

USO DE LABVIEW PARA SISTEMAS DE CONTROL EN INGENIERÍA QUÍMICA

USE OF LABVIEW TO CONTROL SYSTEMS IN CHEMICAL ENGINEERING

MARÍA PAULA GÓMEZ QUINTERO

Ing. Q., Universidad de los Andes, mp.gomez115@uniandes.edu.co

GUSTAVO ANDRÉS ZABALA DOMINGUEZ

Ing. E., Universidad de los Andes, ga.zabala65@uniandes.edu.co

JAVIER ANDRÉS DÁVILA RINCÓN

M.Sc., Universidad de los Andes, ja.davila1982@uniandes.edu.co

Recibido para revisar Enero 27 de 2011, aceptado Junio 25 de 2011, versión final Agosto 4 de 2011

RESUMEN: Se implementó un sistema de control para una planta multipropósito el cual consta de control de nivel, control de temperatura y control de presión. Se desarrolló una interfaz en LabView 9.1 para una mejor visualización de la operación y se comprobó la correcta interacción de la interfaz con la planta, consiguiendo llegar a los valores del set-point con un margen de error de hasta un 5%. Además, se realizó una simulación en Simulink de MATLAB para el lazo de control de temperatura encontrando una alta concordancia entre los datos experimentales y la simulación.

PALABRAS CLAVE: Control Automático; LabView; Ingeniería Química; Simulink.

ABSTRACT: A control system was implemented to a multipurpose plant which has a level control, temperature control and pressure control. Was developed an interface in LabView 9.1 to have a best visualization of the operation and the correct interaction with the plant was confirmed, obtaining the set-point values with a margin of error between 3 to 5%. Moreover, a simulation in Simulink of MATLAB was made to the temperature control and we found that the experimental data and the simulation are in agreement.

KEYWORDS: Automatic Control, LabView, Chemical Engineering, Simulink.

1. INTRODUCCIÓN

Una planta multipropósito consiste de un set de equipos con conexiones flexibles [1] los cuales están diseñados de tal forma que conectados entre ellos permiten la operación de diferentes procesos, de hecho, la tendencia de las plantas de manufactura química es la operación de las configuraciones de una planta multipropósito [2].

Dentro de los objetivos de una planta multipropósito está el tener un buen control automático para cada una de las aplicaciones para las cuales fue construido, pero muchas veces el control para este tipo de equipos no es fácil [3] además, se requiere de un cuidadoso control para poder obtener buenos beneficios [4].

Las plantas multipropósito pueden ser usadas principalmente de dos modos: un solo proceso de

producción a un tiempo dado o varios procesos a la vez [5], una característica importante de las plantas multipropósito es que se pueden producir diferentes productos puesto que es posible compartir recursos de los equipos de la planta, materias primas, mano de obra entre otras [6].

Un buen sistema de control permite garantizar la homogeneidad de los productos que se obtienen, pero algo indispensable para lograrlo es el uso y aplicabilidad del correspondiente software usado, este software y su ambiente de manejo es un factor crucial para la escogencia del respectivo control automático.

Uno de los softwares más usados en control automático es LabView por que permite la adquisición de datos como temperatura, presión, flujos y otras variables en tiempo real y permite obtener perfiles de estas

variables y almacenarlos en este sistema de adquisición de datos [7]. La construcción de la interfaz de control en LabView en combinación con Matlab y Simulink es utilizada para simulaciones en control automático y otras tareas en línea, desde el punto de vista de enseñanza, LabView le permite a los estudiantes de una forma muy fácil diseñar e implementar estructuras de control en combinación con Matlab y la posibilidad de ejecutar al tiempo simulaciones y parte experimental [8].

LabView es una herramienta muy útil en la elaboración de sistemas de control en Ingeniería Química y utilizado por varios autores no solo para investigación sino también en docencia, por ejemplo, se ha usado en plantas de digestión anaerobias para controlar el proceso de valoración de ácidos grasos volátiles [9], también se ha utilizado en la simulación y validación experimental en procesos de destilación batch [10], se ha usado en enseñanza en “Weblabs” definidos como un set de laboratorios basados en la web que han venido siendo empleados en diferentes instituciones de educación superior alrededor del mundo, como es el caso de Sao Pablo Brasil el cual cuenta con un “cluster” de weblabs en Ingeniería Química y Procesos Bioquímicos [11] y también se ha usado LabView en el control de plantas multipropósito para la producción de proteínas en bioprocesos [12], [13].

En este trabajo se presenta la simulación en Simulink de Matlab de un lazo de control de temperatura para una planta multipropósito construida para educación en control automático en Ingeniería Química, se implementó un sistema de control construyendo una interfaz gráfica en LabView 9.1 para una mejor visualización del sistema de control además, con las pruebas realizadas se comprobó el desempeño tanto de la planta cómo del sistema de control.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Equipos

La figura 1 muestra el módulo de control de temperatura y nivel usado en este trabajo, el cual está ubicado en los laboratorios del departamento de Ingeniería Química de la Universidad de los Andes y cuenta con dos lazos de control (Temperatura y Nivel), los cuales se describen a continuación, la figura 2 muestra la nomenclatura utilizada en el diagrama:

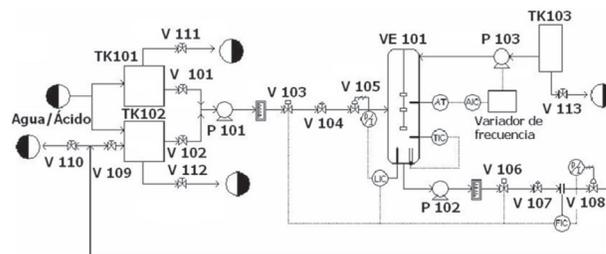


Figura 1. Esquema del módulo de control.



Figura 2. Nomenclatura del módulo de control.

El equipo consta de un control de llenado de la columna (VE-101), el cual cuenta con un transmisor de nivel que envía la señal a un controlador que a su vez manipula la válvula de entrada de líquido a la columna (V-105).

El control de vaciado de la columna (VE-101), es un control en cascada que toma la señal del transmisor de nivel, este da un set-point al controlador de flujo que a su vez compara esta señal con la señal del medidor de flujo y actúa sobre la válvula V-108.

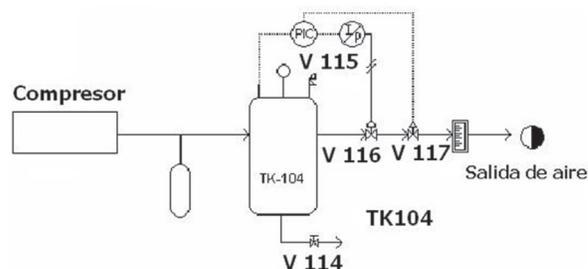


Figura 3. Modulo de control de presión.

El lazo de control de presión es independiente del modulo mostrado en la figura 1 pero comparte ciertos accesorios como tuberías y válvulas de globo, además cuenta con un tanque que está conectado a un sistema de aire (compresor) que alimenta el tanque. El sistema tiene un transmisor de presión que actúa sobre la

válvula V-116 para mantener la presión en el tanque según el punto de ajuste.

La planta multipropósito cuenta además con dos válvulas solenoides (V-103 y V-106) para su uso en el control de flujo, el sistema cuenta con 7 válvulas de bola (V-101, V-102, V-109, V-110, V-111, V-112 y V-113) en las entradas y salidas de los tanques (TK-101, TK-102 y TK-103) y tres bombas dosificadoras (P-101, P-102 y P-103)

2.2 Interfaz del sistema de control

La construcción del modelo en Labview 9.1 para la interfaz se basó en la creación de un proyecto en el cual se integraron todas las variables y los subprogramas que serán utilizados en el algoritmo principal.

La interfaz está compuesta por instrumentos virtuales que se ven reflejados en diferentes pestañas y ventanas. Se tienen cuatro pestañas principales donde se muestra el diagrama de flujo de cada uno de los lazos, Temperatura, Presión y nivel. Sobre cada una de estas ventanas se encuentran elementos asociados tanto a los sensores como los actuadores. La figura 4 muestra el lazo de control para la temperatura, donde se puede interactuar con la planta.

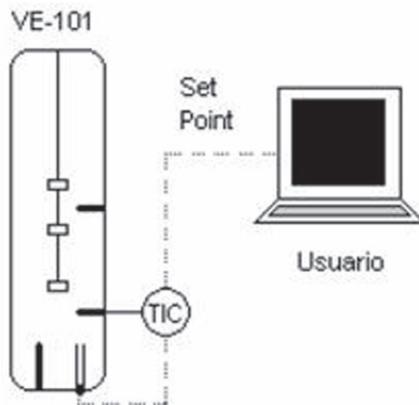


Figura 4. Módulo de control de temperatura.

El control de temperatura cuenta con un sensor TST-414 con un elemento sensorico Pt 100 (simple) y un diámetro de tubo de 4.5 mm, el rango de medición es de -50 °C hasta 400 °C con una señal de control de 0 a 5 voltios. El control de temperatura de la columna, está compuesto por un transmisor que envía la señal a

un controlador que manipula la resistencia ubicada en la columna. La temperatura del set-point es comparada con el valor registrado por el sensor de temperatura TST-414 (línea sólida en la figura 4) lo que decide según el valor si se prende la resistencia por medio de la señal entre el actuador y el controlador (línea punteada) y acciona al mismo tiempo la válvula de encendido del agitador para homogenizar el contenido del tanque.

La figura 5 muestra el lazo de control de presión, donde se hace uso de un compresor de aire, una válvula solenoide de flujo de aire, una válvula de alivio en el tanque TK-104 y un sensor de presión. En este lazo de control, la señal que emite el elemento medidor (sensor de presión) es llevada directamente al controlador el cual tomara la decisión de presurizar o despresurizar, la señal que sale del controlador es llevada al elemento actuador es decir, la válvula solenoide V-116 la cual se abrirá o cerrara. La línea sólida indica la señal eléctrica entre los sensores y el controlador (PIC) y las líneas punteadas indican las señales entre los actuadores y los controladores.

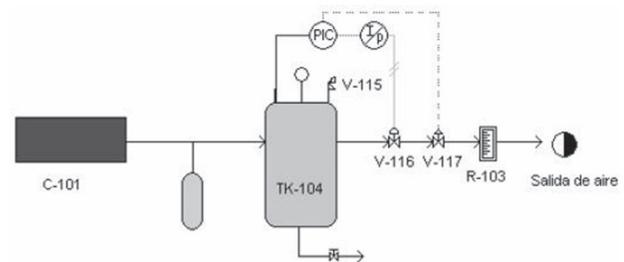


Figura 5. Módulo de control de presión.

La figura 6 muestra el lazo de control de nivel, en el cual el elemento actuador es una válvula, la acción de la válvula es controlar la velocidad y por ende la cantidad del líquido que está saliendo del tanque VE-101. El controlador de nivel será el maestro mientras que el controlador de flujo es el esclavo, esto implica que primero se hace la revisión de nivel dentro del tanque y el control maestro se encargara de compararla con la señal obtenida y la del set point y este valor se establece como el set point del controlador esclavo y este a su vez compara la señal obtenida con la del sensor, una vez el controlador esclavo haya tomado la decisión correspondiente, esta se llevara a cabo por medio de la acción del elemento actuador que en este caso es la válvula V-108. En la figura 6, la línea

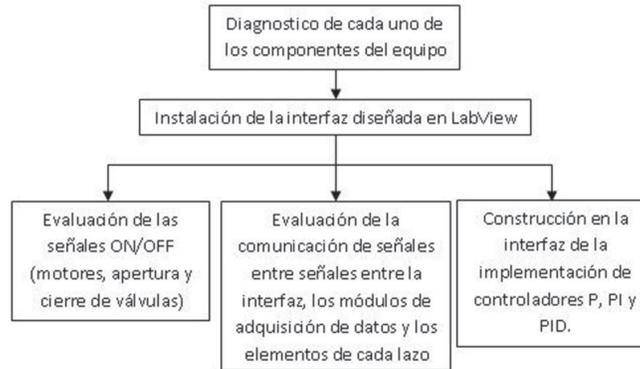


Figura 7. Respuesta lazo de control de temperatura.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Dinámica del Proceso

Para probar la acción de los controladores se realizó una sintonización preliminar por medio de ensayo y error, partiendo de parámetros empíricos (K_c , τ_i , τ_d) para el control PID hallados en trabajos anteriores en el mismo equipo de trabajo [14], los cuales fueron hallados con el método de Ziegler – Nichols [15]. En la tabla 1 se muestran los parámetros de sintonización ajustados preliminarmente, con los cuales se comprueba que las señales están siendo enviadas correctamente a la planta.

Tabla 1. Parámetros de sintonización para los lazos de control.

Parámetro	Temperatura	Presión	Nivel
$K\chi$	10	60	100
τ_i	5	10	0
τ_d	2	0.11	0

Para el lazo de control de temperatura según la figura 8 parece no haber tiempo muerto, la resistencia cuya función es ser el actuador del lazo, fue configurada en forma proporcional; sin embargo no se presenta un buen comportamiento, como se muestra en la figura.

Para el lazo de control de presión se comprueba una respuesta inmediata, con los parámetros de sintonización estimados, se consigue llegar hasta el valor del set-point con un margen de error aceptable (entre 3% y 5%, mínimo y máximo), como se muestra en la figura 9.

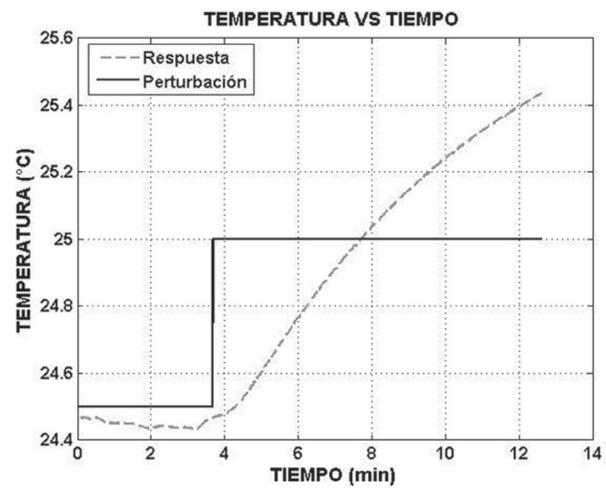


Figura 8. Respuesta lazo de control de temperatura.

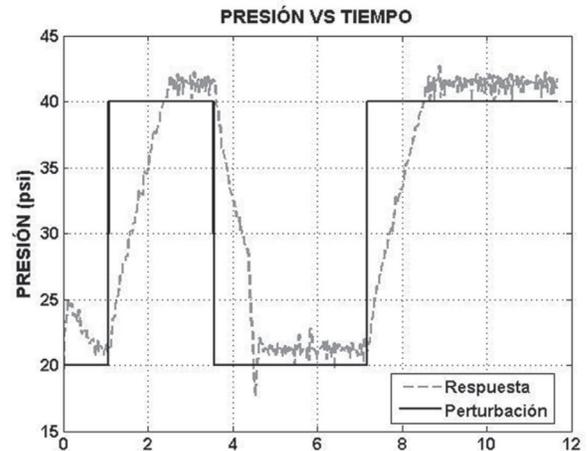


Figura 9. Respuesta lazo de control de presión.

Para el lazo de control de nivel se comprueba una respuesta inmediata al igual que con el lazo de control de presión, con un margen de error aceptable (entre 3 y 5%, mínimo y máximo), como se muestra en la figura 10, sin embargo el

ruido obtenido seguramente se debe al sistema de agitación el cual a veces presentaba cierta turbulencia y debido a que el sensor de nivel opera por diferencia de presión con la atmosfera, las medidas de nivel podían variar entre 2 y 3 centímetros dependiendo de la turbulencia.

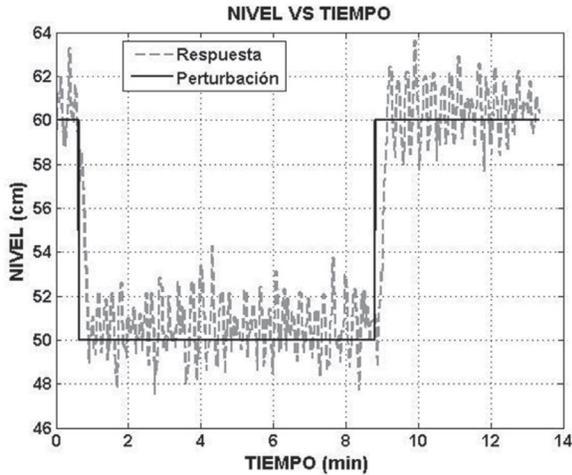


Figura 10. Respuesta lazo de control de nivel.

Se trata de un control regulatorio ya que el desvío de la variable controlada se debe a las perturbaciones de las variables que pueden afectar la variable controlada, como en el caso del control de nivel.

3.2 Modelamiento y control del proceso. Control de temperatura

Con el ánimo de realizar una simulación y obtener un modelo valido del sistema físico que aproxime de mejor manera su comportamiento dinámico, se tomó el caso del control de temperatura de la planta multipropósito, para la cual la dinámica se puede modelar como un sistema de primer orden acorde a [16], puesto que la respuesta dinámica de varios procesos y componentes de sistemas de control pueden ser representados como sistemas de primer orden, cuya función de transferencia es representada por la ecuación (1):

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} e^{-st_0} \tag{1}$$

Se realiza la caracterización del proceso con base en los datos obtenidos como respuesta del sistema ante una entrada escalón de 2,5V, teniendo en cuenta que $K=Y(s)/U(s)$, donde la salida $Y(s)$ representa la

temperatura y la entrada de control $U(s)$ representa el voltaje que se aplica sobre la resistencia que actúa como el actuador del sistema. La tabla 2 muestra los valores de la experimentación.

Tabla 2. Valores para la prueba experimental del lazo de control de temperatura.

Entrada escalón	0 – 2.5 V
Tiempo de aplicación escalón	0 minutos
Temperatura inicial	20.5 °C
Temperatura final	47.2 °C
Tiempo final	5.25 horas

Con base en los datos obtenidos, se halla la ganancia estática del sistema como se muestra en la ecuación (2):

$$K = \frac{\Delta T(^{\circ}C)}{\Delta V(V)} = \frac{(47.2 - 20.5)^{\circ}C}{(2.5 - 0)V} = 10.68 \frac{^{\circ}C}{V} \tag{2}$$

Luego se calculo la constante de tiempo como se muestra en la ecuación (3), para un sistema de primer orden corresponde al tiempo que tarda el sistema desde que se aplica el paso hasta que se logra el 63,2 % del cambio en la variable de salida:

$$T_{\tau}(t) = T_{inicial}(^{\circ}C) + 0.632(T_{final} - T_{inicial})(^{\circ}C)$$

$$T_{\tau}(t) = 20.5(^{\circ}C) + 0.632(47.2 - 20.5)(^{\circ}C) \tag{3}$$

$$T_{\tau}(t) = 37.37(^{\circ}C)$$

Con los datos de laboratorio se busca el tiempo en el cual se ha alcanzado este valor de temperatura, esto corresponde a 2,4 horas, de esta forma la constante de tiempo del sistema es $\tau=2.4$ horas.

Con base en los datos obtenidos, se halla la ganancia y la constante de tiempo del sistema y se obtiene la función de transferencia de la ecuación (4):

$$\frac{T(s)}{V(s)} = \frac{10.68}{2.4s + 1} \tag{4}$$

Con esta función de Transferencia se realiza la simulación en Simulink de MATLAB y se compara con los datos obtenidos experimentalmente. La figura 11 muestra el esquema de simulación para la función de transferencia del lazo de control de temperatura y la figura 12 muestra el resultado de la simulación respecto a los datos experimentales a partir de los cuales se definió la función de transferencia.

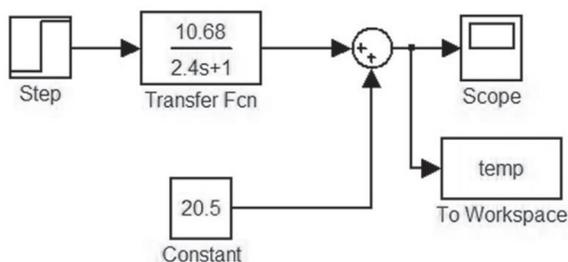


Figura 11. Esquema de simulación para la función de transferencia de la planta termica.

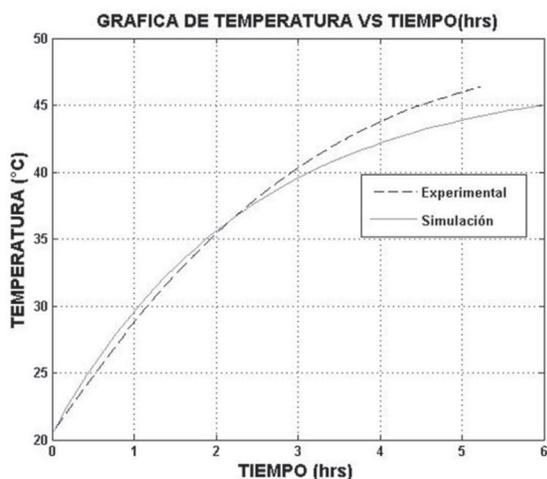


Figura 12. Comparación de la simulación con los datos experimentales.

4. CONCLUSIONES

La combinación de LabView con Matlab permite la implementación de forma sencilla de controles automáticos para plantas multipropósito de uso general en Ingeniería Química.

De acuerdo con las gráficas de las pruebas experimentales para los controles de temperatura, presión y nivel, el sistema de control implementado tiene una correcta interacción con la planta.

De la simulación en Simulink del lazo de control de temperatura, se encontró concordancia entre los datos experimentales y la gráfica obtenida a partir de la función de transferencia; sin embargo el desempeño de este lazo una vez se incluyó el controlador presenta desviaciones, para lo cual es necesario evaluar el tipo de control a implementar y los parámetros de sintonización del mismo.

REFERENCIAS

- [1] Gonnet, S. and Chiotti, O., Modeling of the Supervising Control System of a Multipurpose Batch Plant. *Computers & Chemical Engineering*, Vol. 21, pp. S691-S696, 1997.
- [2] Castillo, I. and Roberts, C.A., Real time control/scheduling for multipurpose batch plants. *Computers and Industrial Engineering*, 41, pp. 211 – 225, 2001.
- [3] Lozano, A. and Chiotti, O., Modeling the Supervising Control of a Multipurpose Batch Plant Operated by Activity. *Computers & Chemical Engineering*, Volume 23, Supplement 1, pp. S187-S190, 1999.
- [4] Rickard, J.G., Macchietta, S. and Shah N., Integrated Decision Support in Flexible Multipurpose Plants. *Computers & Chemical Engineering*, Volume 23, Supplement 1, pp. S547-S550, 1999.
- [5] Cavin, L., Fischer, U., Glover, F. and Hungerbühler, K., Multi-objective process design in multi-purpose batch plants using a Tabu Search optimization algorithm. *Computers and Chemical Engineering*, 28, pp. 459–478, 2004.
- [6] Goel Harish, D., Grievink, J. and Weijnen M.P.C., Integrated optimal reliable design, production, and maintenance planning for multipurpose process plants. *Computers and Chemical Engineering*, 27, pp. 1543-1555, 2003.
- [7] Aouini, I., Ledoux, A., Estel, L., Mary, S., Grimaud, J. and Valognes, B., Study of carbon dioxide capture from industrial incinerator flue gas on a laboratory scale pilot. *Energy Procedia*, 4, pp. 1729–1736, 2011.
- [8] Lammerts, I.M.M. and Preisig, H.A., Computer-Aided Experiments for a Course in Dynamic Systems and Control Technology. *Computers and Chemical Engineering Supplement*, S633-S636, 1999.
- [9] Feitkenhauer, H., Sachs, J.V. and Meyer U., On-line titration of volatile fatty acids for the process control of anaerobic digestion plants. *Water Research*, 36, pp. 212–218, 2002.
- [10] Bonsfills, A. and Puigjaner, L., Batch distillation: simulation and experimental validation. *Chemical Engineering and Processing* 43, pp. 1239–1252, 2004.
- [11] Le Roux, G.A.C., Reis, G.B., De Jesus, CH.D.F., Giordano, R.C., Cruz, A.J.G., Moreira JR., P.F., Nascimento, C.A.O. and Loureiro, L.V., Cooperative Weblab: A Tool for

Cooperative Learning in Chemical Engineering in a Global Environment. *Computer Aided Chemical Engineering*, Volume 27, pp. 2139-2144, 2009.

[12] Pinto, G.A., and Giordano, R.C., Bioprocess Systems Engineering Applied to the Production of Protein Hydrolysates in a Multipurpose Plant. *Computer Aided Chemical Engineering*, Volume 27, pp. 1887-1892, 2009.

[13] Alpat B., et al., Multipurpose High Sensitivity Radiation Detector: Terradex. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 574, pp. 479–492, 2007.

[14] Ardila, O.R., Diseño, construcción y puesta en marcha de un sistema de control multiproceso. Tesis de Ingeniería Química, Universidad de los Andes, Bogotá, 2004.

[15] Corripio, A. and Smith, C., Principles and Practice of Automatic Process Control. Segunda Edición. Jhon Wiley and Sons. New York.

[16] Luyben, W.L., Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineer. Segunda Edición. Mc Graw Hill, 1969.