

## CONTROL Y SUPERVISIÓN DE UN PROCESO INDUSTRIAL SIMULADO UTILIZANDO SISTEMAS SCADA, PLC S7-1500 Y VARIADORES DE VELOCIDAD SIEMENS

Autores: David Steven Galvis Arévalo 1802584, Johan Andres Sebastian Gómez Espinosa 1802322, Eric Xavier Buitrago Forero 1802410.

**Resumen:** En este documento se lleva a cabo el resultado de la implementación de un sistema SCADA para el control y supervisión de un proceso que debe realizar perfiles posición y velocidad en un servomotor y en un motor trifásico utilizando una conexión de 6 controladores PLC S7-1500. En la industria los sistemas SCADA son de vital importancia ya que permiten visualizar y controlar uno o varios procesos remotamente, ya que en algunos casos las plantas se encuentran a distancias considerables y para este específico caso se realizan desde estaciones de PC y pantallas HMI a través de dos protocolos de comunicación (principal y secundario) el cual permite la conexión entre los PLC y que al caer una conexión la otra (PROFIBUS) la respalde, además de configurar el driver del servomotor y el variador de frecuencia para que los perfiles se realicen correctamente, y finalmente se obtiene una red principal de 6 PLC en conexión anillo mediante PROFINET donde se comunican todos entre sí, y se envían y reciben datos que son usados para realizar activar los procesos secuenciales programados para los perfiles en los motores de cualquier estación de trabajo.

**Abstract:** This document shows the result of the implementation of SCADA system to control and to supervise the process following position and speed profiles of both servo motor and a three phase motor using connection of 6 PLC S7-1500. In the industry the SCADA systems are very important because it shows and control one or more remote processes, sometimes the work stations are in considerable lengths and for this specific case it is made for PC Stations and HMI Screens through two communication protocols (main and secondary) that makes the connection of PLC and when one communication fail the other takes its place and keep communicating, adding the configuration of parameters for driver for the servo motor and the variable frequency drive to make the profiles correctly. Finally it is obtained a main network of 6 PLC by PROFINET ring connection where the controllers communicate one each other sending and receiving data use to make the sequential process programmed for profiles in any work station in the lab.

## Introducción:

Los sistemas SCADA proveen un software de supervisión y control a través de múltiples controladores lógicos programables. Estos sistemas son diseñados para usarse sobre largas distancias como agua o por extensas redes eléctricas. Debido a las largas distancias, estos sistemas permiten visualizar un proceso y controlarlo en tiempo real mediante una estación de monitoreo.[1]

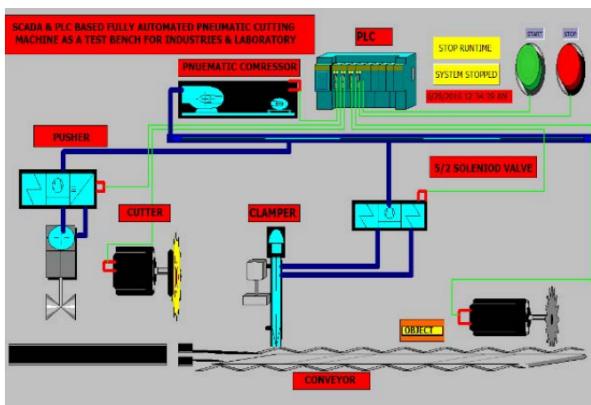


Figura 1: Ejemplo de sistema SCADA.[2]

El protocolo PROFIBUS es un estándar de comunicaciones para buses de campo. Deriva de las palabras **PRO**cess **FI**eld **BUS**, la versión más utilizada es PROFIBUS DP. Diseñada especialmente para la comunicación entre los sistemas de control de automatismos y las entradas/salidas distribuidas. Un sistema típico consta de: Un PLC o PC como sistema de control(maestro) y varios dispositivos de E/S configurados como esclavos, como lo son E/S digitales o analógicas, accionamientos AC o DC y válvulas magnéticas o neumáticas.[3]

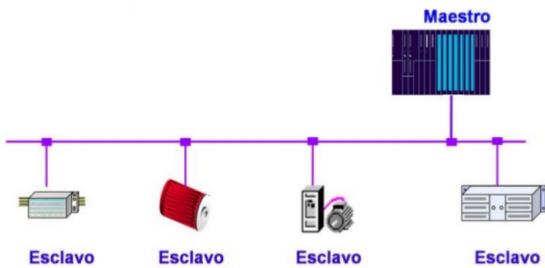


Figura 2: Conexión típica PROFIBUS DP

El variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad del motor se ajuste a la demanda real de la aplicación. Un variador es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que ésta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento.[4]



Figura 3: Variadores Micromaster SIEMENS[5]

Los servomotores con su correspondiente driver, son dispositivos de accionamiento para el control de precisión de velocidad, torque y posición. Estos reemplazan los accionamientos neumáticos e hidráulicos (salvo en aplicaciones de alto torque) y constituyen la alternativa de mejor desempeño frente a los accionamientos mediante convertidores de frecuencia, ya que estos no proporcionan un control de posición y son poco efectivos a bajas velocidades.[6]

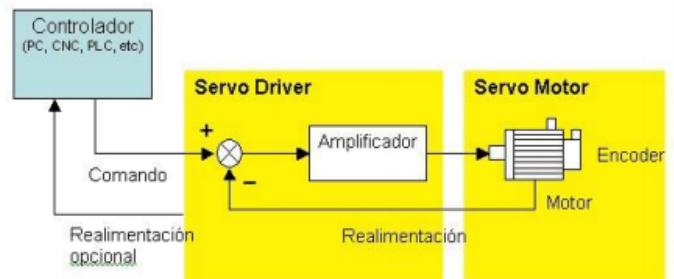


Figura 4: Servomotor con driver[6]

## Objetivos:

### - General

Diseñar e implementar diferentes estaciones de trabajo donde cada una se encuentre en una subred diferente en donde se encuentren variadores de velocidad, servosistemas y PLCs; estas plantas se deben comunicar a través de un sistema SCADA a través del WinCC y el HMI.

### - Específicos

Diseñar e implementar sistema SCADA para supervisar diferentes plantas que se encuentren en subredes diferentes

Implementar los perfiles predefinidos en el servomotor a través del Driver y en el motor por el variador de velocidad micromaster.

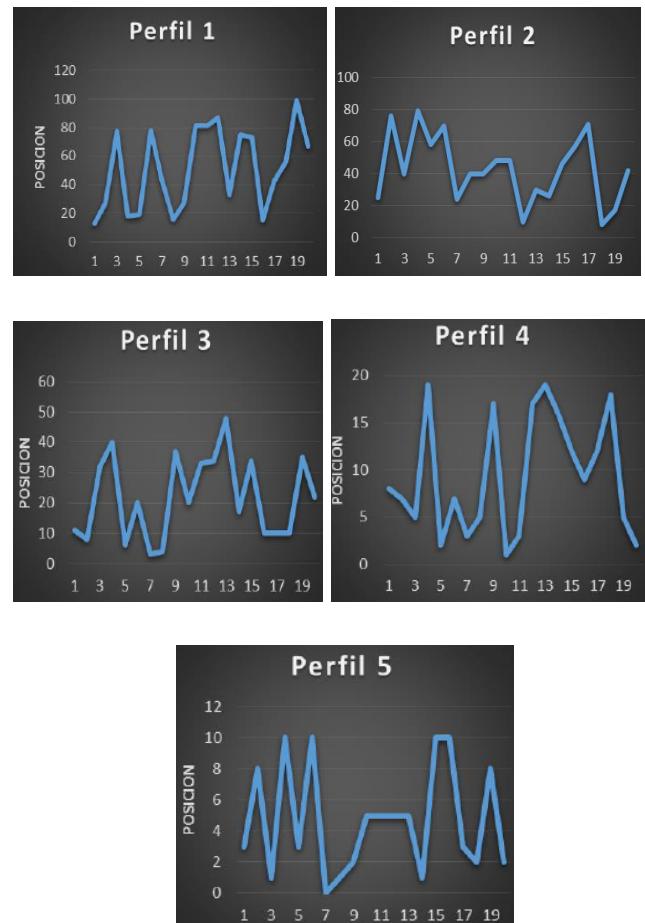
## Desarrollo

Para el desarrollo se deben realizar perfiles de posición y de velocidad en el servomotor y en el motor a través del variador de frecuencia, respectivamente. Estos se visualizan y controlan en las estaciones PC y en las HMI que se encuentran en una red conjunta de los 6 PLC disponibles en el laboratorio.

## Materiales:

- PLC Siemens S7-1500
- Realtek RTL8188EU Wireless LAN 802.11n USB 2.0 Network Adapter.
- TIA Portal V13
- Cables ETHERNET
- Cable RS485 PROFIBUS
- Servomotor YASKAWA Sigma - II
- Micromaster 440 Siemens
- Siemens Motor 1LA7 070 2YA60
- HMI KTP600 Basic Siemens

## Procedimiento



**Variador de frecuencia:** El variador de frecuencia como se menciona anteriormente, controla el porcentaje de la fase proveniente de la red eléctrica que ingresa al motor, de esta manera se vuelve un controlador para el motor, éste se comunica mediante PROFIBUS al PLC y de esta manera poder controlar el motor trifásico.



Figura 5: Variador Micromaster 440 SIEMENS

A este se ingresan todos los parámetros que son características del motor, de comunicación y eléctricas, estos parámetros y su respectiva función se encuentran en la tabla 1:

Parámetro	Valor	Descripción
P10	30	Ajuste de fábrica
P970	1	Reiniciar valores
P3	3	Usuario experto
P4	0	Todos los parámetros
P918	# = 55	Dirección de la tarjeta
P10	1	Puesta en marcha
P100	1	Sistema americano 60Hz
P304	220	Tensión del motor [V]
P305	1.9	Corriente del motor [A]
P307	0.5	Potencia del motor [HP]
P310	60	Frecuencia del motor [Hz]
P311	1590	Velocidad nominal [RPM]
P700	6	Conexión PROFIBUS
P1000	6	Conexión PROFIBUS
P1080	0	Frecuencia mínima [Hz]
P1082	60	Frecuencia máxima [Hz]
P1120	5	Tiempo a Vel máx [seg]

P1121	2	Tiempo desaceleración[seg]
P2040	#	Tiempo de vigilancia
P3900	x	Cargar la configuración

Tabla 1: Parámetros variador Micromaster 440

Desde el TIA Portal se envían parámetros al variador (palabras) para que cambie el porcentaje de la frecuencia de fase que llega al motor, que es directamente proporcional a la velocidad ejercida por este.

**Servomotor:** Para el servomotor, se realiza un control de posición enviando valores cada 2 segundos, estos valores corresponden a voltajes configurados en el TIA Portal y el PLC por las salidas analógicas. Primero consiste en convertir valores de velocidad necesarios para que el servo alcance una posición angular (radianes) durante cierto tiempo, que para este caso son 2 segundo. Luego de tener esto se procede a revisar en el manual del módulo de salidas analógicas cuando este el voltaje mínimo y máximo que el PLC puede enviar, son +10V y -10V que equivalen a un número interno que maneja el PLC que es de 27648. Sabiendo esto, se configura el parámetro Pn300 del driver del servo en 800, que equivale a 8V de referencia y que a 8 voltios el motor girará a la velocidad nominal que es de 3000 rpm. Estos valores se envían acorde a que el servo cumpla unas posiciones en radianes.



Figura 6: Servomotor YASKAWA Sigma II

**Estación PC - Win CC:** La estación PC se encarga de supervisar y controlar el proceso a través del ordenador, este se enlaza con un PLC a través de una subred, que deben ser iguales, con el fin de que se pueda controlar el proceso desde un sitio remoto. Para la estación PC se programa una interfaz donde se ubican botones y ejes coordenados, en el eje de la interfaz se grafican los perfiles en tiempo real con el motor.

En la figura 7 se observa la imagen principal de la estación PC a través del WinCC, en esta se observan 6 botones para cada uno de los PLC y un botón de STOP de emergencia.



Figura 7: Imagen principal WinCC

Y al accionarse cualquiera de los PLC, se procede a ver la imagen que se muestra en la figura 8, la cual

tiene 5 botones que permiten realizar cualquiera de los perfiles, botones de “play” y “stop” para iniciar y detener el perfil en cualquier momento, además de tener un eje en el cual se grafica en tiempo real el perfil realizado por los motores.



Figura 8: Imagen al acceder a un PLC, WinCC

**HMI:** La interfaz humano-máquina se configura a igual que con la estación PC, se crean imágenes las cuales se muestran al usuario cuando accede a la misma, en la cual interactúa con botones programados con diferentes eventos que permiten controlar todo el sistema SCADA.



Figura 9: HMI KTP600 Basic

La imagen principal para cada HMI se encuentra en la figura 8, en la que se muestran 6 botones para seleccionar en cuál de las 6 estaciones de trabajo PLC se van a realizar los perfiles y además el botón

de paro de emergencia, que consiste en parar todas las CPU que se encuentran conectadas.



Figura 10: HMI KTP600 Basic

**PROFIBUS:** Para la conexión a través de este protocolo se utiliza un cable RS485 utilizando el perfil PROFIBUS DP (Decentralized peripherals) que permite un intercambio de datos rápido y cíclico. Una de las características de este método es su eficiencia y rentabilidad. Para realizar esta comunicación fue necesario conectar los 6 PLC disponibles en el laboratorio y definir un solo PLC maestro, para esto se activa el switch en ON en la terminal del cable conectado al controlador que se define como maestro, y en el resto el switch debe encontrarse en OFF significando que serán los esclavos del proceso.

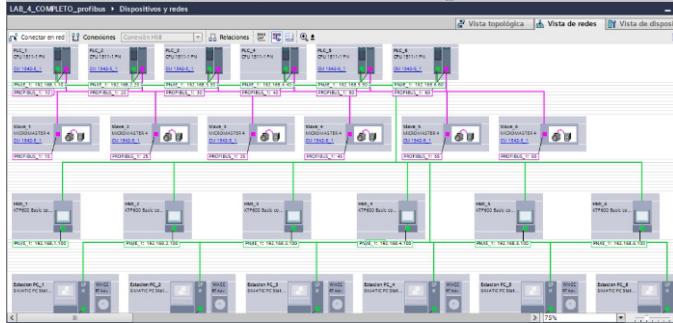


Figura 11: Dispositivos y redes

Al hacer esta configuración, se crean dos búfer que permiten la comunicación de variables entre maestro y esclavo, haciendo posible que se puedan

comunicar los PLC a través de entradas y salidas, que son marcas de memoria.

## PROFINET:

Es un estándar de ethernet industrial con características similares a profibus y uno de los más usados en el mundo industrial de automatización por su velocidad y seguridad de transmitir los datos. según IEC 61784-2 [7]

Mas específico puede ser aplicado a aplicaciones discretas y de procesos, motion control, P2P integración vertical, tiene más seguridad, gestión de energía y muchas más características que lo hacen ser una de las líderes en el mercado por ser además de todo abierta.

La diferencia entre profinet y estándar ethernet la capacidad de carga y la inmunidad en distintos componentes puede usarse en la parte más baja de la pirámide de automatización hasta la parte de gestión de procesos.[8]

Es un estándar utilizado por la familia simatic que puede incorporarse con componentes como HMI, otros PLC's y otros dispositivos de campo.

Visión general de PROFINET  
2.3 Estructura de un dispositivo PROFINET

Tabla 2-3 Especificación técnica de la interfaz PROFINET

Propiedad física	Técnica de conexión	Tipo de cable / medio de transmisión	Velocidad de transferencia / Servicio	Long. máx. segmento	Ventajas
<b>Eléctrica</b>	Conector RJ 45 ISO 60603-7	100Base-TX Cable de cobre de par trenzado 2x2, blindado y apantallado, exigencia de transmisión según CAT 5 IEEE 802.3	100 Mbits/s / dúplex	100 m	Conexión de cable simple y económica
<b>Óptica</b>	SC/RJ 45 ISO/IEC 61754-24	100Base-FX Cable de fibra óptica POF (Polymer Optical Fiber). 980/1000 µm (sección del núcleo/sección externa) ISO/IEC 60793-2	100 Mbits/s / dúplex	50 m	Uso con grandes diferencias de potencial Inensible a la radiación electromagnética Baja attenuación del cable Posibilidad de segmentos considerablemente más largos
		Fibra óptica recubierta de plástico (Polymer Cladded Fiber, PCF). 200/230 µm (sección del núcleo/sección externa) ISO/IEC 60793-2	100 Mbits/s / dúplex	100 m	
<b>BFOC (Bayonet Fiber Optic Connector) y SC (Subscriber Connector)</b> ISO/IEC 60874		Cable de fibra óptica - fibra monomodal 10/125 µm (sección del núcleo/sección externa) ISO/IEC 60793-2	100 Mbits/s / dúplex	26 km	Mayor movilidad Interconexión económica con estaciones lejanas y difícilmente accesibles
		Cable de fibra óptica - fibra multimodal 50/125 µm y 62,5/125 µm (diámetro de núcleo/diámetro exterior) ISO/IEC 9314-4	100 Mbits/s / dúplex	3000 m	
<b>Ondas de radio</b>	-	IEEE 802.11 x	Dependiendo de la ampliación utilizada (a / g / h / etc.)	100 m	

*Figura : características PROFINET manual de usuario simatic "visión general profinet"*

La conexión principal PROFINET se realiza mediante cable de Ethernet entre los 6 PLC

### Conclusiones

- \* El sistema SCADA permite supervisar varios procesos pero en algunos casos esta supervisión es limitada, esto se evidencia en el HMI ya que solo permite supervisar y adquirir datos de 4 dispositivos a la vez.
- \* Para el control de posición se aplicó una velocidad durante cierto tiempo para llegar a la posición deseada en el tiempo deseado, esto se realiza de esta manera debido a que es más complejo para el programa calcular la distancia angular y es más costoso para las empresas comprar sensores de posición.

### Referencias

[1]G. Falco, C. Caldera, H. Shroobe, “ IIoT Cybersecurity Risk Modelling of SCADA Systems”, IEEE Internet of Things Journal, 2018.

[2]F. Durrani, M. Riaz, M. Hamza, S. Durrani, H. Ali, “SCADA & PLC based fully automated pneumatic cutting machine: A test bench for industry and laboratory”, IEEE International Conference on Engineering and Emerging technologies, 2018.

[3] PROFIBUS DP  
<https://es.slideshare.net/johnpir/profibus-dp-55706968>

[4] ¿Qué es un variador de frecuencia? ABB  
<http://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>

[5] Manual técnico: Micromaster 440 Instrucciones de uso.

[6]Asociación de industria eléctrica AIE de Chile, ABC de la automatización, Servomotores.

<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/Servomotores.pdf>

PROFINET TCP/IP

[7]<https://w3.siemens.com/mcms/water-industry/en/Documents/PROFINET.pdf>

[8][http://isa.uniovi.es/docencia/ra\\_marina/cuatrim2/Temas/11%20-%20PROFINet.pdf](http://isa.uniovi.es/docencia/ra_marina/cuatrim2/Temas/11%20-%20PROFINet.pdf)