



# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA**

## **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL  
UTILIZANDO EL PROTOCOLO USS PARA EL MONITOREO  
Y CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES PARA EL  
LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE  
PROCESOS DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO EN INSTRUMENTACIÓN**

**VICTOR HUGO ARELLANO NARANJO  
RAÚL ENRIQUE PRUNA PANCHI**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**ABRIL, 2012**

## **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por los señores VÍCTOR HUGO ARELLANO NARANJO Y RAÚL ENRIQUE PRUNA PANCHI bajo nuestra supervisión.

Latacunga, Abril 2012

---

Ing. Julio Acosta  
DIRECTOR

---

Ing. Galo Ávila  
CODIRECTOR

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, Víctor Hugo Arellano Naranjo y Raúl Enrique Pruna Panchi.

### **DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO EL PROTOCOLO USS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Abril 2012

---

VÍCTOR ARELLANO N.

C.C: 170897453-8

---

RAÚL PRUNA P.

C.C: 050320825-8

## **AUTORIZACIÓN**

Nosotros, Víctor Hugo Arellano Naranjo y Raúl Enrique Pruna Panchi.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la Biblioteca virtual de la institución del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO EL PROTOCOLO USS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA” cuyo contenido, ideas y criterios es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Abril 2012

---

VÍCTOR ARELLANO N.

C.C: 170897453-8

---

RAÚL PRUNA P.

C.C: 050320825-8

## **CERTIFICADO**

ING. JULIO ACOSTA (DIRECTOR)

ING. GALO ÁVILA (CODIRECTOR)

### **CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL UTILIZANDO EL PROTOCOLO USS PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA” realizado por los señores: VÍCTOR HUGO ARELLANO NARANJO y RAÚL ENRIQUE PRUNA PANCHI, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: VÍCTOR HUGO ARELLANO NARANJO y RAÚL ENRIQUE PRUNA PANCHI que lo entregue al ING. EDDIE GALARZA, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, Abril 2012.

---

Ing. Julio Acosta.

**DIRECTOR**

---

Ing. Galo Ávila.

**CODIRECTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haber permitido llegar a este momento y en especial por haber puesto en mi camino a todas aquellas personas que me dieron la fuerza y me ayudaron a conseguir mi objetivo.

En especial a mi esposa Teresa Pazmiño y a mis hijos Andrés, Víctor y Monse, por haberme brindado su confianza y su fuerza para seguir adelante.

A mis padres que en la distancia siempre estuvieron conmigo y que siempre confiaron en mí.

A mi familia que en todo momento me ayudó para que pueda cumplir con mis obligaciones tanto profesionales como estudiantiles.

Un agradecimiento muy especial a los Srs. Ing. Julio Acosta e Ing. Galo Ávila, por el apoyo incondicional brindado no solo en este proyecto sino durante toda mi permanencia en la ESPE.

Víctor Hugo

## **DEDICATORIA**

Mi proyecto de Tesis tiene una especial dedicatoria a mi Esposa Teresa Pazmiño y a mis hijos Andrés, Víctor y Monse quienes forman el pilar fundamental de mi vida y a quienes me debo en cuerpo y alma.

A mis padres por haberme guiado y enseñado durante toda mi vida para hacerme un hombre de bien.

A mis hermanos quienes siempre me apoyaron y confiaron en mí.

A mis suegros por todo el apoyo que me dieron durante mi carrera estudiantil.

A mis cuñadas por toda la paciencia y ayuda que me dieron especialmente mientras estuvieron al cuidado de mis hijos.

Víctor Hugo

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero agradecer a DIOS y a la Virgen MARÍA por haberme dado la existencia y permitido llegar a la culminación de este proyecto

A mis padres: Raúl Pruna y Beatriz Panchi, por el amor, apoyo y comprensión brindada a lo largo de mis años de estudio

A mis hermanos: Norma y Edwin, por su ejemplo de superación y valioso apoyo en todo momento

A mi Tío y Padrino el Ing. José Panchi por su apoyo incondicional y por su confianza puesta en mí, A toda mi familia por brindarme apoyo en buenos y malos momentos

Un agradecimiento especial a los profesores Ing. Julio Acosta y al Ing. Galo Ávila por los conocimientos y ayuda brindada para la culminación de este proyecto.

Al Ing. Edwin Pruna por su ayuda desinteresada y sus consejos brindados para la culminación de este proyecto

A todos los Docentes de la Carrera de Electrónica e Instrumentación por compartir sus conocimientos para mi formación.

***Raúl P.***



## DEDICATORIA

La presente tesis realizada va dedicada a DIOS que siempre ha estado cuidándome y guiándome por el sendero correcto.

A mis padres que me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño.

A mi esposa Gisella por su comprensión, su esfuerzo, su dedicación y por ese optimismo que siempre me impulsó a seguir adelante.

A mi pequeña hijita Micaela Pruna, porque dentro de una de sus sonrisas eternas, aprendí que la vida está llena de satisfacciones no materiales

A mi hermana Norma por el amor que siempre me brindo y a mi hermano Edwin por todos los conocimientos y consejos que fueron útiles en mi vida.

A mis sobrinos Esteban y Renata que alegraron mi vida con sus sonrisas

A mis abuelitos: Juan José Panchi y Darquian Pruna que siempre estarán en mi mente y vivirán en mi corazón

***Raúl P.***

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Pag.</b>
CERTIFICACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
CERTIFICADO .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE .....	x
ÍNDICE TABLAS .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xvii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
1. GENERALIDADES Y FUNDAMENTO TEÓRICO .....	1
1.1 GENERALIDADES .....	1
1.1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.1.3 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN .....	2
1.1.4 METAS .....	3
1.1.5 METODOLOGÍA .....	3
1.2 MARCO TEÓRICO .....	3
1.2.1 REDES INDUSTRIALES .....	3

1.2.2	VARIABLES DE FRECUENCIA MM440 .....	10
1.2.3	MOTORES .....	17
1.2.4	PROTOCOLO USS.....	18
1.2.5	CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES .....	23
1.2.7	LABVIEW.....	25
1.2.8	SISTEMA HMI SCADA .....	26
<b>CAPÍTULO II.....</b>		<b>29</b>
2.	DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	29
2.1	INTRODUCCIÓN.....	29
2.2	DISEÑO DE LA RED INDUSTRIAL.....	29
2.3	IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INDUSTRIAL.....	32
2.3.1	MARCACIÓN DE TERMINALES DE CONEXIÓN .....	35
2.3.2	CONFIGURAR ACCIONAMIENTOS MICROMASTER 440.....	37
2.4	DISEÑO DEL HMI .....	42
2.5	IMPLEMENTACIÓN DEL HMI.....	44
2.5.1	COMUNICACIÓN NI-OPC SERVERS CON SIEMENS S7-200 CPU-224 Y LABVIEW .....	44
2.5.2	ARQUITECTURA DEL SISTEMA .....	45
2.5.3	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PLC .....	45
2.5.4	SELECCIONAR EL CABLE DE RED .....	46
2.5.5	ASIGNACIÓN DE PINES .....	46
2.5.6	CONECTOR RS-485 .....	47
2.5.7	CONEXIÓN RS485 PROFIBUS DE SIEMENS A RS485 GENÉRICO .....	48
2.5.8	UTILIZANDO CONVERTOR 232-485 DUCATI .....	49
2.5.9	CONFIGURACIÓN DEL NI OPC SERVER .....	50

2.5.10	ETIQUETAS ESTÁTICAS .....	59
<b>CAPÍTULO III</b>	.....	<b>65</b>
<b>3.</b>	<b>PRUEBAS .....</b>	<b>65</b>
3.1	PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	65
3.2	PRUEBAS DE VARIADORES DE FRECUENCIA .....	65
3.2.1	CONEXIONES DE ALIMENTACIÓN Y AL MOTOR.....	68
3.2.2	ACCESO A LOS BORNES DE RED Y DEL MOTOR .....	68
3.2.3	FORMA DE EVITAR INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS (EMI) (EMI).....	69
3.2.4	PUESTA EN SERVICIO CON EL PANEL BOP .....	71
3.2.5	VARIANTE ANALÓGICA.....	72
3.2.6	VARIANTE USS .....	73
3.2.7	PUESTA EN SERVICIO RÁPIDA (P0010=1).....	74
3.2.8	DATOS DEL MOTOR PARA PARAMETRIZACIÓN.....	76
3.2.9	FUNCIONAMIENTO GENERAL.....	76
3.2.10	OPERACIÓN BÁSICA CON EL PANEL BOP/AOP.....	77
3.3	PRUEBAS DE MOTORES .....	78
3.4	PRUEBAS DEL PLC .....	79
3.4.1	PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	80
3.4.2	UTILIZAR LAS OPERACIONES USS .....	86
3.4.3	OPERACIONES DEL PROTOCOLO USS .....	88
3.5	PRUEBAS DEL HMI .....	98
<b>CAPÍTULO IV</b>	.....	<b>100</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>100</b>
4.1	CONCLUSIONES.....	100
4.2	RECOMENDACIONES.....	101

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES.....	103
-----------------------------	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1. 1 Redes industriales .....	5
Figura 1. 2 Niveles jerárquicos de una red industrial.....	10
Figura 1. 3 Esquema de bloques del micromaster 440 .....	14
Figura 1. 4 Panel de Control MICROMASTER 440.....	14
Figura 1. 5 Botones del panel del variador MICROMASTER 440 .....	16
Figura 1. 6 Tensiones de fase .....	17
Figura 1. 7 Tensiones de línea.....	18
Figura 1. 8 Estructura del telegrama .....	20
Figura 1. 9 Topología del bus USS .....	22
Figura 1. 10 Sistema HMI .....	27

### CAPÍTULO II

Figura 2. 1 Diseño de la Red .....	29
Figura 2. 2 Topología del Bus .....	30
Figura 2. 3 Estructura de datos.....	32
Figura 2. 4 Motores trifásicos de la red industrial .....	33
Figura 2. 5 Conexión YY: norma NEMA.....	36
Figura 2. 6 Conexión Y: norma NEMA.....	36
Figura 2. 7 Conexión Triángulo: norma NEMA.....	36
Figura 2. 8 Conexión doble Triangulo: norma Nema.....	37
Figura 2. 9 Red Industrial USS .....	41

Figura 2. 10 Manipulación de las Abrazaderas. ....	42
Figura 2. 11 Gráfico Panel de Control Hmi .....	43
Figura 2. 12 Componentes de la comunicación entre PLC y PC.....	45
Figura 2. 13 Componentes del PLC .....	45
Figura 2. 14 Conector DB 9 .....	47
Figura 2. 15 Conexiones RS-485 genérico .....	48
Figura 2. 16 Diseño del cable RS-485 genérico.....	49
Figura 2. 17 Programa NI OPC Server .....	50
Figura 2. 18 Pantalla de identificación .....	51
Figura 2. 19 Pantalla device driver.....	52
Figura 2. 20 Pantalla de comunicación .....	52
Figura 2. 21 Pantalla write optimizations.....	53
Figura 2. 22 Pantalla de Master ID .....	54
Figura 2. 23 Configuración del canal .....	54
Figura 2. 24 Pantalla para agregar canales .....	55
Figura 2. 25 Pantalla para asignar el nombre .....	56
Figura 2. 26 Pantalla para escoger el modelo de PLC .....	56
Figura 2. 27 Pantalla del ID .....	57
Figura 2. 28 Pantalla del timing.....	58
Figura 2. 29 Pantalla Auto - Demotion .....	58
Figura 2. 30 Pantalla Summary.....	59
Figura 2. 31 Pantalla para agregar etiquetas .....	60
Figura 2. 32 Propiedades del tag .....	61
Figura 2. 33 Pantalla de etiquetas agregadas.....	62
Figura 2. 34 Pantalla OPC cliente.....	63

Figura 2. 35 Pantalla Top Server comunicación USS .....	64
Figura 2. 36 Pantalla cliente OPC.....	64

### **CAPÍTULO III**

Figura 3. 1 Instalación típica de un Variador de la serie Micromaster. ....	66
Figura 3. 2 Bornes de Conexión Micromaster 440. ....	69
Figura 3. 3 Diagrama de bloques de conexión del variador .....	71
Figura 3. 4 Parámetros del panel BOP .....	74
Figura 3. 5 Diagrama de puesta en servicio rápida .....	75
Figura 3. 6 Datos de la Placa del motor .....	76
Figura 3. 7 Curvas características par-velocidad .....	79
Figura 3. 8 Software STEP 7 .....	80
Figura 3. 9 Pantalla de comunicación .....	81
Figura 3. 10 Pantalla de comunicación con los dispositivos encontrados	81
Figura 3. 11 Programa en el software STEP 7.....	82
Figura 3. 12 Pantalla del enlace PPI.....	83
Figura 3. 13 Asignar memoria V a la librería de Operaciones .....	87
Figura 3. 14 Librerías Comunicación USS .....	87
Figura 3. 15 Icono de la Operación USS_INIT .....	88
Figura 3. 16 Ejemplo Subrutina USS_INIT .....	90
Figura 3. 17 Icono USS_CTRL .....	91
Figura 3. 18 Bits de estado .....	94
Figura 3. 19 Ejemplo de la subrutina USS_CTRL .....	96
Figura 3. 20 Conexiones de red Micromaster 440 .....	97
Figura 3. 21 Ejemplo de Cerrado y Polarizado.....	97

Figura 3. 22 Diseño HMI de pruebas .....	98
Figura 3. 23 Diseño HMI final .....	99

## ÍNDICE TABLAS

### CAPÍTULO II

Tabla 2. 1 Longitudes máximas de los cables.....	31
Tabla 2. 2 Tipos de Conexiones de los motores trifásicos .....	34
Tabla 2. 3 Combinación de conexiones motores trifásicos Siemens .....	35
Tabla 2. 4 Parámetros del Cable de red. ....	46
Tabla 2. 5 Asignación de Pines del puerto de comunicación del S7.200..	47
Tabla 2. 6 Conexiones necesarias para construir un cable .....	48

### CAPÍTULO III

Tabla 3. 1 Parámetros del motor.....	67
Tabla 3. 2 Parámetros de operación de USS_INIT .....	89
Tabla 3. 3 Parámetros de operación de USS_CTRL.....	93



## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se basa en el diseño e implementación de una red industrial para lo cual se utilizará el protocolo USS, para el monitoreo y control de velocidad de motores para el laboratorio de redes industriales y control de procesos de la Escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga. Para ello a nivel de capa física se utilizara la interfaz RS-485 para la comunicación de los elementos de la red.

La red que se va a realizar es de tipo maestro-esclavo, donde el maestro es un controlador lógico programable (PLC) y los esclavos son los variadores de frecuencia, todos los parámetros de monitoreo y control de velocidad de los motores se obtendrán con librerías del protocolo USS (protocolo universal de interface en serie) instalados en el software necesario para la programación del controlador lógico programable (PLC).

En el Capítulo I se desarrolla todo el marco teórico el cual es base científica del proyecto y muestra los conceptos básicos relacionados a la automatización control y monitoreo de una red industrial.

En el Capítulo II se detalla el diseño e implementación tanto de la red industrial como del HMI, así como de los elementos y equipos utilizados.

El Capítulo III presenta las pruebas experimentales realizadas tanto a los motores, variadores de frecuencia y el PLC, a fin de indicar paso a paso como se ha ido desarrollando el presente proyecto.

El Capitulo IV indica las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el desarrollo del proyecto.

# **CAPÍTULO I**

## **1. GENERALIDADES Y FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **1.1 GENERALIDADES**

La automatización y control en todas las actividades industriales es parte del avance que la tecnología ha permitido, a fin de mejorar los procesos industriales y de esta manera optimizar los recursos, reducir riesgos para los operadores y en fin mejorar las condiciones laborales.

#### **1.1.1 ANTECEDENTES**

En cuanto a sistemas de control, la ESPE ha estado implementando todas las mejoras posibles a fin de que los alumnos de la Carrera de Ingeniería Electrónica puedan desarrollar mejores competencias en lo que a control y redes de datos respecta.

El Laboratorio de Control Industrial, cuenta con equipos apropiados para este fin, tomando en consideración que este laboratorio es de uso múltiple, en diferentes asignaturas, por lo que un módulo de control y monitoreo de motores sería de valiosa ayuda.

#### **1.1.2 OBJETIVOS**

Objetivo General

Diseñar e implementar una red industrial utilizando el protocolo USS para el monitoreo y control de velocidad de motores para el laboratorio de redes industriales y control de procesos de la ESPE extensión Latacunga.

## Objetivos Específicos

- Analizar el funcionamiento de los variadores de frecuencia Micromaster 440.
- Implementar la comunicación entre el control y los variadores de frecuencia utilizando el protocolo USS
- Implementar la programación que permita controlar a los variadores de frecuencia.
- Diseñar una red industrial que se pueda aplicar en el ámbito industrial
- Diseñar una interfaz humano- máquina (HMI) para el control y monitoreo de los motores.
- Controlar la velocidad de los motores mediante la interfaz humano- máquina (HMI)

### 1.1.3 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

El Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos, es utilizado en diferentes materias de estudio y dispone de módulos didácticos para este efecto, pero es necesario que estos sean actualizados o a su vez se deba implementar nuevos módulos que vayan acorde a los avances de la tecnología y ahí la importancia y la necesidad de realizar un diseño y su implementación de una red industrial que realice el monitoreo y el control de velocidad de motores, tomando en consideración que el protocolo a utilizarse es USS y además se utilizará variadores de frecuencia (que no se disponen en el Laboratorio) que son dispositivos muy utilizados en el área del control industrial, de esta manera los alumnos de la Carrera de Ingeniería Electrónica tendrán a su mano una herramienta muy importante que les ayudará a visualizar la convergencia de las diferentes materias y una de las aplicaciones prácticas del conocimiento adquirido.

#### **1.1.4 METAS**

- Contar con información detallada del funcionamiento de los variadores de frecuencia Micromaster 440.
- Comunicación entre el control y los variadores de frecuencia utilizando el protocolo USS.
- Programa de control para los variadores de frecuencia.
- Red industrial para aplicaciones en procesos industriales.
- Monitoreo y control de los motores mediante HMI

#### **1.1.5 METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del presente proyecto, se realizarán las siguientes actividades:

- Recopilación de información que se requiere para establecer los requerimientos funcionales del proyecto, dando énfasis a las variables más críticas del sistema de control y la red industrial.
- Se procederá a establecer los mejores equipos y métodos para implementar el sistema de Control basados en la información recopilada en la primera etapa del proyecto.
- Con los equipos establecidos se procederá a diseñar el sistema de control que será desarrollado sobre una red industrial bajo el protocolo USS, a través de variadores de frecuencia.

### **1.2 MARCO TEÓRICO**

#### **1.2.1 REDES INDUSTRIALES**

Una red industrial es un sistema de transmisión de información que interconecta la maquinaria y equipos eléctricos, electrónicos, mecánicos,

hidráulicos, etc., inmersos en la proceso de producción dentro de una planta industrial, conocidos como dispositivos de campo, y computadores provistos de programas de monitorización o supervisión industrial.

Las redes industriales permiten la comunicación de dispositivos de campo en tiempo real, incrementando el rendimiento del proceso productivo pues posibilita su visualización, supervisión y toma de datos de forma más rápida posibilitando el intercambio de datos entre sectores del proceso y otros departamentos.

Las redes industriales y las comunicaciones entre los instrumentos de proceso y el sistema de control se basan principalmente en señales analógicas, pero ya existen instrumentos digitales capaces de manejar gran cantidad de datos y guardarlos históricamente.

Muchos de los protocolos patentados para dichas aplicaciones tiene una limitante y es que el fabricante no permite al usuario final la interoperabilidad de instrumentos, es decir, no es posible intercambiar los instrumentos de un fabricante por otro similar.

Es claro que estas tecnologías cerradas tienden a desaparecer ya que actualmente es necesaria la interoperabilidad de sistemas y aparatos y así tener la capacidad de manejar sistemas abiertos y estandarizados. Con el mejoramiento de los protocolos de comunicación es ahora posible reducir el tiempo necesitado para la transferencia de datos, asegurando la misma, garantizando el tiempo de sincronización.

Muchos sistemas están conformados por equipos de diferentes fabricantes y funcionan en diferentes niveles de automatización; además, a menudo se encuentran distanciados entre sí; pero sin embargo, se desea que trabajen en forma coordinada para un resultado satisfactorio

del proceso. El objetivo principal es la comunicación totalmente integrada en el sistema. Al usuario, esto le reporta la máxima flexibilidad ya que también puede integrar sin problemas productos de otros fabricantes a través de las interfaces software estandarizadas.

Las aplicaciones industriales basadas en comunicación digital se han incrementado haciendo posible la conexión de sensores, actuadores y equipos de control en una planta de procesamiento, de esta manera, la comunicación entre la sala de control y los instrumentos de campo se han convertido en realidad. La Comunicación digital debe integrar la información provista por los elementos de campo en el sistema de control de procesos. En la figura 1.1 se puede ver un gráfico de una red industrial.

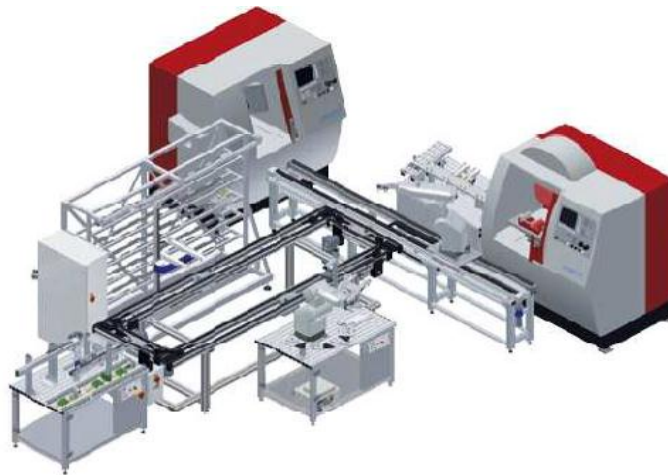


Figura 1. 1 Redes industriales

La automatización industrial inicialmente dio lugar a **islas automatizadas** que eran equipos (Autómatas, controles numéricos, robots, ordenadores) aislados entre sí. La integración de las islas automatizadas dió lugar a las redes industriales.

## **Niveles de las Redes Industriales:**

- Nivel bus de campo.
- Nivel LAN.
- Nivel LAN/WAN.

## **Clasificación de las redes industriales.**

Si se clasifican las redes industriales en diferentes categorías basándose en la funcionalidad, se hará en:

### **Buses Actuadores y Sensores.**

Inicialmente es usado un sensor y un bus actuador en conexión simple, dispositivos discretos con inteligencia limitada, como un foto sensor, un switch limitador o una válvula solenoide, controladores y consolas terminales.

### **Buses de Campo y Dispositivos.**

Estas redes se distinguen por la forma como manejan el tamaño del mensaje y el tiempo de respuesta. En general estas redes conectan dispositivos inteligentes en una sola red distribuida.

Estas redes ofrecen altos niveles de diagnóstico y capacidad de configuración, generalmente al nivel del poder de procesamiento de los dispositivos más inteligentes.

Son las redes más sofisticadas que trabajan con control distribuido real entre dispositivos inteligentes.

## **Niveles de comunicación en una Red Industrial.**

Dentro de una red industrial existirán equipos, maquinaria y dispositivos de todo tipo, tales como computadores, motores, controladores, actuadores, reguladores, robots, válvulas, etc., a los cuales se los agrupa de forma jerárquica con la finalidad de obtener la conexión más idónea para cada área de trabajo.

Básicamente se pueden definir cuatro niveles de jerarquía, los cuales son:

### **Nivel de Gestión**

Es el nivel más alto dentro de una red industrial, está enfocado en el área administrativa y comercial de la empresa, su objetivo principal es el de fortalecer a los demás niveles ya que es aquí donde se define la estrategia y planificación de trabajo enlazando el área de gestión de la empresa con el sistema productivo, supervisando productos, pedidos, ventas, etc.

En este nivel se emplean estaciones de trabajo especializados en la gestión y el almacenamiento de datos, que permiten simular el proceso de producción así como intercambiar datos con otros departamentos mediante una red de comunicaciones de tipo LAN o WAN.

### **Nivel de Control**

Este nivel se centra en la logística operacional, donde se deciden aspectos importantes del proceso productivo tales como entrada y salida de materiales, se estructuran políticas y estrategias de planificación así como requerimientos de trabajo, para ello se efectúa un análisis detallado de la información remitida por los niveles inferiores.



Con la finalidad de contar con una visión más amplia de la labor que se efectúa en la planta, en este nivel se incorporan equipos dotados con software específico para el diseño y control de calidad del proceso productivo, denominados células de fabricación tales como PLC y PC, los cuales están enlazados mediante una red de área local, lo que facilita la supervisión y el control en las diferentes zonas de trabajo.

### **Nivel de Campo y Proceso**

Este nivel se caracteriza por la integración de pequeños automatismos como PLC's compactos, multiplexores de entrada y salida, controladores, etc., dentro de subredes denominadas islas, las mismas que también pueden contener autómatas modulares que desempeñan el papel de maestros de la red.

En este nivel cerca del proceso a controlar se implanta una interface de operaciones que permite al operador de la planta visualizar el desempeño y el progreso de la producción, en cualquier formato de presentación tal como una visión global del estado del proceso, representaciones gráficas de los elementos o equipos de proceso, estado de alarmas y cualquier otro tipo de información. Por su parte el operador está en la capacidad de requerir información del proceso, ejecutar estrategias de control y generar informes de operación.

Dentro de este nivel se implementan los buses de campo que permiten extraer los datos más significativos del nivel inferior mediante los puentes de comunicaciones (gateway o bridge) y los ponen a disposición de la interface de operaciones.

## **Nivel de Entradas y Salidas**

Físicamente este nivel se encuentra en contacto con el entorno a controlar, constituye el nivel más bajo del proceso; contiene sensores, actuadores y módulos de entrada y salida que se encargan de manejar el proceso productivo, así como tomar las medidas necesarias para la correcta automatización y supervisión.

Su trabajo se centra en comunicar al Nivel de Control el estado del proceso de producción y a su vez modificar los parámetros de trabajo reajustándolos de acuerdo a las órdenes recibidas por los niveles superiores.

Los equipos empleados en este nivel se basan en microprocesadores lo que los hace muy flexibles permitiendo modificar los requerimientos y control del proceso, los cuales además poseen la capacidad de ejecutar algoritmos, secuencias lógicas, y estrategias de control altamente interactivas.

Sin embargo al ser equipos tan sensibles se requiere de personal altamente especializado para que realice su instalación dentro de un bus de campo, o un bus de dispositivos.

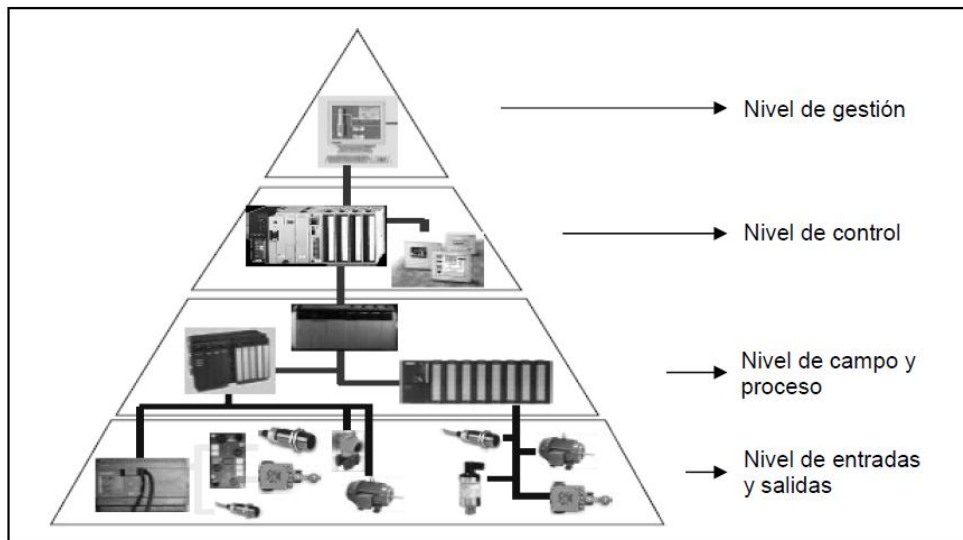


Figura 1. 2 Niveles jerárquicos de una red industrial

### 1.2.2 VARIADORES DE FRECUENCIA MM440

Los variadores de frecuencia Micromaster 440 han sido diseñados para operar motores asíncronos estándares. Sin embargo, su gran flexibilidad les permite controlar otros tipos de máquinas. Para realizar la selección de un Micromaster 440 se debe tener en cuenta la corriente solicitada por el motor en el rango de operación a par constante.

El convertidor MICROMASTER 440 (MM440) se puede usar en numerosas aplicaciones de accionamiento con velocidades variables. Su flexibilidad permite utilizarlo para una amplia gama de aplicaciones.

Este extenso campo de aplicación incluye la función de grúas y equipos elevadores, almacenes de estanterías elevadas, máquinas de la industria de elaboración de alimentos y bebidas, máquinas empaquetadoras, etc.; es decir, aplicaciones en las que se requiere una funcionalidad y una dinámica superiores a lo normal.

Este convertidor se caracteriza particularmente por su funcionalidad adaptada a los deseos de la clientela y su gran facilidad de aplicación. El gran margen de la tensión de alimentación de la red permite aplicarlo en todo el mundo.

La serie MICROMASTER 440 es una gama de convertidores de frecuencia (también denominados variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos. Los distintos modelos disponibles abarcan un rango de potencias desde 120 W para entrada monofásica hasta 75 kW con entrada trifásica.

Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de protección, ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

El MICROMASTER 440, con sus ajustes por defecto realizados en fábrica, es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores. También puede utilizarse para aplicaciones más avanzadas de control de motores haciendo uso de su funcionalidad al completo, de igual manera puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización.

### **Características principales**

- Fácil de instalar.
- Puesta en marcha sencilla.
- Diseño robusto en cuanto a CEM.
- Puede funcionar en alimentación de línea IT.

- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible.
- Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones.
- Conexión sencilla de cables.
- Relés de salida.
- Salidas analógicas (0- 20 mA) ver figura 1.3.
- 6 entradas digitales NPN/PNP aisladas y conmutables ver figura 1.3.
- 2 entradas analógicas ver figura 1.3.
- AIN1: 0-10 V, 0- 20 mA y -10 a +10 V.
- AIN2: 0-10 V, 0-20 mA.
- Las 2 entradas analógicas se pueden utilizar como la 7ª y 8ª entrada digital ver figura 1.3.
- Tecnología BiCo.
- Diseño modular para configuración extremadamente flexible.
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor.
- Información de estado detallada y funciones de mensaje integradas.
- Opciones externas para comunicación por PC, panel BOP (Basic Operator panel), panel AOP (Advanced Operator Panel) y módulo de comunicación PROFIBUS.

### **Prestaciones.**

- Control vectorial sin sensores (sensorless vector control.)
- Control de flujo corriente FCC (flux current control) para una mejora de la respuesta dinámica y control del motor.
- Limitación rápida de corriente FCL (fast current limitation) para funcionamiento libre de disparos intempestivos.
- Freno por inyección de corriente continuo integrado.

- Frenado compuesto o combinado para mejorar las prestaciones del frenado.
- Tiempos de aceleración / deceleración con redondeo de rampa programable.
- Control en lazo cerrado utilizando una función PID, con autoajuste.
- Chopper de frenado incorporado.
- Rampas de subida y bajada seleccionables.
- Alisamiento de rampa con 4 puntos.
- Característica V/f multipunto.
- Se puede conmutar entre 3 juegos de parámetros, permitiendo a un único convertidor controlar varios procesos de forma alternada.

#### **Características de protección.**

- Protección de sobretensión/mínima tensión.
- Protección de sobretemperatura para el convertidor.
- Protección de defecto a tierra.
- Protección de cortocircuito.
- Protección térmica del motor por  $I^2t$
- Protección del motor mediante sondas PTC/KTY.

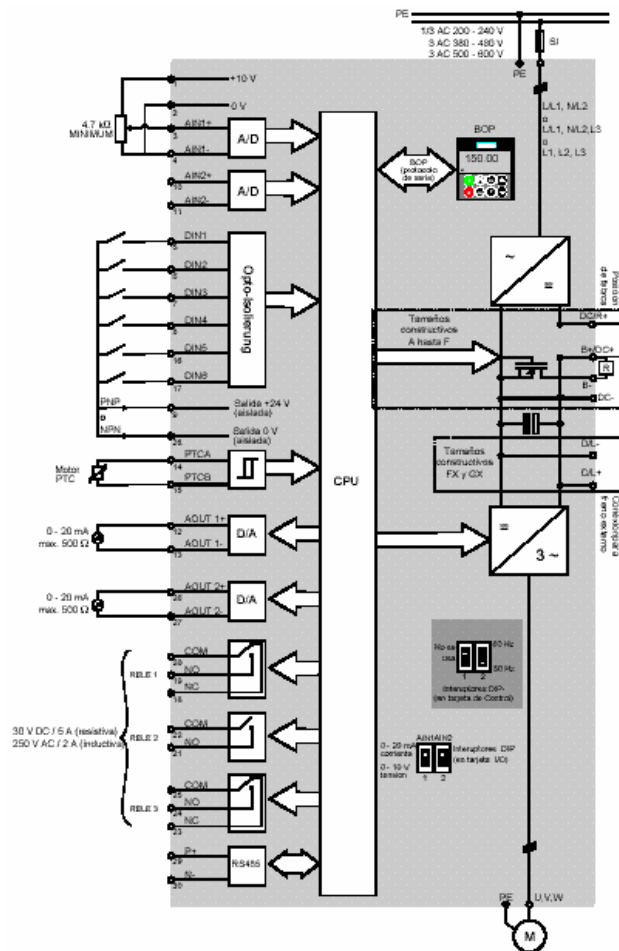


Figura 1. 3 Esquema de bloques del micromaster 440

### Modos de puesta en servicio

En la versión estándar, el MICROMASTER 440 cuenta con un panel SDP (ver figura 1.4).



Figura 1. 4 Panel de Control MICROMASTER 440

Este panel permite una aplicación múltiple del convertidor con los preajustes efectuados en fábrica. Si dichos preajustes no se adaptan a las condiciones de su instalación, puede modificarlos con ayuda de los paneles opcionales BOP (Basic Operator Panel) o AOP (Advance Operator Panel). Además, los ajustes de fábrica pueden readaptarse con las herramientas PCIBN.Drive Monitor.

Ajuste de frecuencia; el interruptor DIP está ubicado en el panel de control, bajo la tarjeta de E/S. El convertidor se suministra de la forma siguiente:

Interruptor DIP 2:

Posición Off: Ajustes europeos por defecto (50 Hz, kW etc.)

Posición On: Ajustes norteamericanos por defecto (60 Hz, hp etc.)

En la Figura 1.5 se puede ver los botones del panel y las funciones que cumple cada uno.



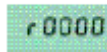








Panel/Botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este pulsador se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado.
	Parada	OFF1 con este pulsador se para el motor siguiendo la rampa de deceleración seleccionada. OFF2 Pulsando el pulsador dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (por inercia). Esta función está siempre habilitada.
	Inversión del sentido de giro	Pulsador para cambiar el sentido de giro.
	Jog motor	Pulsando este pulsador mientras el convertidor no tiene salida hace que el motor arranque y gire a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el pulsador. Pulsando este pulsador cuando el motor está funcionando carece de efecto.
	Funciones	Este pulsador sirve para visualizar información adicional. Pulsando y manteniendo este pulsador presionando durante 2 segundos desde cualquier parámetro durante la operación, muestra lo siguiente: 1. Tensión del circuito intermedio (indicado mediante d - unidades en V). 2. Corriente de salida. (A) 3. Frecuencia de salida (Hz) 4. Tensión de salida (indicada mediante o unidades en V). 5. El valor seleccionado en P0005 (si P0005 está ajustado para mostrar Funciones cualquiera de los valores de arriba (3,4 ó 5) entonces éste no se muestra de nuevo). Cualquier pulsación adicional hace que vuelva a visualizarse la sucesión indicada anteriormente. Función de salto: Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rXXXX o PXXXX) a r0000, lo que permite, si se desea, modificar otro parámetro. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo a su punto inicial.
	Acceder a parámetros	Pulsando este pulsador es posible acceder a los parámetros y validarlos.
	Subir valor	Pulsando este pulsador se sube el valor visualizado.
	Bajar valor	Pulsando este pulsador se baja el valor visualizado.

Figura 1. 5 Botones del panel del variador MICROMASTER 440

### 1.2.3 MOTORES

#### SISTEMAS TRIFÁSICOS

Los sistemas trifásicos se utilizan para producir y distribuir la energía eléctrica. Esto presenta varias ventajas. La primera ventaja y, quizás la más significativa, es el ahorro que se obtiene al distribuir la energía eléctrica bajo un sistema trifásico. En un sistema trifásico tenemos dos tipos de tensiones diferentes, las tensiones de fases y las tensiones de líneas. Las tensiones de fases son las tensiones que existen entre cada fase y el neutro y, se denominan  $U_{10}$ ,  $U_{20}$  y  $U_{30}$ , como se puede observar en la figura 1.6.

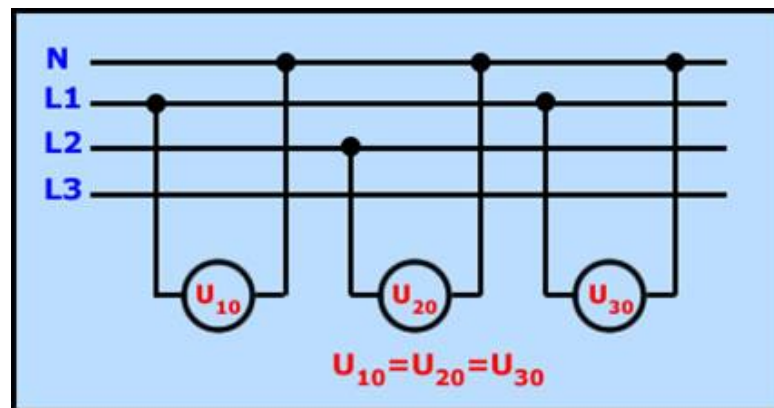


Figura 1. 6 Tensiones de fase

**Las tensiones de línea** son aquellas tensiones que existen entre diferentes fases. Estas tensiones se denominan  $U_{12}$ ,  $U_{23}$  y  $U_{31}$ , como se puede observar en la figura 1.7.

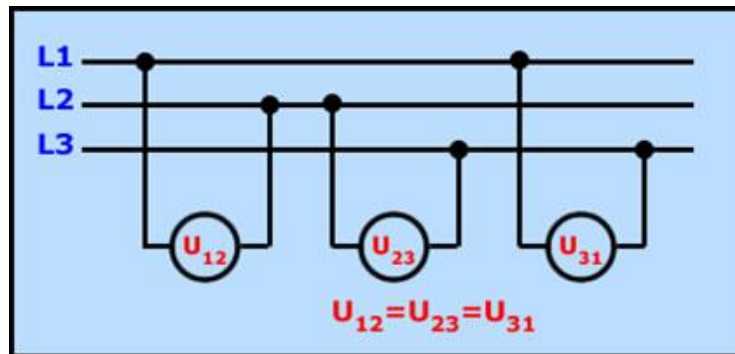


Figura 1. 7 Tensiones de línea

Como se puede observar existen diferencias entre las tensiones de fases y las tensiones de línea. Las tensiones de líneas normalmente son  $\sqrt{3}$  más elevadas que las tensiones de fases. Todo dependerá de cómo este conectado el generador. Puede estar conectado en estrella o en triángulo.

Al disponer de dos tensiones diferentes se puede dedicar la más elevada para la industria y la más baja para zonas residenciales o viviendas.

Además, en la industria se utilizan máquinas eléctricas como son los transformadores, los motores trifásicos, etc.

#### 1.2.4 PROTOCOLO USS

El protocolo USS (protocolo universal de interface en serie) define un acceso técnico de acuerdo con el principio maestro-esclavo para la comunicación a través de un bus serie. Un maestro y un máximo de 31 esclavos se pueden conectar al bus. Los esclavos individuales son seleccionados por el maestro a través de una dirección.

El usuario puede instalar, con ayuda del protocolo USS, acoplamiento de bus en serie entre un maestro de jerarquía superior y varios sistemas de

esclavos. Sistemas maestros pueden ser los controladores lógicos programables.

## **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

- Realización de un acoplamiento de varios puntos, p. ej. Hardware EIA RS 485- o un acoplamiento punto a punto p. ej. EIA RS 232.
- Técnica de acceso maestro / esclavo
- Single Master-System
- Máximo 32 usuarios de bus (máximo 31 esclavos)
- Funcionamiento opcional con largo de fijo o variable.
- La misma estructura física de bus que en PROFIBUS.
- Interface de datos hacia el aparato base según el "PERFIL de accionamientos de velocidad variable". Eso significa que las informaciones para el accionamiento se transmiten con USS del mismo modo que con PROFIBUS-DP.
- Aplicable para puesta en marcha, servicio de asistencia y automatización
- De fácil incorporación a sistemas específicos del cliente

## **ESPECIFICACIÓN DEL PROTOCOLO**

- El protocolo USS define una técnica de acceso según el principio de maestro-esclavo para la comunicación a través de un bus en serie. También permite la comunicación punto a punto (un solo maestro, un solo esclavo).
- Al bus se le puede conectar un maestro y un máximo de 31 esclavos.
- El maestro selecciona cada uno de los esclavos a través de un signo de "dirección" en el telegrama. Un esclavo por sí mismo nunca puede tomar la iniciativa de emisión. No es posible el intercambio de

información directa entre los esclavos. La comunicación se realiza con el sistema semiduplex.

- La función de maestro no se puede transferir (Single-Master-System).

## ESTRUCTURA DEL TELEGRAMA

Cada telegrama comienza con el signo STX (= 02 Hex), continúa con la longitud (LGE) y el byte de dirección (ADR). Siguen los datos útiles y lo cierra el signo de chequeo de seguridad de datos BCC (Block Check Character), como se puede ver en la figura 1.8.

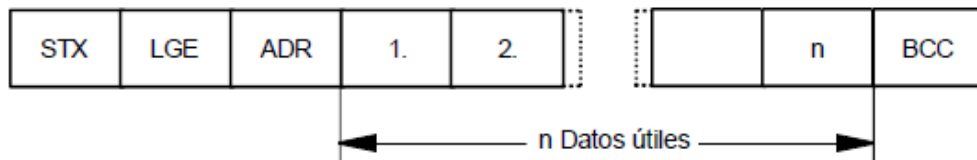


Figura 1. 8 Estructura del telegrama

Para información codificada como palabra (16 bits) en el bloque de datos útiles (= bloque de signos útiles) se transmite siempre primero el High-Byte (primer signo) y después el Low-Byte (segundo signo). Correspondiendo con lo anterior, cuando la información se transmite como palabra doble: primero se transmite la High-Word seguida de la Low-Word.

## CODIFICACIÓN DE DATOS

La información está codificada de la siguiente forma:

- STX (Start of Text)

Signo ASCII: 02 Hex.

- LGE (longitud de telegrama)

1 Byte, contiene la longitud de telegrama.

- ADR (byte de dirección)

1 byte, contiene la dirección del esclavo y el tipo de telegrama (codificación binaria).

- Signos útiles

Cada uno de los signos un Byte, el contenido depende de la función a realizar.

- BCC

1 byte, signo de chequeo de seguridad de datos (Block Check Charakter).

## **PROCESO DE TRANSMISIÓN**

El maestro toma bajo custodia la transmisión cíclica del telegrama. Se comunica consecutivamente con cada uno de los esclavos a través de un telegrama de tarea. El usuario con el que se ha comunicado el maestro manda a su vez un telegrama de respuesta. De acuerdo con el procedimiento maestro-esclavo, cuando el esclavo recibe un telegrama destinado a él tiene que enviar una respuesta al maestro, antes que este se comunique con el siguiente esclavo.

## **Estructura del bus**

El campo de aplicación del sistema de bus determina principalmente el medio de transmisión y la interface física del bus.

La base física de la interface del protocolo USS es el "Recommended Standard RS-485". Para la conexión punto a punto se puede utilizar como

base física para la interface una parte de la norma EIA RS-232 (CCITT V.24), TTY (bucle de corriente 20 mA ) o cable de fibra óptica.

## Topología

El bus USS está basado en una topología de enlace sin cables de derivación. Cada uno de los extremos de la línea termina en un usuario.

La longitud máxima de cable y con esto la distancia máxima entre el maestro y el último esclavo está limitada por las características del cable, las condiciones del entorno y la velocidad de transmisión. Para una velocidad de transmisión  $< 100$  kbit/s la longitud máxima posible es de 1200 m. El límite máximo de usuarios es 33 (1 maestro y 32 esclavos), ver figura 1.9.

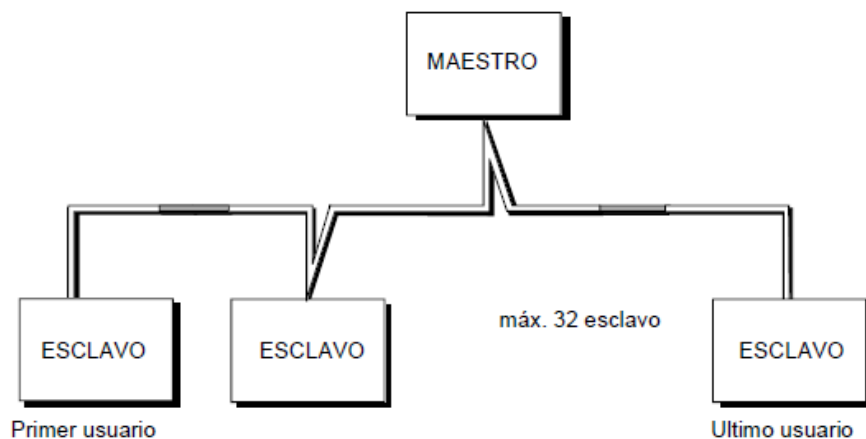


Figura 1. 9 Topología del bus USS

Hay que conectar resistencias de terminación de bus a ambos extremos de la línea (primer y último usuario). Las conexiones punto a punto se tratan como las conexiones de bus. Un usuario cumple la función de maestro, otro la función de esclavo.

## **Técnica de transmisión**

La transmisión de datos se realiza según el estándar EIA 485. Para acoplamientos punto a punto se puede emplear RS232. La transmisión es generalmente semiduplex, eso significa que las emisiones y las recepciones se realizan alternativamente y tienen que ser controladas por el Software. El sistema semiduplex permite utilizar las mismas líneas para transmitir en ambas direcciones. Esto posibilita un cableado sencillo y barato, funcionamiento en ambientes con perturbaciones y una alta velocidad de transmisión.

### **1.2.5 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES**

Los Controladores Lógicos Programables, PLC's como ellos son comúnmente llamados, ofrecen muchas ventajas sobre otros dispositivos de control tales como relevadores, temporizadores electrónicos, contadores y controles mecánicos como del tipo tambor.

Los Controladores Lógicos Programables, (PLC's, Programmable Logic Controller), nacieron esencialmente como tales, a finales de la década de los 60s y principios de los 70s. Las industrias que propiciaron este desarrollo fueron las automotrices. Ellas usaban sistemas industriales basadas en relevadores, en sus sistemas de manufactura. Buscando reducir los costos de los sistemas de control por relevadores, la General Motor preparó en 1968 ciertas especificaciones detallando un "Controlador Lógico Programable", Estas especificaciones definían un sistema de control por relevadores que podían ser asociado no solamente a la industria automotriz, si no prácticamente a cualquier industria de manufactura.



Según la NEMA (National Electrical Manufacturers Association), el PLC es un aparato electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones las cuales implementan funciones específicas tales como lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para controlar a través de módulos de entrada /salida digitales y analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. Una computadora digital que es usada para ejecutar las funciones de un controlador programable, se puede considerar bajo este rubro. Se excluyen los controles secuenciales mecánicos. De una manera general se puede definir al controlador lógico programable a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control. Su programación y manejo puede ser realizado por personal con conocimientos electrónicos sin previos conocimientos sobre informática.

#### **1.2.6 INTERFAZ SERIE RS-485**

El alcance de la RS-232 es apenas de 15 m, un valor muy reducido para aplicaciones industriales reales. Es por esto que se creó el estándar RS-485. La característica más relevante de la RS-485 es que puede trabajar en modo diferencial.

El RS-485 También conocido como EIA-485 es una especificación eléctrica (de la capa física en el modelo OSI) de las conexiones half-duplex, two-wire y multipoint serial. Se utiliza una conexión balanceada sin conector físico. Con lo que se consigue mejorar la velocidad y distancia máxima.

RS485 sólo especifica características eléctricas de una unidad, pero no especifica o recomienda ningún protocolo de datos. RS-485 soporta distintos tipos de conectores como DB-9 y DB-37.

Algunos usos del RS-485:

- SCSI-2 y SCSI-3 emplean esta especificación para implementar la capa física.
- RS-486 a menudo es usado en UARTs para implementar comunicaciones de datos a baja velocidad en cabinas de aviones comerciales.
- También es empleado en los edificios inteligentes.
- RS486 también es usado para controlar luces de discos y de teatros, donde es conocido como DMX.

## **ESPECIFICACIONES REQUERIDAS**

- Interfaz diferencial
- Conexión multipunto
- Alimentación única de +5V
- Hasta 32 estaciones (ya existen interfaces que permiten conectar 256 estaciones)
- Velocidad máxima de 10 Mbps (a 12 metros)
- Longitud máxima de alcance de 1.200 metros (a 100 Kbps)
- Rango de bus de -7V a +12V

### **1.2.7 LABVIEW**

Es un lenguaje de programación gráfico que utiliza iconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones.

En LABVIEW se pueden crear interfaces de usuario utilizando un conjunto de herramientas y objetos.

El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

## **CARACTERÍSTICAS**

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer (programas) relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales. También es muy rápido hacer programas con LabVIEW y cualquier programador, por experimentado que sea, puede beneficiarse de él. Los programas en LabView son llamados instrumentos virtuales (VIs). Para los amantes de lo complejo, con LabVIEW pueden crearse programas de miles de VIs (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, proyectos para combinar nuevos VIs con VIs ya creados, etc. Incluso existen buenas prácticas de programación para optimizar el rendimiento y la calidad de la programación.

### **1.2.8 SISTEMA HMI SCADA**

Los sistemas HMI se puede pensarlos como una "ventana de un proceso". Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un ordenador. Los sistemas HMI en ordenadores se los conoce también como software HMI o de monitorización y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el ordenador, PLC's (Controladores lógicos programables), PACs (Controlador de automatización programable), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVER's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos

deben tener una comunicación que entienda el HMI, como se puede ver en la figura 1.10

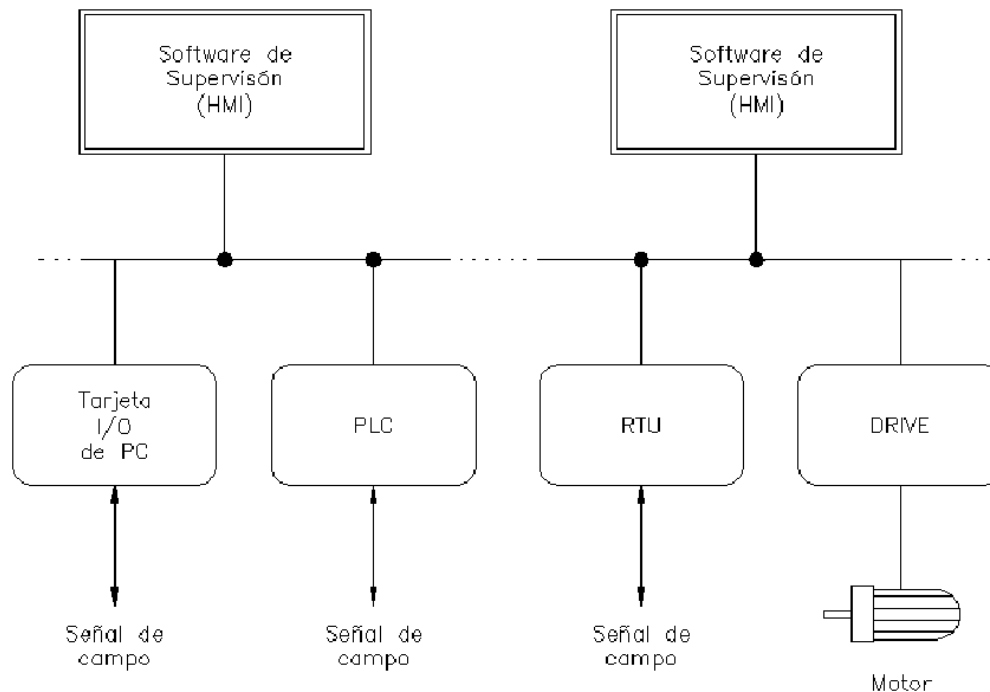


Figura 1. 10 Sistema HMI

Un HMI puede tener también vínculos con una base de datos para proporcionar las tendencias, los datos de diagnóstico y manejo de la información así como un cronograma de procedimientos de mantenimiento, información logística, esquemas detallados para un sensor o máquina en particular, incluso sistemas expertos con guía de resolución de problemas.

### CARACTERÍSTICAS

- Configuración: permite definir el entorno de trabajo del SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante

sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.

- Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.
- Gestión y archivo de datos: almacenamiento y procesado ordenado de datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- Comunicaciones: transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y también entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

## CAPÍTULO II

### 2. DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

El presente diseño va encaminado a automatizar el control y monitoreo de motores trifásicos a través de variadores de frecuencia y empleando una red industrial, para esto se utilizará el protocolo de red USS, de esta manera se puede crear un HMI que permita de una mejor manera tener el control operacional del funcionamiento de los motores.

#### 2.2 DISEÑO DE LA RED INDUSTRIAL

Para el diseño de la red se ha considerado los elementos a controlar (Motores), los elementos de control (Variadores), el protocolo a utilizarse el USS, ya que es muy versátil y sus características se adaptan a los requerimientos del proyecto.

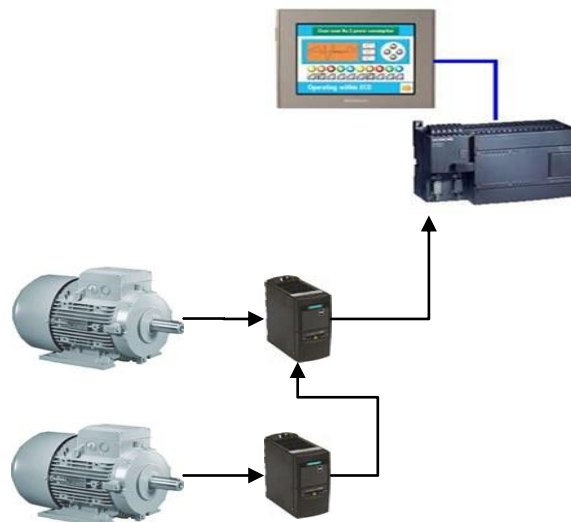


Figura 2. 1 Diseño de la Red

Como se puede ver en la Figura 2.1, parte de la red es también un PLC, el cual es una ayuda para poder realizar el control y monitoreo desde un PC, para esto en el PC se ha cargado el software Labview el cual ayudará a crear un HMI para tener el control y supervisión de los motores.

Ya que el protocolo USS permite trabajar mediante un Maestro y hasta 31 esclavos, para este caso el maestro será el PLC siemens S7 y los esclavos serán los dos variadores Micromaster 440. El protocolo USS es un protocolo de transmisión en serie sencillo, diseñado y elaborado por la firma Siemens AG para cubrir las exigencias en la técnica de accionamientos.

El campo de aplicación del sistema de bus se determina principalmente el medio de transmisión y la interface física del bus. La base física de la interface del protocolo USS es RS-485.

El bus USS está basado en una topología de enlace sin cables de derivación. Cada uno de los extremos de la línea termina en un usuario. La longitud máxima de cable y con esto la distancia máxima entre el maestro y el último esclavo está limitada por las características del cable, las condiciones del entorno y la velocidad de transmisión.



Figura 2. 2 Topología del Bus

La transmisión de datos se realiza según el estándar EIA 485. Para acoplamiento punto a punto se puede emplear RS232. La transmisión es generalmente semiduplex, eso significa que las emisiones y las recepciones se realizan alternativamente y tienen que ser controladas por el Software. El sistema semiduplex permite utilizar las mismas líneas para transmitir en ambas direcciones. Esto posibilita un cableado sencillo y barato, funcionamiento en ambientes con perturbaciones y una alta velocidad de transmisión.

Las longitudes de cable son dependientes de la velocidad de transmisión y de la cantidad de usuarios conectados. Tomando en cuenta las características de cable ya citadas es posible utilizar las siguientes longitudes de cable que se muestran en la tabla 2.1:

Tabla 2. 1 Longitudes máximas de los cables.

Velocidad de Transmisión	No. Máximo de usuarios	Longitud máxima del cable
9,6 kbit/s	32	1200 m
19,2 kbit/s	32	1200 m
93,75 kbit/s	32	1200 m
187,5 kbit/s	30	1000 m

La trama del protocolo USS se la puede ver en la Figura 2.3, el bloque de datos útiles del protocolo USS se divide en dos partes:

PKW (**P**arameter-**K**ennung-**W**ert) -Parámetro/Indicativo/Valor

PZD (**P**rozeß**d**aten) -datos de proceso

La estructura de los datos útiles se representa de la siguiente forma:



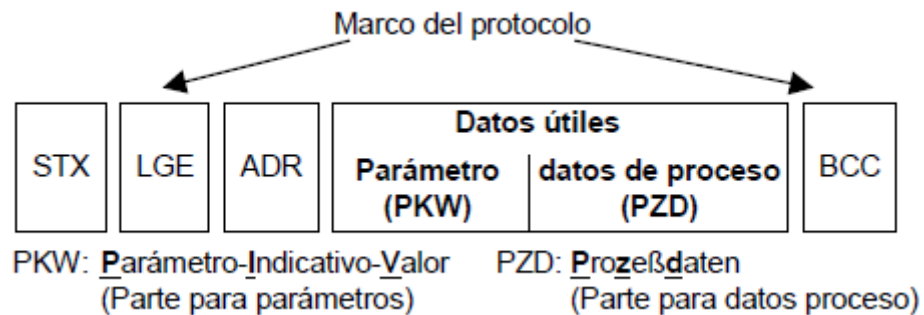


Figura 2. 3 Estructura de datos

La **parte PKW** hace referencia a la manipulación de la interface "Parámetro-Indicativo-Valor" (PKW). Bajo la denominación "interface PKW" no hay que entender que se trata de una interface física, sino que se describe un mecanismo que regula el intercambio de parámetros entre dos usuarios en la comunicación (por ejemplo control y accionamiento). Esto significa: lectura y escritura de valores de parámetros y lectura de descripciones de parámetros y textos correspondientes. Todas las funciones que se efectúan a través de la interface PKW son principalmente funciones de manejo y observación, servicio y diagnóstico.

La **parte PZD** contiene las señales necesarias para la **automatización**:

- Palabra/s de mando y consigna/s del maestro al esclavo
- Palabra/s de estado y valor/es real/es del esclavo al maestro.

Las dos partes juntas forman el bloque de datos útiles. Esta construcción es igualmente válida para el telegrama del maestro al esclavo y del esclavo al maestro.

## 2.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INDUSTRIAL

Para la implementación de la red industrial se va a utilizar dos motores:

- Motor SIEMENS
- Motor WEG



Figura. 2. 4 Motores trifásicos de la red industrial

Es recomendable que la red de alimentación sea trifásica ya que los motores requieren de este tipo de alimentación, pero también se debe tomar en consideración que los variadores Micromaster 440, pueden conectarse a una red bifásica de 220 V y proveer la alimentación trifásica que los motores necesitan, además se debe tomar en cuenta que los motores son de 9 terminales cada uno y se debe realizar las conexiones provistas por el fabricante.

En los motores eléctricos trifásicos con rotor Jaula de Ardilla podemos encontrar las conexiones que se ilustran en la tabla 2.2

Tabla 2. 2 Tipos de Conexiones de los motores trifásicos

SIMBOLOGÍA DE LA CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA CONEXIÓN	OBSERVACIONES
<b>Y</b>	ESTRELLA	Generalmente usada en motores NEMA para la tensión más alta y en potencias hasta 20 HP. Usada en motores IEC para la mayor tensión.
<b>YY</b>	ESTRELLA DOBLE O ESTRELLA PARALELA	Generalmente usada en motores NEMA para la menor tensión y potencias hasta 20 HP y en motores IEC para la menor tensión y en potencias hasta 9 HP.
<b>Δ</b>	TRIÁNGULO	En motores IEC usada para la menor tensión en cualquier potencia para motores NEMA usada para la mayor tensión y en potencias mayores que 20 HP.
<b>Δ Δ</b>	TRIÁNGULO DOBLE O TRIÁNGULO PARALELO	En motores IEC usada para la tensión menor y potencias mayores que 9 HP y en motores NEMA para la menor tensión y potencias mayores que 20 HP.

El motor siemens tiene una conexión estrella doble o estrella paralela. De acuerdo con la tabla los fabricantes efectúan combinaciones de estas conexiones para que los motores puedan funcionar con las dos tensiones de servicio a las cuales fueron diseñados, de igual forma existe una combinación de conexiones las cuales se debe tener en cuenta, las mismas que se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2. 3 Combinación de conexiones motores trifásicos Siemens

SIMBOLOGÍA DE LA CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA CONEXIÓN	OBSERVACIONES
$\Delta / Y$	TRIÁNGULO PARA LA MENOR TENSIÓN ESTRELLA PARA LA MAYOR TENSIÓN	Muy poco usada en motores NEMA y muy frecuente en motores IEC. Posibilita que el motor pueda arrancar en Estrella Triangulo en la menor tensión. También usada en motores de una sola tensión de servicio que arrancan en estrella triangulo.
$YY / Y$	ESTRELLA DOBLE PARA LA MENOR TENSIÓN ESTRELLA PARA LA MAYOR TENSIÓN	Usada en motores NEMA hasta 20 HP e IEC hasta 9 HP.
$\Delta \Delta / \Delta$	TRIÁNGULO PARA LA MAYOR TENSIÓN TRIÁNGULO DOBLE PARA LA MENOR TENSIÓN	Usada en motores IEC con potencias mayores que 7.5 HP y motores NEMA con potencias mayores que 20 HP

### 2.3.1 MARCACIÓN DE TERMINALES DE CONEXIÓN

A continuación se ilustran la marcación de terminales según la norma americana NEMA y de acuerdo con la cantidad de terminales de conexión.

Los dos motores utilizados tienen nueve terminales de conexión, a continuación se observa las distintas conexiones:

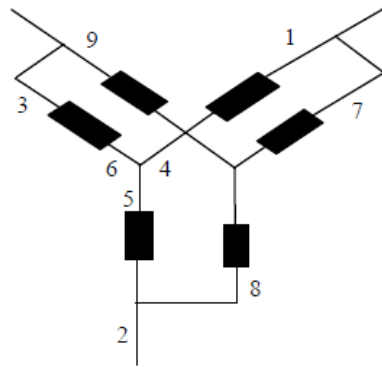


Figura 2. 5 Conexión YY: norma NEMA

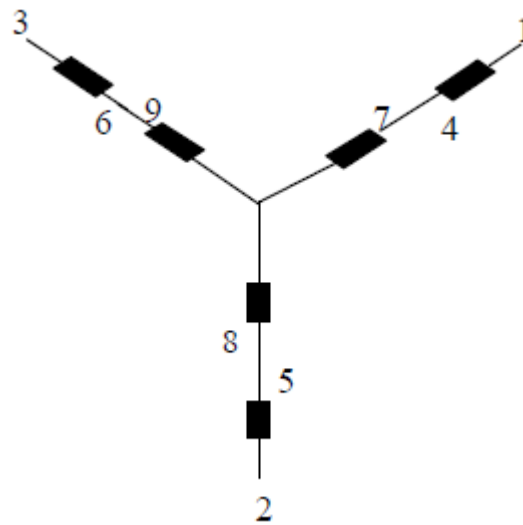


Figura 2. 6 Conexión Y: norma NEMA

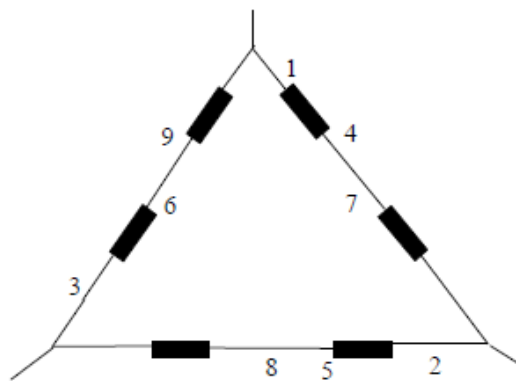


Figura 2. 7 Conexión Triángulo: norma NEMA

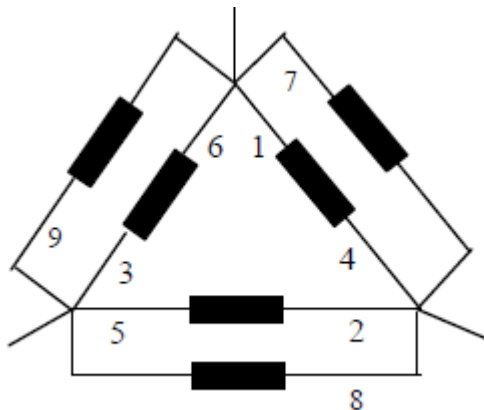


Figura 2. 8 Conexión doble Triángulo: norma Nema

### 2.3.2 CONFIGURAR ACCIONAMIENTOS MICROMASTER 440

Antes de conectar un accionamiento al S7--200, se debe vigilar que tenga los siguientes parámetros de sistema. Se utiliza el teclado del accionamiento para ajustar los parámetros:

1. Restablezca los ajustes de fábrica del accionamiento (opcional):

P0010=30

P0970=1

Si omite este paso, vigile que los parámetros siguientes se ajusten a estos valores:

Longitud USS PZD: P2012 índice 0=2

Longitud USS PKW: P2013 índice 0=127

2. Habilite el acceso de lectura/escritura a todos los parámetros (modo avanzado): P0003=3

3. Compruebe los ajustes del motor:

Para realizar la configuración de estos parámetros se ingresó los datos proporcionados por las placas de fábrica de cada uno de los motores utilizados

Se empezó ingresando el valor de las tensiones de los motores

P0304=Tensión nominal del motor (V)

En este caso se utilizó la tensión de 220v con conexión  $\Delta\Delta$  para el esclavo 0 y una tensión de 220v YY para el esclavo 1

P0305=Intensidad nominal del motor (A)

P0307=Potencia nominal del motor (W)

P0310=Frecuencia nominal del motor (Hz)

P0311=Velocidad nominal del motor (rpm)

Los datos ingresados deben ser de la placa original y no alterada o modificada para realizar la programación del variador.

Los ajustes varían dependiendo del (de los) motor(es) utilizados.

En esta aplicación se utiliza un motor SIEMENS y un motor WEG en los cuales varían los parámetros, esto se debe al fabricante que cada uno tiene.

Para poder configurar los parámetros P304, P305, P307, P310 y P311, deberá ajustar primero el parámetro P010 a"1" (modo de puesta en servicio rápida). Tras concluir la configuración, ajuste el parámetro P010 a"0". Los parámetros P304, P305, P307, P310 y P311 sólo se pueden cambiar en el modo de modo de puesta en servicio rápida.

4. Ajuste el modo de control (local o remoto): P0700 índice 0=5

5. Seleccione la consigna de frecuencia a USS en el puerto COM:

P1000 índice 0=5

6. Tiempo de aceleración (opcional): P1120=0 a 650,00

Éste es el tiempo (indicado en segundos) que el motor necesita para acelerar hasta la frecuencia máxima.

Los dos variadores que se utilizo están programados con tiempo de aceleración de 10 segundos.

7. Tiempo de desaceleración (opcional): P1121=0 a 650,00

Éste es el tiempo (indicado en segundos) que el motor necesita para desacelerar hasta parar por completo

De igual forma los variadores tienen un tiempo de desaceleración de 10 segundos.

8. Ajuste la frecuencia de referencia del puerto serie: P2000=1 a 650 Hz

La frecuencia de referencia utilizada en esta aplicación es de 60 Hz

9. Ajuste la normalización USS: P2009 índice 0=0



10. Ajuste la velocidad de transferencia del puerto serie RS--485:

P2010 índice 0=

4 (2400 bit/s)

5 (4800 bit/s)

6 (9600 bit/s)

7 (19200 bit/s)

8 (38400 bit/s)

9 (57600 bit/s)

12 (115200 bit/s)

La velocidad de transferencia utilizada es la opción 6 (9600 bit/s)

11. Introduzca la dirección del esclavo: P2011 índice 0=0 a 31

Todos los accionamientos (31 como máximo) se pueden controlar a través del bus.

12. Ajuste el timeout del puerto serie: P2014 índice 0=0 a 65.535 ms

(0=sin timeout)

Éste es el intervalo máximo admisible entre la recepción de dos telegramas de datos.

Esta función se utiliza para desactivar el inversor en caso de un fallo de comunicación.

La temporización comienza tras haberse recibido un telegrama de datos válido. Si no se recibe otro telegrama de datos dentro del período de

tiempo indicado, el inversor se desactivará y se visualizará el código de error F0070. Ajustando el valor a cero se desconecta el control.

13. Transfiera los datos de la RAM a la EEPROM:

P0971=1 (iniciar la transferencia) Guardar los cambios de los parámetros en la EEPROM

Si se quiere almacenar en la memoria RAM es la opción 0, los variadores están almacenando todos los parámetros en la memoria EEPROM.



Figura 2. 9 Red Industrial USS

Como se puede ver en la Figura 2.9, la conexión de la red con protocolo USS, se limita a un cable bifilar que sale del puerto del PLC y se conecta a los terminales 29 y 30 del Variador Micromaster 440, en la figura 2.10 se puede ver unos ejemplos de cómo se debe conectar y que no se debe hacer al realizar las conexiones del Bus.

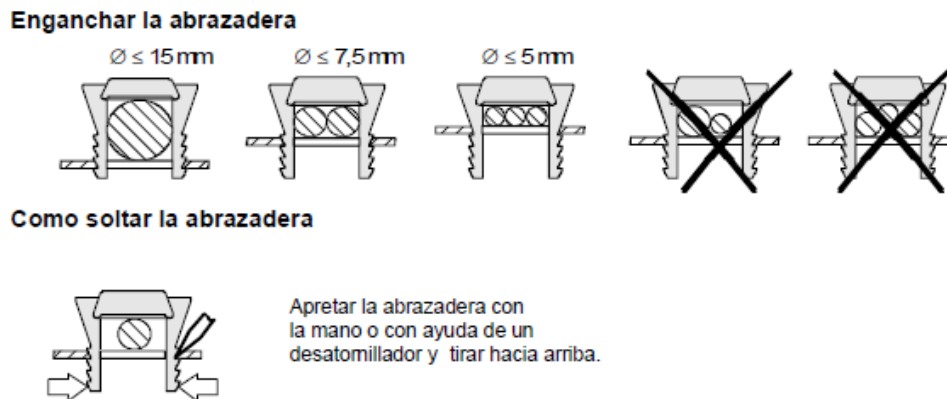


Figura 2. 10 Manipulación de las Abrazaderas.

## 2.4 DISEÑO DEL HMI

La interfase HMI fue desarrollada en LabVIEW aprovechando las facilidades y funcionalidad que este software proporciona, en el panel de control se ha provisto de los siguientes elementos (como se puede ver en la figura. 2.11):

Botón de Encendido y Apagado (Independiente para cada Motor)

Botón de Apagado Inercial (Independiente para cada Motor)

Botón de Apagado rápido (Independiente para cada Motor)

Botón de Actualización (Independiente para cada Motor)

Botón de inversión de giro (Independiente para cada Motor)

Perilla para control de velocidad (Independiente para cada Motor)

Medidor de RPM (Independiente para cada motor).

Cuadro Indicador de RPM (Independiente para cada motor)

Cuadro Indicador de Porcentaje de operación del motor (Independiente para cada motor)

Cuadro Indicador de Frecuencia del motor (Independiente para cada motor)

Cuadro Indicador de Códigos de Error (Independiente para cada motor)

Cuadro Indicador de Errores (Independiente para cada motor)

Led Indicador de Alarma (Independiente para cada motor)



Figura 2. 11 Gráfico Panel de Control HMI

Para este diseño se utilizó un Tab Container, para que en cada pestaña se pueda poner los controles de cada motor así como los cuadros de datos de los mismos, la programación del HMI, se trató de que sea de lo

más sencilla ya que se le dió al PLC todo lo referente a la adquisición y procesamiento de datos, así como la comunicación de la red con el protocolo USS.

## **2.5 IMPLEMENTACIÓN DEL HMI**

Para la implementación del HMI, se debe tomar en consideración la interfase o conexión del computador con el PLC. Para esto se debe realizar la comunicación entre HMI en LabVIEW con el PLC a través del programa Top Server.

### **2.5.1 COMUNICACIÓN NI-OPC SERVERS CON SIEMENS S7-200 CPU-224 Y LABVIEW**

La conexión entre un PLC y un PC es una aplicación típica en el área industrial.

OPC (OLE para control de procesos) es una interfaz estándar entre varias fuentes de datos, como controladores lógicos programables (PLCs), unidades de terminal remota (RTUs) y sensores en la planta de fabricación, aplicaciones HMI/SCADA, herramientas de aplicación y bases de datos. Con OPC, su servidor orientado y software de aplicación se pueden comunicar sin la necesidad de que se desarrolle de manera doble los controladores de los dispositivos y proporcionando soporte para cambios en el hardware. La Fundación OPC define los estándares que permiten a cualquier cliente tener acceso a cualquier dispositivo compatible con OPC.

## 2.5.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Para el desarrollo de la comunicación entre el PLC y la PC de la Red Industrial se requiere de los siguientes componentes:



Figura 2. 12 Componentes de la comunicación entre PLC y PC

## 2.5.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PLC

El PLC Siemens S7-200 tiene un puerto de comunicaciones RS-485. Las CPU 224XP tienen dos puertos, cuyas direcciones son configurables desde el software del PLC, se puede verificar en la Figura 2.13



Figura 2. 13 Componentes del PLC

Para programar el PLC se utiliza el cable de programación PPI con conversión a USB, y el software de programación STEP-7

Este cable de programación se utiliza solamente para configurar el PLC y descargar el programa. Para la comunicación HMI OPC no se utiliza ese cable, sino un puerto de comunicaciones seriales RS-485.

Los terminales de comunicación del puerto del PLC son los siguientes. Como puede observarse, los pines 6 y 7 tienen altos voltajes que podrían dañar un interfaz RS-485 estándar, por lo que es necesario construir un cable que interconecte solamente las señales necesarias.

#### 2.5.4 SELECCIONAR EL CABLE DE RED

Las redes S7--200 utilizan el estándar RS-485 con cables de par trenzado. En la tabla 2.4 figuran los datos técnicos del cable de red. Un segmento puede incorporar 32 aparatos como máximo.

Tabla 2. 4 Parámetros del Cable de red.

Datos técnicos	Descripción
Tipo de cable	Apantallado, con par trenzado
Resistencia de bucle	$\leq 115 \Omega/\text{km}$
Capacidad efectiva	30 pF/m
Impedancia nominal	Aprox $135 \Omega$ a $160 \Omega$ ( <i>frecuencia =3 MHz a 20 MHz</i> )
Atenuación	0,9 dB/100 m ( <i>frecuencia=200 kHz</i> )
Sección del alma del cable	$0,3 \text{ mm}^2$ a $0,5 \text{ mm}^2$
Diámetro del cable	8 mm $\pm 0,5$ mm

#### 2.5.5 ASIGNACIÓN DE PINES

Los puertos de comunicación de las CPUs S7--200 son compatibles con el estándar RS--485 vía un conector D subminiatura de 9 pines, conforme

al estándar PROFIBUS definido en la norma europea EN 50170. La tabla 2.5 se muestra el conector que ofrece el enlace físico para el puerto de comunicación, indicándose también las asignaciones de pines de los puertos de comunicación.

Tabla 2. 5 Asignación de Pines del puerto de comunicación del S7.200

Enchufe	Nº de pin	Señal PROFIBUS	Puerto 0/Puerto 1
	1	Blindaje	Tierra
	2	24 V Hilo de retorno	Hilo lógico
	3	Señal B RS-485	Señal B RS-485
	4	Petición de transmitir	RTS (TTL)
	5	5 V Hilo de retorno	Hilo lógico
	6	+5 V	+5 V, 100 Ω resistor en serie
	7	+24 V	+24 V
	8	Señal A RS-485	Señal A RS-485
	9	No aplicable	Selección protocolo de 10 bits (entrada)
	Carcasa del enchufe	Blindaje	Tierra

## 2.5.6 CONECTOR RS-485

El conversor NI USB-RS485 tiene la siguiente disposición de pines.

	<b>Pin</b>	<b>422/485</b>
	1	GND
	2	CTS+ (HSI+)
	3	RTS+ (HSO+)
	4	RXD+
	5	RXD-
	6	CTS- (HSI-)
	7	RTS- (HSO-)
	8	TXD+
9	TXD-	
conector RS-485	Disposición de pines conector DB 9	

Figura 2. 14 Conector DB 9



## 2.5.7 CONEXIÓN RS485 PROFIBUS DE SIEMENS A RS485 GENÉRICO

Las conexiones para un puerto RS-485 genérico se puede observar en la Figura 2.15.

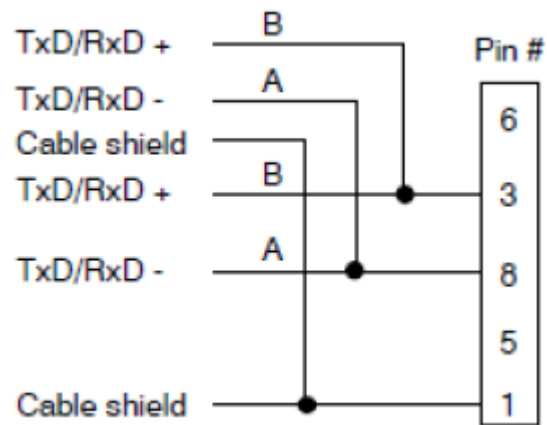


Figura 2. 15 Conexiones RS-485 genérico

A continuación en la tabla 2.6 se resumen las conexiones necesarias:

Tabla 2. 6 Conexiones necesarias para construir un cable

PLC: RS-485 PROFIBUS		PC: RS-485 GENÉRICO	
Pin#	Descripción	Pin#	Descripción
1	Tierra (Shield)	1	Gnd
2	Hilo de Retorno		No conectado
3	Señal B	4,8	RXD+, TXD+
4			
5			
6	<b>+5V - ATENCIÓN</b>		No conectado
7	<b>+24V - ATENCIÓN</b>		No conectado
8	Señal A	5,9	RXD-, TXD-
9			

Por lo tanto es necesario construir un cable adaptador entre el puerto del PLC y el puerto RS-485 del computador.

Hay que confirmar exhaustivamente la construcción de este cable, pues el puerto del PLC contiene pines con energía que pueden provocar un daño en el equipo, este diseño se muestra en la Figura 2.16.

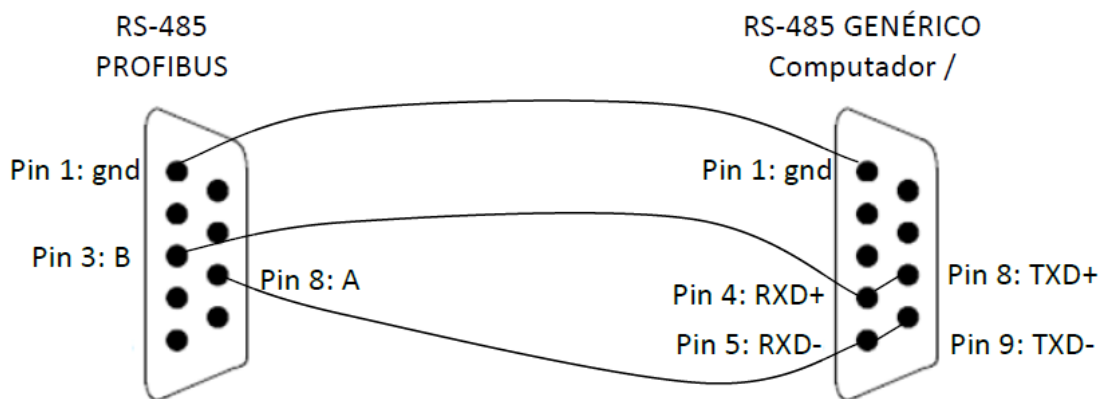


Figura 2. 16 Diseño del cable RS-485 genérico

### 2.5.8 UTILIZANDO CONVERTOR 232-485 DUCATI

El convertor Ducati convierte un puerto RS-232 en RS-485. Una de sus ventajas es que incluye leds de encendido, transmisión, y recepción. Este convertor tiene un conector combicon con los pines A,G (ground),B, y S (shield), pero éste como módem nulo; es decir, el pin A del convertor Ducati debe ir al pin B (#3) del PLC, e inversamente, el pin B del convertor Ducati debe ir al pin A (#8) del PLC. La tierra G del convertor puede ir al pin 1 del PLC.

## 2.5.9 CONFIGURACIÓN DEL NI OPC SERVER

A continuación se procede a configurar el NI OPC Server para comunicarse con el PLC que se acaba de programar. No es necesario que el PLC tenga un programa corriendo, pero es conveniente hacerlo para confirmar la lectura de las señales.

1. Abrir el programa NI OPC Servers
2. Abrir un nuevo proyecto usando el botón **New Project** ubicado en la parte superior izquierda. Aceptar, cerrar y desconectar clientes activos en caso que fuera necesario

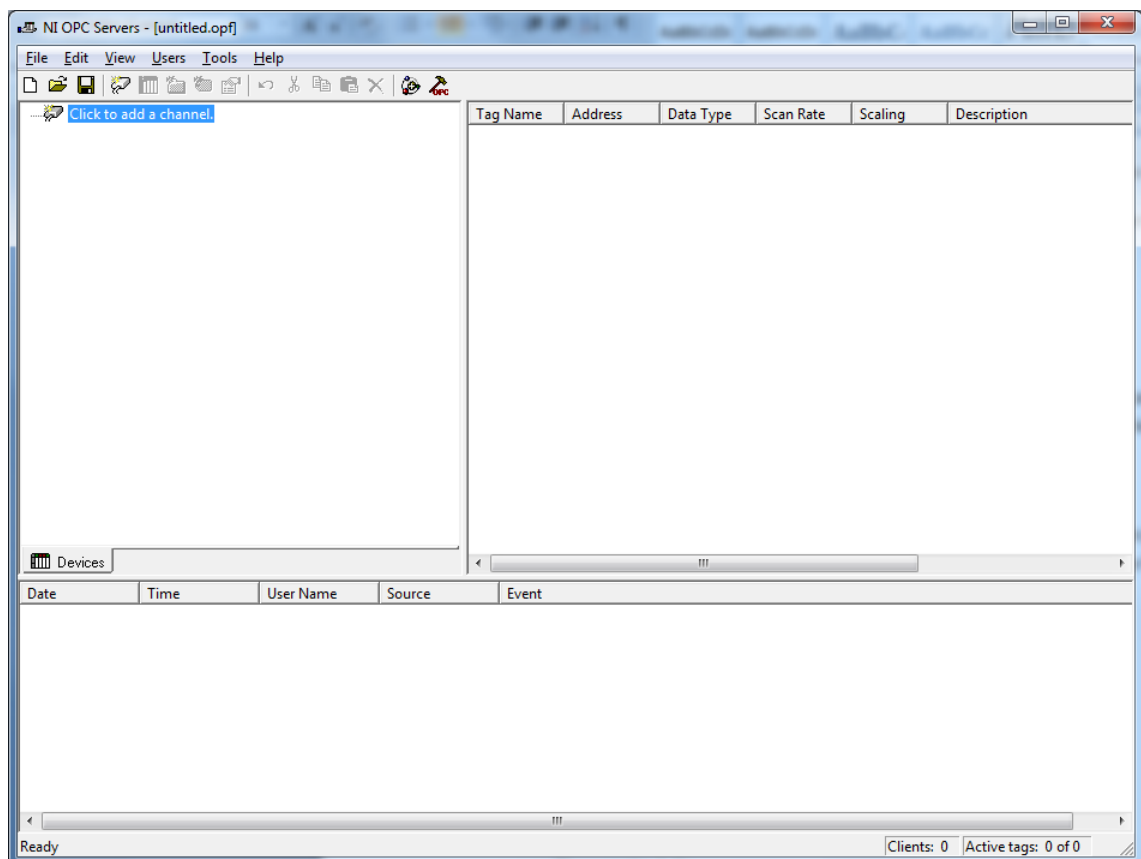


Figura 2. 17 Programa NI OPC Server

3. Añadir un canal haciendo clic en la figura del conector **Click to add a channel** en la parte izquierda superior de la pantalla. Un canal es una forma de comunicación del computador con el hardware, especificando además qué tipo de PLC se utilizará.

4. Agregar un nombre al canal. En este caso se utilizará el nombre **Siemens**. Presionar el botón **Siguiente**.

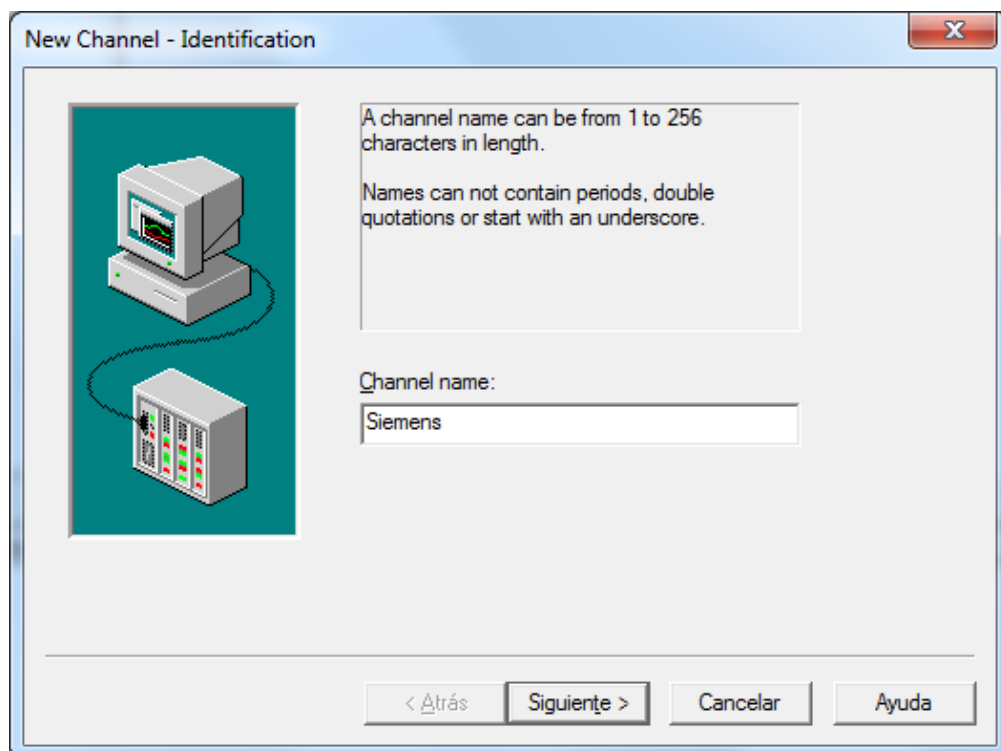


Figura 2. 18 Pantalla de identificación

5. De la lista desplegable, seleccionar **Siemens S7-200**. Habilitar el diagnóstico para depurar errores. Presionar el botón **Siguiente**.

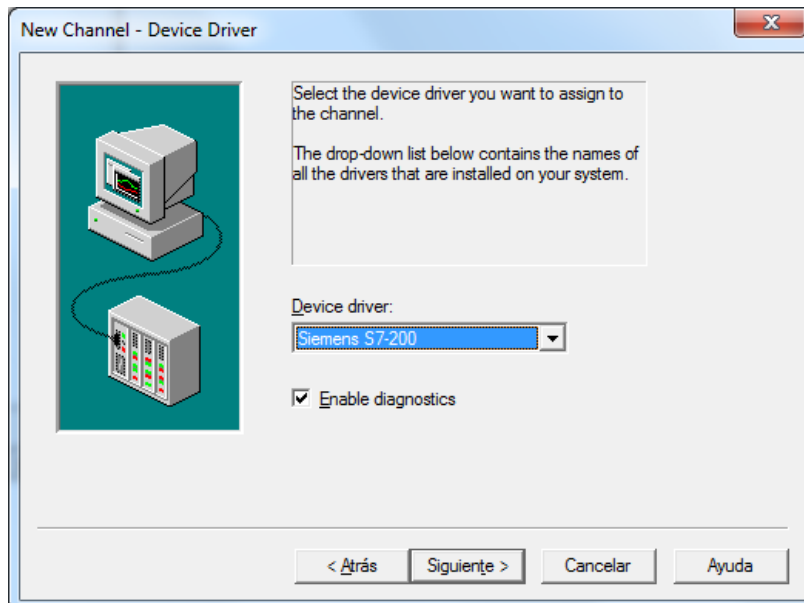


Figura 2. 19 Pantalla device driver

6. Seleccionar los parámetros de comunicación de acuerdo a la configuración tanto del PLC como del adaptador serial. Presionar el botón **Siguiente**

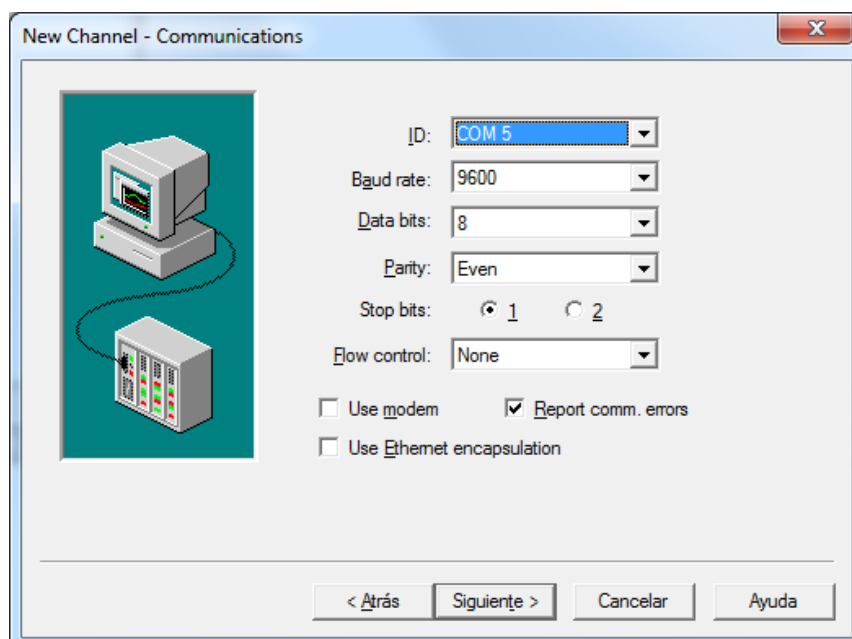


Figura 2. 20 Pantalla de comunicación

7. En la ventana de **Write Optimizations** dejar los parámetros predeterminados. Presionar el botón **Siguiente**.

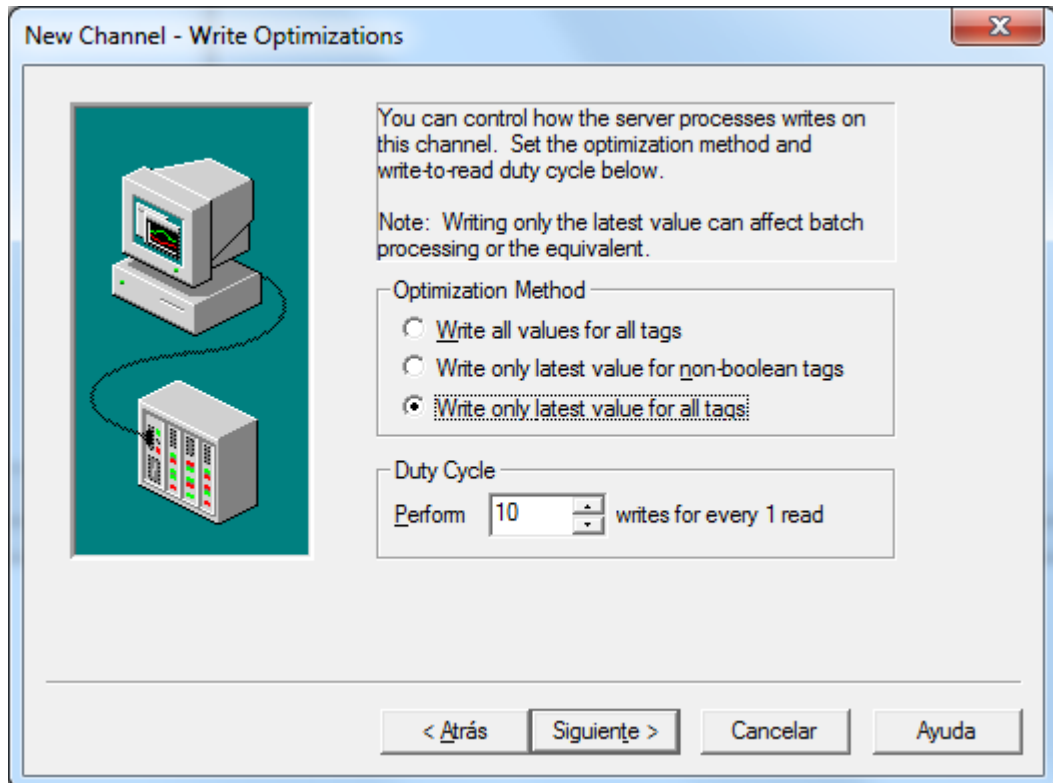


Figura 2. 21 Pantalla write optimizations

8. Especificar la dirección Master (o local) del computador de acuerdo a la configuración del PLC. Presionar el botón **Siguiente**.

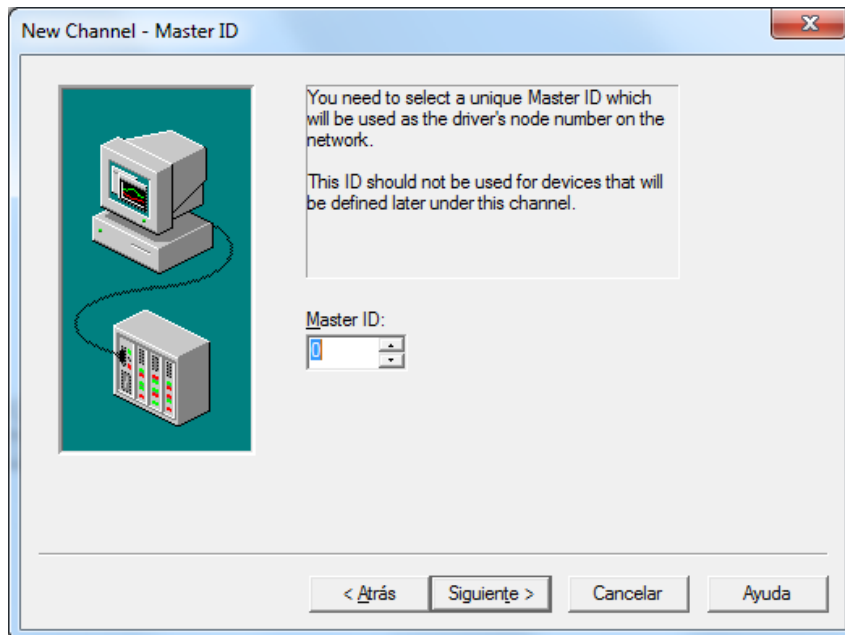


Figura 2. 22 Pantalla de Master ID

9. Aparecerá la pantalla que resume la configuración del canal.

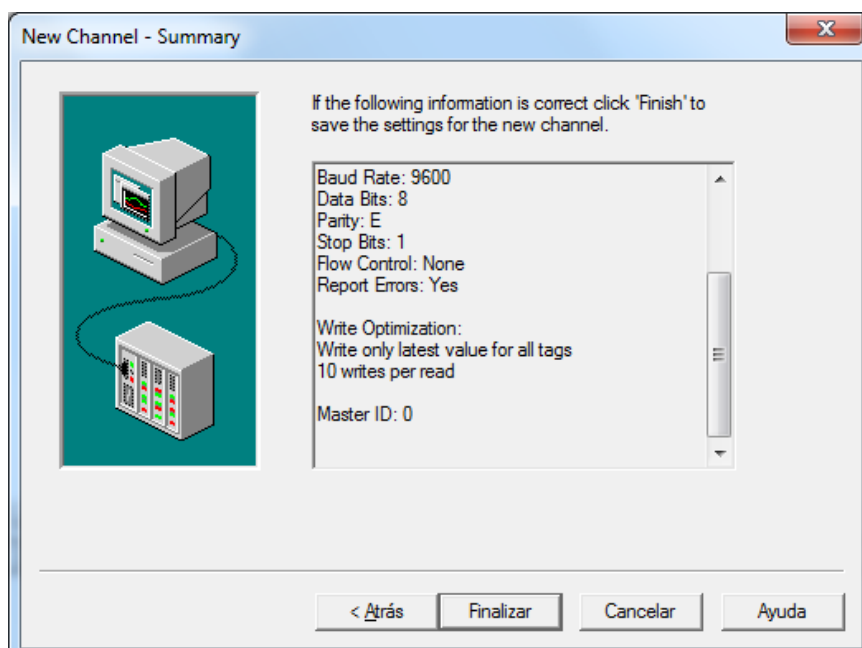


Figura 2. 23 Configuración del canal

10. Finalizar la configuración.

11. Puesto que en un canal de comunicaciones se pueden conectar varios equipos, a continuación es necesario agregar un dispositivo. Presionar **Click to add a device** en la parte izquierda superior de la pantalla

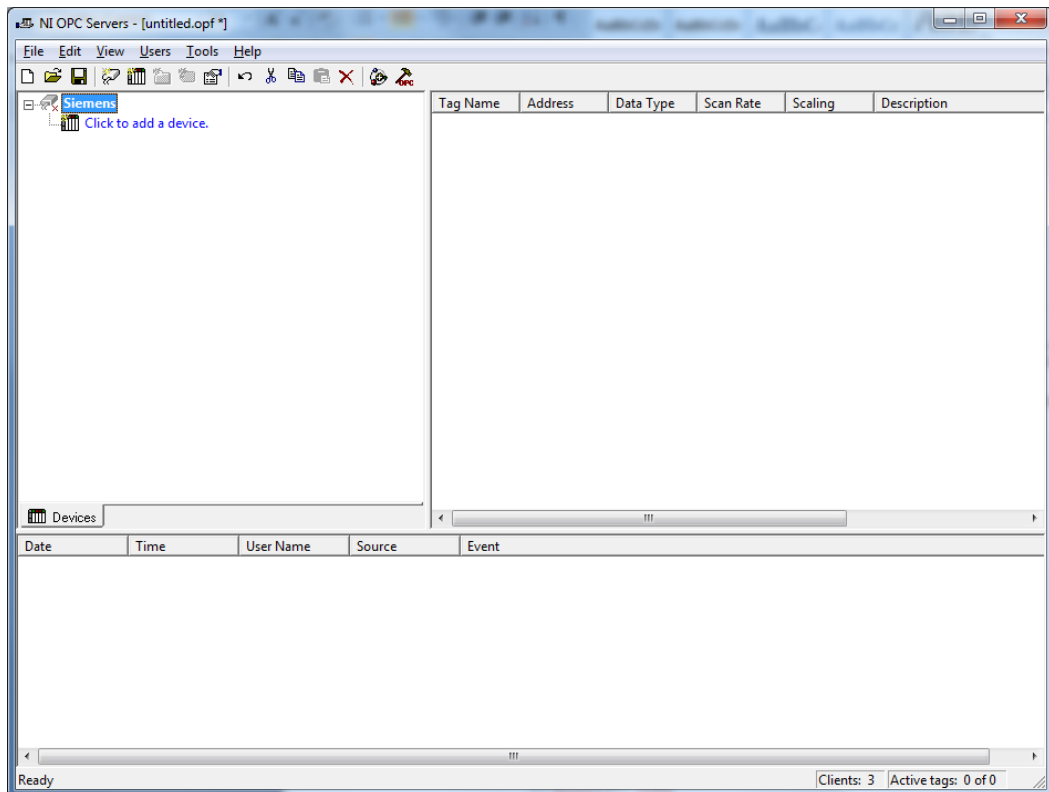


Figura 2. 24 Pantalla para agregar canales

12. Dar un nombre al dispositivo. En este caso se ha nombrado **MiPLC**. Presionar el botón **Siguiente**.



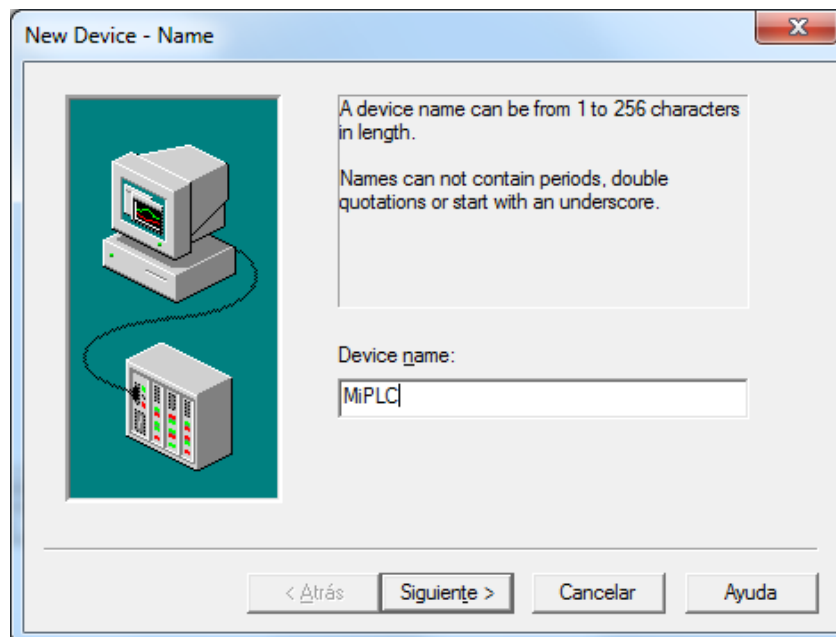


Figura 2. 25 Pantalla para asignar el nombre

13. Seleccionar el modelo del PLC como S7-200.

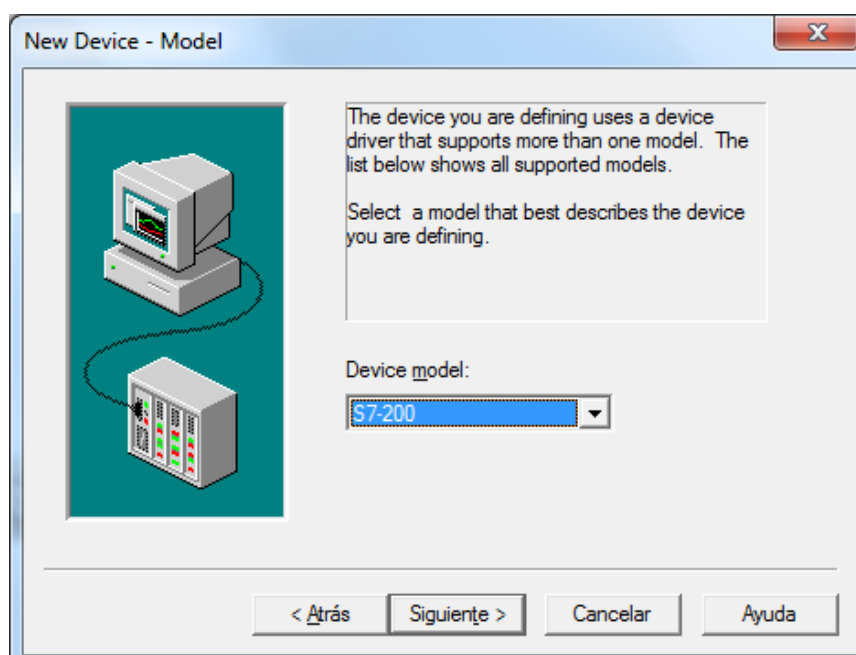


Figura 2. 26 Pantalla para escoger el modelo de PLC

14. Determinar a qué dirección de dispositivo se conectará. Ésta debe coincidir con la dirección cuando se configuró el PLC, en este caso la número 2 (en formato Decimal). Presionar el botón **Siguiente**.

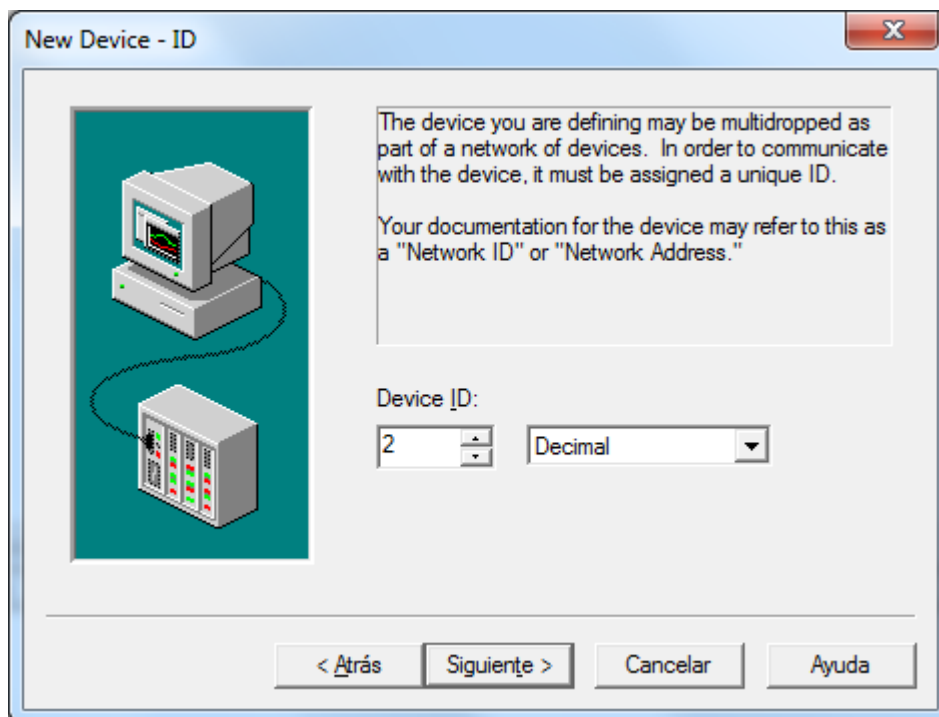


Figura 2. 27 Pantalla del ID

15. Configurar los parámetros de tiempo de comunicación. **Request timeout** es el tiempo que espera el driver sin comunicación antes de emitir una falla, no la tasa a la que el driver se comunica con el PLC (llamada poll rate). Se pueden dejar los valores predeterminados. Presionar el botón **Siguiente**.

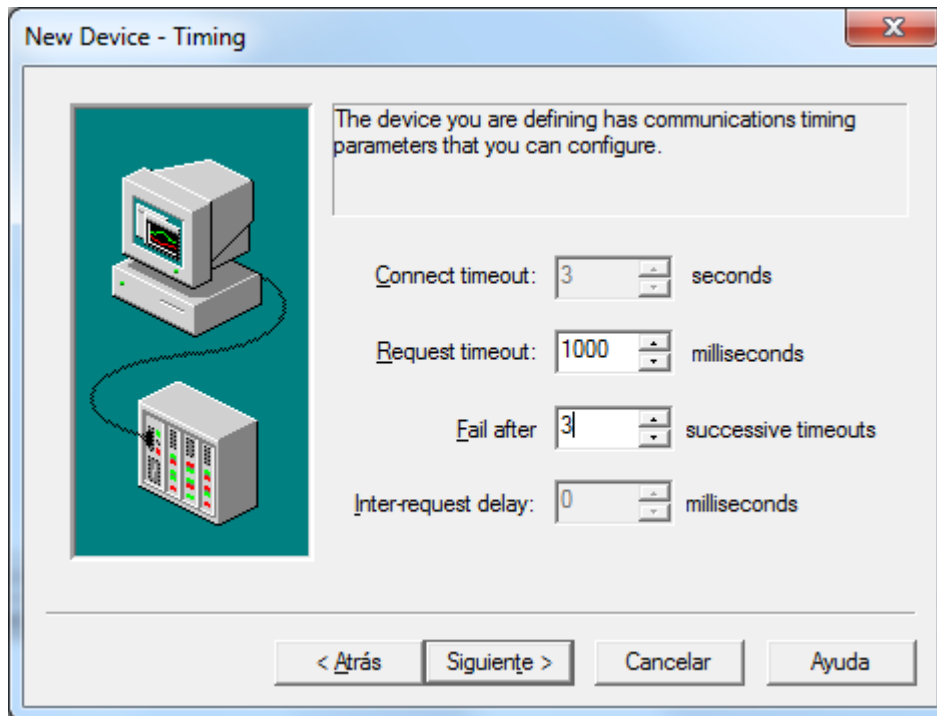


Figura 2. 28 Pantalla del timing

16. Se puede activar la opción **Auto Demotion** para que el driver pueda intentar reconectar el dispositivo en caso de una pérdida de comunicación. Presionar el botón **Siguiente**.

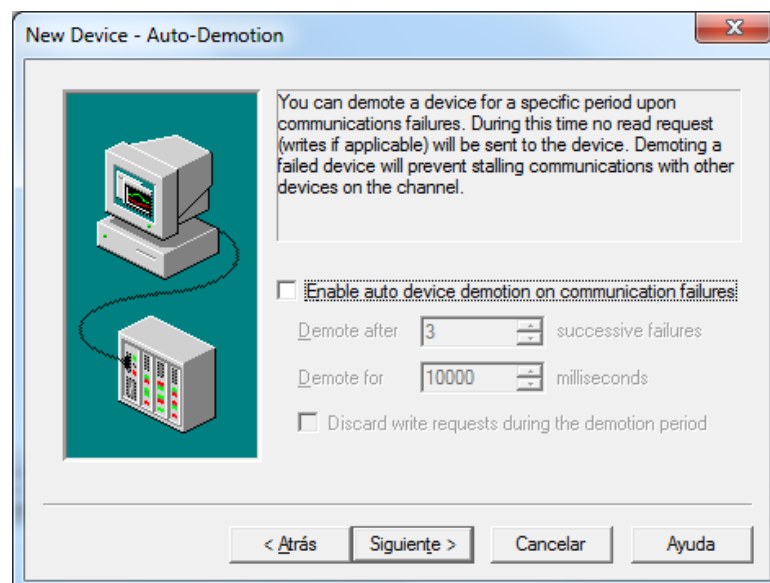


Figura 2. 29 Pantalla Auto - Demotion

17. La pantalla **Summary** resume la configuración del dispositivo. Presionar el botón **Finalizar** para terminar la configuración.

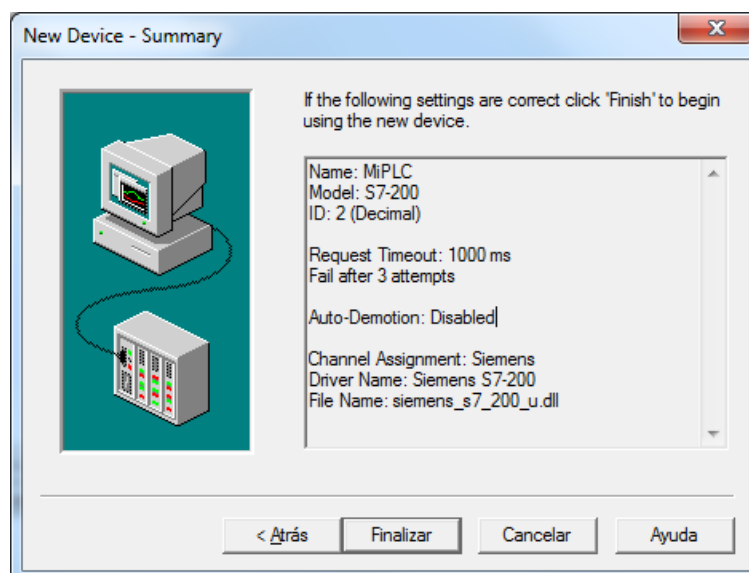


Figura 2. 30 Pantalla Summary

En este punto ya está configurada la comunicación del PLC Siemens S7-200 con el computador mediante OPC; es decir que desde un cliente OPC se podría monitorear las entradas, salidas, y parámetros del sistema del PLC. Sin embargo es conveniente agregar una etiqueta estática (Static Tag) tanto para probar la comunicación como para que sea accedida posteriormente desde el cliente OPC.

### 2.5.10 ETIQUETAS ESTÁTICAS

1. Añadir una etiqueta estática haciendo clic en el enlace **Click to add a static tag**.

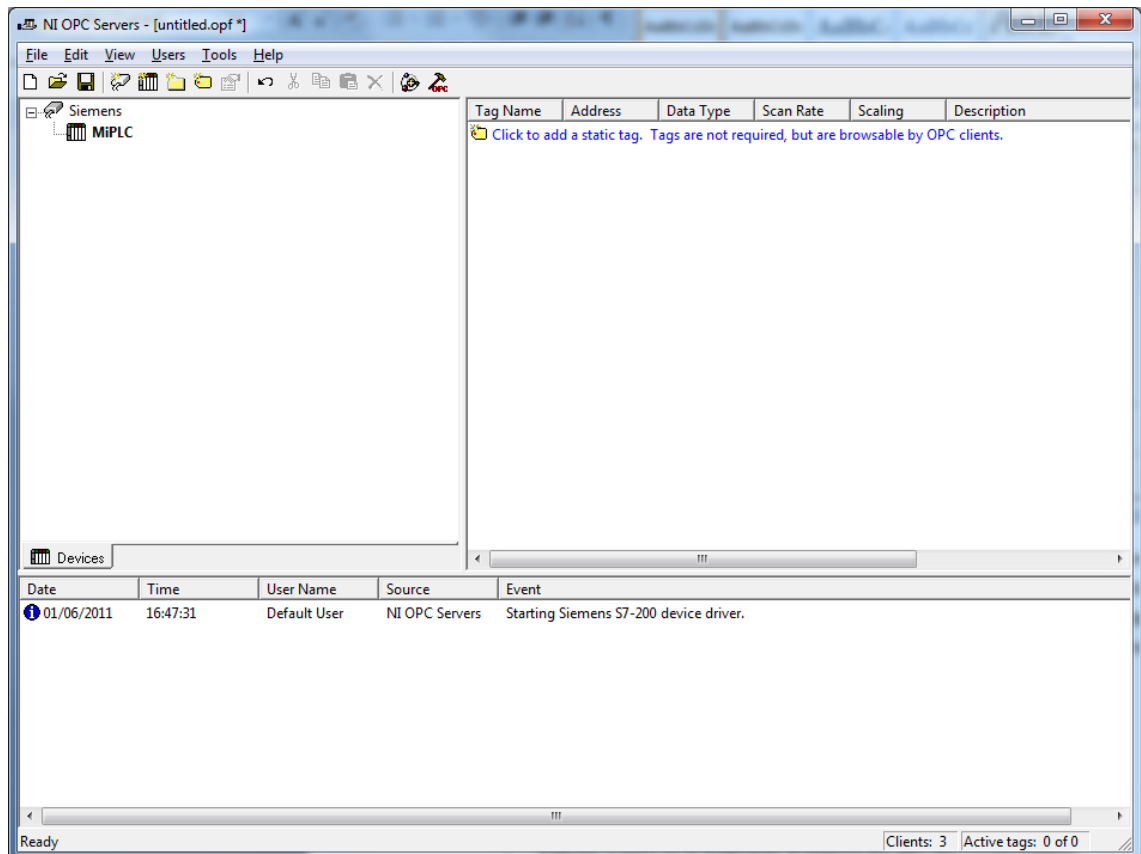


Figura 2. 31 Pantalla para agregar etiquetas

2. Configurar las propiedades de la etiqueta como se muestra a continuación. Notar que el tipo de dato debe ser **Boolean**, no Byte (que es el tipo de dato predeterminado). En este caso, cuando se especifica una dirección (por ejemplo Q0.0) en realidad apunta a una dirección de un puerto mayor (en este caso Q1.0). Se desconoce la causa y cómo direccionar al puerto 0. Sin embargo, más adelante cuando se utilice LabVIEW como cliente OPC el direccionamiento se hará correctamente. Presionar **Aceptar** una vez configurada la etiqueta.

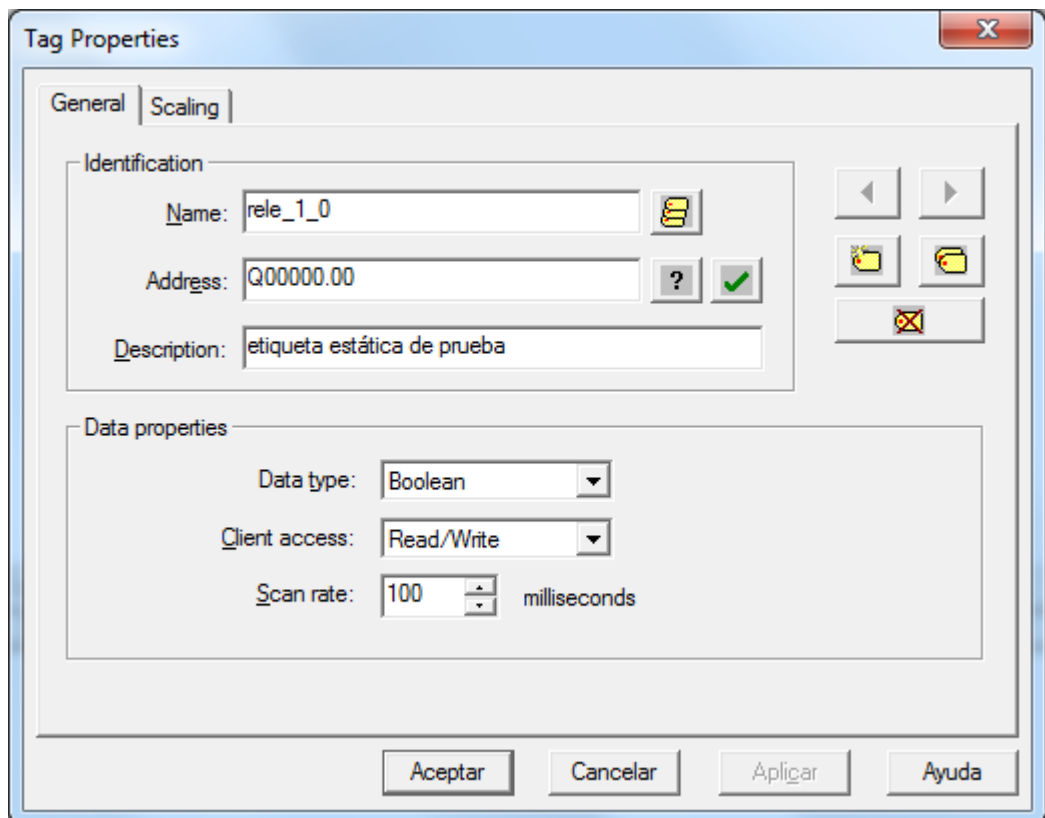


Figura 2. 32 Propiedades del tag

### 3. La etiqueta se habrá agregado al proyecto

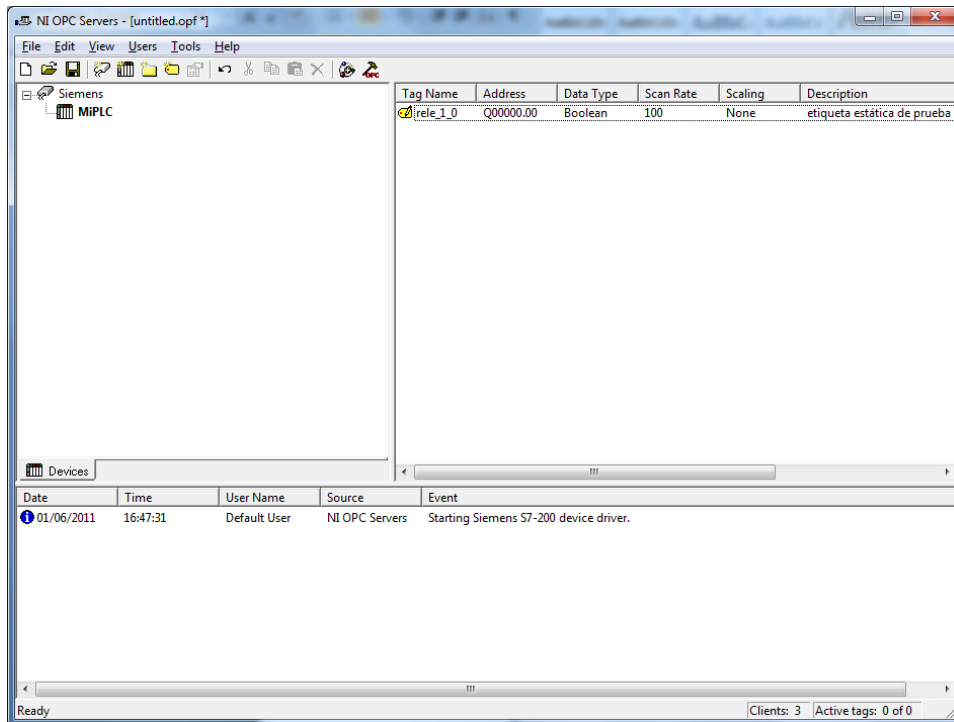



Figura 2. 33 Pantalla de etiquetas agregadas

4. Para confirmar que el PLC se esté comunicando con el servidor OPC correctamente se puede lanzar el cliente OPC rápido. Presionar el botón Quick OPC Client . En el árbol de la parte superior izquierda de la pantalla seleccionar el canal y el dispositivo que se ha configurado; en este caso, **Siemens.MiPLC**. En la parte superior derecha de la pantalla aparecerá la variable con su valor y parámetros de configuración.

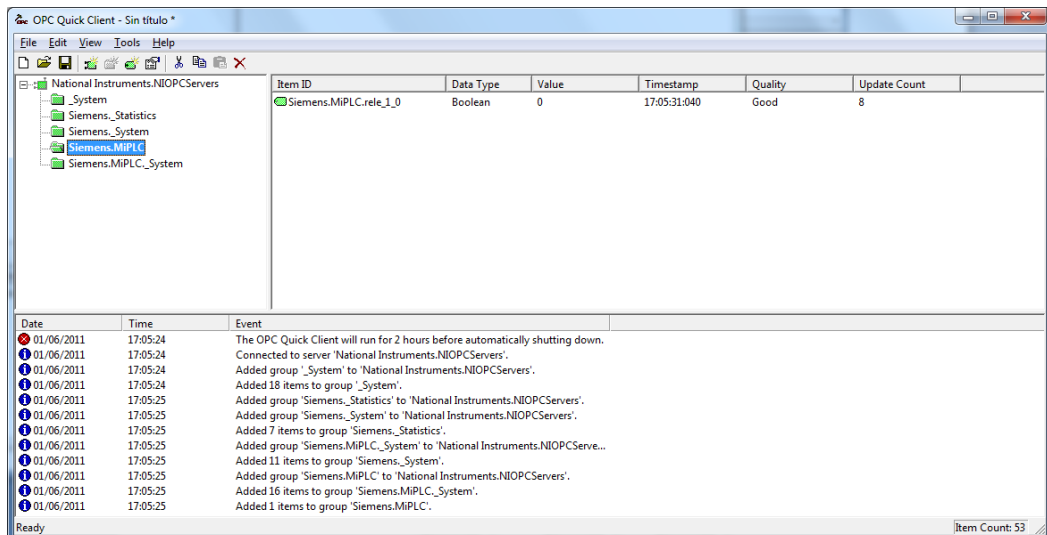


Figura 2. 34 Pantalla OPC cliente

5. Cerrar el Quick OPC Client. No es necesario guardar la configuración.

6. Guardar el proyecto.

La configuración del servidor OPC ha sido terminada. Se puede cerrar el servidor.

Para este caso la el proyecto se llama USS y las etiquetas creadas han sido para los dispositivos de control como son encendido y apagado, frenado inercial y rápido, actualización y cambio de dirección de giro en las figuras 2.30 y 2.31 se pueden ver las pantallas de la comunicación a través de Top Server.



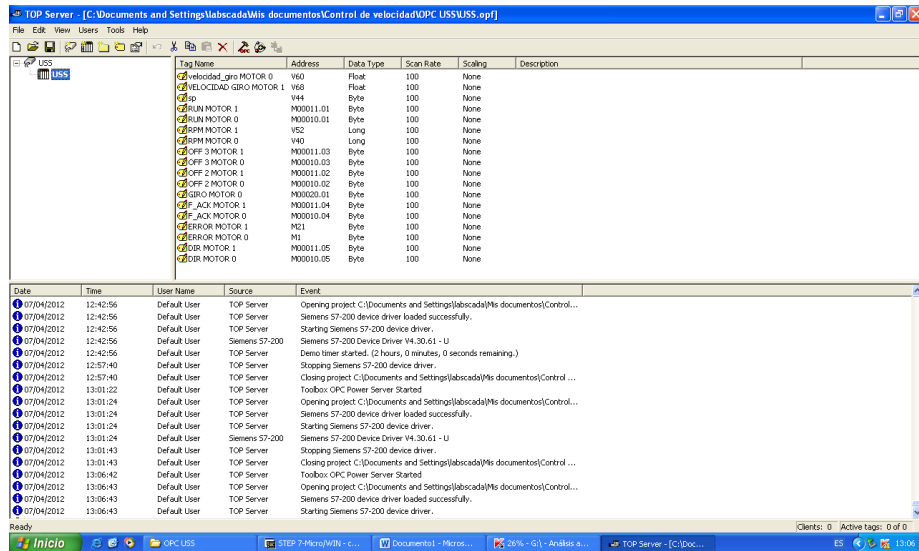


Figura 2. 35 Pantalla Top Server comunicación USS

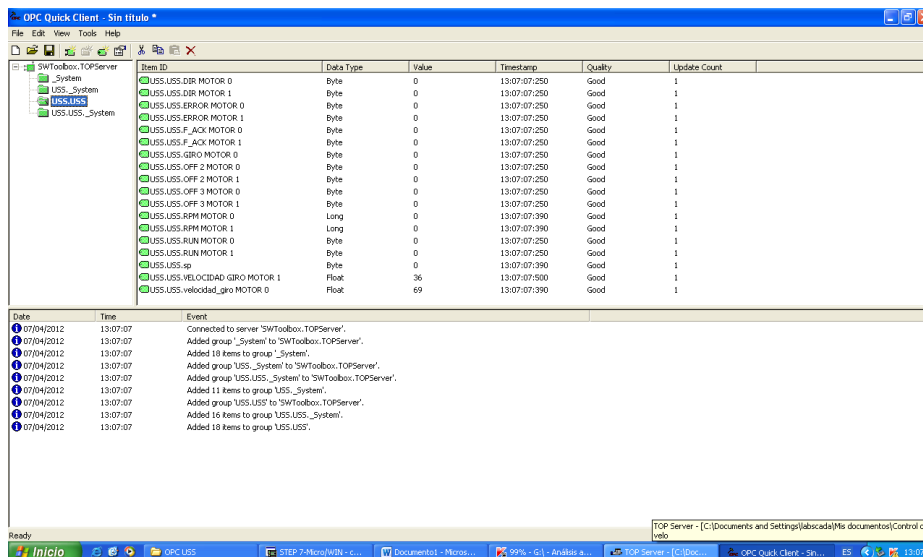


Figura 2. 36 Pantalla cliente OPC

## **CAPÍTULO III**

### **3. PRUEBAS**

#### **3.1 PRUEBAS EXPERIMENTALES**

Durante la implementación del presente proyecto las pruebas se realizaron en etapas de la siguiente manera:

Control del Motor con un variador  
Control de un motor desde LabVIEW  
Diseño de la Red Industrial  
Control de dos motores desde LabVIEW

#### **3.2 PRUEBAS DE VARIADORES DE FRECUENCIA**

El control de procesos y el ahorro de la energía son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad. Históricamente, los variadores de velocidad fueron desarrollados originalmente para el control de procesos, pero el ahorro energético ha surgido como un objetivo tan importante como el primero.

Entre las diversas ventajas en el control del proceso proporcionadas por el empleo de variadores de velocidad destacan:

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Distintas velocidades de operación para cada fase del proceso.
- Compensación de variables en diversos procesos.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Ajuste de la tasa de producción.

- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control del par motor (torque).

En esta etapa se probó el modo de trabajo del variador Micromaster 440 y la manera de programarlo manualmente para controlar un motor trifásico.

Primero se revisó el manual y las instrucciones de programación, luego se realizaron las conexiones entre el Micromaster y el Motor, tomando en muy en cuenta las medidas de seguridad, la conexión se puede ver en la figura 3.1, se debe tomar muy en cuenta que el Convertidor no se debe montar en posición horizontal.

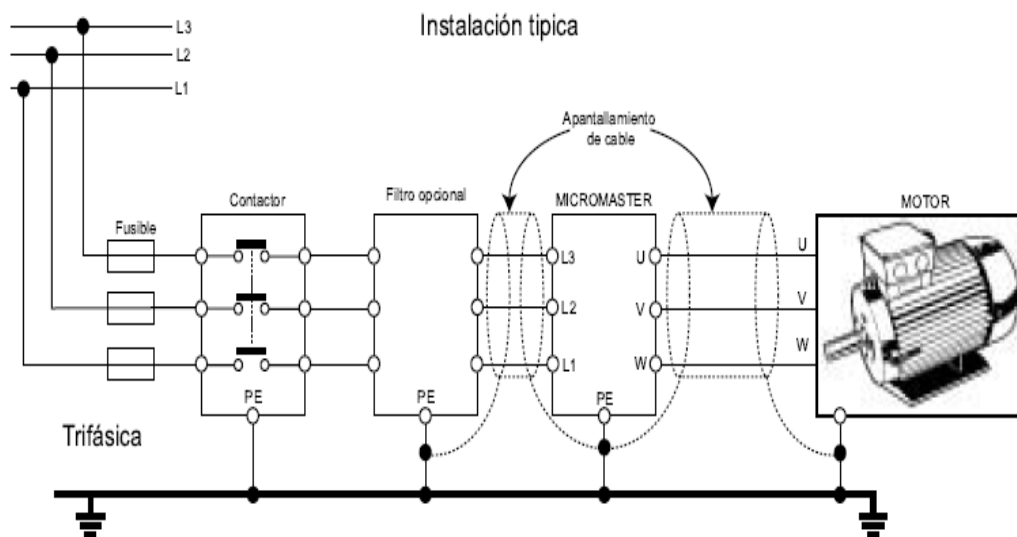


Figura 3.1 Instalación típica de un Variador de la serie Micromaster.

Luego se ingresaron los parámetros del motor: tipo de conexión, corriente nominal, revoluciones por minuto, frecuencia y potencia. Esto se lo realizó en el BOP del variador tomando en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 3. 1 Parámetros del motor

Parámetro	Significado	Por defecto Europa (Norteamérica)
P0100	Modo operación Europa/USA	50 Hz, kW (60Hz, 1hp)
P0307	Potencia nominal del motor	Las unidades (kW o Hp) dependen del ajuste de P0100. [valor dependiente de la variante.]
P0310	Frecuencia nominal del motor	50 Hz (60 Hz)
P0311	Velocidad nominal del motor	1395 (1680) rpm [dependiendo de la variante]
P1082	Frecuencia máxima del motor	50 Hz (60 Hz)

En la instalación se tiene que tomar en cuenta los cables de alimentación y los del motor, es necesario tenderlos separados de los cables de mando. No llevarlos a través del mismo conducto y/o canaleta.

El convertidor debe ponerse siempre a tierra. Si el convertidor no está puesto a tierra correctamente se puede destruir, así como producirse altas tensiones peligrosas para las personas. Lo mismo rige si el convertidor trabaja en redes no puestas a tierra.

### **3.2.1 CONEXIONES DE ALIMENTACIÓN Y AL MOTOR**

Antes de realizar o cambiar conexiones en la unidad, aislar de la red eléctrica de alimentación.

Asegurarse de que el convertidor está configurado para la tensión de alimentación correcta: los MICROMASTER para 230V monofásicos/trifásicos no deberán conectarse a una tensión de alimentación superior.

Si se conectan motores síncronos o si se acoplan varios motores en paralelo, el convertidor debe funcionar con la características de control tensión/frecuencia (P1300 = 0, 2 ó 3).

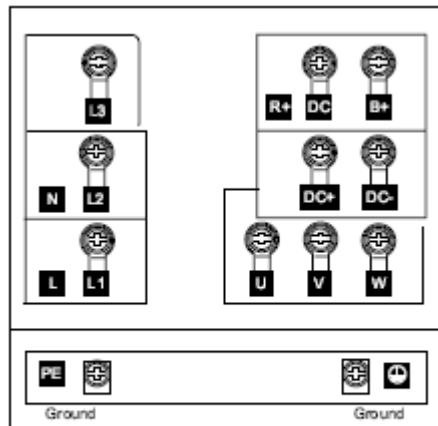
Después de conectar los cables de alimentación y del motor a los bornes adecuados, asegurarse de que estén correctamente colocadas las tapas antes de alimentar con tensión a la unidad.

Asegurarse de que entre la fuente de alimentación y el convertidor estén conectados interruptores o fusibles apropiados con la corriente nominal especificada.

Utilizar únicamente hilo de cobre de Class 1 60/75 °C (para cumplir con UL).

### **3.2.2 ACCESO A LOS BORNES DE RED Y DEL MOTOR**

Retirando las tapas se accede a los bornes de red y del motor. Las conexiones de red y del motor deben realizarse tal y como se muestra en la Figura 3.2



Tamaño constructivo A

Figura 3. 2 Bornes de Conexión Micromaster 440.

### 3.2.3 FORMA DE EVITAR INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS (EMI) (EMI)

Los convertidores han sido diseñados para funcionar en un entorno industrial cargado con grandes interferencias electromagnéticas. Normalmente, unas buenas prácticas de instalación aseguran un funcionamiento seguro y libre de perturbaciones. Si encuentra problemas, siga las directrices que se indican a continuación.

#### Acciones a tomar

- Asegurarse que todos los aparatos alojados en un armario/caja estén bien puestos a tierra utilizando cable de tierra grueso y corto conectado a un punto estrella o barra común.

- Asegurarse de que cualquier equipo de control (como un PLC) conectado al convertidor esté unido a la misma tierra o punto de estrella que el convertidor mediante un enlace corto y grueso.
- Conectar la tierra de los motores controlados por el convertidor directamente a la conexión de tierra (PE) del convertidor asociado.
- Es preferible utilizar conductores planos ya que tienen menos impedancia a altas frecuencias.
- Ajustar bien los extremos de los cables, asegurándose de que los hilos no apantallados sean lo más cortos posibles.
- Separar lo más posible los cables de control de los cables de potencia, usando conducciones separadas, y si es necesario formando ángulo de 90° los unos con los otros.
- Siempre que sea posible utilizar cables apantallados para las conexiones del circuito de mando.
- Asegurarse de que los contactores instalados en el armario/caja lleven en paralelo con las bobinas elementos supresores como circuitos RC para contactores de alterna o diodos volantes para contactores de continua. También son eficaces los supresores de varistor. Esto es importante cuando los contactores sean controlados desde el relé incluido en el convertidor.
- Utilizar cables apantallados o blindados para las conexiones al motor y poner a tierra la pantalla en ambos extremos utilizando abrazaderas.

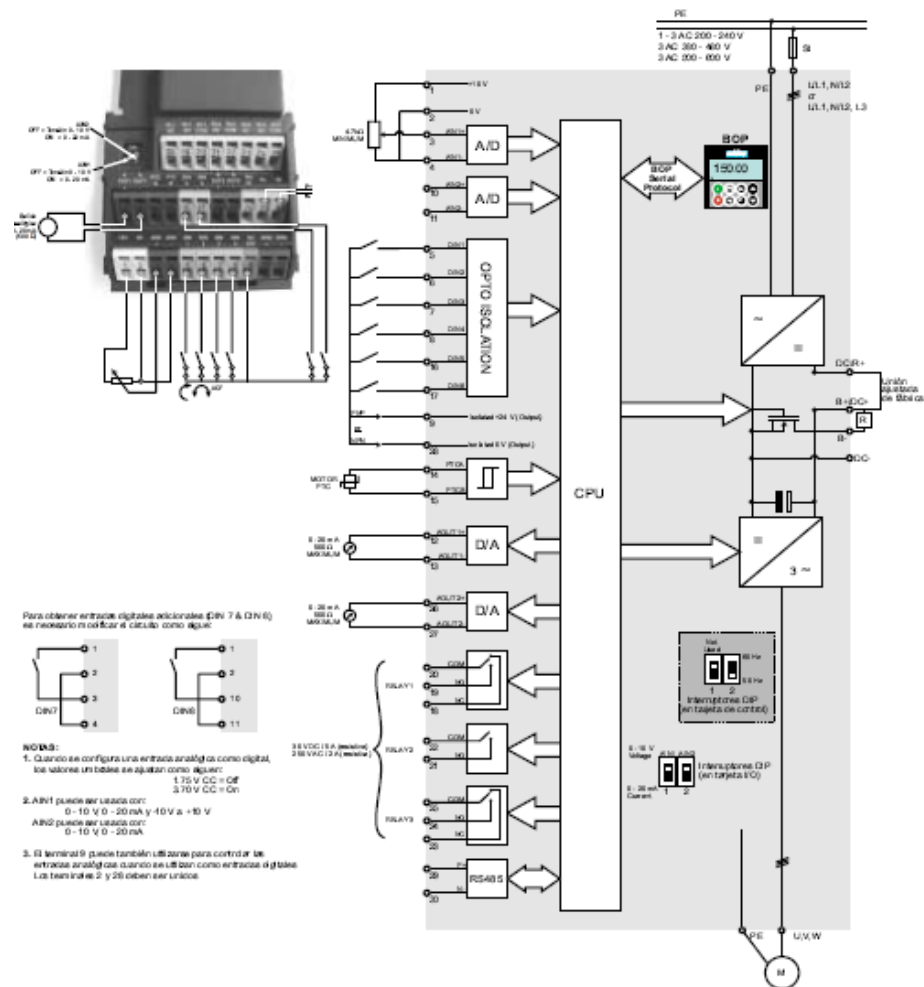


Figura 3. 3 Diagrama de bloques de conexión del variador

### 3.2.4 PUESTA EN SERVICIO CON EL PANEL BOP

Antes de la puesta en marcha se debe considerar que este equipo funciona con tensiones elevadas y que es imposible evitar la aplicación de tensiones peligrosas en ciertas partes del equipo.

Mediante el panel BOP se pueden modificar los valores de parámetros. Para parametrizar con el panel BOP se debe retirar el SDP y se debe colocar el BOP.



El panel BOP contiene una pantalla de siete segmentos en la que se muestran los números y valores de parámetros, mensajes de alarma y de fallo así como valores de consigna y valores reales. No es posible el almacenamiento de información de parámetros con el BOP.

Se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Por defecto están bloqueadas las funciones de control del motor del BOP.
- Para controlar el motor mediante el panel BOP, se debe ajustar el parámetro P0700 a 1 y el parámetro P1000 a 1.
- El panel BOP se puede colocar y retirar del convertidor mientras se esté aplicando potencia.
- Si el panel BOP se ha ajustado como control E/S (P0700 = 1), el accionamiento se parará si se retira el panel BOP.

La puesta en servicio avanzada permite adaptar el SINAMICS G110 a aplicaciones específicas. Existe en dos variantes:

### **3.2.5 VARIANTE ANALÓGICA**

Está indicada para aplicaciones con un solo convertidor. Las órdenes y consignas se imparten con un interruptor externo y un potenciómetro utilizando las entradas digitales y la entrada analógica del Micromaster 440.







### 3.2.6 VARIANTE USS

Está indicada para aplicaciones con varios convertidores comunicados. Las órdenes y consignas se imparten usando la interface RS485 con protocolo USS. Se pueden operar varios Micromaster 440 en el mismo bus.

Si se utiliza la interface USS, necesita un potencial 0 V común a todos los componentes en el bus USS. Esto lo puede hacer mediante el borne 10 de la tarjeta de control. Cada modelo Micromaster 440 dispone de diferentes modos para hacer la puesta en servicio. Estas opciones se describen a continuación.

#### Cambio de parámetros con el panel BOP

A continuación se describe cómo se puede modificar el parámetro P0004. La modificación del valor de un parámetro indexado se muestra con un ejemplo del P0719. Para el resto de los parámetros que se deseen ajustar mediante el BOP, se debe proceder exactamente de la misma forma:

Paso	Resultado en Pantalla
1.- Pulsar  para acceder a parámetros	
2.- Pulsar  hasta que se visualice P004	
3.- Pulsar  para acceder al nivel de valor del parámetros	






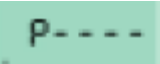
4.- Pulsar  o  hasta el valor requerido	
5.- Pulsar  para confirmar y guardar el valor	
6.- Sólo los parámetros de mando son visibles al usuario.	

Figura 3. 4 Parámetros del panel BOP

En algunos casos al cambiar valores de parámetros - la pantalla del BOP muestra . Esto significa que el convertidor está ocupado con tareas de mayor prioridad.

### 3.2.7 PUESTA EN SERVICIO RÁPIDA (P0010=1)

Es **importante** que el parámetro P0010 se use para la puesta en servicio y el P0003 para seleccionar el número de parámetros a los que es posible acceder. Este parámetro permite seleccionar un grupo de parámetros para facilitar la puesta en servicio rápida. Entre ellos se incluyen los parámetros de ajuste del motor y de los tiempos de rampa.

Al acabar la secuencia de puesta en servicio rápida es necesario seleccionar P3900, el cual, si está ajustado a 1, activa el cálculo del motor necesario y pone el resto de parámetros (no incluidos en P0010=1) a los ajustes por defecto. Esto sólo ocurre en el modo de puesta en servicio rápida.

## Diagrama de flujo para puesta en servicio rápida

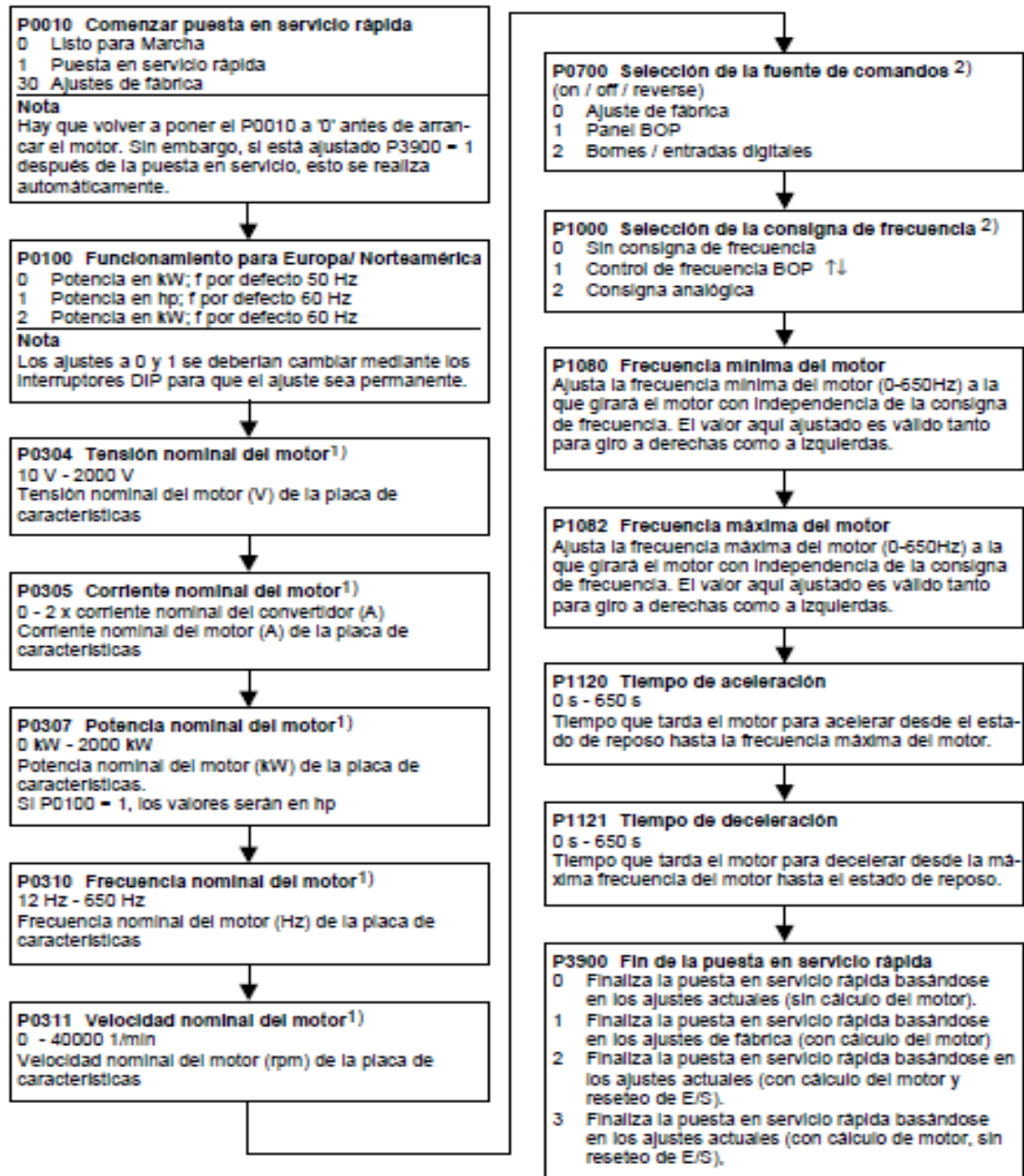


Figura 3. 5 Diagrama de puesta en servicio rápida

### 3.2.8 DATOS DEL MOTOR PARA PARAMETRIZACIÓN

A continuación en la figura 3.6 se puede ver los datos de parametrización de un motor.



Figura 3. 6 Datos de la Placa del motor

### 3.2.9 FUNCIONAMIENTO GENERAL

Para una descripción completa de los parámetros estándares y ampliados, consultar la Lista de parámetros.

Se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- El convertidor no lleva ningún interruptor de alimentación, por lo que está bajo tensión en cuanto se conecta la alimentación de red. Espera, con la salida bloqueada, hasta que se pulse el botón 'Marcha' o la presencia de una señal digital ON en el borne 5 (giro a derechas).

- Si está colocado un panel BOP o AOP y la frecuencia de salida está seleccionada para su visualización (P0005 = 21), entonces se visualiza la correspondiente consigna aproximadamente cada 1,0 segundos mientras el convertidor esté parado.
- El convertidor está programado de fábrica para aplicaciones estándar asociado a motores estándar de cuatro polos de Siemens con la misma potencia nominal que el convertidor. Si se utilizan otros motores es necesario introducir sus especificaciones tomadas de la placa de características correspondiente.
- En la Figura 3.6 puede verse la forma de leer los datos del motor.
- No es posible cambiar los parámetros del motor hasta ajustar P0010 = 1.
- Se debe volver a poner P0010 a 0 para iniciar la marcha.

### 3.2.10 OPERACIÓN BÁSICA CON EL PANEL BOP/AOP

#### Prerrequisitos





P0010 = 0 (a fin de iniciar correctamente la orden de marcha).

P0700 = 1 (habilita el botón Marcha/Parada en el panel BOP).

P1000 = 1 (habilita las consignas del potenciómetro motorizado).

Procedimiento:

1. Pulsar el botón verde  para poner en marcha el motor.

2. Pulsar el botón  mientras que gira el motor. La velocidad del motor sube hasta el valor nominal ingresado de acuerdo al tipo de motor con el que se trabaje.
3. Cuando el convertidor alcanza el valor nominal ingresado, pulsar el botón . Con ello baja la velocidad del motor.
4. Cambiar el sentido de giro con el botón .
5. El botón rojo  para el motor.

Una vez ingresados los valores de la placa del motor se procedió a realizar el encendido del motor desde el BOP, inicialmente la frecuencia por defecto del variador fue de 1 Hz por lo que el motor no se movía, luego desde el BOP se empezó a incrementar la frecuencia y el motor empezó a girar y aumentar su velocidad, se realizó también el cambio de sentido de giro, para este procedimiento el motor se detuvo y luego empezó a girar en sentido contrario a la misma velocidad que se encontraba antes de que se realice el cambio de giro.

### 3.3 PRUEBAS DE MOTORES

Para esta parte se debe tomar en consideración los datos de las placas de cada motor trifásico como son: frecuencia, potencia, velocidad nominal, corriente nominal, los datos del motor utilizado en el proyecto se pueden ver en la figura 3.6.

Para el control de velocidad se utiliza el variador de frecuencia, al cambiar la frecuencia eléctrica aplicada al estator del motor de inducción, la velocidad de rotación de sus campos magnéticos cambiará en proporción

directa al cambio de la frecuencia eléctrica y el punto de vacío sobre la curva característica par-velocidad cambiará con ella. La velocidad del motor en condiciones nominales se llama velocidad base. Se puede ajustar la velocidad del motor por encima o por de bajo de la velocidad base, utilizando control de frecuencia variable, como se puede ver en la fig. 3.7 donde la velocidad base es 1800 r.p.m.

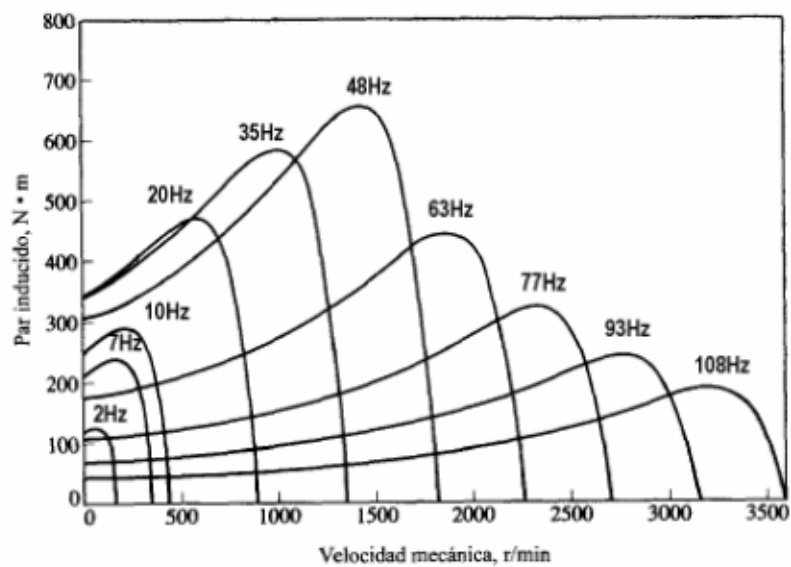


Figura 3. 7 Curvas características par-velocidad

Las pruebas a los motores se las realizó de manera conjunta con los variadores y se limitaron a encendido, apagado e inversión de giro.

### 3.4 PRUEBAS DEL PLC



### 3.4.1 PROGRAMACIÓN DEL PLC

El PLC se programa con su propio lenguaje de escaleras utilizando su propio software, en este caso se ha utilizado STEP-7

Los pasos que se debe seguir para realizar el programa son los siguientes:

1. Conectar el cable PPI Siemens del USB del computador al puerto del PLC
2. Abrir el programa STEP-7

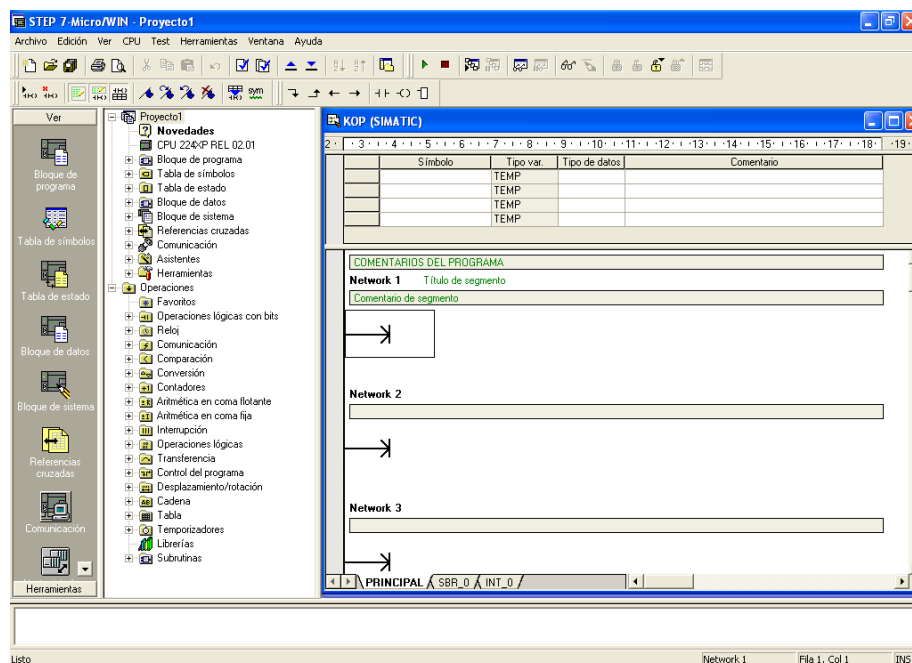


Figura 3. 8 Software STEP 7

3. En el menú de iconos a la extrema izquierda, seleccionar **Comunicación**
4. En la pantalla de comunicación, en la sección derecha, hacer doble clic para actualizar dispositivos

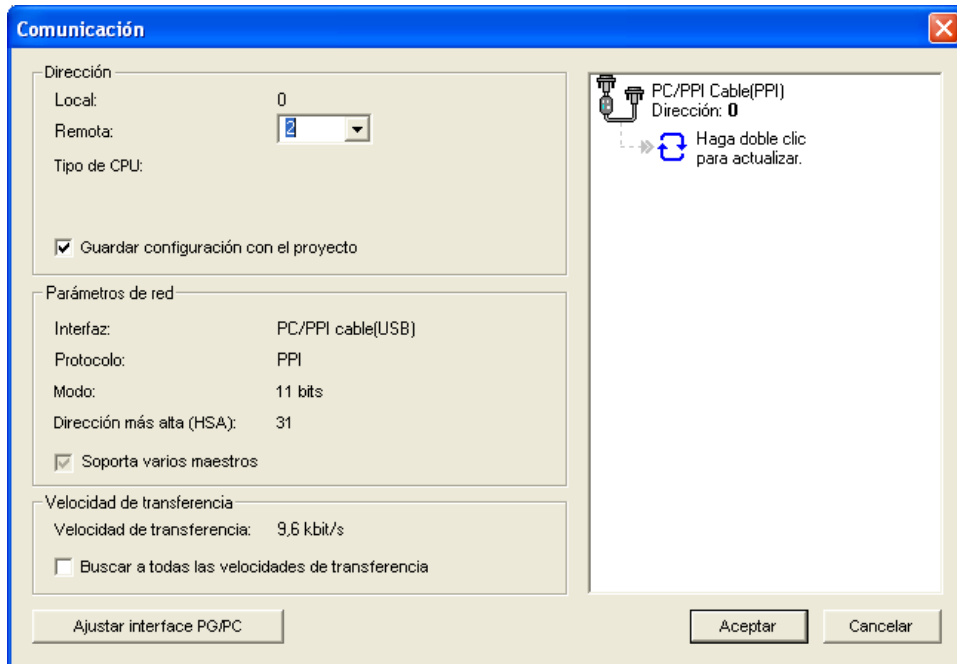


Figura 3. 9 Pantalla de comunicación

5. La pantalla mostrará todos los dispositivos encontrados

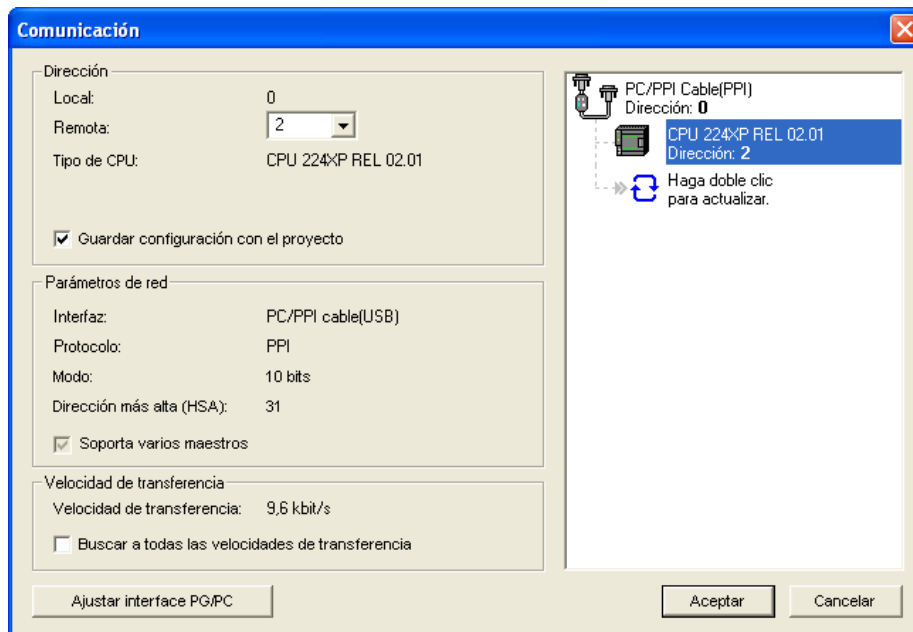


Figura 3. 10 Pantalla de comunicación con los dispositivos encontrados

6. En este punto, tomar nota de los siguientes parámetros principales (pueden cambiar según la configuración del PLC y del cable PPI):
  - a. Dirección Local (ó Master): 0
  - b. Dirección Remota (es decir del PLC): 2
  - c. Velocidad de transferencia: 9,6 kbit/s
7. Hacer clic en Aceptar para volver al proyecto
8. Construir el siguiente programa

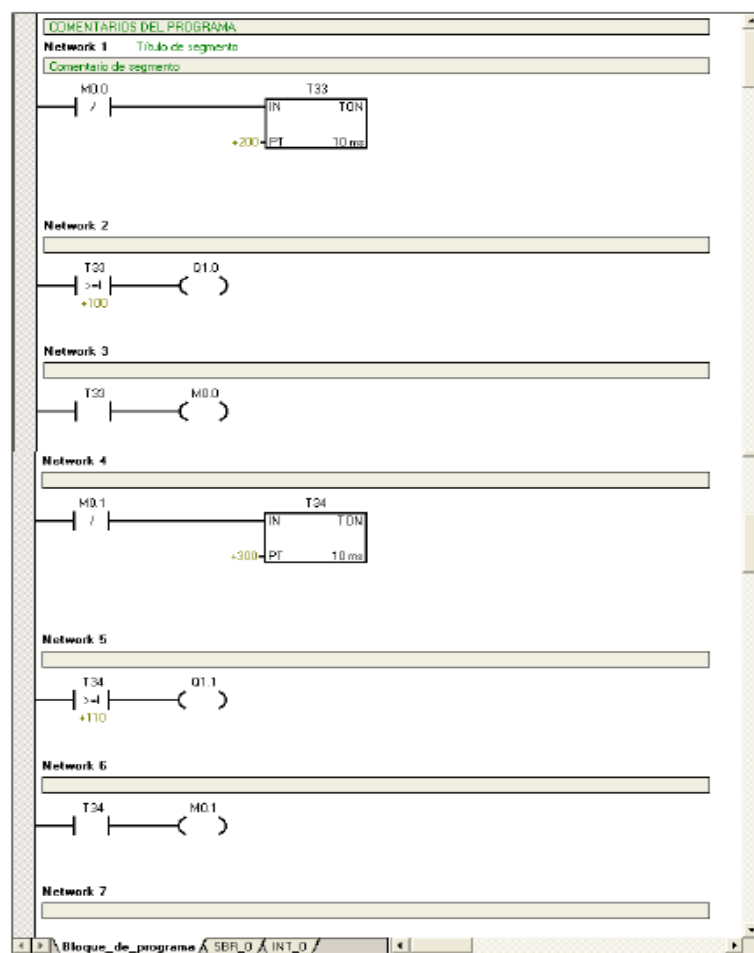



Figura 3. 11 Programa en el software STEP 7

9. Cargar el programa en la CPU usando el botón . Aceptar cambiar la CPU a modo STOP. Confirmar que en el PLC el selector de ejecución esté en RUN.

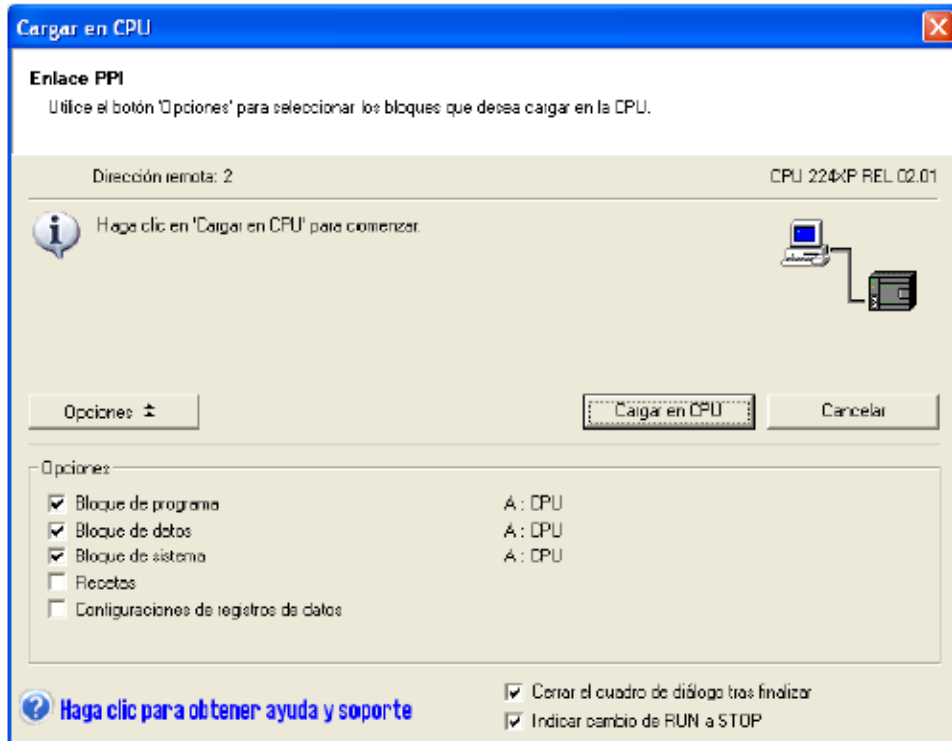



Figura 3. 12 Pantalla del enlace PPI

10. Correr el programa presionando el botón . Aceptar cambiar la CPU a modo RUN.

Las librerías de operaciones de STEP 7--Micro/WIN permiten controlar accionamientos MicroMaster fácilmente, incluyendo subrutinas y rutinas de interrupción preconfiguradas y diseñadas especialmente para utilizar el protocolo USS en la comunicación con un accionamiento. El accionamiento físico y los parámetros de lectura/escritura del mismo se pueden controlar con las operaciones USS.

Estas operaciones se encuentran en la carpeta “Librerías” del árbol de operaciones de STEP 7 Micro/WIN. Cuando se selecciona una operación USS, se agregan automáticamente una o más subrutinas asociadas (USS1 hasta USS7).

Las operaciones del protocolo USS utilizan los siguientes recursos del S7 200:

- El protocolo USS es una aplicación controlada por interrupciones. En el caso más desfavorable, la ejecución de la rutina de interrupción Recepción de mensajes tarda 2,5 segundos. Durante este tiempo, todos los demás eventos de interrupción se ponen en cola de espera para ser procesados tras ejecutarse la rutina de interrupción Recepción de mensajes. Si la aplicación no puede tolerar este retardo en el caso más desfavorable, considere utilizar otras soluciones para controlar accionamientos.
- Si inicializa el protocolo USS, un puerto del S7 200 se dedica a la comunicación USS.
- La operación USS\_INIT sirve para seleccionar el protocolo USS, o bien PPI para el puerto 0. (USS hace referencia al protocolo USS utilizado para los accionamientos SIMOTION MicroMaster.) La operación USS\_INIT\_P1 también se puede utilizar para asignar el puerto 1 a la comunicación USS. Cuando un puerto se asigna al protocolo USS para la comunicación con accionamientos, dicho puerto no se podrá utilizar para ninguna otra función, incluyendo la comunicación con STEP 7--Micro/WIN.
- Al diseñar programas para aplicaciones que usen el protocolo USS, es recomendable utilizar un módulo equipado con dos puertos (CPU 226,

CPU 226XM, o bien un módulo de ampliación EM 277 PROFIBUS--DP conectado a una tarjeta PROFIBUS CP incorporada en el PC). El segundo puerto de comunicación permite observar el programa de control mediante STEP 7 Micro/WIN mientras se está ejecutando el protocolo USS.

- Las operaciones del protocolo USS afectan a todas las direcciones de marcas especiales (SM) asociadas a la comunicación Freeport por el puerto asignado.
- Las subrutinas y rutinas de interrupción USS se almacenan en el programa.
- Las operaciones USS incrementan hasta en 3050 bytes la cantidad de memoria necesaria para el programa. Dependiendo de las operaciones USS utilizadas, las rutinas que soportan estas operaciones pueden incrementar el uso de memoria por parte del programa de control en 2150 bytes (como mínimo) hasta 3500 bytes.
- Las variables de las operaciones del protocolo USS necesitan un bloque de 400 bytes de la memoria V. El usuario asigna la dirección inicial de este bloque, que se reserva para las variables USS.
- Algunas de las operaciones USS requieren también un búfer de comunicación de 16 bytes. Como parámetro de la operación se indica una dirección inicial en la memoria V para este búfer. Es aconsejable asignar un búfer unívoco para cada instancia de las operaciones del USS.
- Las operaciones USS utilizan los acumuladores AC0 a AC3 para efectuar cálculos. Los acumuladores también se pueden usar en el

programa. Sin embargo, las operaciones USS modifican los valores de los acumuladores.

- Las operaciones USS no se pueden utilizar en rutinas de interrupción.

### **3.4.2 UTILIZAR LAS OPERACIONES USS**

Para utilizar las operaciones del protocolo USS en el programa del S7-200, proceda de la manera siguiente:

1. Inserte la operación USS\_INIT en el programa y ejecute la operación USS\_INIT sólo durante un ciclo. La operación USS\_INIT se puede utilizar bien sea para iniciar, o bien para modificar los parámetros de comunicación USS. Cuando inserte la operación USS\_INIT, varias subrutinas y rutinas de interrupción ocultas se agregarán automáticamente al programa.
2. Disponga en el programa sólo una operación USS\_CTRL por cada accionamiento activo. Puede agregar un número cualquiera de operaciones USS\_RPM\_x y USS\_WPM\_x, pero sólo una de éstas podrá estar activada.
3. Asigne la memoria V de las operaciones de librería haciendo clic con el botón derecho del ratón (para acceder al menú contextual) en el nodo "Bloque de programa" del árbol de operaciones. Seleccione el comando "Asignar memoria a librería" para visualizar el cuadro de diálogo correspondiente.
4. Configure los parámetros de los accionamientos, de manera que concuerden con la velocidad de transferencia y la dirección utilizada

en el programa. Figura 3.13. Asignar memoria V a la librería de operaciones

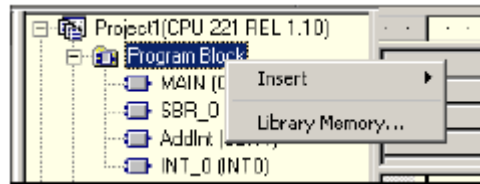


Figura 3. 13 Asignar memoria V a la librería de Operaciones

5. Conecte el cable de comunicación entre el S7--200 y los accionamientos.

Vigile que todos los equipos controlados que estén unidos al accionamiento (p. ej. el S7--200) se conecten a la misma toma de tierra o al mismo punto neutro que el accionamiento, utilizando para ello un cable corto y grueso.

Para este proyecto se debe considerar que se va a utilizar las librerías de comunicación USS, las mismas que se las puede ver en la figura 3.14

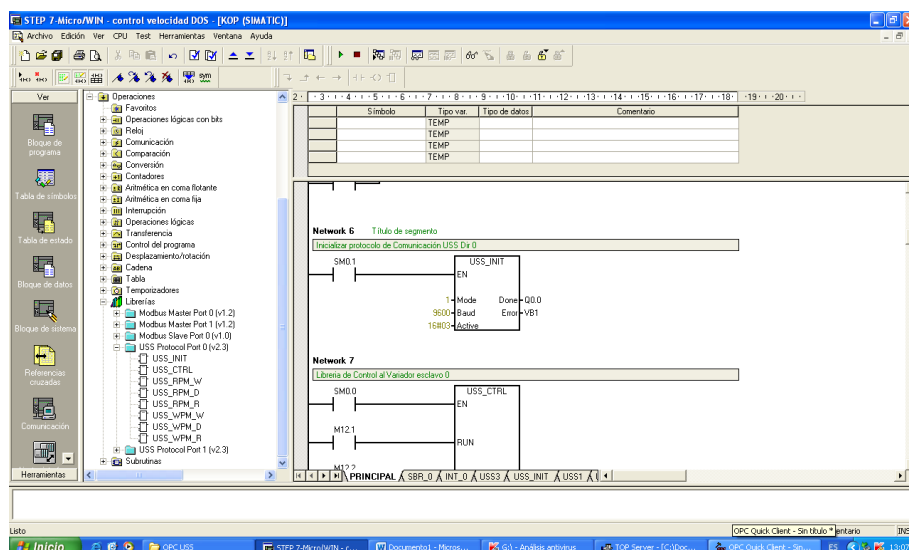


Figura 3. 14 Librerías Comunicación USS



### 3.4.3 OPERACIONES DEL PROTOCOLO USS

#### USS\_INIT

La operación USS\_INIT (puerto 0) o USS\_INIT\_P1 (puerto 1) sirve para activar e inicializar, o bien para desactivar la comunicación con los accionamientos MicroMaster.

USS\_INIT se deberá ejecutar sin errores antes de poder utilizar cualquier otra operación USS. La operación se finaliza y el bit Done se pone a 1 inmediatamente, antes de continuar con la siguiente operación.

La operación se ejecuta en cada ciclo cuando está activada la entrada EN. Se puede ver en la figura 3.15

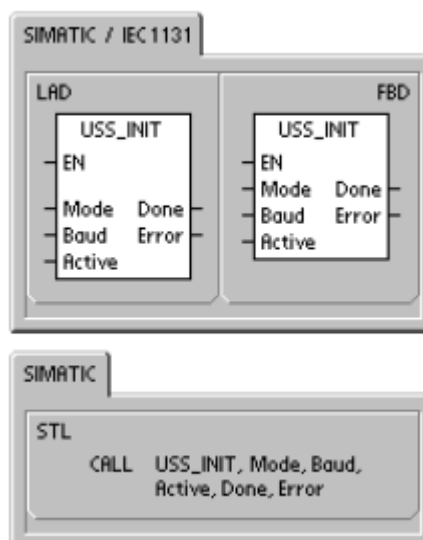


Figura 3. 15 Icono de la Operación USS\_INIT

Ejecute la operación USS\_INIT sólo una vez por cada cambio de estado de la comunicación. Utilice una operación de detección de flanco para

activar la entrada EN. Si desea cambiar los parámetros de inicialización, ejecute de nuevo la operación USS\_INIT.

El valor de Mode selecciona el protocolo de comunicación. Si la entrada tiene el valor "1", un puerto se asignará al protocolo USS y se habilitará el protocolo. Si la entrada tiene el valor "0", el puerto 0 se asignará a PPI y se inhibirá el protocolo USS.

La entrada Baud ajusta la velocidad de transferencia a 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, o bien 115200 bit/s. Las CPUs S7--200 (versión 1.2 o posterior) soportan velocidades de transferencia comprendidas entre 57600 y 115200 bit/s.

En la siguiente tabla se detallan los parámetros de operación de USS\_INIT

Tabla 3. 2 Parámetros de operación de USS\_INIT

Entradas/Salidas	Tipos de Datos	Operandos
Modo	BYTE	VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, constante, *VD, *AC, *LD
Baud, Active	DWORD	VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, constante, AC *VD, *AC, *LD
Done	BOOL	I, Q, M, S, SM, T, C, V, L
Error	BYTE	VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD

La salida Done se activa una vez finalizada la operación USS\_INIT. El byte de salida Error contiene el resultado de ejecución de la operación, se puede ver en la figura 3.5

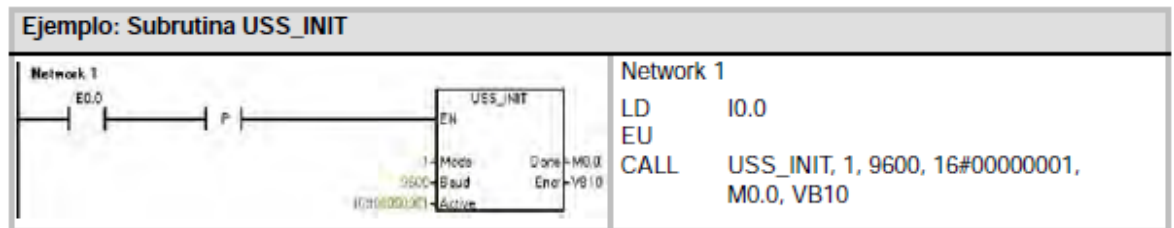


Figura 3. 16 Ejemplo Subrutina USS\_INIT

## USS\_CTRL

La operación USS\_CTRL (puerto 0) o USS\_CTRL\_P1 (puerto 1) sirve para controlar un accionamiento MicroMaster activo, ver figura 3.17. Esta operación deposita en un búfer de comunicación los comandos seleccionados. El búfer se envía después al accionamiento direccionado (parámetro Drive), si éste se ha seleccionado en el parámetro Active de la operación USS\_INIT.

Utilice sólo una operación USS\_CTRL por accionamiento. Algunos accionamientos indican la velocidad sólo como valor positivo. Si la velocidad es negativa, el accionamiento indicará la velocidad como valor positivo, pero invertirá el bit D\_Dir (bit de sentido).

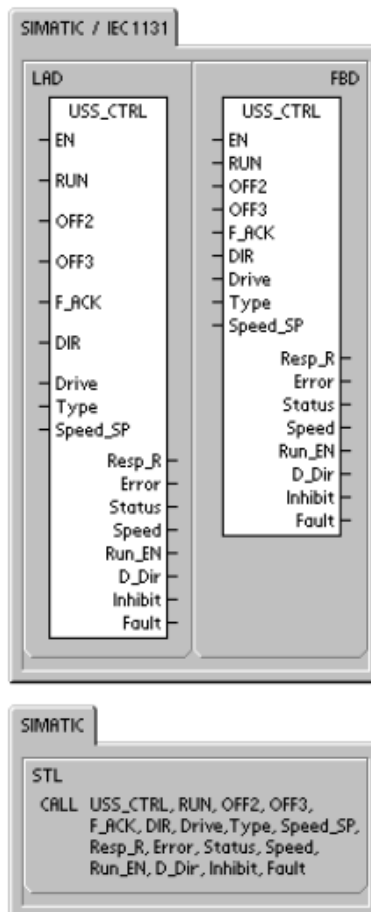


Figura 3. 17 Icono USS\_CTRL

El bit EN debe estar puesto a 1 para poder activar la operación USS\_CTRL. Esta operación debe estar activada siempre.

RUN (RUN/STOP) indica si el accionamiento está activado (1) o desactivado (0). Si está activado el bit RUN, el accionamiento MicroMaster recibirá un comando para que se ponga en marcha a la velocidad indicada y en el sentido deseado. Para que el accionamiento se pueda poner en marcha, se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Drive debe estar seleccionado como Active en USS\_INIT.

- OFF2 y OFF3 deben estar puestos a 0.
- Fault e Inhibit deben estar puestos a 0.

Si está desactivado el bit RUN, el accionamiento MicroMaster recibirá un comando para que disminuya la velocidad hasta que pare el motor. El bit OFF2 sirve para que el accionamiento MicroMaster pueda parar por inercia. El bit OFF3 ordena al accionamiento MicroMaster que pare rápidamente.

El bit Resp\_R (Respuesta recibida) confirma que se ha recibido una respuesta del accionamiento. Todos los accionamientos activos (Active) se muestrean para recoger la información de estado más recientes. Cada vez que el S7-200 recibe una respuesta del accionamiento, el bit Resp\_R se activa durante un ciclo, actualizándose todos los valores siguientes.

El bit F\_ACK (Confirmación de fallo) indica que se ha detectado un fallo en el accionamiento.

El accionamiento borra el fallo (Fault) cuando el estado de señal de F\_ACK cambia de 0 a 1.

El bit DIR (Sentido) indica en qué sentido debe girar el accionamiento.

En la siguiente tabla 3.3 se detallan los parámetros de operación de USS\_CTRL

Tabla 3. 3 Parámetros de operación de USS\_CTRL

Entradas/Salidas	Tipos de Datos	Operandos
RUN, OFF 2, OFF 3, F_ACK, DIR	BOOL	I, Q, M, S, SM, T, C, V, L, circulación de corriente
Resp_R, Run_EN, D_Dir, Inhibit, Fault	BOOL	I, Q, M, S, SM, T, C, V, L
Drive, Type	BYTE	VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD, constante
Error	BYTE	VB, IB, QB, MB, SB, SMB, LB, AC, *VD, *AC, *LD
Estado	WORD	VW, T, C, IW, QW, SW, MW, SMW, LW, AC, AQW, *VD, *AC, *LD
Speed_SP	REAL	VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD, constante
Speed	REAL	VD, ID, QD, MD, SD, SMD, LD, AC, *VD, *AC, *LD

La entrada Drive (Dirección del accionamiento) es la dirección del accionamiento MicroMaster a la que se debe enviar el comando USS\_CTRL. Direcciones válidas: 0 a 31

La entrada Type (Tipo de accionamiento) selecciona el tipo de accionamiento. Si utiliza un accionamiento MicroMaster 3 (o anterior), ajuste Type a "0". Si utiliza un accionamiento MicroMaster 4, ajuste Type a "1".

Speed\_SP (consigna de velocidad) representa la velocidad del accionamiento indicada como porcentaje de la velocidad máxima. Si Speed\_SP es un valor negativo, se invertirá el sentido de giro del accionamiento. Rango: 200,0% a 200,0%.

Error es un byte de error que contiene el resultado de la última petición de comunicación con el accionamiento.

Status es el valor sin procesar de la palabra de estado que envía el accionamiento. La figura 3.18 muestra los bits de estado de la palabra de estado estándar y de la realimentación principal.

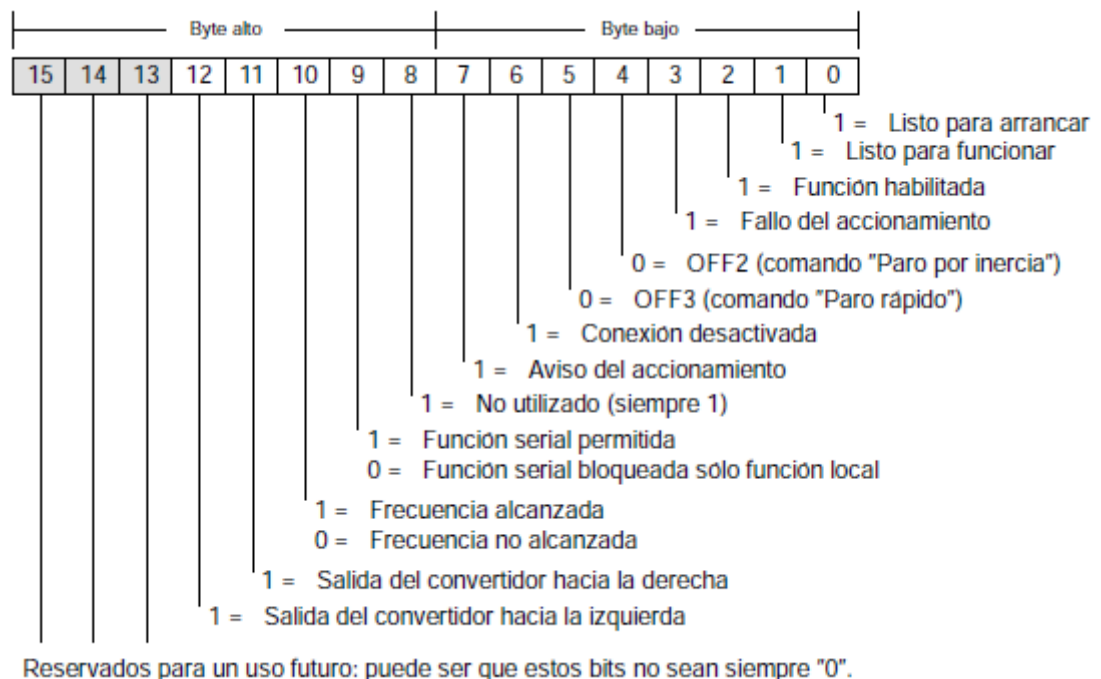


Figura 3. 18 Bits de estado

Speed representa la velocidad del accionamiento indicada como porcentaje de la velocidad máxima. Rango: 200,0% a 200,0%.

Run\_EN indica si el accionamiento está en marcha (1) o parado (0).

D\_Dir representa el sentido de giro del accionamiento.

Inhibit indica el estado del bit de desactivación del accionamiento (0 = activado, 1 = desactivado).

Para borrar el bit de desactivación, el bit Fault deberá estar puesto a 0 (OFF) y las entradas RUN, OFF2 y OFF3 también deberán estar desactivadas.

Fault indica el estado del bit de fallo (0 = sin fallo, 1 = fallo). El accionamiento visualiza el código del fallo. (Consulte a este respecto el manual del accionamiento). Para borrar el bit Fault, corrija el fallo y active el bit F\_ACK.

A continuación en la Figura 3.19 se puede ver un ejemplo de la subrutina USS\_CTRL.



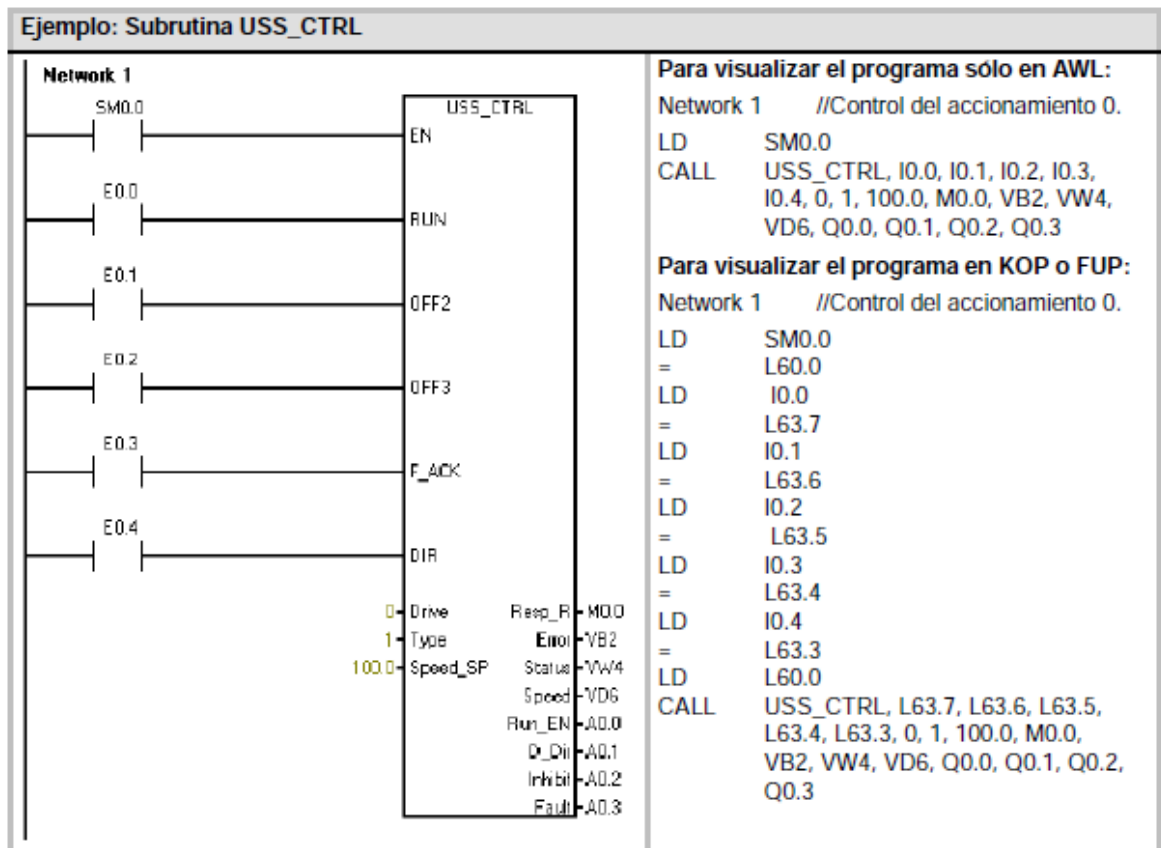


Figura 3. 19 Ejemplo de la subrutina USS\_CTRL

Para conectar un accionamiento MicroMaster 4 (MM4), inserte los extremos del cable RS--485 en los terminales fijadores sin tornillos previstos para el protocolo USS.

Como muestra la figura 3.20, los dos hilos del extremo opuesto del cable RS--485 se deben insertar en el bloque de terminales del accionamiento MM4. Para conectar el cable a un accionamiento MM4, desmonte la(s) tapa(s) del accionamiento para acceder al bloque de terminales. Para más información sobre cómo desmontar la(s) tapa(s), consulte el manual del accionamiento Micromaster 440.

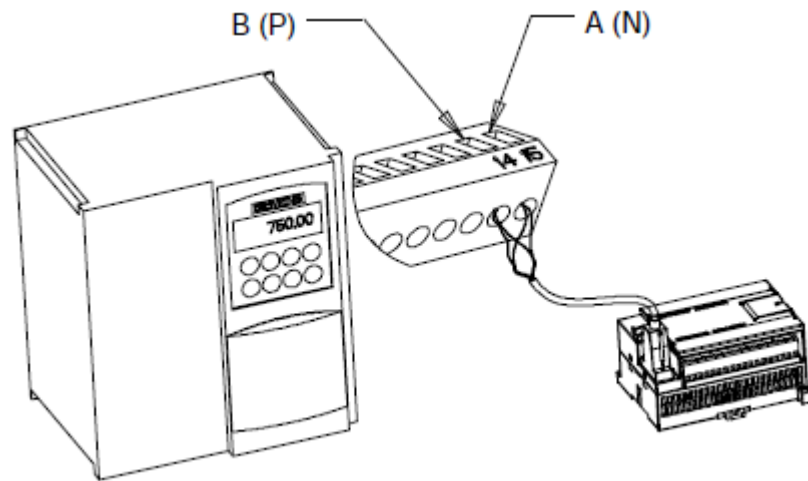


Figura 3. 20 Conexiones de red Micromaster 440

Si el accionamiento está situado en un extremo de la red, los resistores de cierre y polarización se deberán conectar también a los terminales correctos. La figura 3.21 muestra un ejemplo de las conexiones necesarias para cerrar y polarizar un accionamiento Micromaster 440.

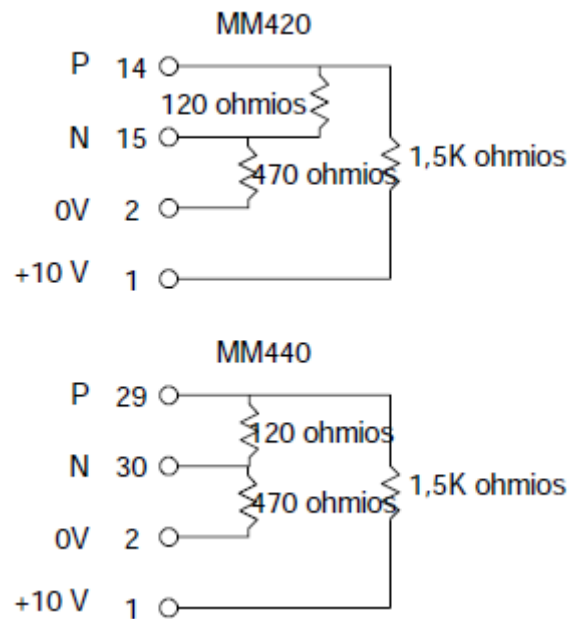


Figura 3. 21 Ejemplo de Cerrado y Polarizado

### 3.5 PRUEBAS DEL HMI

Para esta fase inicialmente se diseñó un HMI sencillo que permita controlar un motor desde un computador a través del Variador Micromaster 440.

Posteriormente se diseñó la red y se realizaron pruebas de comunicaciones y control de los motores, primero encendido y apagado y posteriormente control de velocidad e inversión de giro.

Durante las pruebas fue necesario verificar el funcionamiento del PLC en forma local, luego se procedió a realizar las pruebas desde el computador pero desde el Top Server utilizando las funciones de escritura en las etiquetas estáticas y finalmente desde el HMI diseñado en Lab view.

En las figuras 3.22 y 3.23 se pueden ver tanto el primer HMI de pruebas como el HMI final.

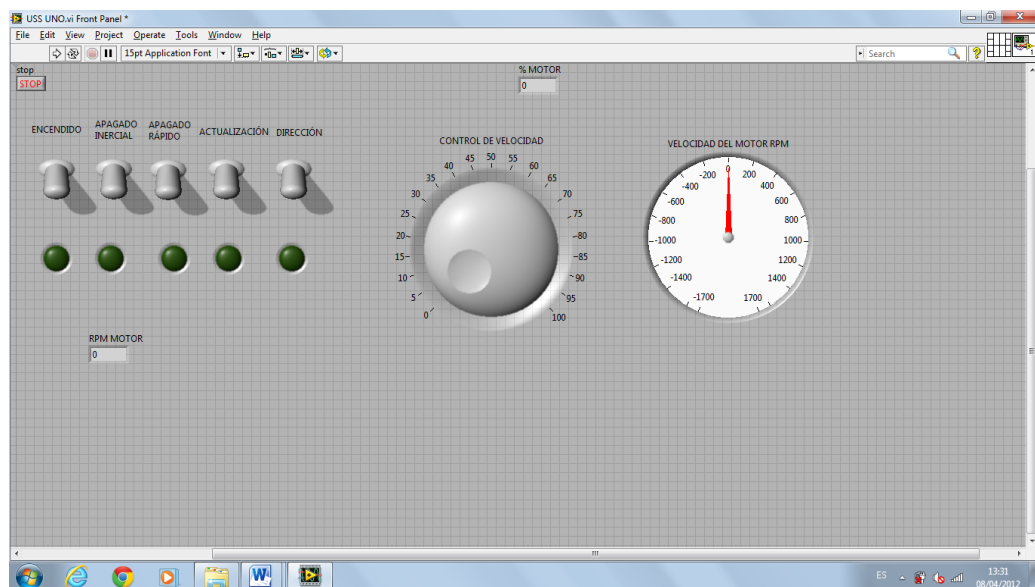


Figura 3. 22 Diseño HMI de pruebas



Figura 3. 23 Diseño HMI final

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- Los motores eléctricos son máquinas muy utilizadas a nivel industrial.
- El protocolo USS a través de la librería USS\_CTRL permite tener un frenado rápido y uno por inercia
- La investigación realizada a los variadores Micromaster 440, permitió entender su composición, estructura y funcionamiento, en sus diferentes etapas para llevar a cabo la variación de la frecuencia y su velocidad.
- Se determinó que el método más eficaz para controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia.
- Los variadores de frecuencia permiten controlar adecuadamente la operación de los motores eléctricos.
- Los PLC son equipos muy útiles para automatizar el control de equipos en forma remota.
- Labview es un software muy funcional que se adapta a los requerimientos del proceso a controlar, se ha realizado un HMI muy amigable, fácil de utilizar y sobre todo muestra toda la información necesaria del proceso.

- El proyecto ha incorporado el uso de una red industrial con protocolo USS, que permite utilizar una topología física tipo bus, lo que reduce los costos de cableado y optimiza el empleo de la red.
- Además del control automatizado se ha incorporado un control manual de tipo local, esto por seguridad en caso de existir algún inconveniente con el control automático.
- Mediante la implementación del presente proyecto se puede optimizar el empleo de los motores eléctricos, alargar su vida útil mediante encendidos y apagados controlados mediante el variador.
- Se conoció las distintas formas de puestas en marcha del variador conociendo cada uno de sus parámetros que existen en su programación.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Leer los manuales técnicos de los equipos antes de empezar a utilizarlos.
- Tomar todas las medidas de seguridad antes, durante y después de trabajar en los equipos.
- Tomar en cuenta que la conexión de los cables de red, del motor y de mando o control deberán realizarse de la forma correcta a fin de evitar que interferencias de tipo inductivo y capacitivo afecten al correcto funcionamiento del convertidor

- Tomar en consideración el tipo de cable y la distancia máxima del mismo a fin de evitar pérdidas y el número de esclavos que se pueden controlar.
- Esperar cinco minutos para permitir que se descarguen los condensadores antes de comenzar cualquier trabajo de instalación en el equipo.
- Manipular el equipo por personal familiarizado con la puesta en servicio y operación para asegurar el funcionamiento correcto del equipo
- Es recomendable utilizar software con las respectivas licencias para el desarrollo de la aplicación HMI, esto permitirá actualizar el mismo y garantiza que el funcionamiento del sistema sea continuo así mismo permita aprovechar todas las prestaciones de la aplicación.
- Antes de realizar o cambiar conexiones en el módulo, se debe desconectar la fuente de alimentación del equipo.
- Se recomienda que el Departamento de Eléctrica y Electrónica permita el uso del presente diseño e implementación y la difusión correspondiente de los objetivos alcanzados en este proyecto, a fin de que no quede implementado únicamente como un prototipo, sino que pueda ser utilizado en las diferentes áreas de especialidad como una herramienta muy importante que les ayudará a visualizar la convergencia de las diferentes materias en aplicaciones prácticas.

## BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

- Micromaster 440 Lista De Parámetros Edición 04/02 Documentación De Usuario 6se6400-5bb00-0ep0
- MANDADO PÉREZ, ENRIQUE, Autómatas Programables, entorno y aplicaciones,
- CERRO AGUILAR, Comunicaciones Industriales
- GUERRERO JIMÉNEZ, VICENTE, Comunicaciones Industriales
- TUBBS, STEPHEN P. Programmable Logic Controller (Plc) Tutorial, Siemens Simatic S7-200
- Accionamiento Estándar SIEMENS, Manual de Aplicaciones
- Inversor SIEMENS Micromaster 440, instructivo de operación
- SIEMENS AG, Compendio Motion Control
- División de Ingeniería de Sistemas y Automática, S7-200 Comunicaciones
- <http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/37604154>
- <http://www.cocelectrical.com.sg/pdf/MICROMASTER-Manual.pdf>
- <http://www.siemens.de/micromaster>
- <http://www.inverterdrive.com/file/Siemens-Micromaster-440-Manual/default.aspx>
- <http://www.todocuentos.com/pdf/micromaster-440-manual-de-referencia.html>
- [http://www.lawebdelprogramador.com/foros/PLC-s/1214088-protocolo\\_USS\\_del\\_S7200\\_y\\_MM440.html](http://www.lawebdelprogramador.com/foros/PLC-s/1214088-protocolo_USS_del_S7200_y_MM440.html)
- <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200ManualSistema.pdf>
- <http://www.jwtech.co.th/downloadjwtech/siemens/siemensmanual/S7200.pdf>



**ANEXO A**  
**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**AC**

Corriente alterna (Alternating Current)

**AIN**

Entrada analógica (Analog Input)

**AOP**

Panel de Operador Avanzado

**BOP**

Panel de Operador básico

**Bus de Campo**

Red digital bidireccional, multipunto, montadas sobre un bus serie que conecta dispositivos de campo como transductores, actuadores, sensores, módulos de E/S, controladores de velocidad, terminales de operador con los sistemas de control: PLC's, PC's, NC, RC, etc...

**DC**

Corriente continua (Direct Current)

**DIN**

Entrada digital (Digital Input)

**DRIVER's**

Variadores de velocidad de motores

**EMC**

Compatibilidad electromagnética (Electro-Magnetic Compatibility)

**EMI**

Interferencias electromagnéticas

**FAQ**

Preguntas más habituales (Frequently Asked Questions)

**FCC**

Control de flujo de corriente para una mejora de la respuesta dinámica y control del motor (flux current control)

**FCL**

Limitación rápida de corriente para funcionamiento libre de disparos intempestivos.(fast current limitation)

**HMI**

Interfase Humano Máquina (Human Machine Interfase)

**I/O**

Input and Output, entrada y salida (E/S)

**IGBT**

Transistor bipolar de puerta aislada (Insulated Gate Bipolar Transistor)

**Interruptor DIP**

Ajuste de frecuencia (europea o norteamericana)

**Interfaz serie RS-232**

Estándar que define especificaciones mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimientos típicos de un protocolo orientado al enlace físico punto a punto.

### **Interfaz RS-485**

Sistema en bus de transmisión multipunto diferencial

### **LabVIEW**

Es un lenguaje de programación gráfico que utiliza iconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones.

### **Micromaster 440**

Es una gama de convertidores de frecuencia (también denominados variadores) para modificar la velocidad de motores trifásicos

### **Motor eléctrico**

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos magnéticos variables electromagnéticas

### **NEMA**

Conjunto de estándares creado, por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (E.U).

### **OPC Server (*OLE for Process Control*)**

Es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, basado en una tecnología Microsoft, que ofrece un interface común para comunicación que permite que componentes individuales de software interaccionen y compartan datos.

### **PACs**

Controlador de automatización programable

**PID**

Proporcional, integral y Diferencial

**PLC**

Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller). Sistema Industrial de Control Automático que trabaja bajo una secuencia de instrucciones lógicas almacenada en memoria.

**PKW**

Parámetro/Indicativo/Valor (**P**arameter-**K**ennung-**W**ert).

**Protocolo USS**

Protocolo Universal de Interfase en Serie

**PZD**

Datos de proceso (**P**rozeß**d**aten)

**Red Industrial**

Sistema de transmisión de información que interconecta la maquinaria y equipos eléctricos, electrónicos, mecánicos, hidráulicos, etc., inmersos en el proceso de producción dentro de una planta industrial, conocidos como dispositivos de campo, y computadores provistos de programas de monitorización o supervisión industrial.

**RTU**

Unidades remotas de I/O

**SCADA**

SCADA, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos).

**Tensiones de línea**

Son aquellas tensiones que existen entre diferentes fases

**Variador de Frecuencia**

Sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

**ANEXO B**  
**MANUAL DE USUARIO**

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto ha sido diseñado e implementado para que sea utilizado de la manera más sencilla posible, este manual describe los procedimientos a seguir para su manejo y operación tanto de los equipos de hardware como del software utilizado para el HMI.

## 2. CONTROL LOCAL

El tablero de control local posee un grupo de interruptores que controlan las funciones básicas de los motores como son: Encendido, apagado, frenado, actualización de parámetros y dirección de giro del motor, la figura No. B.1 muestra el panel de control local.



Figura B.1. Panel de Control Local

Los interruptores superiores tienen el control del motor 0 y los interruptores inferiores tienen el control del motor 1, desde el panel de control local se puede encender y apagar el motor, además se puede frenar y cambiar el sentido de giro es decir de giro en sentido horario a



giro en sentido anti horario y viceversa, además está el interruptor de actualización de datos.

### 3. HMI (Remoto)

El control de los motores a través de la red se lo puede realizar en forma remota desde un HMI diseñado en Labview, para esto se sigue el siguiente procedimiento:

1. Correr el programa OPC server para este caso el software utilizado el Top Server.
2. Verificar que la comunicación entre el PLC y el Top Server esté habilitada, caso contrario cerrar el programa y volver a correrlo.
3. Correr el programa Labview y abrir el archivo de control de los motores.
4. Correr el archivo de control de los motores.

En la figura B.2, se puede ver el panel de control del HMI.



## Figura B.2. Panel de Control HMI

Como se puede ver en la Figura B.2, se muestra el panel de control del HMI, para esta aplicación se ha creado paneles de control para cada motor dentro de un cuadro contenedor, el mismo que mediante el uso de pestañas permite navegar entre el Control del Motor 0 y el Control del Motor 1, en cada panel se tiene de manera similar que en el panel de control local dispone de interruptores similares y que cumplen las mismas funciones como son: encendido y apagado para cada motor, frenado y cambio del sentido de giro es decir de giro en sentido horario a giro en sentido anti horario y viceversa, interruptor de actualización de datos y adicional tiene otro interruptor de frenado para el motor tomando en consideración que por medio del variado se pueden realizar dos tipos de frenado: frenado inercial y frenado rápido.

Además de dispone de una perilla de control de velocidad mediante la cual se puede seleccionar desde el 0 al 100 % de la operación del motor, es decir desde 0 RPM hasta la velocidad máxima del motor que se utilice (1660 para el motor Siemens y 1720 para el motor WEG).

Se dispone de un indicador de velocidad del motor, el mismo que indica la velocidad tanto en sentido horario con valores positivos como en sentido anti horario con valores negativos.

Los cuadros indicadores de datos proporcionan la información que se puede ver en la figura B.3.

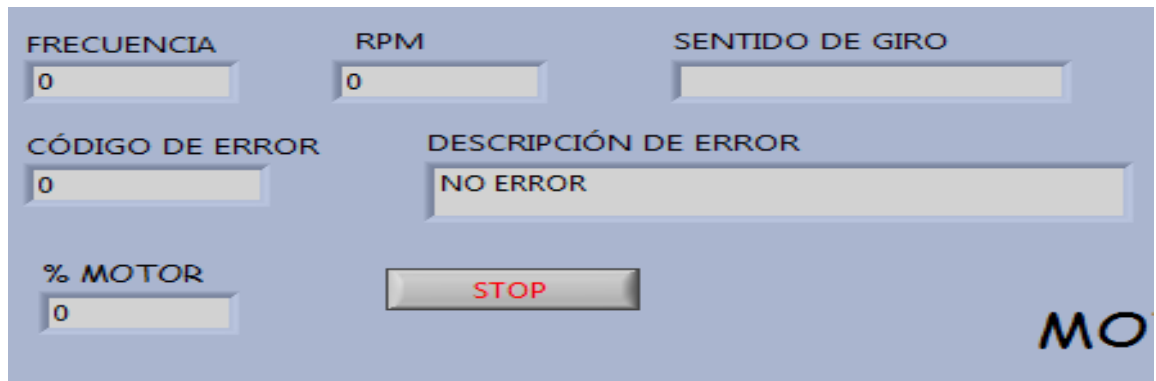


Figura B.3. Cuadros indicadores de datos

En caso de ocurrir algún tipo de error o alarma del proceso el variador nos envía un código de error y en los cuadros indicadores se puede ver el tipo de error producido.

**ANEXO C**  
**SOFTWARE**

# 1. SOFTWARE DEL HMI

## 1.1 PANEL DE CONTROL



Figura C.1, Panel de control y monitoreo

## 1.2 DIAGRAMA DE BLOQUES

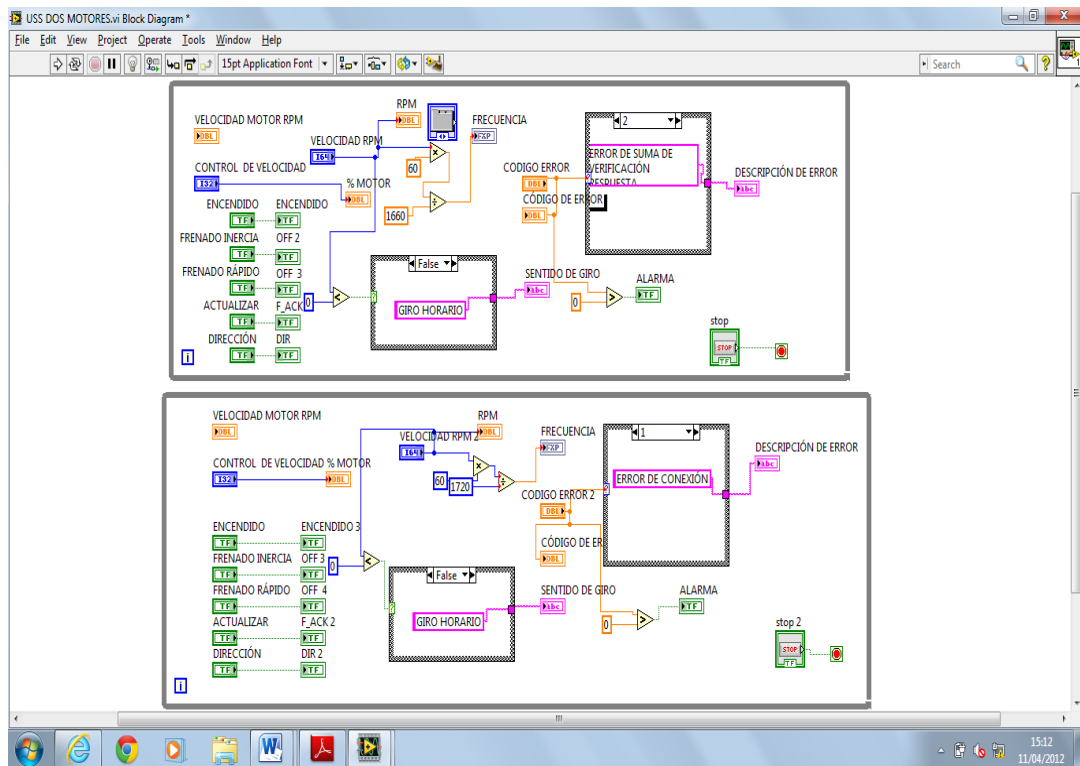
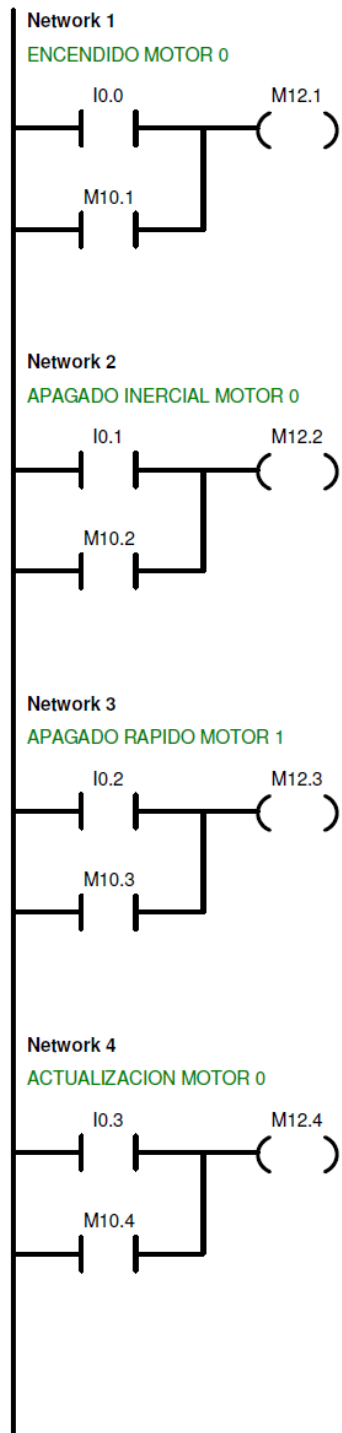
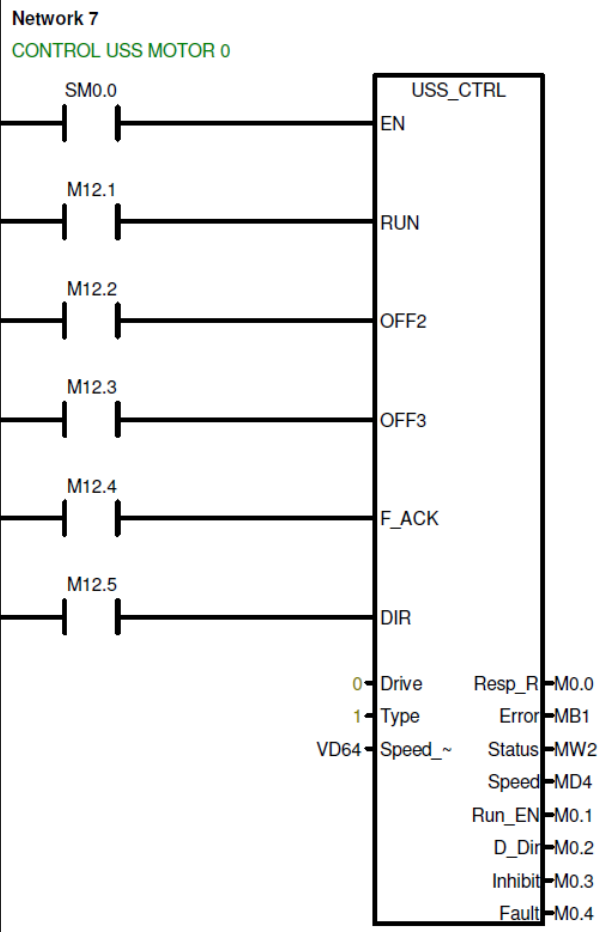
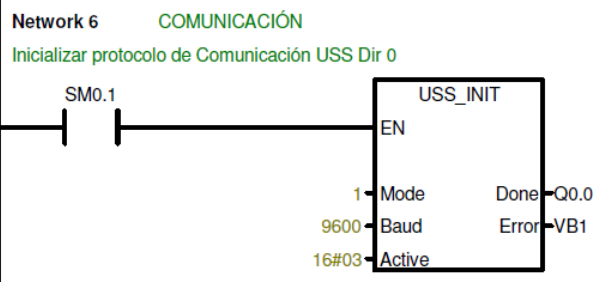
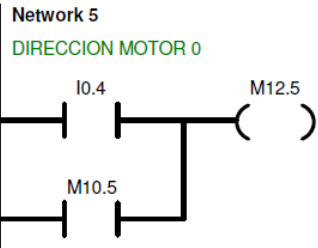


Figura C.2. Diagrama de bloques del control y monitoreo

## 2. PROGRAMACIÓN PLC

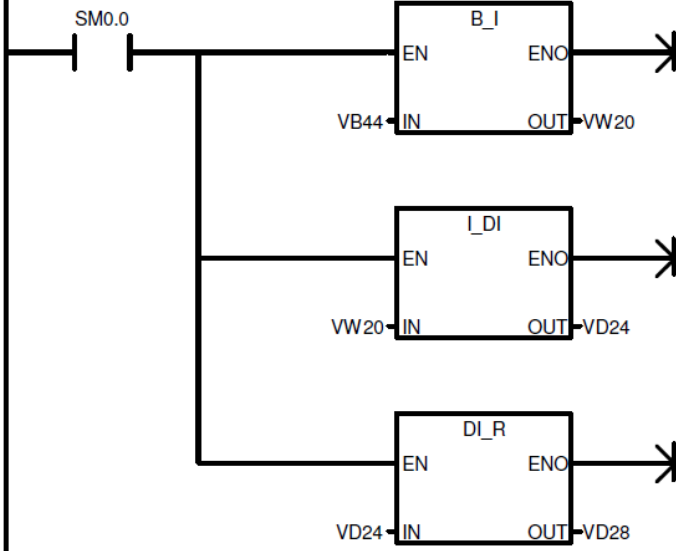






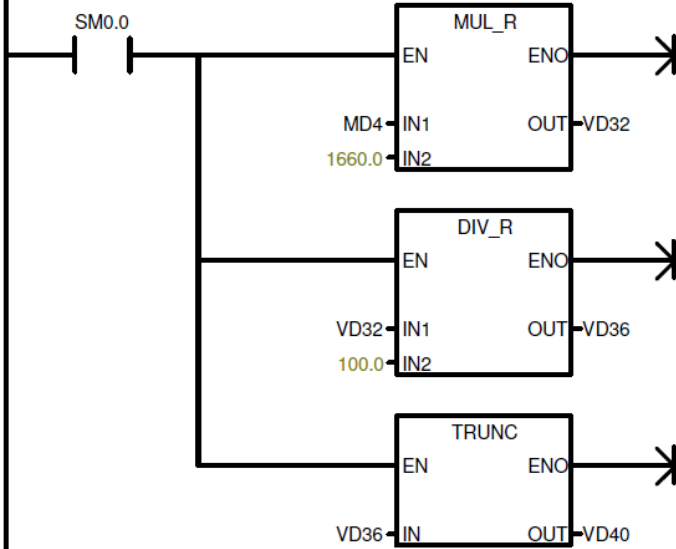
Network 8

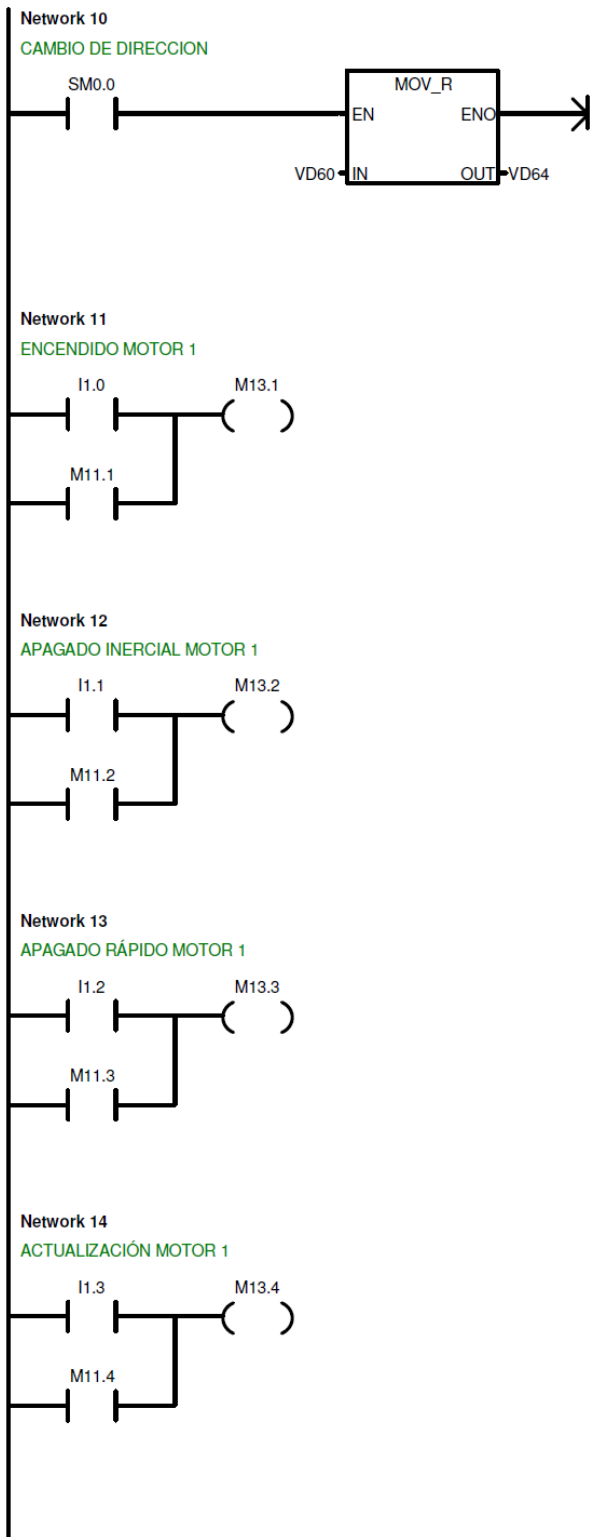
ALMACENAMIENTO DE VARIABLE



Network 9

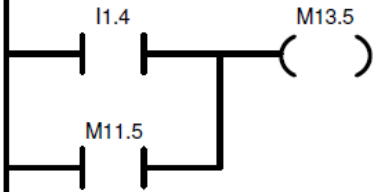
ESCALAMIENTO





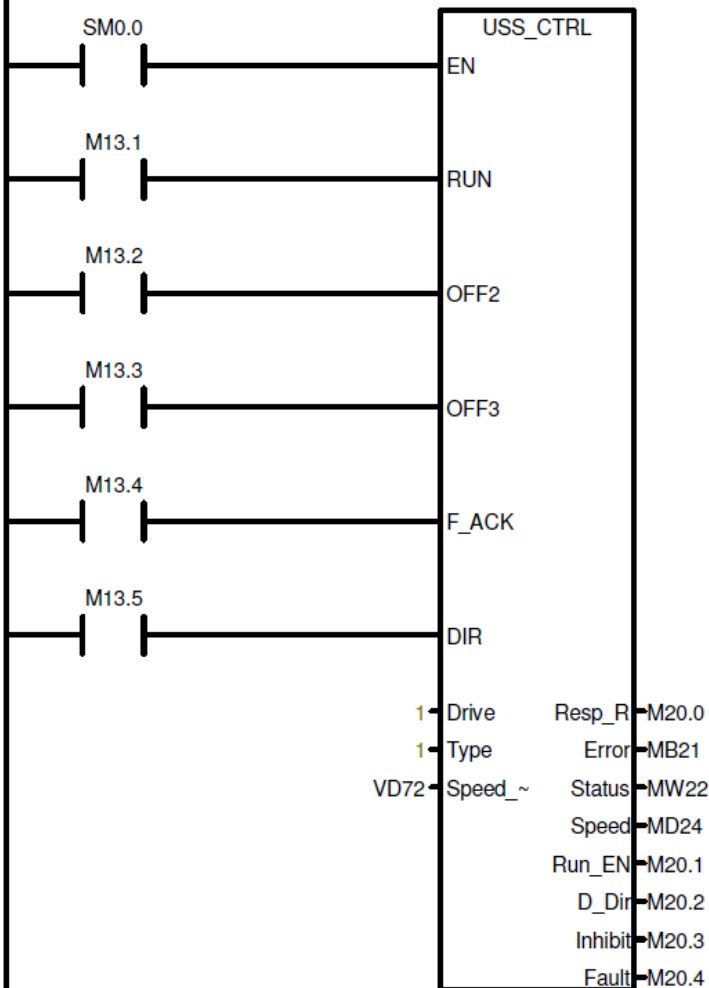
Network 15

DIRECCIÓN DE GIRO MOTOR 1



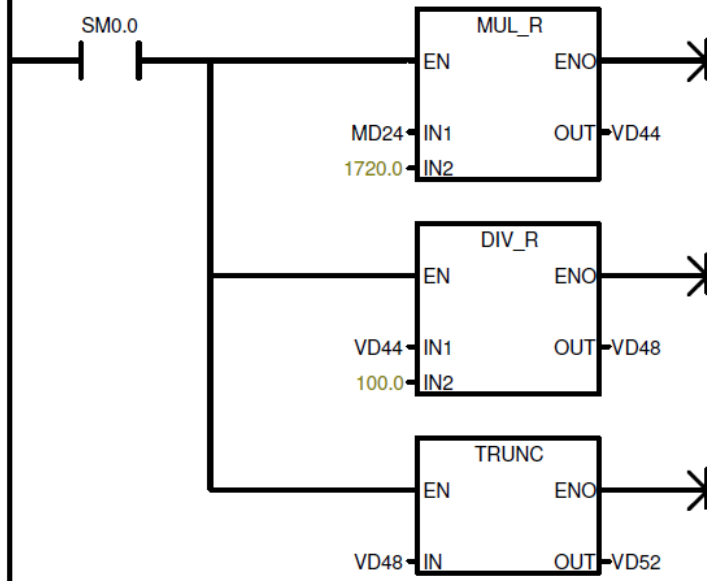
Network 16

CONTROL USS MOTOR 1



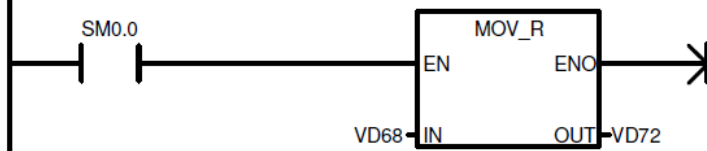
Network 17

ESCALADO VELOCIDAD DEL MOTOR



Network 18

CONTROL DE VELOCIDAD MOTOR 1



**ANEXO D**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS**  
**EQUIPOS**

## 1. CARACTERÍSTICAS MICROMASTER 440

### 1.1 Distribución de los DIPs

La distribución de los DIPs para la entrada analógica es como sigue:

- DIP a derecha (DIP 1) = Entrada analógica 1
- DIP a izquierda (DIP 2) = Entrada analógica 2

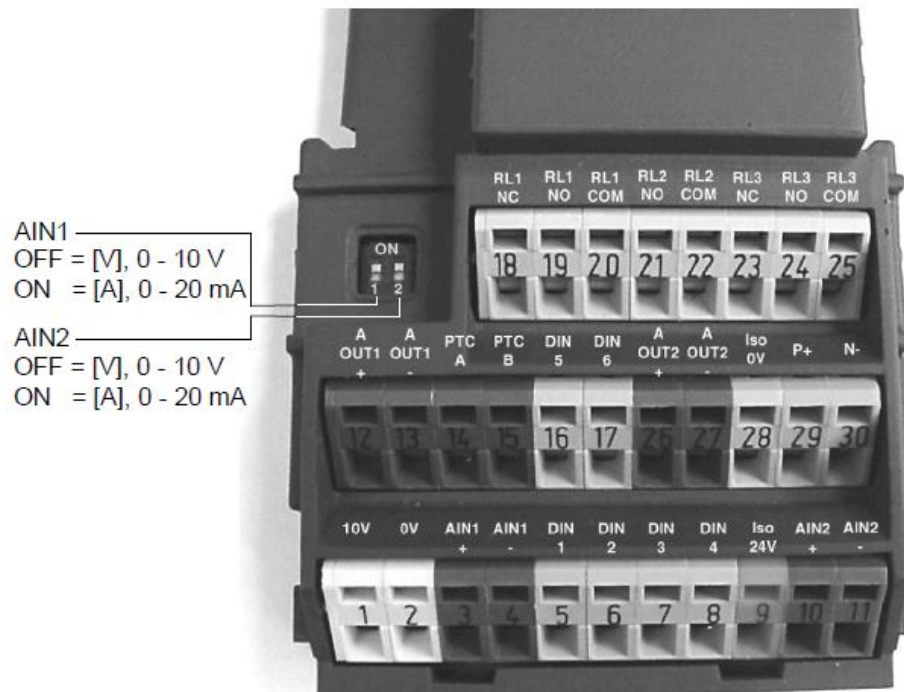


Figura D.1 Configuración de los Pines del Variador

## 1.2 Diagrama del circuito general

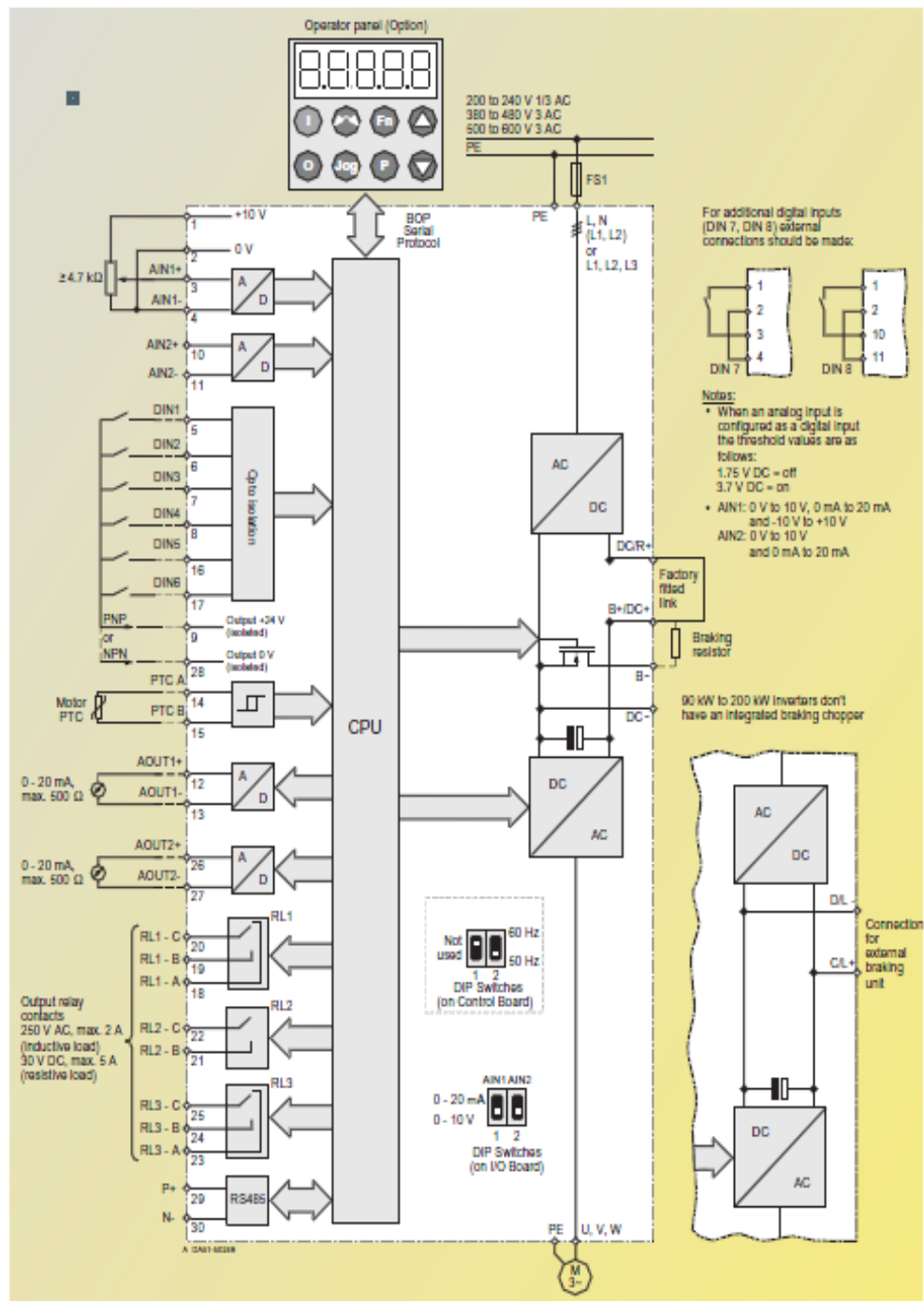


Figura D.2 Diagrama del Circuito general

### 1.3 Diagrama del terminal de conexiones

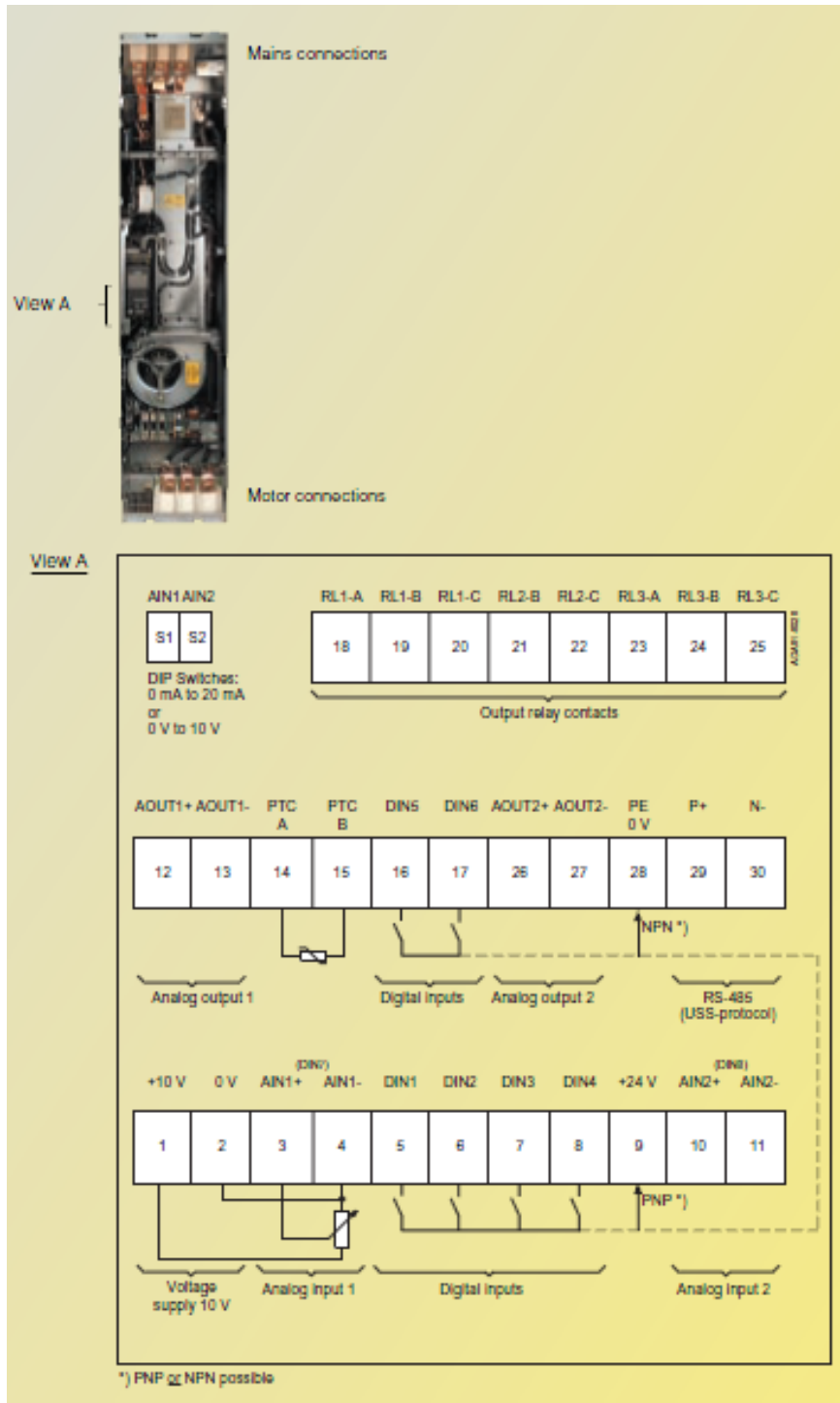


Figura D.3 Diagrama del terminal de Conexiones



## 2. Eficiencia de motores jaula de ardilla siemens

TCCVE Servicio pesado A prueba de explosión			Tipo RGZ TCCVE Aisl. F - F.S. 1.15	Tipo RGZSD Servicio pesado Aisl. F - F.S. 1.15	Tipo RGZZSD Prueba de Explosión División 1 Cl.1-Grupo D Cl.2-Grupo F&G Aisl. B - F.S. 1.0
HP	RPM	Armazón	Cat. No.	Cat. No.	Cat. No.
0.5	900	143T	30000834	-	-
0.75	1800	143T	30000815	-	30001648
	1200	143T	30000826	HSF0091	30001655
	900	145T	30000900	-	-
1	3600	143T	30000804	-	30001642
	1800	143T	30000857	HSF0105	30001671
	1200	145T	30000890	HSF0518	30001690
	900	182T	30000948	HSG1106	30002158
1.5	3600	143T	30000845	HSF0119	30001665
	1800	145T	30000879	HSF0539	30001683
	1200	182T	30000940	HSG1113	30000048
	900	184T	30000981	HSG1624	30000049
2	3600	145T	30000868	HSF0574	30001677
	1800	145T	30000912	HSF0560	30001699
	1200	184T	30000973	HSG1631	30002157
	900	213T	30001024	HSH2191	30001727
3	3600	182T	30000923	HSG1155	30002153
	1800	182T	30000932	HSG1134	30001705
	1200	213T	30001013	HSH2198	30001722
	900	215T	30001071	HSH2758	30002176
5	3600	184T	30000957	HSG1666	30002154
	1800	184T	30000965	HSG1652	30002156
	1200	215T	30001060	HSH2772	30001743
	900	254T	30001118	HSI3290	30001763
7.5	3600	213T	30000991	HSH2233	30001711
	1800	213T	30001002	HSH2219	30001716
	1200	254T	30001106	HSI3304	30001760
	900	256T	30001165	HSI3808	30001777
10	3600	215T	30001035	HSH2807	30001732
	1800	215T	30001047	HSH2793	30001737
	1200	256T	30001153	HSI3815	30001774
	900	284T	30005729	HSJ4270	-

Figura D.4 Eficiencia de motores Siemens Jaula de Ardilla

## 2.1 Datos técnicos nominales de motores siemens

Velocidad 1800 rpm, 4 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia $\eta$ %	Factor de potencia Cos $\phi$	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m <sup>2</sup>	Peso kg
			HP	kW		220V A	440V A								
25000001108	1LA7 070-4YC60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	66	0,77	1640	1,74	1,8	2,8	0,0006	4,7
25000001109	1LA7 070-4YA60	71M	0,5	0,37	1,15	1,90	0,95	66	0,81	1590	2,24	1,3	2,7	0,0006	5,5
25000001110	1LA7 071-4YA60	71M	0,6	0,45	1,05	2,20	1,10	69	0,76	1680	2,54	1,8	3,4	0,0008	6
25000001111	1LA7 073-4YA60	71M	0,75	0,56	1,15	2,90	1,45	65	0,79	1650	3,24	1,9	3,7	0,0008	6
25000001113	1LA7 080-4YA60	80M	1	0,75	1,15	3,50	1,75	69,2	0,87	1660	4,29	1,9	3,7	0,0015	8,1
25000001114	1LA7 081-4YA60	80M	1,2	0,90	1,05	4,00	2,00	70	0,85	1675	5,10	2,2	3,7	0,0018	9,3
25000001115	1LA7 083-4YA60	80M	1,5	1,12	1,15	5,00	2,50	72	0,89	1650	6,48	1,8	3	0,0018	9,3
25000001117	1LA7 090-4YA60	90S/L	2	1,49	1,15	7,00	3,50	77	0,80	1700	8,38	2,2	4,4	0,0028	12,1
25000001118	1LA7 094-4YA60	90S/L	2,4	1,79	1,05	7,40	3,70	77	0,86	1690	10,12	2	4,5	0,0035	14,9
25000001119	1LA7 096-4YA60	90S/L	3	2,24	1,15	9,60	4,80	79	0,83	1708	12,51	1,8	3,6	0,0035	14,9
25000001120	1LA7 111-4YA60	112M	4	2,98	1,15	13,00	6,50	76,3	0,79	1750	16,28	2,2	5,6	0,0048	27,1
25000001121	1LA7 112-4YA60	112M	5	3,73	1,15	15,80	7,90	80,5	0,78	1740	20,47	2,3	6,5	0,0058	28,7
25000001122	1LA7 113-4YA60	112M	6,6	4,92	1,05	19,60	9,80	78	0,83	1740	27,02	2	6	0,011	31
25000001123	1LA7 114-4YA60	112M	7,5	5,60	1,15	23,20	11,60	80	0,79	1740	30,71	2,2	5,6	0,011	32,7
25000001124	1LA7 131-4YA70	132S/M	10	7,46	1,15	28,80	14,40	81	0,84	1750	40,71	2,3	6	0,018	46,5
25000001125	1LA7 133-4YA70	132S/M	12	8,95	1,05	34	17,00	81,2	0,83	1750	48,85	2,5	6,6	0,024	49
25000001126	1LA7 134-4YA70	132S/M	15	11,19	1,15	43	21,50	82,5	0,84	1750	61,06	1,8	5	0,024	62
25000001127	1LA5 164-4YB70	160 M/L	20	14,92	1,15	53	26,50	85	0,85	1760	80,95	1,8	6,3	0,04	77,5
25000001128	1LA5 167-4YC70	160 M/L	25	18,65	1,15	64	32,00	89	0,87	1755	101,48	1,8	5,4	0,052	85,5
25000001129	1LA4 183-4YA80	180M	30	22,38	1,05	78	39,00	90,7	0,83	1755	121,77	2	4,9	0,13	170
25000001130	1LA4 186-4YA80	180L	36	26,86	1,05	93	46,50	91,3	0,83	1760	145,71	2,8	6,8	0,15	190
25000001131	1LA4 187-4YA80	180L	40	29,84	1,05	104	52,00	91,3	0,83	1750	162,83	2	5,6	0,15	190
25000001132	1LA4 207-4YC80	200L	50	37,30	1,15	126	63,00	91,3	0,84	1760	202,38	2,7	6,8	0,24	250
25000001133	1LA6 220-4YA80	225S	60	44,76	1,15	148	74,00	96,2	0,86	1765	242,17	2,7	6,6	0,44	314
25000001134	1LA6 224-4YC80	225M	75	55,95	1,15	188	94,00	92,7	0,86	1780	300,16	2	5,1	0,52	321
26697 <sup>(1)</sup>	1LG4 253-4AA60	250M	100	75,00	1,00		120,00	93,3	0,85	1780	355	2,5	6,3	0,69	390
26698 <sup>(1)</sup>	1LG4 280-4AA60	280S	125	93,00	1,00		145,00	94,2	0,85	1785	482	2,5	7,4	1,29	520
26699 <sup>(1)</sup>	1LG4 283-4AA60	280M	150	111,90	1,00		177,50	94,6	0,86	1785	579	2,5	7,4	1,47	565
26700 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 310-4AA60	315S	200	150	1,00		240,00	94,5	0,84	1783	707	2,6	6,5	2	700
26701 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 313-4AA60	315M	225	168	1,00		265,20	94,8	0,85	1783	848	2,8	6,9	2,46	775
26702 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 316-4AA90-Z	315L	275	205	1,10		323,10	95,4	0,86	1783	1.028	2,8	6,9	3,01	955
26703 <sup>(1)(3)</sup>	1LG4 317-4AA90-Z	315L	350	261	1,10		409,50	95,7	0,88	1785	1.285	2,8	7	3,91	1050

Figura D.5 Datos técnicos de motores siemens

## 2.2 Tamaño de construcción

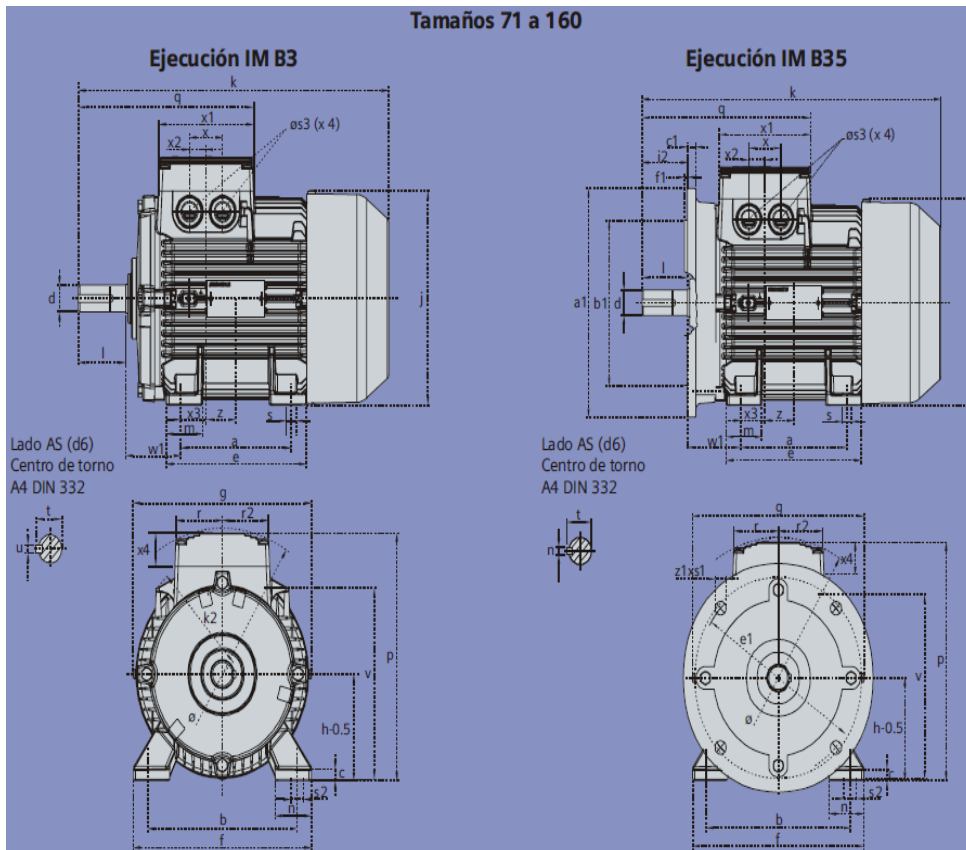


Figura D.6 Dimensiones del Motor

## 2.3 Placa característica motor Weg



Figura D.7 Placa de datos motor WEG

## 2.4 Eficiencia de motores asíncronos Weg

TCCVE Servicio pesado A prueba de explosión			Tipo RGZ TCCVE Aisl. F - F.S. 1.15	Tipo RGZSD Servicio pesado Aisl. F - F.S. 1.15	Tipo RGZZSD Prueba de Explosión División 1 Cl.1-Grupo D Cl.2-Grupo F&G Aisl. B - F.S. 1.0
HP	RPM	Armazón	Cat. No.	Cat. No.	Cat. No.
0.5	900	143T	30000834	-	-
0.75	1800	143T	30000815	-	30001648
	1200	143T	30000826	HSF0091	30001655
	900	145T	30000900	-	-
1	3600	143T	30000804	-	30001642
	1800	143T	30000857	HSF0105	30001671
	1200	145T	30000890	HSF0518	30001690
	900	182T	30000948	HSG1106	30002158
1.5	3600	143T	30000845	HSF0119	30001665
	1800	145T	30000879	HSF0539	30001683
	1200	182T	30000940	HSG1113	30000048
	900	184T	30000981	HSG1624	30000049
2	3600	145T	30000868	HSF0574	30001677
	1800	145T	30000912	HSF0560	30001699
	1200	184T	30000973	HSG1631	30002157
	900	213T	30001024	HSH2191	30001727
3	3600	182T	30000923	HSG1155	30002153
	1800	182T	30000932	HSG1134	30001705
	1200	213T	30001013	HSH2198	30001722
	900	215T	30001071	HSH2758	30002176
5	3600	184T	30000957	HSG1666	30002154
	1800	184T	30000965	HSG1652	30002156
	1200	215T	30001060	HSH2772	30001743
	900	254T	30001118	HSI3290	30001763
7.5	3600	213T	30000991	HSH2233	30001711
	1800	213T	30001002	HSH2219	30001716
	1200	254T	30001106	HSI3304	30001760
	900	256T	30001165	HSI3808	30001777
10	3600	215T	30001035	HSH2807	30001732
	1800	215T	30001047	HSH2793	30001737
	1200	256T	30001153	HSI3815	30001774
	900	284T	30005729	HSJ4270	-
15	3600	254T	30001082	HSI3339	30001752
	1800	254T	30001094	HSI3325	30001755
	1200	284T	30007302	HSJ4277	HXJ4347
	900	286T	30007304	HSJ4746	-
20	3600	256T	30001129	HSI3850	30001766
	1800	256T	30001141	HSI3836	30001769
	1200	286T	30007303	HSJ4753	HXJ4816
	900	324T	30007313	HSK5236	-
25	3600	284TS	30007299	HSJ4550	HXJ4592
	1800	284T	30005716	HSJ4298	HXJ4354
	1200	324T	30007310	HSK5243	HXK5313
	900	326T	30007314	*	*

Figura D.8 Eficiencia de motores asíncronos Weg

### 3. Diagramas de cableado CPU 226

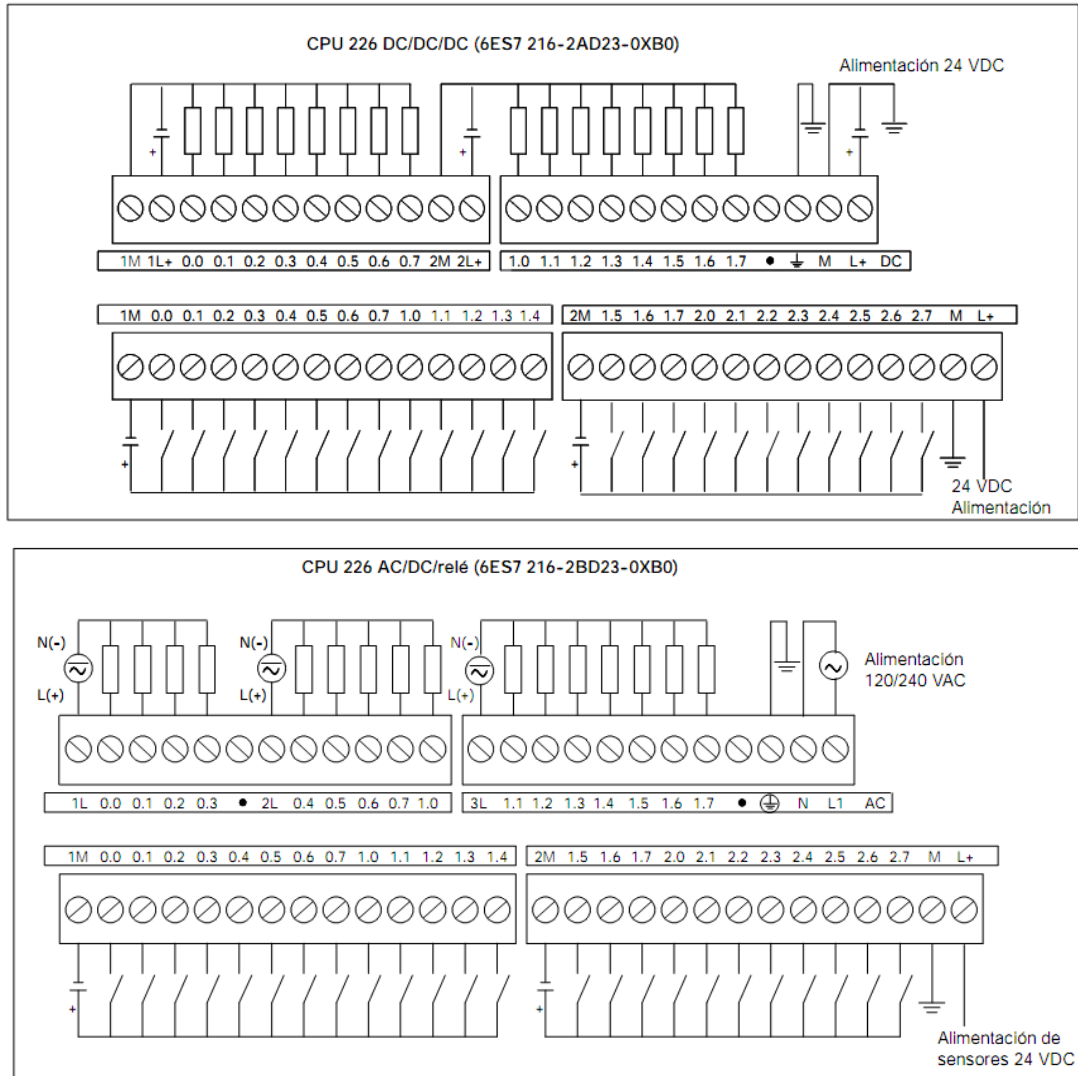


Figura D.9 Diagramas de cableado CPU 226

LATACUNGA, ABRIL DEL 2012

ELABORADO POR:

---

VÍCTOR ARELLANO N.

C.C: 170897453-8

---

RAÚL PRUNA P.

C.C: 050320825-8

---

ING. EDDIE GALARZA

COORDINADOR DE CARRERA

---

DR. RODRIGO VACA

SECRETARIO ACEDÉMICO