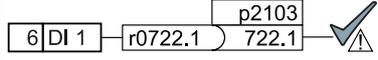
Parámetro	Ajustes posibles
p0100	<b>Motor IEC/NEMA</b> 0: Europa 50 [Hz]
p0300	<b>Selección tipo de motor</b> 0: Sin motor 1: Motor asíncrono 2: Motor síncrono
p0304	Tensión del motor en [V]
p0305	Corriente motor en [A]
p0307	Potencia del motor en [kW] o [hp]
p0310	Frecuencia del motor en [Hz]:
p0311	Velocidad del motor en [1/min]
p0625	Temperatura ambiente del motor en [°C]
p0640	Límite de intensidad del motor en [A]

### Cambio de función de un borne

Tabla 3- 6 Entradas digitales

Parámetro	Bornes CU240B-2	Bornes CU240E-2	Bornes CU230P-2	Señal	Fuentes de mando de funciones importantes
p0722.0	5 / 69	5 / 69	5 / 69	DI 0	p0840 - CON/DES (DES1) p2103 - Confirmar fallos p1055/p1056 - Jog p1035/p1036 - Potenciómetro motorizado p1020 ... p1023 - Consigna fija de velocidad p1230 - Activar frenado por corriente continua p2200 - Habilitar regulador tecnológico
p0722.1	6 / 69	6 / 69	6 / 69	DI 1	
p0722.2	7 / 69	7 / 69	7 / 69	DI 2	
p0722.3	8 / 69	8 / 34	8 / 69	DI 3	
p0722.4	-	9 / 34	9 / 69	DI 4	
p0722.5	-	10 / 34	10 / 69	DI 5	

Tabla 3- 7 Cambio de función de una entrada digital

Cambiar función	Ejemplos
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccione la función deseada marcada mediante un parámetro "BI".</li> <li>2. Ajuste este parámetro con el valor del parámetro de estado r0722.x de la entrada digital deseada.</li> </ol>	<p><i>Función:</i> Conectar el motor a través de DI 2. <i>Ajuste:</i> p0840 = 722.2</p>  <p><i>Función:</i> Confirmar el fallo a través de DI 1. <i>Ajuste:</i> p3981 = 722.1</p> 

3.3 Resumen de los parámetros más importantes

Tabla 3- 8 Salidas digitales (salidas de relé)

Parámetro	Bornes CU240B-2	Bornes CU240E-2	Bornes CU230P-2	Señal	Señales de estado importantes
p0730	18 / 19 / 20	18 / 19 / 20	18 / 19 / 20	DO 0	r52.2 - Servicio habilitado (motor en marcha) r52.3 - Fallo activo r52.7 - Alarma activa
p0731	-	21 / 22	21 / 22	DO 1	
p0732	-	23 / 24 / 25	23 / 24 / 25	DO 2	

Tabla 3- 9 Cambio de función de una salida digital

Cambiar función	Ejemplo
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccione la función deseada marcada mediante un parámetro "BO".</li> <li>2. Ajuste el parámetro p073x de la salida digital deseada con el valor del parámetro "BO".</li> </ol>	<p><i>Función:</i> Señal "Error" en DO 1. <i>Ajuste:</i> p0731 = 52.3</p>

Tabla 3- 10 Entradas analógicas y sensores de temperatura

Parámetro	Bornes CU240B-2	Bornes CU240E-2	Bornes CU230P-2	Señal	Ajustes posibles
p0756[0]	3 / 4	3 / 4	3 / 4	AI 0	0: Salida de tensión unipolar (0 V ...+10 V) 1: Entrada de tensión unipolar vigilada (+2 V ...+10 V) 2: Entrada de intensidad unipolar (0 mA ...+20 mA) 3: Entrada de intensidad unipolar vigilada (+4 mA ...+20 mA) 4: Entrada de tensión bipolar (-10 V ...+10 V) 6: Sensor de temperatura Ni1000 (-50 ... +150 °C) 7: Sensor de temperatura PT1000 (-50 ...+250 °C) 8: No hay ningún sensor conectado.
p0756[1]	-	10 / 11	10 / 11	AI 1	
p0756[2]	-	-	50 / 51	AI 2	
p0756 [3]	-	-	52 / 53	AI 3	
p0755 [0...3]	Entradas analógicas, valor actual porcentual				

Tabla 3- 11 Cambio de función de una entrada analógica

Cambiar función	Ejemplos
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccione la función deseada marcada mediante un parámetro "CI".</li> <li>2. Ajuste este parámetro con el valor del parámetro de estado r0755.x de la entrada analógica.</li> </ol>	<p><i>Función:</i> AI 0 proporciona la consigna para el regulador PID. <i>Ajuste:</i> p2253 = 55[0]</p>
Utilice el parámetro p0756[0] y el interruptor I/U de la parte frontal del convertidor de frecuencia para configurar la entrada analógica como entrada de tensión o de corriente.	

Tabla 3- 12 Salidas analógicas

Parámetro	Bornes CU240B-2	Bornes CU240E-2	Bornes CU230P-2	Señal	Ajuste
p0771[0]	12 / 13	12 / 13	12 / 13	AO 0	Señales de estado importantes: 0: Salida analógica bloqueada 21: Velocidad real 24: Frecuencia de salida filtrada 25: Tensión de salida filtrada 26: Tensión de circuito intermedio filtrada 27: Intensidad real (valor absoluto filtrado)
p0771[1]	-	26 / 27	26 / 27	AO 1	
p0776[0, 1]	Tipo de salidas analógicas				0: Salida de intensidad (0 mA ... +20 mA) 1: Salida de tensión (0 V ... +10 V) 2: Salida de intensidad (+4 mA... +20 mA)

Tabla 3- 13 Cambio de función de una salida analógica

Cambiar función	Ejemplos
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleccione la función deseada marcada mediante un parámetro "CO".</li> <li>2. Ajuste el parámetro p0771 de la salida analógica con el valor del parámetro "CO".</li> </ol>	<p><i>Función:</i> Señal "Intensidad" en AO 0. <i>Ajuste:</i> p0771 = 27</p>
Utilice el parámetro p0776[0] para configurar la entrada analógica como entrada de tensión o de intensidad.	

Tabla 3- 14 Interfaz para sensor de temperatura del motor

Parámetro	Borne	Abreviatura	Ajuste posible
p0601	14	T1 Motor (+)	0: Ningún sensor (ajuste de fábrica) 1: Termistor PTC (→ P0604) 2: KTY84 (→ P0604) 4: Sensor ThermoClick
	15	T2 Motor (-)	
p0604	Temperatura en motor Umbral de alarma		

### 3.4 Copia de seguridad en tarjeta de memoria

Para guardar los ajustes del convertidor necesita una tarjeta de memoria vacía. Proceda del siguiente modo.

- Desconecte la tensión de alimentación del convertidor
- Espere a que el convertidor se quede sin tensión y no haya ningún LED encendido en la Control Unit.
- Introduzca la tarjeta de memoria vacía en la ranura de la Control Unit.
- Acto seguido vuelva a conectar la alimentación del convertidor.

Tras conectar la alimentación, el convertidor copia sus ajustes en la tarjeta de memoria.

---

**Nota**

Si la tarjeta de memoria ya contiene ajustes de otro convertidor, el convertidor no escribirá sus ajustes en la tarjeta de memoria, sino que adoptará los ajustes que haya guardados en ella.

---

### 3.5 Archivos descriptivos para la configuración del bus de campo

Fichero de descripción	Nota	Descarga	Alternativa
<b>GSD para PROFIBUS</b>	En el archivo de datos del dispositivo (General Station Description, GSD) se almacenan las características del convertidor en una red PROFIBUS.	Internet: ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/22339653/133100">http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/22339653/133100</a> )	El GSD está almacenado en el convertidor. El convertidor escribe su GSD en la tarjeta de memoria si se introduce en él dicha tarjeta y fija el p0804 en 12. Luego puede usar la tarjeta de memoria para transferir el GSD a su programadora o PC.
<b>GSDML para PROFINET</b>	En el archivo de datos del dispositivo (GSDML) se almacenan las características del convertidor en una red PROFINET.	Internet: ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/26641490">http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/26641490</a> )	El GSDML está almacenado en el convertidor. El convertidor escribe su GSDML en la tarjeta de memoria si se inserta en el convertidor y se ajusta p0804 a 12. A continuación se puede usar la tarjeta de memoria para transferir el GSDML a la programadora o al PC.
<b>EDS para CANopen</b>	El archivo EDS para CAN es necesario para utilizar el convertidor como nodo en un bus CAN e iniciar sesión con el dispositivo en la herramienta de configuración.	Internet: ( <a href="http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/48351511">http://support.automation.siemens.com/WW/view/es/48351511</a> )	---

# Índice alfabético

## C

Carga, 9

## D

Datos del motor, 27

Descarga, 9

## E

EDS (hoja de datos electrónica), 34

entrada analógica, 17, 19, 20

Entrada digital, 17, 19, 20

## F

Frame size (tamaño), 12

FS (frame size), 12

## G

GSD (Generic Station Description), 34

GSDML (Generic Station Description), 34

## I

Interfaces, 18

Interfaces de bus de campo, 18

Interfaces de usuario, 18

## O

Operator Panel

BOP-2, 9

dispositivo portátil, 9

IOP, 9

Mounting Kit IP54, 9

## P

Power Module, 12

Puesta en marcha, 28

Puesta en marcha en serie, 9

## R

Regleta de bornes

resumen, 20

## S

Salida analógica, 17, 19, 20

Salida digital, 17, 19, 20

Sensor de temperatura, 17, 19, 20

Sensor de temperatura del motor, 17, 19, 20

STARTER

descargar, 9

Descargar, 9

## T

Tamaños (frame sizes), 12

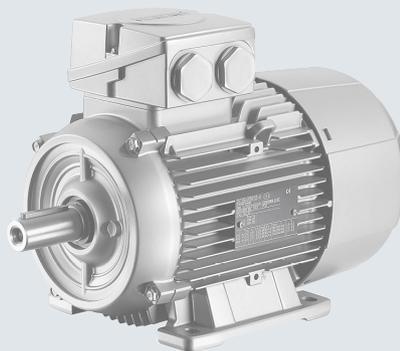
Terminación de bus, 18

Siemens AG  
Industry Sector  
Drive Technologies  
Motion Control Systems  
Postfach 3180  
91050 ERLANGEN  
ALEMANIA

[www.siemens.com/sinamics-g120](http://www.siemens.com/sinamics-g120)

Salvo modificaciones técnicas.  
© Siemens AG 2012

# SIEMENS



Instrucciones de servicio

# SINAMICS

## SINAMICS G120

Convertidores de baja tensión  
Modelos incorporable con Control Units CU240B-2  
y CU240E-2

Edición

09/2017

[www.siemens.com/drives](http://www.siemens.com/drives)

## 6.5 Control de accionamientos vía PROFIBUS o PROFINET

### 6.5.1 Datos recibidos y datos enviados

#### Intercambio de datos cíclico



El convertidor recibe datos desde el controlador superior de manera cíclica y devuelve datos al controlador de manera cíclica.

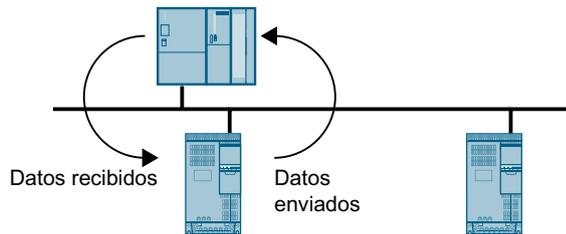


Figura 6-11 Intercambio de datos cíclico

El convertidor y el controlador empaquetan sus datos en telegramas.

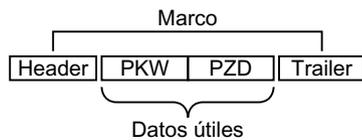


Figura 6-12 Estructura del telegrama

Cada telegrama de intercambio de datos cíclico tiene la siguiente estructura básica:

- El encabezado (header) y la cola (trailer) forman el marco del protocolo.
- Dentro del marco se encuentran los datos útiles:
  - PKW: Los "datos PKW" permiten al controlador leer o modificar cualquiera de los parámetros del convertidor. El "área PKW" no está presente en todos los telegramas.
  - PZD: Los "datos PZD" permiten al convertidor recibir órdenes de mando y consignas del controlador superior o enviar avisos de estado y valores reales.

#### PROFIdrive y números de telegrama

En el perfil PROFIdrive hay determinados telegramas definidos para aplicaciones típicas y provistos de un número de telegrama PROFIdrive fijo. Así, cada número de telegrama PROFIdrive equivale a una combinación definida de señales. De este modo, un número de telegrama describe el intercambio de datos cíclico de manera unívoca.

Los telegramas son idénticos para PROFIBUS y PROFINET.

## 6.5.2 Telegramas

### Telegramas disponibles

A continuación se describen los datos útiles de los telegramas disponibles.

Telegrama 1

PZD01	PZD02	
STW1	NSOLL_A	
ZSW1	NIST_A	

Consigna de velocidad de 16 bits

Telegrama 20

PZD01	PZD02	PZD03	PZD04	PZD05	PZD06
STW1	NSOLL_A				
ZSW1	NIST_A GLATT	IAIST_ GLATT	MIST_ GLATT	PIST_ GLATT	MELD_ NAMUR

Consigna de velocidad de 16 bits para VIK-NAMUR

Telegrama 350

PZD01	PZD02	PZD03	PZD04
STW1	NSOLL_A	M_LIM	STW3
ZSW1	NIST_A GLATT	IAIST_ GLATT	ZSW3

Consigna de velocidad de 16 bits con limitación de par

Telegrama 352

PZD01	PZD02	PZD03	PZD04	PZD05	PZD06
STW1	NSOLL_A	Datos de proceso para PCS 7			
ZSW1	NIST_A GLATT	IAIST_ GLATT	MIST_ GLATT	WARN_ CODE	FAULT_ CODE

Consigna de velocidad de 16 bits para PCS 7

Telegrama 353

	PZD01	PZD02
PKW	STW1	NSOLL_A
	ZSW1	NIST_A GLATT

Consigna de velocidad de 16 bits con lectura y escritura de parámetros

Telegrama 354

	PZD01	PZD02	PZD03	PZD04	PZD05	PZD06
PKW	STW1	NSOLL_A	Datos de proceso para PCS 7			
	ZSW1	NIST_A GLATT	IAIST_ GLATT	MIST_ GLATT	WARN_ CODE	FAULT_ CODE

Consigna de velocidad de 16 bits para PCS 7 con lectura y escritura de parámetros

Telegrama 999

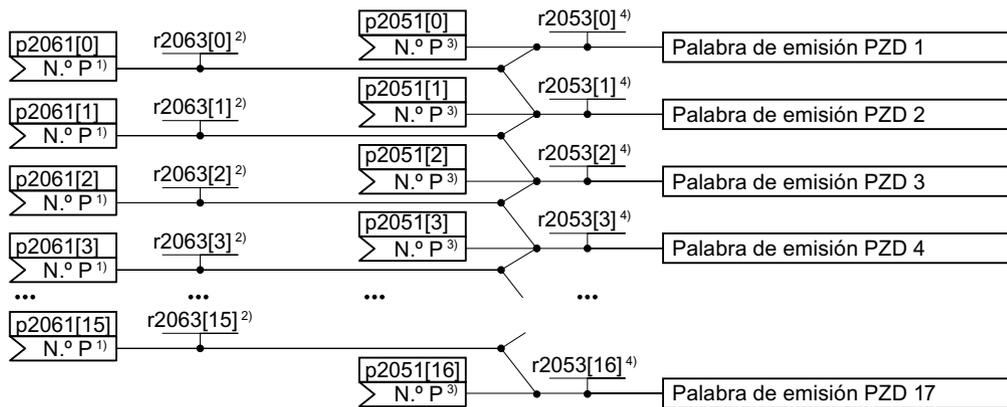
PZD01	PZD02	PZD03	PZD04	PZD05	PZD06	PZD07	PZD08	PZD09	PZD10	PZD11	PZD12	PZD13 ... PZD17
STW1	Longitud de telegrama para los datos recibidos											
ZSW1	Longitud de telegrama para los datos enviados											

Longitud e interconexión libre

Tabla 6-23 Significado de las abreviaturas

Abreviatura	Explicación	Abreviatura	Explicación
PZD	Dato de proceso	PKW	Canal de parámetros
STW	Palabra de mando	MIST_GLATT	Par real filtrado
ZSW	Palabra de estado	PIST_GLATT	Potencia activa real filtrada
NSOLL_A	Consigna de velocidad	M_LIM	Límite de par
NIST_A	Velocidad real	FAULT_CODE	Código de fallo
NIST_A_GLATT	Velocidad real filtrada	WARN_CODE	Código de alarma
IAIST_GLATT	Intensidad real filtrada	MELD_NAMUR	Aviso según definición VIK-NAMUR

### Interconexión de datos de proceso



<sup>1)</sup> Número de parámetro palabra de emisión, palabra doble    <sup>3)</sup> Número de parámetro palabra de emisión, palabra  
<sup>2)</sup> Valor palabra de emisión, palabra doble    <sup>4)</sup> Valor palabra de emisión, palabra

Figura 6-13 Interconexión de los datos enviados

En el convertidor, los datos enviados se encuentran en el formato "palabra" (p2051) y en el formato "palabra doble" (p2061). Cuando se ajusta o se modifica un determinado telegrama, el convertidor interconecta automáticamente los parámetros p2051 y p2061 con las señales correspondientes.

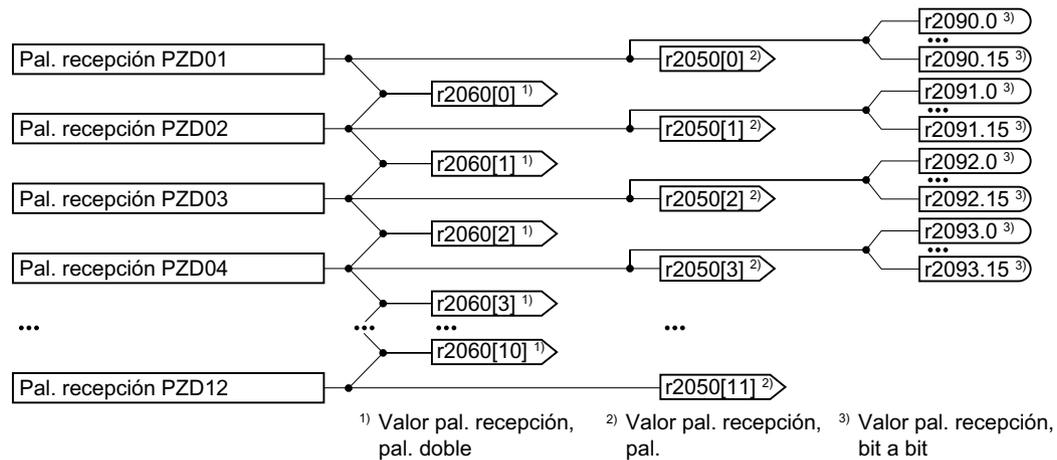


Figura 6-14 Interconexión de los datos recibidos

El convertidor almacena los datos recibidos en el formato "palabra" (r2050), en el formato "palabra doble" (r2060) y bit a bit (r2090...r2093). Cuando se ajusta o se modifica un determinado telegrama, el convertidor interconecta automáticamente los parámetros r2050, r2060 y r2090...r2093 con las señales correspondientes.

Si se desea modificar un telegrama predefinido, deben interconectarse los propios datos enviados y recibidos con las señales correspondientes. Para poder realizar la interconexión manual de los datos enviados y recibidos, es necesario modificar en primer lugar los parámetros p0922 y p2079.

Ampliación de telegramas y modificación de la interconexión de señales (Página 220)

Encontrará más detalles sobre la interconexión libre de los datos de proceso en los esquemas de funciones 2420 y 2472 del manual de listas.

Vista general de los manuales (Página 544)

### 6.5.3 Palabra de mando y de estado 1

#### Palabra de mando 1 (STW1)

Bit	Significado		Explicación	Interconexión de señales en el convertidor
	Telegrama 20	Resto de telegramas		
0	0 = DES1		El motor frena con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa. El convertidor desconecta el motor durante la parada.	p0840[0] = r2090.0
	0 → 1 = CON		El convertidor pasa al estado "Listo para el servicio". Si además el bit 3 = 1, el convertidor conecta el motor.	
1	0 = DES2		Desconectar inmediatamente el motor; a continuación se produce parada natural.	p0844[0] = r2090.1
	1 = Sin DES2		Se puede conectar el motor (orden CON).	

6.5 Control de accionamientos vía PROFIBUS o PROFINET

Bit	Significado		Explicación	Interconexión de señales en el convertidor
	Telegrama 20	Resto de telegramas		
2	0 = Parada rápida (DES3)		Parada rápida: el motor frena hasta la parada con el tiempo de deceleración DES3 p1135.	p0848[0] = r2090.2
	1 = Sin parada rápida (DES3)		Se puede conectar el motor (orden CON).	
3	0 = Bloquear servicio		Desconectar inmediatamente el motor (suprimir impulsos).	p0852[0] = r2090.3
	1 = Habilitar servicio		Conectar el motor (habilitación de impulsos posible).	
4	0 = Bloquear GdR		El convertidor ajusta inmediatamente a 0 su salida del generador de rampa.	p1140[0] = r2090.4
	1 = No bloquear GdR		Es posible la habilitación del generador de rampa.	
5	0 = Detener GdR		La salida del generador de rampa permanece en el valor actual.	p1141[0] = r2090.5
	1 = Habilitar GdR		La salida del generador de rampa sigue a la consigna.	
6	0 = Bloquear consigna		El convertidor frena el motor con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa.	p1142[0] = r2090.6
	1 = Habilitar consigna		El motor acelera con el tiempo de aceleración p1120 hasta alcanzar la consigna.	
7	0 → 1 = Confirmar fallos		Confirmar el fallo. Si todavía está presente la orden ON, el convertidor conmuta al estado "Bloqueo conexión".	p2103[0] = r2090.7
8, 9	Reservado			
10	0 = Ningún mando por PLC		El convertidor ignora los datos de proceso del bus de campo.	p0854[0] = r2090.10
	1 = Mando por PLC		Mando a través del bus de campo; el convertidor adopta los datos de proceso desde el bus de campo.	
11	1 = Inversión de sentido		Invertir la consigna en el convertidor.	p1113[0] = r2090.11
12	No utilizado			
13	--- <sup>1)</sup>	1 = Subir PMot	Aumentar la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	p1035[0] = r2090.13
14	--- <sup>1)</sup>	1 = Bajar PMot	Reducir la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	p1036[0] = r2090.14
15	CDS bit 0	Reservado	Conmutación entre ajustes para distintas interfaces de manejo (juegos de datos de mando).	p0810 = r2090.15

<sup>1)</sup> Si se conmuta al telegrama 20 desde otro telegrama, se conserva la asignación del telegrama anterior.

## Palabra de estado 1 (ZSW1)

Bit	Significado		Observaciones	Interconexión de señales en el convertidor
	Telegrama 20	Resto de telegramas		
0	1 = Listo para conexión		La alimentación está conectada, la electrónica inicializada y los impulsos bloqueados.	p2080[0] = r0899.0
1	1 = Listo para servicio		El motor está conectado (CON/DES1 = 1); ningún fallo está activo. Con la orden "Habilitar servicio" (STW1.3), el convertidor conecta el motor.	p2080[1] = r0899.1
2	1 = Servicio habilitado		El motor sigue la consigna. Ver la palabra de mando 1, bit 3.	p2080[2] = r0899.2
3	1 = Fallo activo		Existe un fallo en el convertidor. Confirmar fallo mediante STW1.7.	p2080[3] = r2139.3
4	1 = DES2 inactiva		La parada natural no está activada.	p2080[4] = r0899.4
5	1 = DES3 inactiva		La parada rápida no está activada.	p2080[5] = r0899.5
6	1 = Bloqueo de conexión activo		La conexión del motor es posible tras DES1 y CON.	p2080[6] = r0899.6
7	1 = Alarma activa		El motor permanece conectado; no se requiere confirmación.	p2080[7] = r2139.7
8	1 = Divergencia de la velocidad en el margen de tolerancia		Divergencia consigna-valor real en el margen de tolerancia.	p2080[8] = r2197.7
9	1 = Mando solicitado		Se solicita al sistema de automatización que asuma el mando del convertidor.	p2080[9] = r0899.9
10	1 = Velocidad de referencia alcanzada o superada		La velocidad es mayor o igual a la velocidad máxima correspondiente.	p2080[10] = r2199.1
11	1 = Límite de intensidad o de par alcanzado	1 = límite de par alcanzado	Se ha alcanzado o superado el valor de comparación para la intensidad o el par.	p2080[11] = r0056.13 / r1407.7
12	--- <sup>1)</sup>	1 = Freno de mantenimiento abierto	Señal para la apertura o cierre de un freno de mantenimiento del motor.	p2080[12] = r0899.12
13	0 = Alarma Exceso de temperatura Motor		--	p2080[13] = r2135.14
14	1 = Motor gira a derecha		Valor real interno del convertidor > 0.	p2080[14] = r2197.3
	0 = Motor gira a izquierda		Valor real interno del convertidor < 0.	
15	1 = Indicación CDS	0 = Alarma Sobrecarga térmica Convertidor		p2080[15] = r0836.0 / r2135.15

<sup>1)</sup> Si se conmuta al telegrama 20 desde otro telegrama, se conserva la asignación del telegrama anterior.

## 6.5.4 Palabra de mando y de estado 3

### Palabra de mando 3 (STW3)

Bit	Significado Telegrama 350	Explicación	Interconexión de señales en el convertidor <sup>1)</sup>
0	1 = Consigna fija bit 0	Selección de hasta 16 consignas fijas distintas.	p1020[0] = r2093.0
1	1 = Consigna fija bit 1		p1021[0] = r2093.1
2	1 = Consigna fija bit 2		p1022[0] = r2093.2
3	1 = Consigna fija bit 3		p1023[0] = r2093.3
4	1 = Selección de DDS bit 0	Conmutación entre ajustes para distintos motores (juegos de datos de mando).	p0820 = r2093.4
5	1 = Selección de DDS bit 1		p0821 = r2093.5
6	No utilizado		
7	No utilizado		
8	1 = Habilitación del regulador tecnológico	--	p2200[0] = r2093.8
9	1 = Habilitación de frenado por corriente continua	--	p1230[0] = r2093.9
10	No utilizado		
11	1 = Habilitar estatismo	Habilitar o bloquear el estatismo del regulador de velocidad.	p1492[0] = r2093.11
12	1 = Regulación de par activa 0 = Regulación de velocidad activa	Conmutación del tipo de regulación con regulación vectorial.	p1501[0] = r2093.12
13	1 = Ningún fallo externo 0 = Fallo externo activo (F07860)	--	p2106[0] = r2093.13
14	No utilizado		
15	1 = CDS bit 1	Conmutación entre ajustes para distintas interfaces de manejo (juegos de datos de mando).	p0811[0] = r2093.15

<sup>1)</sup> Si se conmuta del telegrama 350 a otro telegrama, el convertidor ajusta todas las interconexiones p1020, ... a "0". Excepción: p2106 = 1.

## Palabra de estado 3 (ZSW3)

Bit	Significado	Descripción	Interconexión de señales en el convertidor
0	1 = Freno por corriente continua activo	--	p2051[3] = r0053
1	1 = $ n\_real  > p1226$	Valor absoluto de la velocidad actual > detección de parada	
2	1 = $ n\_real  > p1080$	Valor absoluto de la velocidad actual > velocidad mínima	
3	1 = $i\_real \geq p2170$	Intensidad actual $\geq$ umbral de intensidad	
4	1 = $ n\_real  > p2155$	Valor absoluto de la velocidad actual > umbral de velocidad 2	
5	1 = $ n\_real  \leq p2155$	Valor absoluto de la velocidad actual < umbral de velocidad 2	
6	1 = $ n\_real  \geq r1119$	Consigna de velocidad alcanzada	
7	1 = Tensión del circuito intermedio $\leq p2172$	Tensión actual del circuito intermedio $\leq$ valor umbral	
8	1 = Tensión del circuito intermedio > p2172	Tensión actual del circuito intermedio > valor umbral	
9	1 = Aceleración o deceleración finalizada	El generador de rampa está inactivo	
10	1 = Salida de regulador tecnológico, en límite inferior	Salida de regulador tecnológico $\leq p2292$	
11	1 = Salida de regulador tecnológico, en límite superior	Salida de regulador tecnológico > p2291	
12	No utilizado		
13	No utilizado		
14	No utilizado		
15	No utilizado		

### 6.5.5 Palabra de aviso NAMUR

#### Palabra de fallo según definición VIK-NAMUR (MELD\_NAMUR)

Tabla 6-24 Palabra de fallo según definición VIK-NAMUR e interconexión con parámetros en el convertidor

Bit	Significado	N.º P
0	1 = La Control Unit notifica un fallo	p2051[5] = r3113
1	1 = Fallo de red: pérdida de fase o tensión inadmisibles	
2	1 = Sobretensión en circuito intermedio	
3	1 = Fallo del Power Module, p. ej., sobreintensidad o exceso de temperatura	
4	1 = Exceso de temperatura del convertidor	
5	1 = Defecto a tierra/entre fases en el cable del motor o en el motor	
6	1 = Sobrecarga del motor	
7	1 = Comunicación con controlador superior averiada	
8	1 = Fallo en un canal de vigilancia seguro	
10	1 = Fallo en la comunicación interna del convertidor	
11	1 = Fallo de red	
15	1 = Otro fallo	

## 6.5.6 Canal de parámetros

### Estructura del canal de parámetros

El canal de parámetros comprende cuatro palabras. La 1.<sup>a</sup> y la 2.<sup>a</sup> palabras transfieren el número de parámetro, el índice y el tipo de petición (lectura o escritura). La 3.<sup>a</sup> y la 4.<sup>a</sup> palabras incluyen los contenidos de los parámetros. Los contenidos de los parámetros pueden ser valores de 16 bits (p. ej., velocidades de transferencia) o de 32 bits (p. ej., parámetros CO).

El bit 11 de la 1.<sup>a</sup> palabra está reservado y siempre tiene asignado 0.

Canal de parámetros						
PKE (1. <sup>a</sup> palabra)			IND (2. <sup>a</sup> palabra)		PWE (3. <sup>a</sup> y 4. <sup>a</sup> palabra)	
15 ... 12	11	10 ... 0	15 ... 8	7 ... 0	15 ... 0	15 ... 0
AK	S	PNU	Subíndice	Índice de página	PWE 1	PWE 2
	P					
	M					

Encontrará ejemplos de aplicación sobre el canal de parámetros al final de este apartado.

### AK: Identificadores de solicitud y de respuesta

Los bits 12 ... 15 de la 1.<sup>a</sup> palabra del canal de parámetros contienen los identificadores de solicitud y de respuesta AK.

Tabla 6-25 Identificadores de solicitud controlador → convertidor

AK	Descripción	Identificador de respuesta	
		Positivo	Negativo
0	Sin solicitud	0	7 / 8
1	Solicitud valor de parámetro	1 / 2	7 / 8
2	Modificación valor de parámetro (palabra)	1	7 / 8
3	Modificación valor de parámetro (palabra doble)	2	7 / 8
4	Solicitud elemento apto para escritura <sup>1)</sup>	3	7 / 8
6 <sup>2)</sup>	Solicitud valor de parámetro (campo) <sup>1)</sup>	4 / 5	7 / 8
7 <sup>2)</sup>	Modificación valor de parámetro (campo, palabra) <sup>1)</sup>	4	7 / 8
8 <sup>2)</sup>	Modificación valor de parámetro (campo, palabra doble) <sup>1)</sup>	5	7 / 8
9	Solicitud número de elementos de campo	6	7 / 8

<sup>1)</sup> El elemento deseado del parámetro se especifica en IND (2.<sup>a</sup> palabra).

<sup>2)</sup> Los siguientes identificadores de solicitud son idénticos: 1 ≡ 6, 2 ≡ 7 3 ≡ 8.  
Se recomienda utilizar los identificadores 6, 7 y 8.

Tabla 6-26 Identificadores de respuesta convertidor → controlador

AK	Descripción
0	Sin respuesta
1	Transfiere valor de parámetro (palabra)

6.5 Control de accionamientos vía PROFIBUS o PROFINET

AK	Descripción
2	Transfiere valor de parámetro (palabra doble)
3	Transfiere elemento apto para escritura <sup>1)</sup>
4	Transfiere valor de parámetro (campo, palabra) <sup>2)</sup>
5	Transfiere valor de parámetro (campo, palabra doble) <sup>2)</sup>
6	Transfiere número de elementos de campo
7	El convertidor no puede procesar la solicitud. El convertidor envía al controlador un código de error en la palabra más alta del canal de parámetros; ver tabla siguiente.
8	Sin estado Maestro de mando/sin autorización para modificar los parámetros de la interfaz del canal de parámetros

1) El elemento deseado del parámetro se especifica en IND (2.ª palabra).

2) El elemento deseado del parámetro indexado se especifica en IND (2.ª palabra).

Tabla 6-27 Códigos de error con el identificador de respuesta 7

N.º	Descripción
00 hex	<b>Número de parámetro no permitido</b> (acceso a parámetro no disponible)
01 hex	<b>Valor de parámetro no modificable</b> (petición de modificación de un valor de parámetro no modificable)
02 hex	<b>Límite inferior o superior del valor rebasado</b> (petición de modificación con valor fuera de los límites)
03 hex	<b>Subíndice erróneo</b> (acceso a subíndice no disponible)
04 hex	<b>No es un array</b> (acceso con subíndice a parámetro no indexado)
05 hex	<b>Tipo de datos erróneo</b> (petición de modificación con valor que no concuerda con el tipo de datos del parámetro)
06 hex	<b>No se permite setear, solo resetear</b> (petición de modificación con valor distinto de 0 sin permiso)
07 hex	<b>Elemento descriptivo no modificable</b> (petición de modificación de un elemento descriptivo no modificable)
0B hex	<b>No tiene mando</b> (petición de modificación sin haber mando, ver también p0927)
0C hex	<b>Falta palabra clave</b>
11 hex	<b>Petición no ejecutable debido al estado operativo</b> (el acceso no es posible por motivos temporales no especificados en detalle)
14 hex	<b>Valor inadmisibles</b> (petición de modificación con valor que, aunque se halla dentro de los límites, no es admisible por otros motivos permanentes, es decir, parámetro con valores individuales definidos)
65 hex	<b>Número de parámetro desactivado actualmente</b> (depende del estado operativo del convertidor)
66 hex	<b>Ancho de canal insuficiente</b> (canal de comunicación demasiado pequeño para la respuesta)
68 hex	<b>Valor de parámetro inadmisibles</b> (el parámetro solo admite determinados valores)
6A hex	<b>Solicitud no incluida/tarea no soportada</b> (los identificadores de solicitud válidos se encuentran en la tabla "Identificadores de solicitud controlador → convertidor")
6B hex	<b>Sin acceso de modificación con regulador habilitado.</b> (El estado operativo del convertidor no permite modificaciones de parámetros)
86 hex	<b>Acceso de escritura solo durante puesta en marcha (p0010 = 15)</b> (El estado operativo del convertidor no permite modificaciones de parámetros)

N.º	Descripción
87 hex	<b>Protección de know-how activa, acceso bloqueado</b>
C8 hex	<b>Petición de modificación por debajo del límite válido actualmente</b> (petición de modificación en un valor que, aunque se encuentra dentro de los límites "absolutos", está por debajo del límite inferior válido actualmente)
C9 hex	<b>Petición de modificación por encima del límite válido actualmente</b> (ejemplo: un valor de parámetro es demasiado grande para la potencia del convertidor)
CC hex	<b>Petición de modificación no permitida</b> (modificación no permitida porque no se dispone de clave de acceso)

### PNU (número de parámetro) e índice de página

El número de parámetro se encuentra en el valor PNU de la 1.ª palabra del canal de parámetros (PKE).

El índice de página se encuentra en la 2.ª palabra del canal de parámetros (IND bit 7 ... 0).

Número de parámetro	PNU	Índice de página
0000 ... 1999	0000 ... 1999	0 hex
2000 ... 3999	0000 ... 1999	80 hex
6000 ... 7999	0000 ... 1999	90 hex
8000 ... 9999	0000 ... 1999	20 hex
10000 ... 11999	0000 ... 1999	A0 hex
20000 ... 21999	0000 ... 1999	50 hex
30000 ... 31999	0000 ... 1999	F0 hex
60000 ... 61999	0000 ... 1999	74 hex

### Subíndice

En parámetros indexados, el índice de parámetro figura como valor hex en el subíndice (IND bit 15 ... 8).

### PWE: valor de parámetro o conector

En PWE puede haber valores de parámetro o conectores.

Tabla 6-28 valor de parámetro o conector

	PWE 1		PWE 2	
	Valor de parámetro	Bits 15 ... 0	Bits 15 ... 8	Bits 7 ... 0
	0	0	Valor de 8 bits	
	0	Valor de 16 bits		
	Valor de 32 bits			
Conector	Bit 15 ... 0	Bit 15 ... 10	Bit 9 ... 0	
	Número del conector	3F hex	Índice o número de campo de bits del conector	





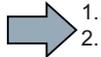
### 6.5.8 Ampliación de telegramas y modificación de la interconexión de señales

Tras elegirse un telegrama, el convertidor interconecta las correspondientes señales con la interfaz del bus de campo. Estas interconexiones están normalmente protegidas contra modificaciones. Con el correspondiente ajuste en el convertidor, estas interconexiones pueden modificarse.

#### Ampliación de telegrama

Cada telegrama puede ampliarse añadiendo señales adicionales.

##### Procedimiento



Para ampliar un telegrama, proceda del siguiente modo:

1. Ajuste el parámetro p0922 = 999 con STARTER o un Operator Panel.
2. Ajuste el parámetro p2079 con el valor del telegrama correspondiente.
3. Interconecte palabras de emisión PZD y palabras de recepción PZD adicionales con señales de su elección mediante los parámetros r2050 y p2051.



Ha ampliado el telegrama.

Parámetro	Descripción
p0922	<b>Selección de telegrama PROFIdrive</b>
	999: Configuración libre de telegramas
p2079	<b>Selección ampliada de telegrama PROFIdrive PZD</b>
	1: Telegrama estándar 1, PZD-2/2
	20: Telegrama estándar 20, PZD-2/6
	350: Telegrama SIEMENS 350, PZD-4/4
	352: Telegrama SIEMENS 352, PZD-6/6
	353: Telegrama SIEMENS 353, PZD-2/2, PKW-4/4
354: Telegrama SIEMENS 354, PZD-6/6, PKW-4/4	
r2050[0...11]	<b>PROFIdrive PZD recepción palabra</b> Salida de conector para interconectar los PZD (consignas) con formato de palabra recibidos del PROFIdrive-Controller.
p2051[0...16]	<b>PROFIdrive PZD emisión palabra</b> Selección de los PZD (valores reales) con formato de palabra que deben enviarse al PROFIdrive-Controller.

Selección de los PZD (valores reales) con formato de palabra que deben enviarse al PROFIdrive-Controller. Encontrará información más detallada en los esquemas de funciones 2468 y 2470 del Manual de listas.

#### Selección libre de la interconexión de señales del telegrama

Las señales del telegrama pueden interconectarse libremente.

**Procedimiento**1.  
2.

Para modificar la interconexión de señales de un telegrama, proceda del siguiente modo:

1. Ajuste el parámetro p0922 = 999 con STARTER o un Operator Panel.
2. Ajuste el parámetro p2079 = 999 con STARTER o un Operator Panel.
3. Interconecte palabras de emisión PZD y palabras de recepción PZD adicionales con señales de su elección mediante los parámetros r2050 y p2051.



Ha interconectado libremente las señales transferidas en el telegrama.

Parámetro	Descripción
p0922	<b>Selección de telegrama PROFIdrive</b>
	999: Configuración libre de telegramas
p2079	<b>Selección ampliada de telegrama PROFIdrive PZD</b>
	999: Configuración libre de telegramas
r2050[0...11]	<b>PROFIdrive PZD recepción palabra</b> Salida de conector para interconectar los PZD (consignas) con formato de palabra recibidos del PROFIdrive-Controller.
p2051[0...16]	<b>PROFIdrive PZD emisión palabra</b> Selección de los PZD (valores reales) con formato de palabra que deben enviarse al PROFIdrive-Controller.

Encontrará información más detallada en los esquemas de funciones 2468 y 2470 del Manual de listas.

### 6.5.9 Comunicación directa

La comunicación directa también se denomina "comunicación esclavo-esclavo" o "Data Exchange Broadcast". La comunicación directa permite un intercambio de datos entre esclavos sin participación directa del maestro.

Encontrará la descripción de la función "Comunicación directa" en el manual de funciones "Buses de campo".

 Vista general de los manuales (Página 544)

### 6.5.10 Lectura y escritura acíclicas de los parámetros del convertidor

El convertidor soporta la escritura y la lectura de parámetros a través de la comunicación acíclica:

- Para PROFIBUS: hasta 240 bytes por petición de escritura o lectura a través del juego de datos 47
- Para PROFINET: Peticiones de escritura o lectura a través de B02E hex y B02F hex

Encontrará más información sobre la comunicación acíclica en el manual de funciones "Buses de campo".

 Vista general de los manuales (Página 544)

### Ejemplo de aplicación "Leer y escribir parámetros"



Para más información, visite la web:

Ejemplos de aplicación (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/29157692>)