

Adaptación de la Tecnología de Control Abierto de Procesos (OPC) al Laboratorio de Control Automático de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC) para la Administración Remota de sus Plantas de Trabajo

Verónica Julissa Raza García⁽¹⁾ Msc. Juan Francisco Del Pozo Lemos⁽²⁾
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC) ⁽¹⁾⁽²⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
veronica_raza@hotmail.com⁽¹⁾
jdelpozo@espol.edu.ec⁽²⁾

Resumen

Este trabajo de tesis consiste en el análisis de las presentes herramientas utilizadas para el desarrollo de las prácticas del Laboratorio de Control Automático (LCA) y los problemas que se presentan. Se plantea como metodología, la introducción de la tecnología de Control Abierto de Procesos (OPC) en el LCA, que además de simular un ambiente industrial controlado a tiempo real, deja una puerta abierta a la aplicación de técnicas de control remoto, llevada actualmente a cabo mediante el desarrollo de un sitio web. Para que se cumplan estas condiciones, se hace un análisis y se justifica el uso de los equipos de campo, Matlab-Simulink y una aplicación de la National Instruments (NI), que en conjunto logran establecer una comunicación cliente-servidor OPC entre las diferentes plantas de trabajo existentes en el LCA y el servidor web de la aplicación. Finalmente se expone la configuración de los equipos de campo y de Matlab-Simulink, las consideraciones de seguridad industrial a tomar en cuenta y el desarrollo de los elementos que contienen toda la información necesaria para la comunicación OPC, sin dejar de lado el diseño escogido para la mesa de trabajo donde fue montado este proyecto de tesis.

Palabras Claves: OPC, equipos de campo, LabCon, MAX, LCA, Matlab, National Instruments

Abstract

This thesis work comprises the analysis of the used tools for the development of Automatic Control Laboratory (LCA) practices, and the problems that this arises. It is proposed as a methodology, the introduction of Open Process Control (OPC) technology at the LCA that, besides simulating a real-time controlled industrial environment, leaves an open door for the application of remote control techniques, currently carried out by developing a website. To meet these conditions, an analysis is made to justify the use of field equipment, Matlab-Simulink and a National Instruments (NI) application, which together manage to establish an OPC client-server communication between different existent work plants at the LCA and the web application server. Finally, the configuration of field devices and Matlab-Simulink is exposed, industrial safety considerations to take into account and the development of the items that contain all information necessary for OPC communication, without leaving the design chosen for the workbench where this thesis project was mounted.

Keywords: OPC, field equipment, LabCon, MAX, LCA, Matlab, National Instruments

1. Introducción

Debido a los grandes avances tecnológicos obtenidos en las industrias en cuanto a hardware y software para adquisición, control y monitoreo de datos, es de vital importancia para el Laboratorio de Control Automático (LCA) de la FIEC que se encuentre actualizado para brindar un mejor ambiente de aprendizaje e investigación.

Para ello se propone implementar una solución integral de comunicación de señales y datos, incorporando la tecnología conocida como OPC y que en conjunto con un equipo de campo capaz de administrar todas las plantas de trabajo del LCA, sirvan de base para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas en tiempo real y sin necesidad de estar presentes en el laboratorio, a través de un Sitio Web.

2. Equipo de campo

Se adquirieron dos equipos de campo: cFP-2100 y el cFP-1804.

El cFP-2100 (Figura 1) es un Controlador de Automatización Programable (PAC) que ofrece un amplio rango de módulos de E/S capaces de ejecutar múltiples ciclos de control PID.

Contiene los siguientes módulos de E/S:

cFP-AI-100: Módulo de 8 entradas analógicas de Voltaje y Corriente, con una tasa de cambio en todos sus canales de 360 Hz (2.8 ms).

cFP-AO-200: Módulo de 8 salidas analógicas por corriente de 0-20mA, con una conversión máxima de muestreo de 200 actualizaciones/s.

cFP-AO-210: Módulo 6 salidas Analógicas por voltaje de 0-10 V, con una conversión máxima de muestreo de 200 actualizaciones/s.

cFP-RLY-421: Módulo de 8 relés de tipo SPST (Single Pole Single Throw), con interruptores de hasta 1.5ª a 35 VDC o 250 VAC.



Figura 1: Controlador cFP-2100

El cFP-1804 (Figura 2) es un módulo de interfaz de red q conecta hasta un máximo de 4 módulos de E/S, fue adquirido para expandir los módulos E/S del cFP-2100 vía Ethernet o puerto serial. Contiene los siguientes módulos:

cFP-CTR-502: Módulo de 8 contadores de 16 bits, con referencia de frecuencias internas de 1KHz y 32 KHz.

cFP-DIO-550: Módulo de 8 Entradas digitales de hasta 30 VAC y 8 Salidas Digitales de hasta 30 VDC, 250 mA.

cFP-TC-120: Módulo de 8 entradas de termocupla o milivoltios, especial para la medición de temperatura.

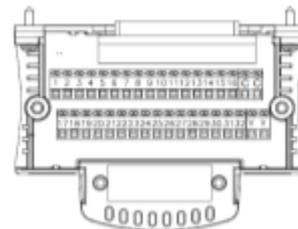
Ambos equipos nos dan la ventaja de no tener que construir una infraestructura especial de red para poder comunicación con ellos.



Figura 2: Módulo de interfaz cFP-1804

Cada módulo de E/S debe complementarse con un bloque conector cFP-CB-01 a donde se cablean todas las señales físicas de cada planta de trabajo, excepto para la cFP-TC-120 que usa el bloque conector cFP-CB-03 creado especialmente para la toma de temperatura.

Los bloques conectores tienen internamente 32 terminales y los respectivos V y C para conexión de fuentes externas.



Channel	Terminal Numbers			
	V _{in}	I _{in}	V _{out}	COM
0	1	2	17	18
1	3	4	19	20
2	5	6	21	22
3	7	8	23	24
4	9	10	25	26
5	11	12	27	28
6	13	14	29	30
7	15	16	31	32

Figura 3: Vista interna de un módulo cFP-CB-01 junto a una tabla de asignación de terminales del módulo cFP-AI-100

2.1 Montaje

El gabinete que contiene el proyecto fue pensado con la finalidad de cumplir con las características de movilidad y ahorro de espacio. Tomó la forma de las mesas de trabajo del LCA y se construyó el área de montaje de los equipos de campo y cableado en su parte superior. En la Figura 4 se muestra una vista frontal de la mesa de trabajo y en la Figura 5 una vista lateral.

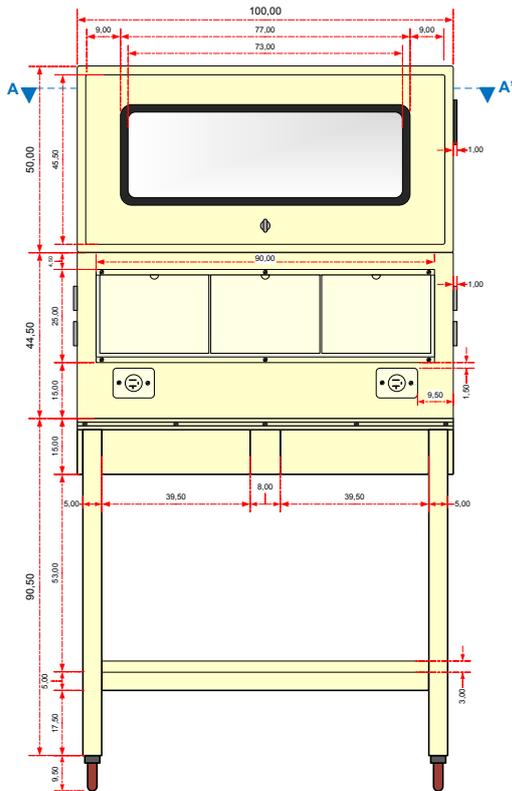


Figura 4: Vista frontal de la mesa de trabajo construida

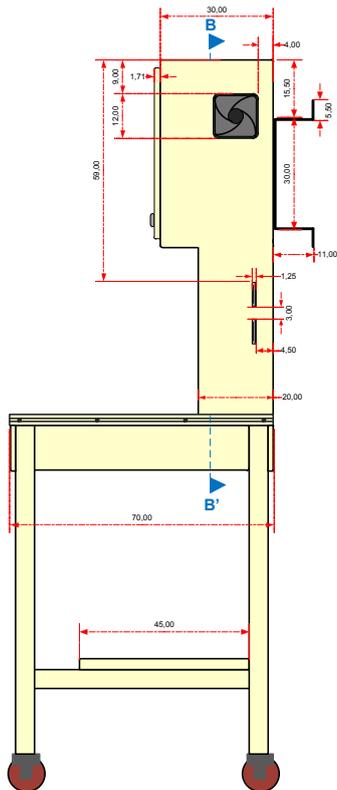


Figura 5: Vista lateral de la mesa de trabajo construida

Cada planta tiene adaptada un bloque conector de tipo CB-68LP o CB-68LPR (Figura 6), para la transmisión de señales hacia la mesa de trabajo.

La mesa de trabajo fue adaptada con 4 bloques conectores de tipo CB-68LPR ubicadas debajo del área de montaje.

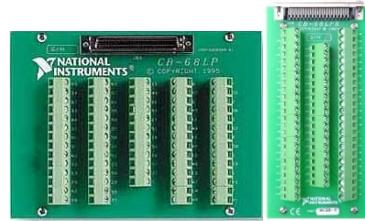


Figura 6: Bloques conectores CB-68LP o CB-68LPR

El área de montaje fue acondicionado con 2 rieles para adaptar los equipos de campo, las canaletas fueron colocadas para transportar el cableado desde cada módulo de E/S hacia los 4 bloques conectores CB-68LPR (de color verde) mostrados en la Figura 7.

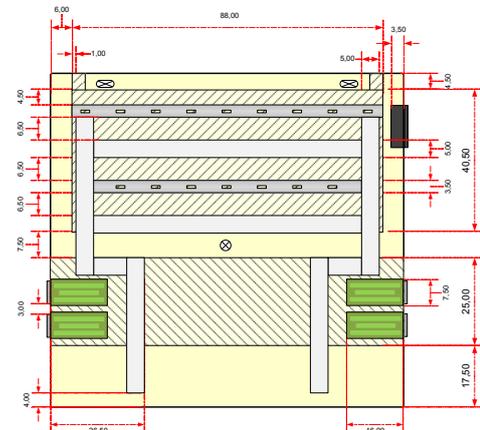


Figura 7: Vista del panel frontal de la parte superior del gabinete

Cada equipo de campo está protegido con un juego de borneras con fusibles de acción rápida de 1 A. Los módulos de E/S están protegidos por un bloque de distribución de potencia cFP-PDB-100, con fusibles de 2 A, 32 V (Figura 8).

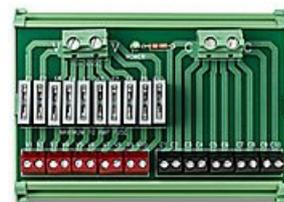


Figura 8: Bloque de distribución de potencia cFP-PDB-100

Para identificar las señales de voltaje y las que van a tierra se estableció un estándar de colores para los cables:

Tabla 1: Tabla de colores para identificar el tipo de señales

Tipo de conexión	Color
V (+):	Rojo
V (-):	Negro
Conexión a tierra:	Verde

2.2 Cableado

Para evitar interferencias o perturbaciones en las señales se seleccionó el cable de instrumentación apantallado de 2 pares calibre 18 AWG (Figura 9).



Figura 9: Cable apantallado, 2 pares calibre 18 AWG

Para identificar físicamente las señales en el cableado, se definieron 3 códigos:

1.- Identifica el módulo del equipo de campo al que se encuentran conectadas las señales, colocado en ambos extremos del cable y definido por 5 marquillas:

Tabla 2: Código para identificar el módulo al que pertenece cada señal

MÓDULO CFP	CÓDIGO
cFP-AI-100	AI100
cFP-AO-210	AO200
cFP-RLY-421	RY421
cFP-AO-200	AO200
cFP-CTR-502	CT502
cFP-DIO-550	DI550
cFP-TC-120	TC120

2.- Colocado en el cable de cada señal, identifica el origen y destino de la conexión, definido por 5 posiciones, ubicado de izquierda a derecha:

Tabla 3: Descripción de las posiciones de origen y destino de cada señal

POSICIÓN	DESCRIPCIÓN
1	(0 – 7) Número del canal asignado a la señal a conectar, es tomado de la tabla de asignación de cada módulo de E/S
2 y 3	(01 – 32) Número de la bornera del bloque conector cFP-CB-01 ó cFP-cb-03, es tomado de la tabla de asignación de cada módulo de E/S.
4 y 5	(01 – 68) Número de la bornera del módulo CB-68-LPR

3.- Identificado por una marquilla de color, define a qué planta pertenece cada señal, la mesa de trabajo se diseñó para controlar 4 plantas de trabajo.

Tabla 4: Código de colores para identificar la planta a la que pertenece la señal

Planta de trabajo	Color
Control de velocidad y presión	Verde
Control de nivel	Amarillo
Control de nivel (3 tanques) *	Rosado
Control de PH *	Naranja

* Colores asignados a las otras plantas a integrar la mesa de trabajo

Para mejor comprensión de los códigos ya descritos, se muestra un ejemplo en la Figura 10 del cableado de una señal y su código:

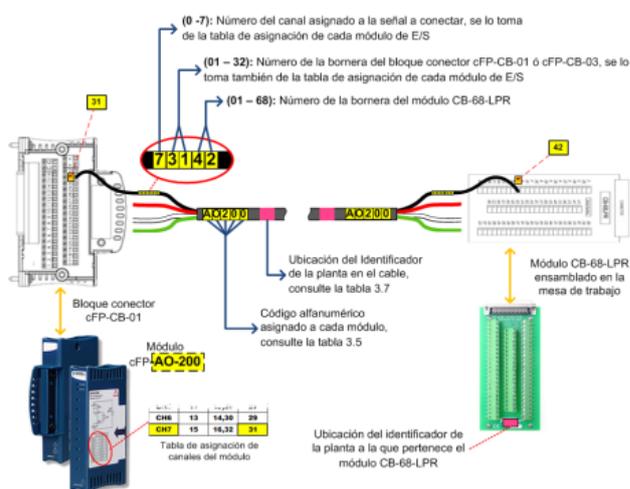


Figura 10: Ejemplo de codificación de una señal en base a los 3 códigos descritos

3. Servidor

La configuración y habilitación se llevó a cabo en el servidor LabCon desarrollado en la tesis de grado: “LABORATORIOS REMOTOS: COMUNICACIÓN CLIENTE SERVIDOR Y EJECUCIÓN REMOTA PARA LAS PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN (FIEC)”.

3.1 Hardware

Para el servidor LabCon, se ensambló un equipo genérico por la facilidad de mantenimiento y reducción de costos, cuenta con las siguientes características:

- Procesador Intel Core™ i7-920 (8 Mb de cache, 2.66GHz, 8CPUs)
- Memoria RAM de 6 Gb
- Tarjeta madre Intel DX58SO

- Sistema operativo Windows Server 2008. Con una configuración de discos duros en espejo de 1TB prevista para asegurar los datos de los usuarios

3.2 Software

El software fue elegido de acuerdo a herramientas que permitan realizar una comunicación Cliente – Servidor de tipo OPC, que facilite la interacción entre los FieldPoints y las plantas de trabajo del LCA.

Para lograr este propósito los programas instalados son: Matlab 7.0.6 (2008a) junto a Simulink, la herramienta OPC y MAX 4.6.2.

3.2.1 MAX

MAX (Measurement Automation eXplorer), desarrollado por la National Instruments. Instalado en el Servidor LabCon, cumple con la función de habilitar el Servidor OPC y la configuración de cada módulo de E/S de cada FieldPoint.

3.2.2 Matlab – Simulink – Herramienta OPC

Matlab – Simulink es una herramienta para la simulación de procesos, usada en el LCA, cuenta con una librería amplia multipropósito, entre ellas se encuentra la Herramienta OPC.

La Herramienta OPC actúa como Cliente OPC en el Servidor donde fue instalado, contiene un conjunto de bloques que facilitan la comunicación con el Servidor OPC proporcionado por el MAX además de la configuración de las señales E/S controladas por los FieldPoints.

3.3 Configuración MAX

Para instalar MAX en el Servidor LabCon, se descarga el instalador desde el sitio oficial de la National Instrument. Posterior a eso, ejecutamos el programa y nos aparece la siguiente ventana:

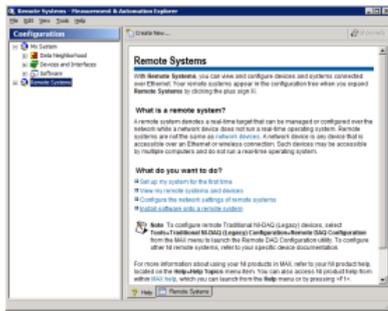


Figura 11: Ventana principal de MAX

3.3.1 Detección de equipo de campo y configuración de seguridades

En la ventana de MAX: Ir al Panel “Configuration”, seleccionar el ítem “Remote System”, presionamos la tecla F5 para actualizar la lista de los sistemas remotos disponibles:

Se selecciona cada equipo de campo por individual y nos dirigimos para las siguientes 3 pestañas en el panel derecho inferior:

Network Settings: Configuramos parámetros de identificación del sistema, dirección IP, y activamos el reseteo y modificación del equipo sólo por contraseña, la configuración para los dos equipos se muestra en la tabla 5.

System Settings: Configuramos la zona horaria GTM-5 Eastern Time (US & Canada), Bogota, Lima, activando además el ajuste automático en caso de cambios.

FieldPoint Access Control: Ingresamos las direcciones IP y damos los respectivos permisos de lectura y escritura para cada equipo de campo

Tabla 5: Configuración del equipo de campo

Equipo de campo:	cFP-2100	cFP-1804
Nombre:	FP01LabCtrlFIEC	FP02LabCtrlFIEC
Dirección IP:	200.126.14.69	200.126.14.70
Máscara de subred:	255.255.255.128	255.255.255.128
Puerta de enlace:	200.126.14.1	200.126.14.1
Servidor DNS:	200.9.176.5	200.9.176.5

3.3.2 Módulos de E/S y canales

Tabla 6: Tabla del rango de operación de las señales de cada planta de trabajo

PLANTA	TIPO DE SEÑAL	DISPOSITIVO ORIGEN / DESTINO	USO	RANGO DE OPERACIÓN
Control de nivel	Salida analógica por voltaje	Bomba	Control	0-10 V
	Entrada analógica por voltaje	Sensor de nivel	Indicador nivel	0-36 V
	Entrada analógica por corriente	Caudal	Indicador caudal	0.0035-0.024 A
	Salida digital *	Variador	Encendido /apagado	0 – 1 (boolean)
Control de velocidad y presión	Salida analógica por voltaje	Motor	Control	0-10 V
	Entrada analógica por voltaje	Sensor de velocidad	Indicador velocidad	0-36 V
	Entrada analógica por corriente	Presión	Indicador presión	0.0035-0.024 A
	Salida digital	Variador	Encendido /apagado	0 – 1 (bool)
	Salida analógica por corriente	Electro-válvula	Indicador corriente	0.0035-0.021 A
	* El canal está asignado pero no se encuentra actualmente en uso			

Tabla 7: Tabla de asignación de las señales a cada módulo de E/S

PLANTA	MÓDULO	NOMBRE DE LA SEÑAL	CANAL	TERMINAL	Nº DE BORNERA	
Control de nivel	cFP-AO-210	Channel 0_Voltaje_Bomba	0	Vout	01	
				COM	02	
	cFP-AI-100	Channel 0_Sensor_Nivel	0	Vsup	17	
				Vin	01	
				COM	18	
				Vsup	23	
cFP-AI-100	Channel 3_Caudal	3	Iin	08		
			COM	24		
Control de velocidad y presión	cFP-RLY-421 *	Channel 0_Marcha1	0	NO	01	
				IC	02	
	cFP-AO-210	Channel 1_Voltaje_Motor	1	Vout	03	
				COM	04	
	cFP-AI-100	Channel 1_Sensor_Velocidad	1	Vin	03	
				COM	20	
	cFP-AI-100	Channel 2_Presion	2	Vin	21	
				Iin	06	
	cFP-RLY-421	Channel 1_Marcha	1	NO	03	
				IC	04	
	cFP-AO-200	Channel 0_Senal_Electrovalvula	0	COM	02	
				Vsup	17	
					Iout	01
* El canal está asignado pero no se encuentra actualmente en uso						

Abrimos MAX, panel de Configuration → My System → Data Neighborhood → FieldPoint Items → (Equipo de campo) → (módulo), Seleccionamos cada canal y lo configuramos con la información de las tablas 6 y 7.

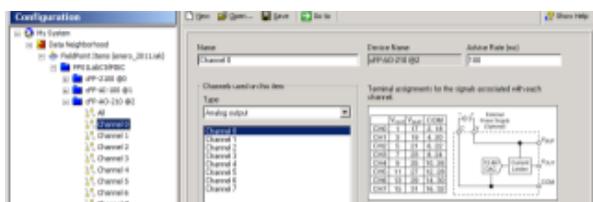


Figura 12: Ventana con las opciones de configuración de canales de la tarjeta cFP-AO-210

3.4 Configuración Matlab

Se habilita en la librería de Matlab-Simulink la herramienta OPC, invocando su instalador en la ventana de comandos de Matlab “`opcregister('install')`”, y confirmando la modificación de archivos existentes de la OPC Foundation con la respuesta “Yes” como se muestra en la Figura 13.



Figura 13: Activación de herramienta OPC en Matlab

3.4.1 Configuración del Cliente OPC

En Matlab: activada la herramienta OPC, abrimos Simulink → herramienta OPC, creamos un nuevo modelo e insertamos el bloque OPC Configuration para configurar el Servidor OPC desde donde vamos a obtener los datos:



Figura 14: Ventana “OPC Configuration”

En “Configure OPC Clients” → Add → Select → National Instruments OPCFieldPoint → Ok → Ok → Close



Figura 15: Configuración del Servidor OPC

Los ajustes de control en tiempo real no garantizan un comportamiento en tiempo real. Lo que sí se puede controlar es como Simulink responderá a estos cambios mediante la habilitación de la opción pseudo real-time latency port de la ventana principal de OPC Configuration.

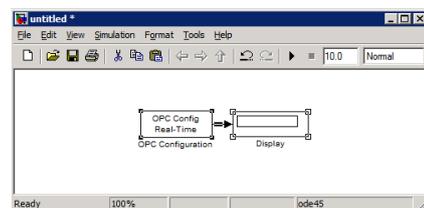


Figura 16: Bloque OPC Config configurado con display para visualización de la latencia

3.4.2 Configuración de bloques para la planta de trabajo Control de Nivel

Para controlar las señales de la planta de Control de Nivel se construye un bloque denominado **Tank** (Figura 21) que es un subsistema compuesto de 3 señales: una para visualizar el nivel de agua en el tanque en cms., otra para visualizar el caudal en voltaje, y la última para controlar el voltaje que alimentará la bomba, este voltaje sólo puede ir de 0 a 5 V.



Figura 17: Planta Control de Nivel

Añadimos los bloques para la lectura y escritura de los módulos como en la siguiente Tabla:

Tabla 8: Tabla de características del subsistema tank

MÓDULO	NOMBRE DE LA SEÑAL	BLOQUE	MODO DE LECTURA	TIEMPO DE MUESTREO
cFP-AO-210	Channel 0_Voltaje_Bomba	Escritura	Síncrono	1s*
cFP-AI-100	Channel 0_Sensor_Nivel	Lectura	Síncrono (caché)	
	Channel 3_Caudal	Lectura	Síncrono (caché)	
cFP-RLY-421	Channel 0_Marcha1	Escritura	Síncrono	
* El tiempo de muestreo es de 1s, se lo seleccionó en función de la respuesta del sistema de la planta, la cual es lenta.				

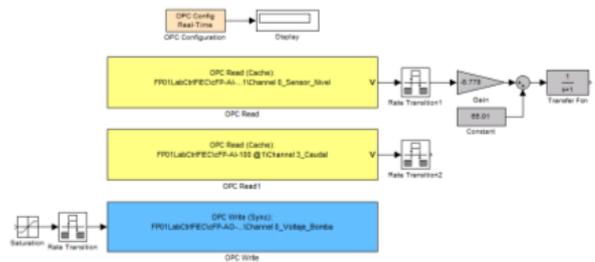


Figura 18: Bloques configurados del subsistema tank



Figura 19: Configuración de la señal Channel 0_Sensor_Nivel



Figura 20: Configuración de la señal Channel 0_Voltaje_Bomba



Figura 21: Subsistema Tank

3.4.3 Configuración de bloques para la planta de trabajo Control de Velocidad y Presión

Para controlar la velocidad y la presión de la planta, se construye un bloque denominado Speed Control (Figura 25), desde donde se envían las señales para el encendido y apagado, voltaje para alimentar el motor, corriente para poner la electroválvula en funcionamiento, entregando también como señales la presión en PSI (Pounds per Square Inch o libras por pulgada cuadrada) y la velocidad en RPM (revoluciones por minuto).

Tabla 9: Tabla de características del subsistema Speed Control

MÓDULO	NOMBRE DE LA SEÑAL	BLOQUE	MODO DE LECTURA	TIEMPO DE MUESTREO
cFP-AO-210	Channel 1_Voltaje_Motor	Escritura	Síncrono	0.02 s*
cFP-AI-100	Channel 1_Sensor_Velocidad	Lectura	Síncrono (caché)	
	Channel 2_Presion	Lectura	Síncrono (caché)	
cFP-RLY-421	Channel 1_Marcha	Escritura	Síncrono	
cFP-AO-200	Channel 0_Senal_Electrovalvula	Escritura	Síncrono	

* El tiempo de muestreo es de 1s, se lo seleccionó en función de la respuesta del sistema de la planta, la cual es lenta.

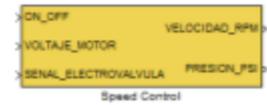


Figura 25: Subsistema Speed Control

4. Pruebas de comunicación

Las pruebas de comunicación entre las plantas de trabajo y el servidor LabCon fueron realizadas en la tesis de grado: “LABORATORIOS REMOTOS: COMUNICACIÓN CLIENTE SERVIDOR Y EJECUCIÓN REMOTA PARA LAS PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN (FIEC)”. Donde cada uno de los subsistemas creados para las plantas de trabajo de control de nivel y de control de velocidad y presión, fueron incorporados a las herramientas del sitio web LabCon accedido mediante la dirección web: <http://www.labcon.espol.edu.ec>. En la Figura 26 se muestra la interfaz del sitio.

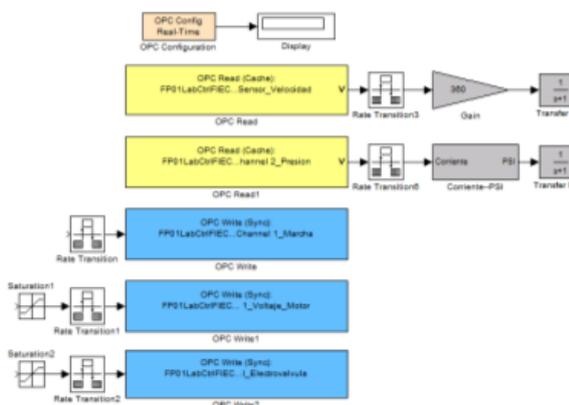


Figura 22: Bloques configurados del subsistema Speed Control

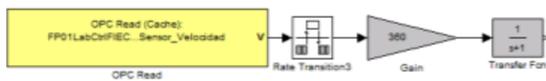


Figura 23: Configuración de la señal Channel 0_Sensor_Velocidad

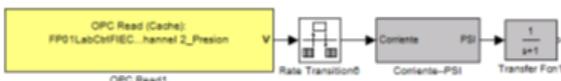


Figura 24: Configuración de la señal Channel 2_Presion

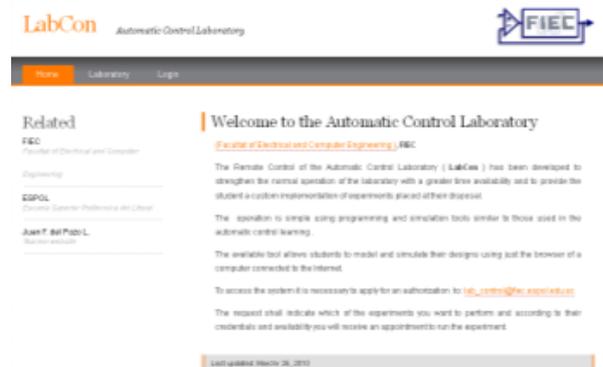


Figura 26: Página web LabCon

En la Figura 27 se muestra una imagen de la página web en funcionamiento mientras se diseña un modelo para controlar una de las plantas de trabajo del LCA:

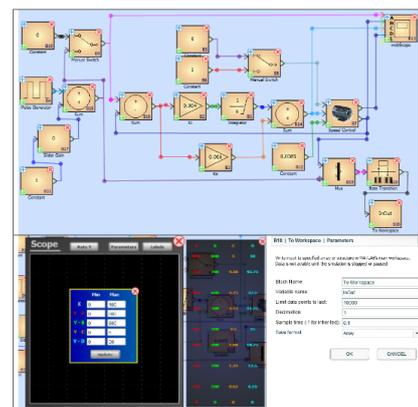


Figura 27: Modelo en LabCon para controlar la planta del sistema electro-hidráulico de velocidad

5. Conclusiones

Se logró cumplir los objetivos planteados al inicio de este proyecto de tesis, al establecer la comunicación plantas de trabajo-servidor LabCon mediante el uso del estándar industrial OPC.

Se introduce de manera exitosa en el LCA el ambiente industrial, mediante la incorporación de los equipos de campo.

Debido a que cada subsistema ha sido construido a través de Matlab-Simulink bajo el sistema operativo Windows, la transmisión de datos no es llevada a cabo en su totalidad en tiempo real, sin embargo contamos con el mecanismo de activación de la opción "Show pseudo real-time latency port" en el bloque OPC Configuration, que se encarga de detectar cuando nos estamos saliendo del tiempo real en base a la latencia existente cuando se ejecuta el modelo.

Este sistema permite realizar experimentos remotos tanto desde el LCA como a través del sitio web LabCon, convirtiéndose en un pilar fundamental al establecer comunicación entre los recursos, debido a sus características de red.

El usar OPC en este proyecto se debe a que es considerado como un estándar de comunicación usado muy ampliamente en el área industrial, de fácil uso y acceso, presente en la mayoría de equipos industriales, es una excelente solución si se desea dar un impulso en la educación rompiendo los esquemas de sólo limitarnos a la enseñanza mediante herramientas estudiantiles.

La capacidad operativa de la mesa de trabajo es de máximo cuatro plantas, aunque existe la posibilidad de que en una de las conexiones se pueda poner en funcionalidad otra planta de trabajo asignando las señales de tal manera que al crear el subsistema no se generen conflictos en la configuración.

El código de colores y las numeraciones asignadas a cada planta son de mucha utilidad para identificar el cableado sin necesidad de tener que explorar el interior de cada módulo, además facilita la actualización o incorporación de más señales a cualquiera de las plantas de trabajo en funcionamiento.

Al finalizar el proyecto, se logró incorporar a la mesa de trabajo en total cuatro plantas, las dos que fueron configuradas desde el inicio de este proyecto y las otras correspondientes a la planta de nivel en tres tanques y una reguladora de pH que en la actualidad se encuentran en pruebas.

La solución tecnológica planteada puede ser aplicada en los diferentes laboratorios experimentales tanto de la facultad como de la universidad, brindando

así la oportunidad de realizar experimentos multidisciplinarios que impulsen en los estudiantes un espíritu de investigación y mejora para dichas áreas.

Vale rescatar que el proyecto fue diseñado para ser operativo de manera permanente, la información planteada en este documento está encaminada a receptor mejoras tecnológicas que aplicadas a este prototipo, mejoren su funcionamiento y sean de gran aporte educativo.

6. Referencias

[1] Samoila, C., Cosh, S. and Ursutiu, D. Competences, Remote Labs and Bologna Process. L. Gomes y J. García-Zubía. "Advances on remote laboratories e-learning experiences". Bilbao: University of Deusto, 2007

[2] Gomes, L. y García- Zubía, J. "Advances on remote laboratories and e-learning experiences". Bilbao: University of Deusto, 2007. 978-84-98-9830-077-2

[3] Schaf, F. y Pereira, Carlos E. a Proposal to integrate Mixed Reality Remote Experiments into Virtual Learning Environments using Interchangeable Components. L. Gomes y J. García-Zubía. "Advances on remote laboratories and e-learning experiences". Bilbao: University of Deusto, 2007

[4] OPC, Foundation. OPC. El estándar de interoperabilidad para un mundo conectado. Disponible en: <http://www.opcfoundation.org/SiteMap.aspx?MID=AboutOPC>

[5] National Instruments. OPC. ¿Por qué necesitamos OPC? Disponible en: http://www.ni.com/opc/why_opc.htm

[6] Kepware, Tecnologías. Acerca de OPC. Tecnología abierta a través de estándares abiertos. Disponible en: http://www.kepware.com/Menu_items/industry OPC_Foundation.asp

[7] National Instruments. Descarga de controladores. Instaladores, manuales de consulta de equipos de campo y sus módulos de Entrada/Salida. Disponible en: <http://www.ni.com>

[8] Raza García, Verónica Julissa, Adaptación de la Tecnología de Control Abierto de Procesos (OPC) al Laboratorio de Control Automático de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC) para la Administración Remota de sus Plantas de Trabajo, ESPOL, 2011