

# *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL LOCAL Y REMOTO, UTILIZANDO LOS PROTOCOLOS INDUSTRIALES PROFIBUS DP Y PROFINET CON PLC'S S7-1200, PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE LAS VARIABLES CAUDAL, PRESIÓN Y VELOCIDAD ANGULAR DE UN MOTOR TRIFÁSICO, PARA EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-EXTENSIÓN LATACUNGA*

*Guano Carrillo, María Belén*  
*Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE*  
*Latacunga, Ecuador*  
*belenguano@gmail.com*

*Romero Córdova, Diana Fernanda*  
*Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE*  
*Latacunga, Ecuador*  
*diafer.romero@gmail.com*

**Resumen—** *En el proyecto se ha desarrollado un Sistema de Monitoreo y Control Local y Remoto, que supervisará los procesos de las variables: caudal, presión y velocidad angular de un motor trifásico. Mediante el uso de los protocolos: Profibus DP y Ethernet Industrial (Profinet) se realizarán las comunicaciones entre los diferentes niveles basados en la pirámide CIM.*

**Abstract—** *This project have been developed a system of Monitoring and Control Local and Remote, which will oversee the process variables: flow, pressure and angular speed of a DC motor. Using protocols: Profibus DP and Industrial Ethernet (PROFINET) communication is done between different levels based on the CIM pyramid.*

**Palabras clave—** *Profinet, Profibus, TIA Portal, Micromaster 440, CP 343-1 LEAN*

## **Introducción**

La importancia de la implementación de buses de campo como PROFIBUS DP y PROFINET utilizando la nueva tecnología SIEMENS S7-1200 radica en que, es la tecnología de vanguardia que se está utilizando en las industrias del país, dejando a un lado la utilización de los PLC's S7-200 que requieren de un OPC para la comunicación con los HMI's, además usan cable PPI para la comunicación con la PC programadora, en cambio los S7-1200 emplean Ethernet Industrial para su programación, así como lo realizan varias marcas de PLC's como por ejemplo Allen Bradley.

## **I. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA**

El sistema necesita desempeñar las siguientes funciones:

El control de las estaciones por medio de un regulador PID, adquiriendo las señales con los módulos de AI/AO. Funcionamiento de una red PROFIBUS, que permita la comunicación entre el maestro y sus esclavos, mediante la configuración hardware utilizando el cable y módulos PROFIBUS.

Gestión de datos mediante una red PROFINET, conformada por un servidor que recibe datos desde el cliente y los envía al control remoto, y el cliente, que recibe los datos de los procesos y del variador por medio de PROFIBUS, reúne ésta información y la envía al servidor.

Monitorear, visualizar y controlar las magnitudes manipuladas, de manera local con las pantallas KTP 600, asumiendo la cercanía de éstas con los equipos de campo y de manera remota con el uso de una PC manejar a distancia todo el sistema.

## **II. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA**

El sistema permite el control local y remoto de las estaciones de flujo y presión, además del control de la velocidad angular de un motor trifásico. Se configuraron dos tipos de redes, por un lado la Red PROFIBUS DP conformada por 4 dispositivos: el PLC Siemens S7-1200 que actúa como maestro, los tres dispositivos esclavos que son, 2 PLC's Siemens S7-1200 para el control de las estaciones de procesos, y un variador de velocidad Micromaster 440 con su módulo PROFIBUS DP que permite el control de la velocidad angular del motor.

Para el nivel de gestión se implementa una red PROFINET, integrada por el maestro PROFIBUS DP que, es el cliente, y el servidor es un PLC Siemens S7-300 CPU 313C-2 DP encargado del envío y recepción de datos desde el Sistema de monitoreo.

Las interfaces HMI permiten el monitoreo, control y supervisión de los procesos mediante la visualización interactiva de gráficas de proceso, tendencias, indicadores de alarmas, ingreso y lectura de consignas y constantes para la visualización, selección del control local o remoto, avisos de sistema, información de usuarios, etc. Adicionalmente permite la administración de usuarios y niveles de seguridad.

Brindando así una interfaz amigable para el usuario, haciendo fácil e intuitivo el uso del sistema. Fig. 1.

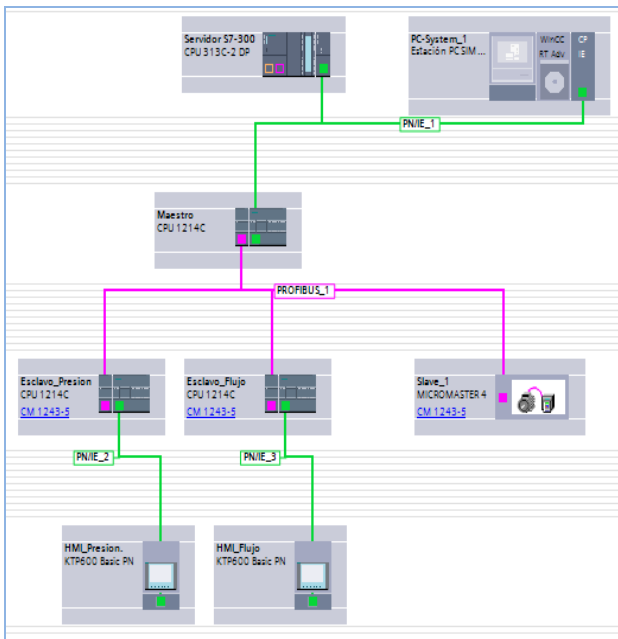


Fig. 1. Diagrama de bloques del sistema

### III. RED PROFIBUS DP

PROFIBUS DP cumple con los elevados requisitos de tiempo y se impone para el intercambio de datos en el sector de la periferia descentralizada y los dispositivos de campo. La configuración típica tiene una estructura con un único maestro. La comunicación entre el maestro DP y el Esclavo DP se efectúa según el principio maestro-esclavo.

En este proyecto se realizó una red PROFIBUS DP basada en el protocolo DPV1, debido a que los módulos usados soportan ésta versión. PROFIBUS DPV1 maneja el intercambio de mensajes cíclicos y acíclicos, al hablar del método de acceso Maestro-Esclavo, es preciso entender la trama de los mensajes cíclicos que son los utilizados.

Las configuraciones de comunicación en PROFIBUS-DP pueden ser diversas. El utilizar una u otra dependerá del hardware disponible y de las necesidades para llevar a cabo un proyecto. Las configuraciones para PROFIBUS-DP que pueden configurarse con STEP 7 son: [1]

- Configuración con esclavos DP "simples" con CPU maestro con puerto DP integrado.
- Configuración con esclavos DP "simples" con CPU maestro a través de una CP.
- Configuración con esclavos DP inteligentes.

La configuración realizada en éste proyecto es mediante esclavos inteligentes.

*Configuración con esclavos DP inteligentes.-* En ocasiones, las tareas de automatización requieren la comunicación entre dos o más CPU. Cuando esto ocurre, las tareas de control se suelen reservar a una CPU de modelo superior que actúa de maestro en la red, quedando el resto relegadas a actuar como esclavos DP inteligentes. En este tipo de configuraciones, la CPU que actúa como maestro DP no puede acceder directamente a los módulos de E/S o a las direcciones físicas de la CPU esclava, pues el maestro no las verá como propias. La comunicación sólo podrá establecerse a través de unas áreas específicas (buffer de E/S) que previamente habrán sido configuradas. Fig. 2.

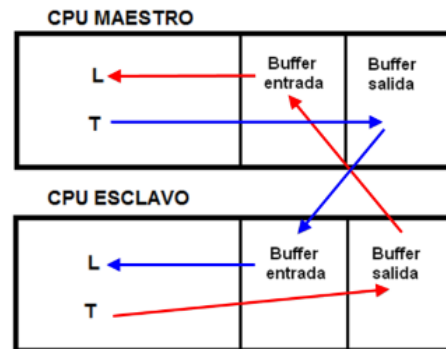


Fig. 2. Buffer de E/S

#### A. CONFIGURACIÓN DE HARDWARE

Los dispositivos que integran la red son los siguientes:

- El PLC Siemens S7-1200, dicha CPU puede participar en PROFIBUS como maestro o esclavo según se configure la red, requiere de un módulo de comunicación DP, en este caso se utilizará el módulo CM1243-5 que actúa como maestro
- Dos PLC's Siemens S7-1200 para el control de las estaciones de procesos, conjuntamente con el módulo de comunicaciones CM 1242-5, convirtiéndolos en esclavo de la red.
- El último esclavo es un variador de velocidad Micromaster 440, el cual, para funcionar como esclavo PROFIBUS requiere de una tarjeta de comunicación PROFIBUS DP.

Se realiza el conexionado, tomando en cuenta que todos los dispositivos que se van a insertar en la red, disponen del conector y el pinedo estándar de PROFIBUS según normativa EN 50170.

Finalmente, se deben colocar las resistencias de terminación en el conector de la Unidad Maestra y en el último esclavo del bus de comunicaciones.

#### B. CONFIGURACIÓN DE LOS ESCLAVOS

De acuerdo con los equipos existentes, se cuenta con PLC's que no tienen el puerto PROFIBUS-DP integrado, y hacen uso

de los módulos CM 1242-5 (esclavos) y CM1243-5 (maestro), para la comunicación PROFIBUS, la configuración de comunicación para estos módulos se realiza mediante esclavos DP inteligentes, que usan áreas de transferencia para el intercambio de datos. En las áreas de transferencia se puede tanto enviar como recibir datos tanto del maestro como de los esclavos configurados.

En caso de un área de transferencia en la que el esclavo envía datos, el tipo de dirección es de salida (Q), lo que significa que en el maestro el tipo de dirección es de entrada (I), es recomendable que la dirección inicial sea la misma para el dispositivo interlocutor y el local, de acuerdo al proyecto realizado, la red trabajará con palabras, el esclavo enviará por la dirección QW200 y el maestro recibirá en la dirección IW200, y viceversa, cuando el maestro envía lo hará por la dirección QW200 y el esclavo lo recibirá en la dirección IW200.

### C. CONFIGURACIÓN HARDWARE Y SOFTWARE DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Primero hay que montar todas las partes, el convertidor propiamente, la tarjeta PROFIBUS y el display (BOP). Después de montar la tarjeta, lo mejor es darle la dirección PROFIBUS. La dirección PROFIBUS se puede configurar de dos maneras:

- Mediante los siete interruptores DIP en el módulo de comunicación
- Mediante el parámetro "P0918", el cual, al estar configurada una dirección 0, con los interruptores DIP, puede modificar la dirección PROFIBUS, utilizando el BOP.

Los interruptores DIP 1 a 7 permiten configurar la dirección PROFIBUS en un rango de 1 a 125 según la tabla 1.

Tabla 1. Configuración PROFIBUS mediante DIP

Número de Interruptor:	1	2	3	4	5	6	7
Añadir a la dirección:	1	2	4	8	16	32	64

El control del MICROMASTER 4 se produce por el canal cíclico de PROFIBUS-DP. Además se pueden intercambiar parámetros por esta vía. La estructura de datos útiles para el canal cíclico se define en el perfil PROVIDriveVersión 2.0 y se designa como PPO (objeto parámetros-datos de proceso).

El perfil PROVIDrive fija para los accionamientos la estructura de datos útiles con la que puede acceder un maestro a los esclavos (accionamientos) por comunicación de datos cíclica.

**Estructura de datos útiles según PPOs.-** La estructura de datos útiles en la comunicación de datos cíclica se subdivide en dos áreas que se pueden transmitir en cada telegrama:

- Área de datos de proceso (PZD, Prozeßdaten), es decir, palabras de mando y valores de consigna, así como información de estado y valores reales.
- Área de parámetros (PKW, Parameter-Kennung-Wert) para leer/escribir valores de parámetros, p. ej. lectura de fallos, así como lectura de información sobre las características de un parámetro, como p. ej. lectura de los límites mín/máx, etc.

El tipo de PPO con el que el maestro PROFIBUS-DP se dirige al convertidor se puede fijar durante la instalación del sistema de bus cuando se toca lo referente a los datos de configuración. La selección del correspondiente tipo de PPO depende de la tarea del accionamiento en la interconexión con el sistema de automatización. Los datos de proceso siempre se transmiten. Se procesan en el accionamiento con prioridad más alta y en los intervalos de tiempo más cortos. Con los datos de proceso se controla el accionamiento dentro del sistema de automatización, p. ej. conectándolo o desconectándolo, fijando valores de consigna, etc.

Con ayuda del área de parámetros el usuario tiene acceso opcional a todos los parámetros existentes en el convertidor mediante el sistema de bus. Por ejemplo, lectura de información de diagnóstico detallada, mensajes de fallo, etc.

En la Figura 3, se indica la estructura básica de los telegramas de la transmisión cíclica de datos:

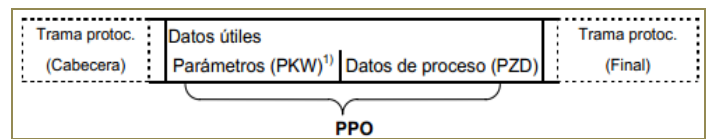


Fig. 3. Estructura de los telegramas

1) PKW, es el valor e identificador de parámetro. Según el perfil de accionamientos de velocidad variable PROVIDriveVersión 2.0 se definen cinco tipos de PPO:

- Datos útiles sin área de parámetros y dos o seis palabras de datos de proceso.
- Datos útiles con área de parámetros y dos, seis o diez palabras de datos de proceso.

Además de los tipos PPO también es posible una configuración libre de datos cíclicos.

Para controlar el variador se debe crear un bloque de programación en el maestro, se empieza fijando el Setpoint de velocidad en la dirección QW310 (Palabra de mando 2). Para dar un valor al Setpoint de velocidad escribir: (Bloque MOVE) el valor hexadecimal 4000, con este valor el drive se moverá al 100% de la velocidad parametrizada. Un valor hexadecimal de 2000 lo hará girar al 100% de su velocidad máxima. Para que empiece o pare de girar una vez establecido el valor de Setpoint se debe ajustar la palabra de mando 1. De acuerdo a la tabla anteriormente expuesta se puede formar la palabra de mando bit a bit, pero para un inicio del accionamiento sencillo escribir un valor hexadecimal de 047E

en la dirección QW308, así el accionamiento estará listo para arrancar, cambiando el borde del bit 0 a ON se escribirá en la misma dirección: 047F lo que hará empezar el giro del variador hasta llegar al Setpoint de velocidad seleccionado en la palabra de mando 2. Para la inversión de giro existen varias opciones: cambiando la palabra de mando 1 o multiplicando por -1 el valor de velocidad de la palabra de mando 2. Para parar el giro se puede cambiar la palabra de mando 1 de 047F a 047E o escribir "0" en la referencia de velocidad.

#### IV. RED PROFINET

En el contexto de la Totally Integrated Automation (TIA) PROFINET es la continuación consecuente de: PROFIBUS DP e Industrial Ethernet, el bus de comunicación para el nivel de célula.

PROFINET se usa para intercambiar datos a través del programa de usuario con otros interlocutores vía Ethernet, soporta un máximo de 16 dispositivos IO con un máximo de 256 submódulos. PROFIBUS admite 3 maestros independientes, con 32 esclavos por maestro DP con un máximo de 512 módulos por maestro DP. Permite la comunicación en equipos SIMATIC DP mediante: [2]

- Comunicación S7
- Protocolo User Datagram Protocol (UDP)
- ISO on TCP (RFC 1006)
- Transport Control Protocol (TCP)

Al hablar de PROFINET, se dispone de varios protocolos, por ello es importante seleccionar cuál de estos utilizar de acuerdo al software y a los dispositivos que se utilizan. Al trabajar con el PLC S7-1200, se posee el software TIA PORTAL, el cual tiene a disposición todos los bloques de función y asistentes para realizar cualquier tipo de comunicación PROFINET, pero considerando que, además, se trabaja con un PLC S7-300 que es programado con el mismo software TIA PORTAL, se debe tomar en cuenta que protocolos y bloques de PROFINET son viables para la aplicación. También se debe contar con que el S7-300 no cuenta con interfaz Ethernet integrada por lo cual se hace uso del módulo 343-1 LEAN, factor que de igual manera influye al momento de seleccionar el protocolo.

De acuerdo al análisis realizado y a los requerimientos del proyecto, el protocolo a usar es: Comunicación S7, en donde el PLC S7-300 es el servidor de la red PROFINET y el PLC S7-1200 que es el maestro de la red PROFIBUS, en éste caso es el cliente de la red PROFINET.

#### V. MODERNA INGENIERÍA

Como resultado de años de desarrollo y mejora continua, Siemens presenta sus principales innovaciones para la industria como la nueva versión de la plataforma de software industrial TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) y el

controlador de automatización SIMATIC S7-1200. Innovaciones basadas en un manejo intuitivo, fácil de aprender y usar, fáciles de integrar en instalaciones ya existentes, seguras y, sobre todo, eficientes. Éste PLC tiene puerto Ethernet incorporado y funciona mediante PROFINET sin necesidad de otros equipos adicionales, tanto el portal TIA como el nuevo PLC de Siemens constituyen uno de los avances más prominentes en automatización industrial con los que se cuenta actualmente.

Con TIA Portal se pone en práctica la visión de ofrecer un marco común de ingeniería que permite implantar soluciones de automatización en todos los sectores industriales del mundo. Una plataforma de software y marco innovador para integrar todas las tareas de automatización en un proceso industrial en una planta

#### VI. TRABAJOS RELACIONADOS

Las redes PROFIBUS y PROFINET, son muy utilizadas en el ámbito industrial, es por ello que existe mucho desarrollo, en aplicaciones de una sola de éstas redes o de ambas, por lo que hablar de trabajos relacionados a éste proyecto, es hablar de un sin fin de ejemplos, pues de igual forma éstas tecnologías se han implementado en diferentes marcas.

Éste tipo de redes actualmente se presentan como solución para cualquier tipo de proyectos de automatización, usando diferentes marcas y equipos, empleándolas en varios tipos de procesos industriales como: alimentos y bebidas, procesos de manufactura, industria del automóvil, etc. [3] Dichas aplicaciones han servido como guía para entender no sólo prácticamente, sino conceptualmente los temas relacionados a éste proyecto.

Éste proyecto está basado en el desarrollo de una red PROFIBUS en el nivel de campo y de una red PROFINET, en el nivel de célula, lo cual es una práctica de mucho uso debido a la facilidad para integrarse de éstas redes, pues PROFINET mantiene los mismos procedimientos, herramientas de configuración y diagnóstico que se usan en PROFIBUS. Lo innovador de PROFINET es que, no sólo provee una solución para el nivel de control, sino que también permite el procesamiento autónomo de todas las tareas de automatización y optimización, en consecuencia integrando éstas dos redes se obtiene una solución que abarca todos los niveles de automatización, exceptuando el nivel de sensores y actuadores. Existen empresas que proveen dispositivos para el desarrollo de estos diseños, así como también existen otras que ofrecen sistemas basados en PROFIBUS y PROFINET en un backplane. [4]

Al hablar de esclavos PROFIBUS, no se hace referencia únicamente a PLC's, existen varios dispositivos que pueden actuar como elementos pasivos de la red, como por ejemplo, variadores de velocidad, multímetros, encoders, etc, siendo necesario comprender la forma de integrarlos y manejarlos en la red. Se necesitó conocer la forma de trabajar con un

variador de velocidad como un esclavo PROFIBUS, para éste fin, fue de mucha ayuda un artículo sobre el manejo con PROFIBUS de un variador SINAMICS G120 [9], en el cual se expone como poner en servicio, configuración para PROFIBUS, uso de palabras de mando, envío y lectura de parámetros, etc, para éste modelo de convertidor de velocidad, similar al MICROMASTER 440 usado en el presente proyecto.

#### VII. CONCLUSIONES

- SIMATIC WinCC con STEP 7 dentro del TIA Portal presentan una perfecta interacción, y forman parte de un nuevo concepto de ingeniería integrado.
- El uso constante de PROFINET, protocolo de comunicación basado en Ethernet TCP/IP, garantiza la integración óptima de dispositivos S7-1200 en plantas con diferentes topologías.
- La red PROFIBUS DP en éste proyecto tiene una configuración con esclavos DP inteligentes, en este tipo de configuraciones, la CPU que actúa como maestro DP no puede acceder directamente a los módulos de E/S o a las direcciones físicas de la CPU esclava.

- El control del variador de velocidad MICROMASTER 440 se produce por el canal cíclico de PROFIBUS DP, además se permite el intercambio de parámetros por ésta misma vía.

#### VIII. REFERENCIAS

- [1] P. R, «Ingeniería de la Automatización Industrial,» de Ingeniería de la Automatización Industrial, RA-MA Editorial, 1999, pp. 71-157.
- [2] N. Oliva, «PROFINET,» de Redes de Comunicaciones Industriales, Madrid España, 2013, p. 408.
- [3] CAIME. Control Automático IME, «CAIME,» [En línea]. Available: <http://www.caime.es/proyectos.html>. [Último acceso: 2014].
- [4] Editores Online, «Editores Online,» Octubre 2011. [En línea]. Available: <http://www.editores-srl.com.ar>. [Último acceso: 2014].