

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA UTILIZANDO FACTORYTALK Y ETHERNET INDUSTRIAL CON TECNOLOGÍA ALLEN BRADLEY PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LAS ESTACIONES DE FLUJO, NIVEL Y PRESIÓN EN EL LABORATORIO DE REDES INDUSTRIALES Y CONTROL DE PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA

Ganchala I. Pullupaxi J.

Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga

Abstract— El presente proyecto tiene como objetivo primordial realizar un sistema SCADA, mediante una RED ETHERNET INDUSTRIAL para obtener datos de las estaciones de control de procesos de Presión, Flujo y Nivel instituyendo así una red con arquitectura descentralizada de un servidor y tres clientes y el diseño de HMI's tanto en PC's y PanelView's para el control y monitoreo de las estaciones de procesos del laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

Para el presente proyecto se utilizó PLCs COMPACT LOGIX 1769-L32E que son los dispositivos que principalmente realizan el control PID de cada estación para después mediante la interface Ethernet que estos disponen implementar la RED ETHERNET INDUSTRIAL para llevar los datos hacia el PLC SERVIDOR, donde con la configuración de Tags consumidos y producidos se logra de forma remota realizar el control y el monitoreo desde el servidor a través de un HMI diseñado en FACTORYTALK VIEW ME así como también el monitoreo desde los PanelView's en cada una de las estaciones antes mencionadas.

Palabras claves— Ethernet Industrial, Switch Industrial, nodo Servidor, nodo Cliente, CompactLogix 1769 L32E, RSLogix5000, RSLinx Classic, FactoryTalk View ME, PanelView Plus 6 600.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema SCADA es un acrónimo que significa "Supervisory Control And Data Acquisition" (Control Supervisor y Adquisición de Datos). Los sistemas SCADA utilizan la computadora y

tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales. Estos sistemas son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complejos o muy geográficamente dispersos, ya que pueden recoger la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente, y la presentan a un operador en una forma amigable. Los sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

Es así que en este proyecto nos centralizamos en el diseño de un sistema SCADA utilizando Ethernet Industrial y FactoryTalk el cual tiene como fin establecer el control y monitoreo a través de la comunicación entre un Servidor y tres clientes que a su vez estos están realizando un control PID sobre las estaciones de Presión, Flujo y Nivel existentes en la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

II. MARCO TEÓRICO

A. Sistema SCADA

Los sistemas SCADA son aplicaciones de software diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia. Se basan en la adquisición de datos de procesos remotos.

Este tipo de sistema es diseñado para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora. Además, envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros supervisores dentro de la empresa, es decir, que permite la participación de otras áreas, como por ejemplo:

control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. Es decir se le puede considerar a un sistema SCADA como un diseño que permite satisfacer las necesidades, de un sistema de control centralizado o descentralizado sobre procesos industriales distribuidos sobre áreas geográficas muy extensas, por medio de una estación central que hace de maestro o servidor y una o varias unidades remotas (clientes) por medio de las cuales se hace el control, adquisición de datos hacia y desde el campo.



Figura 1. Sistema SCADA.

B. Ethernet Industrial

Desde el punto de vista físico, Industrial Ethernet constituye una red eléctrica sobre la base de una línea coaxial apantallada, un cableado TwistedPair o una red óptica sobre la base de un conductor de fibras ópticas.

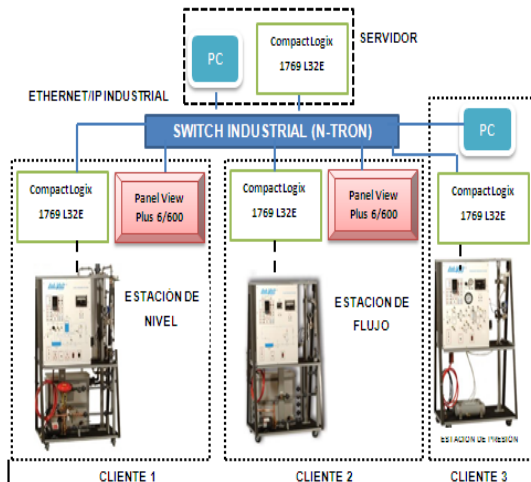


Figura 2. Ethernet Industrial.

Industrial Ethernet está definida por el estándar internacional IEEE 802.3 aparece con el objetivo de unificar tanto las comunicaciones entre dispositivos como los perfiles a los que estos debían responder para garantizar el comportamiento estandarizado. Además es un estándar que establece las pautas de cableado, señalización de nivel físico y formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI en específico. Es decir es un estándar muy robusto de gran utilidad en la comunicación y

compartimiento de información más aun en ambientes industriales donde la transmisión de datos es muy compleja.

C. FactoryTalk View ME

El software FactoryTalk View Machine Edition (ME) es una versátil aplicación de interface operador-máquina (HMI) que ofrece una solución robusta y dedicada para dispositivos de interface de operador a nivel de máquina. Como un elemento integral de la solución de visualización de Rockwell Automation, FactoryTalk View Machine Edition proporciona gráficos superiores, cambio de idiomas en tiempo de ejecución y un tiempo de puesta en marcha más breve mediante un ambiente de desarrollo común.



Figura 3. Software FactoryTalk

- Ventajas del FactoryTalk View ME

- Interface de operador-máquina sin tags con FactoryTalk Directory.
- Objetos globales.
- Biblioteca de plantillas incorporadas e instrucciones add-on de Rockwell Automation.
- Ahora compatible con el sistema operativo de 64 bits Windows.

Expande la flexibilidad y capacidad de la máquina mediante:

- Recetas
- Configuración de la máquina
- Registro de datos

D. RSLogix 5000

El software RSLogix 5000 está diseñado para programar controladores de la familia Logix 5000 y para la plataforma Logix de Rockwell Automation.

Utiliza varios tipos de lenguaje de programación como Escalera (Ladder), Bloques de funciones (Functions blocks), texto estructurado (structured text) y esquemas de funciones secuenciales (Sequential Function Chart).

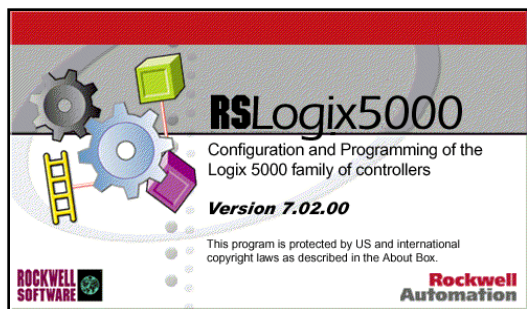


Figura 4. Software RSLogix 5000.

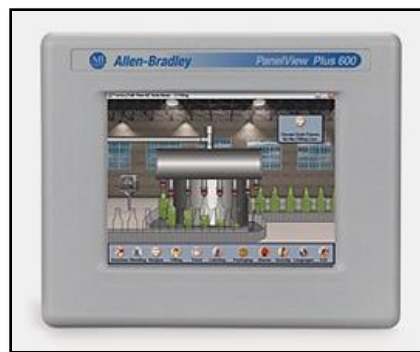


Figura 5. Panel View Plus 6/600 de Allen Bradley.

- Características del RSLogix 5000

- Puede utilizarse para aplicaciones de base discreta, de proceso, de lote, de movimiento, de seguridad y de variadores.
- Es compatible con la familia escalable de controladores programables de automatización (PAC) Logix.
- Permite fragmentar la aplicación en programas más pequeños que pueden volver a utilizarse, rutinas e instrucciones que pueden crearse al utilizar distintos lenguajes de programación: diagrama de lógica de escalera, diagrama de bloque de funciones, texto estructurado y diagrama de funciones secuenciales.
- Incluye un conjunto extenso de instrucciones incorporadas que usted puede aumentar al crear sus propias instrucciones add-on definidas por el usuario.
- Permite escribir la aplicación sin tener que preocuparse de la configuración de la memoria.
- Proporciona la capacidad de crear tipos de datos definidos por el usuario para representar fácilmente componentes específicos de la aplicación en una estructura.

E. PanelView Plus 6/600

Los terminales gráficos PanelView™ Plus permiten monitorear, controlar y mostrar información de estado de la aplicación de manera gráfica. Estos terminales ofrecen la flexibilidad de plataforma abierta del sistema operativo Windows® CE.

Están disponibles en tamaños de pantalla de 6 a 15 pulg. (15.24 a 38.1 cm). El software FactoryTalk® View Studio Machine Edition permite programar todos los terminales gráficos PanelView Plus.

F. CompactLogix 1769 L32E

Un controlador CompactLogix ofrece los elementos más avanzados de control, comunicaciones de Entrada y Salida (E/S) en un paquete de control distribuido.

Específicamente los CompactLogix de la familia Allen Bradley son compactos y además, usan un motor de control común con un ambiente de desarrollo común para proporcionar control de aplicaciones de rango medio en un ambiente fácil de usar.



Figura 6. CompactLogix 1769 L32E

La estrecha integración entre el software de programación, el controlador y los módulos de E/S reduce en este tipo de controlador, el tiempo de desarrollo y el costo en la puesta en marcha durante la operación normal. Esta homogeneidad proporciona una integración rentable de una máquina o aplicación de seguridad en un sistema de control a nivel de toda la planta, esto, integra capacidades de seguridad, movimiento, discretas y de variadores en específico en un solo controlador.

Características del CompactLogix 1769 L32E

- Alta funcionalidad en una plataforma económica.
- Riel DIN o montaje en panel para una instalación flexible.
- Los controladores compactos ofrecen E/S incorporadas para reducir los costos y a simplificar la configuración.
- Los módulos analógicos, digitales y especiales cubren un amplio rango de aplicaciones.
- Avanzada conectividad del sistema a redes EtherNet/IP para las plataformas CompactLogix 5370.

- Completa compatibilidad con redes EtherNet/IP estándar y compatibilidad limitada con redes ControlNet™ y DeviceNet™ en todas las plataformas CompactLogix.
- Capacidades de seguridad y movimiento integradas en un solo controlador.

III. IMPLEMENTACIÓN

A. Introducción

En los equipos que componen el sistema SCADA de este proyecto se ejecutan diversos programas que son los que proporcionan la funcionalidad al sistema. El desarrollo del proyecto se dividió en las siguientes etapas:

- Programación del COMPACTLOGIX 1769 L32E (Servidor y Clientes).
- Control PID de las estaciones de procesos.
- Implementación Red Ethernet Industrial.
- Configuración Servidor-Cliente.
- Diseño HMI utilizando FACTORY TALK.
- Programación del PanelView Plus 6/600.

B. Programación del COMPACTLOGIX 1769 L32E

Para la programación de los CompactLogix se deben utilizar los software RSlinx Classic y RSLogix 5000.

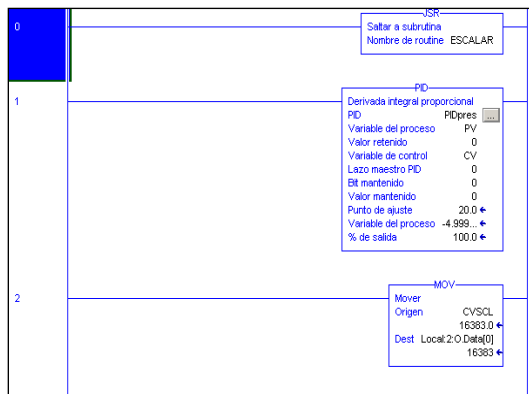


Figura 7. Programación en diagrama LADDER del CompactLogix 1769 L32E.

C. Implementación Red Ethernet Industrial.

- Configuración Servidor-Cliente

Para la configuración del servidor-cliente de la red Ethernet se basó en la configuración de tags producidos y tags consumidos, estos tags tienen como objetivo el intercambio de datos entre dos Logix5000. Primero la definición de Tag producido, según el manual de Tags

producidos y consumidos de los controladores Logix5000, es el Tag puesto a disposición por el controlador para ser usado por otros controladores. Varios controladores pueden consumir (recibir) los datos simultáneamente. Un Tag producido envía sus datos hacia uno o varios tags consumidos (consumidores) sin usar la lógica. En cambio un Tag consumido, es el Tag que recibe los datos de un Tag producido. El tipo de datos del Tag consumido debe coincidir con el tipo de datos (incluidas las dimensiones de las matrices) del Tag producido.

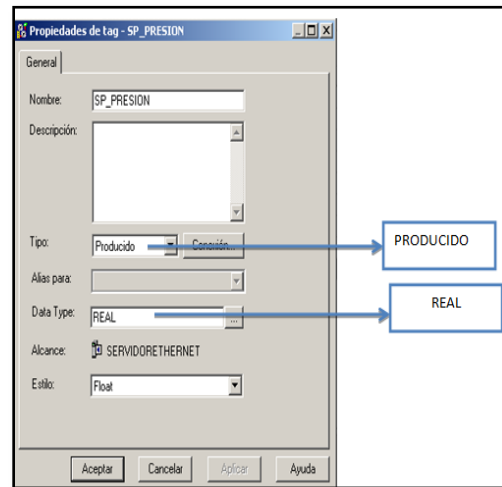


Figura 8. Configuración de las propiedades de un TAG Producido.

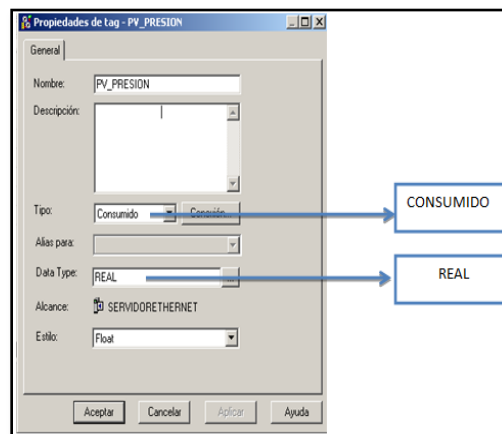


Figura 9. Configuración de las propiedades de un TAG Consumido.

D. Programación del HMI

Para el diseño de los HMI se utilizó el software FactoryTalk View ME la principal característica del diseño de las pantallas del HMI es que son lo más intuitivas posibles para que la experiencia del usuario sea lo más simple posible, además se dio diferentes opciones como

alarmas, usuarios, tendencias, e históricos. Todo lo necesario para que el HMI sea un diseño completo y entre en funcionalidad.



Fig. 10. Pantalla HMI principal

E. Programación del PanelView Plus 6 600

La programación del HMI que se descarga en el PanelView Plus 6 600 se lo realiza en el software FactoryTalk View ME V 7.0 el cual al ser diseñado con todas las características que se mencionó en el ítem (D) se procede a descargarlo en el terminal y al final se tiene un HMI que puede ser visualizado como se muestra en la Figura 11.

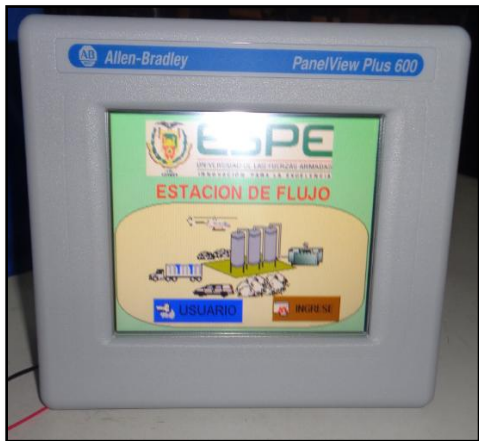


Figura 11. Panel View Plus 6/600 en funcionamiento con la aplicación.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Red Ethernet

Las pruebas para la red Ethernet se realizó tomando en cuenta que su estructura lógica se basa en un servidor y tres clientes, esto quiere decir que el PLC servidor es quien recolecta todos los datos de la red, es decir es quien comanda la misma y el que establece el control de acceso al medio.

B. Servidor Ethernet

El PLC servidor de la RED ETHERNET es el que se debe configurar y programar para poder recolectar los datos de cada cliente que monitorea a cada estación, por ende se debe configurar con los pasos indicados en el Capítulo 2 en el cual especifica los Tags consumidos y los Tags producidos, ahora lo que se va a comprobar es que si efectivamente el PLC servidor escribe y lee los datos proporcionados por cada uno de los clientes.

Para comprobar el envío y recepción de datos se realizó utilizando dos PLC's en marcha uno con la configuración de servidor y el otro de cliente y dos computadoras cada una conectada en línea a cada PLC, una vez establecido su comunicación se utilizó la herramienta de monitoreo y edición de Tags en el software RSLogix 5000 en la cual permite visualizar la recepción y transmisión de datos a través de Tags configurados, en este caso, son los Tags Producidos de envío y los Tags consumidos de recepción como se observa en la figura 12.

Nombre	Valor	Máscara de fuerza	Estilo	Data Type
CV_FLUJO	45.060326		Float	REAL
CV_NIVEL	20.0		Float	REAL
CV_PRESION	16.02372		Float	REAL
PV_FLUJO	39.611183		Float	REAL
PV_NIVEL	13.618385		Float	REAL
PV_PRESION	19.998169		Float	REAL
SP_FLUJO	40.0		Float	REAL
SP_NIVEL	15.0		Float	REAL
SP_PRESION	20.0		Float	REAL

Figura 12. Herramienta de monitoreo y edición de Tags en el software RSLogix 5000 PLC servidor.

C. Cliente Ethernet

El PLC cliente de la RED ETHERNET es el que se debe configurar y programar para poder recibir o consumir datos SP (Set Point), enviados desde el PLC servidor y producir o enviar datos como PV (Process Value) y CV (Control Value) hacia el PLC servidor, por ende se debe configurar con los pasos indicados en el Capítulo 2 en el cual especifica los Tags consumidos y los Tags producidos,

ahora lo que se va a comprobar es que si efectivamente el PLC servidor cliente recibe y envía datos.

Para comprobar el envío y recepción de datos se realizó de manera similar a la comprobación realizada al PLC servidor, para ello nuevamente se utilizó dos PLC's en marcha uno con la configuración de servidor y el otro de cliente y dos computadoras cada una conectada en línea a cada PLC, una vez establecido su comunicación se utilizó la herramienta de monitoreo y edición de Tags en el software RSLogix 5000 como se observa en la figura 13.

Nombre	Valor	Máscara de fuerza	Estilo	Data Type
CV	0.0		Float	REAL
CVp	100.0		Float	REAL
CVSCL	16383.0		Float	REAL
Local1.C	{...}	{...}		AB:1769_JF4.C:0
Local1.I	{...}	{...}		AB:1769_JF4:I:0
Local2.C	{...}	{...}		AB:1769_MODULE...
Local2.I	{...}	{...}		AB:1769_MODULE...
Local2.O	{...}	{...}		AB:1769_MODULE...
PIDpres	{...}	{...}		PID
PPV	0.0		Float	REAL
PV	-4.9990845		Float	REAL
PVp	0.0		Float	REAL
PVSCL	0.0		Float	REAL
spp	0.0		Float	REAL
sppp	0.0		Float	REAL
SPPRES	20.0		Float	REAL

Figura 13. Herramienta de monitoreo y edición de Tags en el software RSLogix 5000 PLC cliente.

D. Análisis de los Controles PID

Estación de Presión:

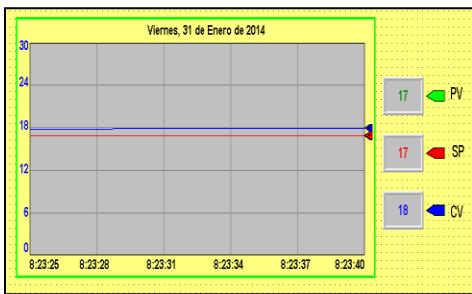


Figura 14. Comportamiento de las variables (SP, PV y CV) en la estación de Presión.

Para la sintonización del control PID de la estación de presión se aplicó el método de ganancia límite donde se inició con los valores de KP, TI y TD en cero, seguidamente se aplica un valor alto de ganancia proporcional (KP) igual a ocho (8.00) donde se observa una oscilación con un sobre impulso superior al 10%, entonces se aplica un valor de Tiempo Integral igual 0.003 con el fin de disminuir y eliminar el error en estado estacionario, el sobre impulso inicial se logra minimizar aplicando un valor adecuado de tiempo derivativo igual a 0.00001. El tiempo

de asentamiento en el proceso de control es de 4 segundos en valores de Set Point (SP) altos, medios y bajos.

Este procedimiento de sintonización de ganancia límite utilizado en el controlador PID en la estación de presión se lo realiza de forma repetitiva hasta encontrar los valores óptimos de sintonización los mismos que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Constantes optimas de sintonización de la estación de Presión.

ESTACIÓN DE PRESIÓN	
Constante Proporcional (Kp)	5.0
Tiempo Integral (Ti)	0.005
Tiempo Derivativo (Td)	0.001

Estación de Flujo:

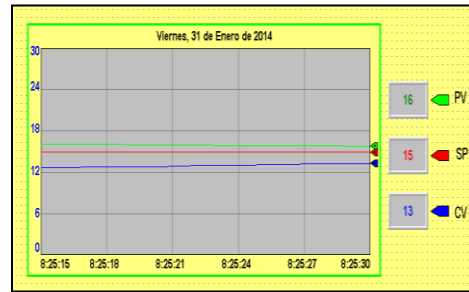


Figura 15. Comportamiento de las variables (SP, PV y CV) en la estación de Flujo.

Para la sintonización del control PID de la estación de flujo se aplicó el método de ganancia límite donde se inició con los valores de KP, TI y TD en cero, seguidamente se aplica un valor alto de ganancia proporcional (KP) igual a cuatro (4.00) donde se observa una oscilación con un sobre impulso superior al 10%, entonces se aplica un valor de Tiempo Integral igual 0.012 con el fin de disminuir y eliminar el error en estado estacionario, el sobre impulso inicial se logra minimizar aplicando un valor adecuado de tiempo derivativo igual a 0.000001. El tiempo de asentamiento en el proceso de control es de 5 segundos en valores de Set Point (SP) altos, medios y bajos.

Este procedimiento de sintonización de ganancia límite utilizado en el controlador PID en la estación de flujo se lo realiza de forma repetitiva hasta encontrar los valores óptimos de sintonización los mismos que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Constantes optimas de sintonización de la estación de Flujo.

ESTACIÓN DE FLUJO	
Constante Proporcional (Kp)	0.9832
Tiempo Integral (Ti)	0.00812
Tiempo Derivativo (Td)	0.000000228

Estación de Nivel:

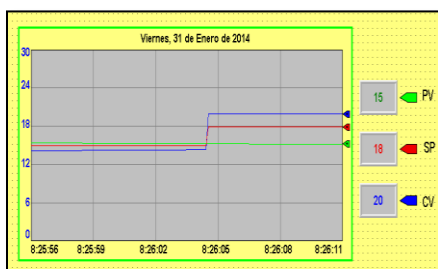


Figura 16. Comportamiento de las variables (SP, PV y CV) en la estación de Nivel.

Para la sintonización del control PID de la estación de nivel se aplicó el método de ganancia límite donde se inició con los valores de KP, TI y TD en cero, seguidamente se aplica un valor alto de ganancia proporcional (KP) igual a cinco (5.00) donde se observa una oscilación con un sobre impulso superior al 10%, entonces se aplica un valor de Tiempo Integral igual 0.0001 con el fin de disminuir y eliminar el error en estado estacionario, el sobre impulso inicial se logra minimizar aplicando un valor adecuado de tiempo derivativo igual a 0.0005. El tiempo de asentamiento en el proceso de control es de 8 segundos en valores de Set Point (SP) altos, medios y bajos.

Este procedimiento de sintonización de ganancia límite utilizado en el controlador PID en la estación de nivel se lo realiza de forma repetitiva hasta encontrar los valores óptimos de sintonización los mismos que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Constantes optimas de sintonización de la estación de Nivel.

ESTACIÓN DE NIVEL	
Constante Proporcional (Kp)	3.01
Tiempo Integral (Ti)	0.00009
Tiempo Derivativo (Td)	0.0000003

V. CONCLUSIONES

- Se determinó el correcto funcionamiento del Sistema SCADA en todas sus etapas, la comunicación se desarrolló en tiempo real sin pérdida de información logrando con ello el determinismo propio de las comunicaciones industriales así como el control de los procesos es de forma eficiente.
- La comunicación Ethernet industrial posee mayor velocidad de transmisión/recepción en relación a la comunicación serial RS-232, gracias a ello se posibilita realizar el monitoreo y control de los procesos industriales con tiempos de respuesta óptimos.
- Se comprobó que de los controles: Proporcional, proporcional integral, proporcional derivativo, proporcional integral derivativo, el control PID es el más eficiente ya que elimina el error de estado estable así como responden de forma más rápida ante cambios de consigna o perturbaciones los procesos nivel, presión y flujo.
- Se observó que el PLC servidor CompactLogix L32E se puede comunicar con varios dispositivos y equipos industriales por medio de una configuración de red Ethernet siendo una comunicación rápida y en tiempo real permitiendo monitorear en este caso a los tres clientes que se tiene implementado en este proyecto que son los procesos: Presión, Flujo y Nivel en el laboratorio de redes industriales y control de procesos.
- Para la comunicación de los PLC CompatLogix 1769 L32E con el computador y los panelView 6 600 se realizó de forma directa sin la utilización de un OPC industrial ya que al ser tecnología del mismo fabricante Rockwell su comunicación es directa.
- Se determinó que un Switch Industrial mantiene una administración de datos en un tiempo indefinido sin existir ninguna colisión o falla en la comunicación de datos, mientras que el switch convencional mantiene una administración confiable de datos durante un tiempo determinado, siendo menos confiable que un Switch industrial.
- Se comprobó que los controladores CompatLogix 1769 L32E tienen como ventaja el Firmware actualizable, con ello los equipos se actualizan a medida que el fabricante desarrolla nuevas herramientas tecnológicas.

REFERENCIAS

- [1] Sistemas SCADA
 URL:<http://es.scribd.com/doc/13473499/Introduccion-a-Los-Sistemas-SCADA>

[2] Sistemas SCADA
<http://www.uco.es/grupos/eatco/automatica/ihtm/descargar/scada.pdf>

[3] Red Industrial,
URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Red_industrial

[4] Integración De FactoryTalk View Se En Su Arquitectura,
URL:[http://www.rockwellautomation.co.uk/applications/gsemea/GSES.nsf/files/au_es_09_material/\\$file/F_-_S2_-_FT2ES_WBK.pdf](http://www.rockwellautomation.co.uk/applications/gsemea/GSES.nsf/files/au_es_09_material/$file/F_-_S2_-_FT2ES_WBK.pdf)

[5] Manual Allen Bradley,
http://96.61.63.50/techlib/Allen%20Bradley/AB_AdvInterfaceConverter_1761_NET_AIC_user_D498.pdf

[6]Protocolo de Comunicación, Interface Hombre Máquina,
URL:<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/171/4/Cap%203.pdf>

[7]Using Logix5000 Controllers as Network Ethernet
URL:http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ap/cig-ap126_-en-p.pdf

[8]PanelView Plus 6 Specifications
URL:http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/2711p-td005_-en-p.pdf



Ganchala Iván. Nació en Latacunga provincia de Cotopaxi en Ecuador. Es graduado del Colegio Experimental "Ambato", Ambato – Ecuador donde obtuvo el título de Bachiller en Ciencias, especialización en Físico Matemáticas.

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" en la ciudad de Latacunga Ecuador. E-mail: dariocpg@live.com.ec



Pullupaxi Javier. Nació en Ambato provincia de Tungurahua en Ecuador. Es graduado del Colegio Nacional "Jorge Álvarez", Pillaro – Ecuador donde obtuvo el título de Bachiller Técnico Industrial, especialización en Electrónica.

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" en la ciudad de Latacunga Ecuador. E-mail: jpullupaxi@gmail.com