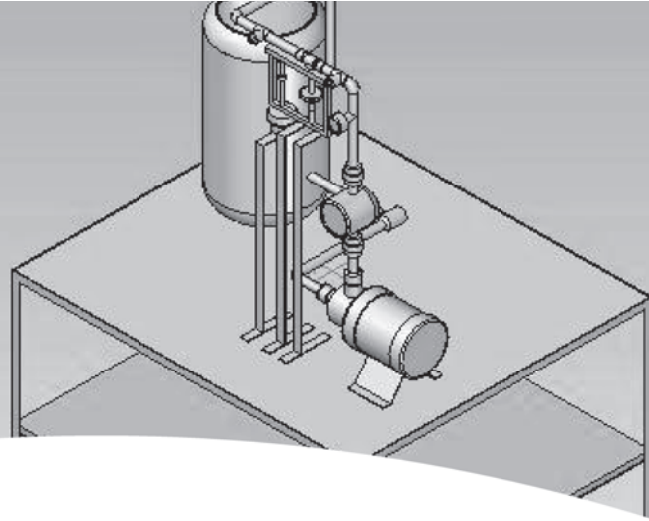


Diseño de un sistema didáctico de modelamiento de la curva característica de una servo-válvula

Luis Fernando Vargas Neira*
Diego Alejandro Cogua Cogua**
Bryan Camilo Rincón Uribe ***



Design of a Didactic System of a modeling curve typical of a Servo Valve

Resumen

A continuación se presenta la experiencia de diseñar una solución software y hardware con propósitos didácticos, a través de la implementación de un sistema de “modelamiento, para la obtención de la curva característica de una servo válvula a partir de presión diferencial” de manera que facilite la comprensión y aplicación de conceptos de instrumentación industrial. Se hace una reseña de conceptos de instrumentación industrial, luego, se relacionan la etapas de diseño de aplicativos, montaje y realización de guías didácticas.

Palabras clave: *Curva característica, Presión diferencial, flujo, Interfaz gráfica.*

Abstract

Below an experience in designing a software and hardware solution is presented with didactic purposes through the implementation of “a modeling system to obtain a modeling curve typical of a servo valve as of the differential pressure” in order to facilitate the understanding and application of concepts in industrial instrumentation. A description of concepts in industrial instrumentation is provided; the stages of applicative designs are also presented as well as the assembling and tutorials

Key words: *Typical curve, differential pressure, flow, graphical interface.*

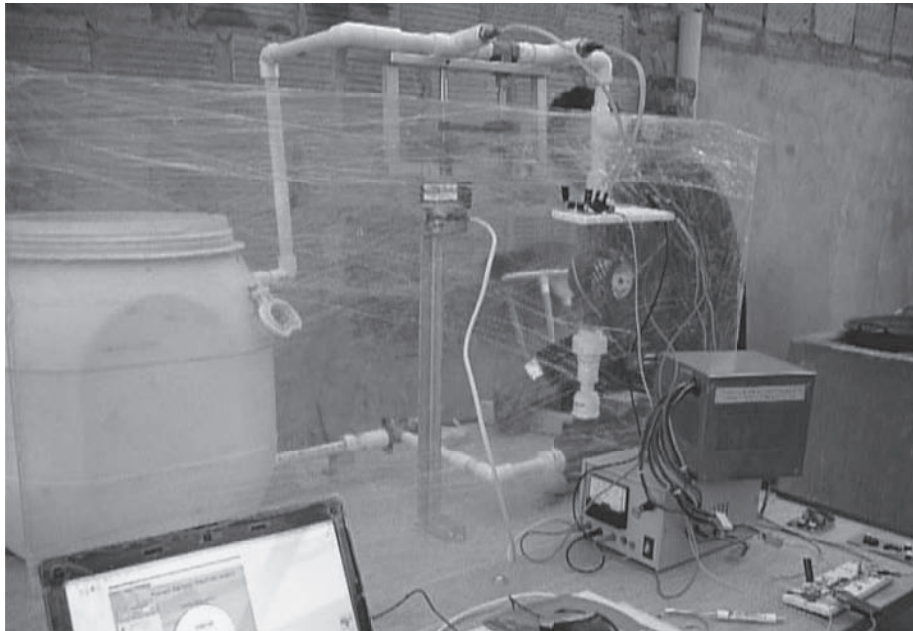
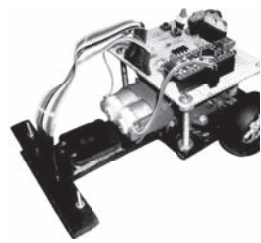
Fecha de recepción: Mayo 4 de 2012

Fecha de aprobación: Junio 13 de 2012

* Licenciado e Ingeniero Electrónico de la Universidad Pedagógica Nacional y Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Experiencia docente por más de 10 años, vinculado a la Secretaría de Educación Distrital. Egresado del Posgrado en Instrumentación Industrial del ETITC. luis.vargas.neira@gmail.com.

** Ingeniero Mecánico Universidad América. Ingeniero de Procesos de Multidimensionales Egresado de la especialización en Instrumentación Industrial del ETITC. diego_cogua@hotmail.com

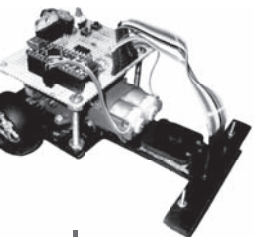
*** Licenciado Electrónico Universidad Pedagógica Nacional, vinculado al Gimnasio Campestre Nueva Orleans, egresado de la especialización en Instrumentación Industrial del ETITC. bryanrincon@gmail.com



1. Introducción

Este escrito presenta los resultados obtenidos durante el proceso de desarrollo e implementación del sistema denominado: “modelamiento, para la obtención de la curva característica de una servo - válvula a partir de presión diferencial”, desarrollado en la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Este proyecto está encaminado al diseño de soluciones software-hardware, que sean herramientas para la comprensión de diversos conceptos acerca de instrumentación industrial y su aplicación.

En primera instancia se encuentra una breve reseña de los antecedentes consultados en Colombia, sobre la implementación de sistemas de instrumentación virtual, que cumplen tareas determinadas y que permiten el aprendizaje de conceptos acerca de la instrumentación industrial. Posteriormente se presentan las etapas seguidas para la obtención del sistema, sus cálculos más relevantes, sus resultados y conclusiones obtenidas.



El diseño del sistema se dió debido a la necesidad que se encontró, a partir de las prácticas hechas en el ETITC durante la especialización en instrumentación industrial. En ellas se nos pidió caracterizar una válvula de tipo cortina, para lo cual el banco venía dotado con sensores de flujo y presión diferencial antes y después de la válvula. En esas prácticas se tuvo mucha dificultad, debido a que al momento de dar una cierta cantidad de grados de giro a la válvula, no existía un medio que lo hiciese con precisión, razón por la cual se hizo complejo el comprender algunos de los conceptos trabajados.

2. Antecedentes

El uso de herramientas software-hardware para apoyar el proceso de aprendizaje de conceptos sobre instrumentación industrial, es una alternativa que se ha venido planteando, es así como se encuentran algunos proyectos que pretenden medir el comportamiento de válvulas usando variables de presión, cantidad de giro y flujo. A continuación se presentan dos proyectos que han utilizado este tipo de dispositivos para realizar actividades similares.

En Argentina en el 2004, se realizó el proyecto *“control de posición y presión para un manipulador neumático a través de la computadora”*, el cual se basó en la obtención de un sistema de posicionamiento servo neumático, con control de presión del dispositivo de trabajo en la posición de operación, gobernado por computador. Para controlar posición y presión incluyó el diseño de controladores PID discretos, usó una tarjeta de adquisición de datos y el software LabView.

Este proyecto de manipulador neumático, permite implementar programas para la adquisición de datos a través de los diferentes sensores que son

llevados al PC para su procesamiento, fijar posiciones intermedias a lo largo de un eje de forma muy precisa, la automatización de procesos como remachado, perforado, y estampado.

De igual manera el proyecto: *“Diseño e implementación de un módulo de proceso de monitoreo y control de nivel y flujo”*, realizado por el laboratorio de ingeniería electrónica de la Universitaria De Santander, basado en PC bajo plataforma LabVIEW 7 Express, que integra software y hardware, para realizar un módulo de apoyo didáctico de monitoreo y control de las variables de nivel, flujo, volumen y presión de agua.

3. Contexto Teórico

Es necesario hacer una contextualización teórica de algunas variables utilizadas en el proyecto y que tienen que ver con: caudal, presión en fluidos, diferencial y de tubería, válvula proporcional o servo válvula e interfaz gráfica.

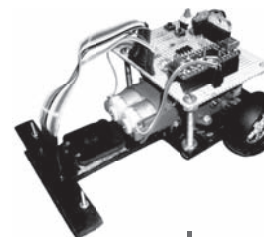
3.1 Caudal

Es la cantidad de fluido que pasa por un canal o tubería en determinado tiempo, es decir, un volumen de fluido (litros, metros cúbicos) por unidad de tiempo (segundos, minutos hora), variable de medición importante en los procesos industriales, en especial en los líquidos o gases. (OGATHA, K 1997).

Existen varios métodos para medir el caudal, por ejemplo el volumétrico que incluye la presión diferencial, área variable, velocidad, fuerza y desplazamiento positivo y los máscos como son los térmicos, de momento y de fuerza de coriolis.

3.2 Presión en Fluidos

Una fuerza puede producir deformación en un cuerpo, dependiendo del área e intensidad de



aplicación, así la presión ejercida sobre una superficie es como se observa en la ecuación n° 1, que según la unidad es Pascal (Pa), la presión ejercida por un Newton en 1 m² de área. (CREUS, A. 1997)

$$p = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Ahora bien, esta presión aplicada en un fluido contenido en un recipiente, hace que al aumentar la fuerza, disminuya el volumen del fluido, este proceso es conocido como compresibilidad. El líquido de un recipiente ejerce una fuerza sobre el fondo y sus paredes. Al suponer que se tiene un cilindro de líquido con altura h y una base de superficie s , su volumen es como se observa en la ecuación n°2 (CREUS, A. 1997)

$$v = sh \quad (2)$$

Si la densidad del líquido es d , la masa del cilindro $m = dv = Shd$ y su peso $= mg = Shdg$, la presión ejercida por el peso del líquido sobre la superficie es como se establece en la ecuación n° 3 (CREUS, A. 1997)

$$P = \frac{F}{A} = \frac{Sdgh}{A} = dgh \quad (3)$$

Por lo anterior, y teniendo en cuenta la Ley de Pascal, se determina que la presión ejercida en un punto de fluido se transmite en todas las direcciones (CREUS, A. 1997).

3.3 Presión Diferencial

Es la diferencia entre un valor de presión determinado y otro utilizado como referencia. Al hacer una restricción de fluido, se produce una caída de

presión relacionada con la velocidad del fluido, que se puede determinar aplicando la "Ecuación de continuidad el Teorema de Bernoulli", y si se conoce la velocidad del fluido y el área por donde está pasando, se puede determinar el caudal, esta ecuación es una forma útil en mecánica de fluidos para medir el caudal dado su principio físico.

Se estima que buena parte de los medidores industriales utilizados en la actualidad, son dispositivos de presión diferencial, siendo el más conocido la placa de orificio, que tiene ventajas como: su sencillez de construcción, comprensión de funcionalidad, bajos costos si se instalan en grandes tuberías, y se pueden utilizar para la mayoría de los fluidos. (OGATHA, K 1997).

Uno de los inconvenientes de los medidores de presión diferencial, es la amplitud del campo de medida es menor en relación otros tipos de medidores, por lo tanto producen pérdidas de carga significativas, deben respetarse unos tramos rectos de tubería aguas arriba y aguas abajo del medidor, la precisión suele ser menor, teniendo en cuenta que se entrega sin calibrar.

3.4 Presión en una tubería

Cuando un líquido o gas fluye a través de un tubo, la presión se abate a lo largo de éste, debido a la fricción. Por ejemplo si un tubo transporta agua desde un tanque de 10m de altura y la válvula está cerrada, la presión estática en el fondo del estanque y los indicadores de presión a lo largo del tubo serán los mismos. Sin embargo, al abrir la válvula, los manómetros muestran presiones menores, porque si el fluido cambia de reposo a movimiento y adquiere velocidad, lo hacen con pérdida de presión, por tanto a mayor velocidad la caída de presión será mayor (HELFRICK, A 1992) (Figura 1).

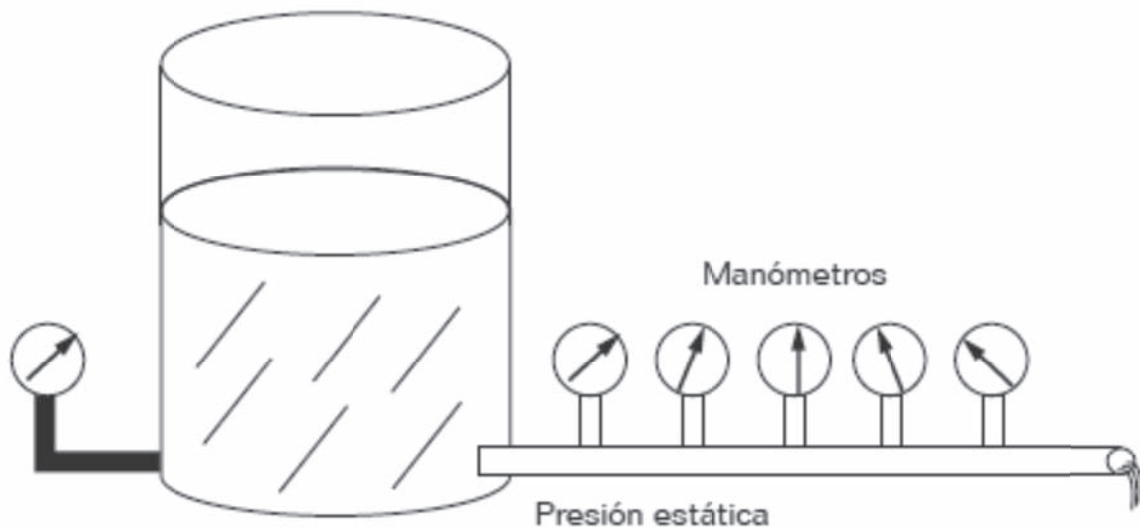
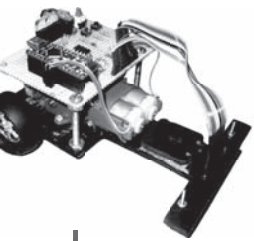


Figura 1: Presión en un líquido fluyendo.
Fuente: (VILLALOBOS, G 2006).

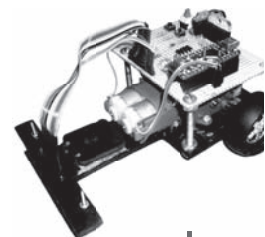
3.5 Válvula Proporcional

La válvula proporcional convierte una señal eléctrica analógica de entrada, en una determinada posición de la corredera y por tanto una concreta apertura de la sección transversal del paso de líquido a través de ella. En un valor de voltaje la válvula adoptará un valor de 100% de apertura mientras que en otro tomará un estado de cerrado o 0%. Este tipo de válvulas permiten el paso del fluido e ir variando la cantidad de grados de apertura a medida que se va cambiando el voltaje de entrada, constituye como elemento lineal en el rango de voltajes (CARR, J 1996).

El objetivo de la válvula proporcional en un sistema industrial, es controlar la cantidad de presión que la atraviesa para no generar daños en la tubería por sobrepresiones, y mantener constante el flujo para no alterar las condiciones de control del proceso (CARR, J1996).

3.6 Interfaz Gráfica

Son conocidas como GUI (interfaz gráfica de usuario), y es un programa informático que actúa de interfaz a usuario, que utiliza un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información, proporcionando un entorno visual sencillo que permite la comunicación con el sistema operativo de una máquina o computador. Algunas comparten funciones con Hardware externo, gracias a sistemas de adquisición de datos, permite capturar acciones exteriores como movimientos, perturbaciones o cualquier elemento que se busque controlar o medir (VILLALOBOS, G 2006). Generalmente se realiza manipulación directa, para facilitar la interacción persona-ordenador, lo que posibilita la representación del lenguaje visual, manejar y analizar una serie de datos. (HELFRICK, A 1992).



4. Metodología

El modelo metodológico seguido para el “Sistema didáctico de modelamiento”, fue de tipo Descriptivo, ya que el instrumento virtual realizado es a partir de la descripción del funcionamiento del sistema y la interacción entre sus componentes. De igual manera, de tipo Correlacional, ya que se encontró la relación entre las variables de flujo, giro y presión, para establecer cómo es el comportamiento de una válvula de este tipo. A

El proceso de elaboración del sistema didáctico, comprendió tres etapas que fueron: diseño de

hardware y software, montaje del sistema y el desarrollo didáctico.

Etapa 1: Diseño de Hardware

El diseño del hardware, inició con definición de la estructura, fue de tipo metálico y madera para brindar fortaleza al sistema y a la vez facilitar la implementación de las diversas partes que contendría, luego de elegir los materiales, hizo una simulación de la estructura utilizando el software Solid Edge, que permite hacer una aproximación a la realidad del montaje (Ver figura 2).

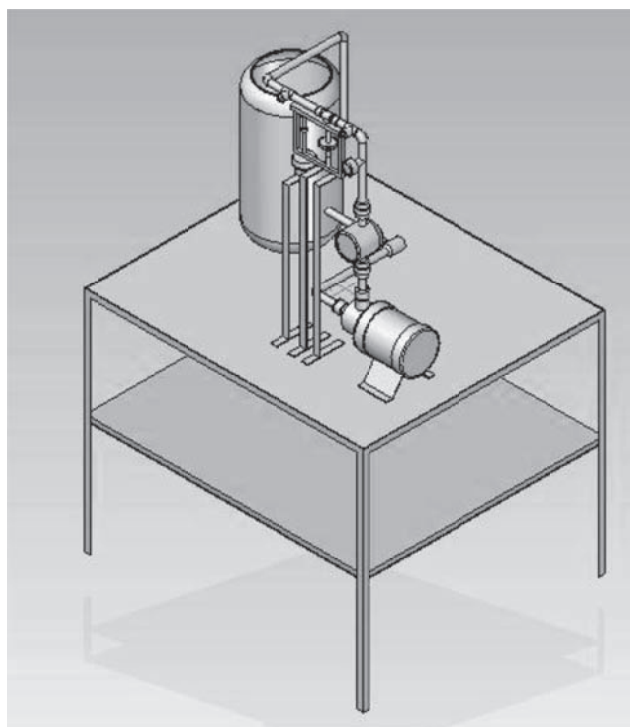
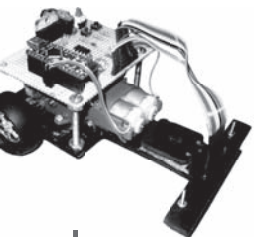


Figura 2: Diseño en Solid Edge del banco de trabajo. Fuente: Los autores

Para el mejor comportamiento y posibilidad de implementación, se eligió utilizar una válvula de tipo “cortina”, la cual se mueve con un motor “paso a paso” para establecer mediante una can-

alidad de pulsos su posición d y a la vez permitiera tener una cantidad de apertura. Luego se evidenció la necesidad de tener un transportador y un sensor que permitieran conocer la cantidad



de grados de apertura del sistema en un momento determinado, luego de las diversas consultas y pruebas se utilizó un “potenciómetro de precisión”, que permite relacionarse fácilmente con la cantidad de grados y con ello conocer la ubicación de la válvula en cualquier momento, luego se implementó un medio para conectar el control del motor a la tarjeta de adquisición (MYDAQ).

El siguiente paso fue el de diseñar un medio para comunicar la válvula con la tarjeta, de tal manera que se puede generar el movimiento y conocer la posición. Para ello se utilizó un microcontrolador PIC 16F84A, ya que la tarea de comunicación solo requería leer una serie de bits enviados desde la tarjeta, como insumo de información con instrucción al sistema. Junto al micro se utilizó un Driver L293D, transmisor de pulsos desde el PIC al motor en forma de secuencias, este Driver, tiene la característica de entregar una corriente máxima de 1A para generar el movimiento del motor.

Después se diseñó la forma de medir el flujo, para ello se utilizó un contador de agua normal, al que se le ubicó en un punto estratégico un imán de neodimio y un sensor de tipo Reed, este entregaba el flujo como una representación de pulsos de voltaje, que fueron ingresados al PC mediante un puerto de la tarjeta de adquisición para su posterior conversión.

La variable de presión diferencial a la entrada y salida del sistema, se logró usando un sensor MPX2100DP, que tiene la posibilidad de medir rangos desde 0 a 15psi de forma lineal, entregando a su salida un voltaje que varía entre 0 y 25mV. Debido al valor de voltaje entregado, se hizo necesaria la implementación de un amplificador de instrumentación que permitiera aumentar el va-

lor de voltaje, para ello se utilizó el AD620, que tiene la posibilidad de aumentar el valor de entrada a uno mayor con solo un resistor de ajuste, es fundamental para el proyecto. De igual forma su capacidad de ancho de banda es 120kHz valor que está muy por debajo de lo entregado por el sensor MPX.

El último circuito diseñado permitió activar una electroválvula y la bomba de agua, para ello se utilizó un TRIAC y un optotriac, configurados de tal manera que al recibir un pulso activa la válvula por el tiempo que este pulsado.

Etapa 2: Diseño de Software:

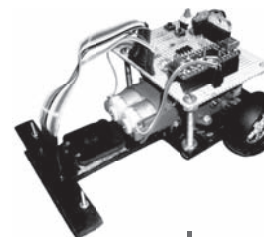
La etapa de diseño del software estuvo encaminada a generar cuatro SubVi específicos para realizar actividades de movimiento de válvula, lectura de pulsos, traducción de voltaje y activación de la electroválvula.

SubVi 1 Movimiento de válvula

Este se comunica con el PIC enviando una serie de pulsos, que determinan la cantidad de pasos que se mueve el motor y permite leer el valor de variación de voltaje en el potenciómetro, con lo que se corroboraba el avance del sistema.

SubVi 2 Lectura de pulsos del medidor

Este permite leer la cantidad de pulsos entregados por el medidor de flujo, de tal manera que en un determinado tiempo arrojan la velocidad del líquido circulante por el tubo, que al ser multiplicado por el área transversal de la tubería y restando las pérdidas de la tubería (codos, uniones) presentaban el valor de presión, se presenta en indicadores en pantalla en PSI, Pascal y Bares.



SubVi 3 de traducción de voltaje a presión

Este SubVi, al recibir el valor de voltaje del AD620 lo traduce a presión, como el valor de voltaje se asocia de forma directa a un valor de presión, por ejemplo si se tienen 13,5 bares esto equivale a 1,5 Voltios, lo cual indica que existe una relación matemática entre las dos ambas variables.

SubVi 4 Activación de bomba y electroválvula

Este SubVi permite mediante el envío de un pulso que se active y desactive la bomba de agua y la electroválvula del sistema.

SubVi 5 Generación de resultados

Permite mostrar los datos generados en una tabla. Para ello desde Labview se conecta con una

hoja de cálculo y busca las tablas elaboradas previamente, recibe los datos y los grafica dependiendo de las variables que se quieran observar y permitiendo analizar grados versus presión, grados versus flujo y presión versus flujo.

SubVi 6 Calibración del Banco

Para conocer la posición final de la válvula, la última vez que se usó el instrumento y tomando como referencia la caída de voltaje del potenciómetro, se diseñó la SubVi de calibración que permite al usuario conocer donde está la válvula actualmente y dependiendo de su ubicación devuelve a 0° el sistema, al momento en que la válvula se detiene, se encienden la electroválvula y la bomba de agua permitiendo que circule líquido por la tubería y así poder hacer las mediciones. (Ver figura 3).

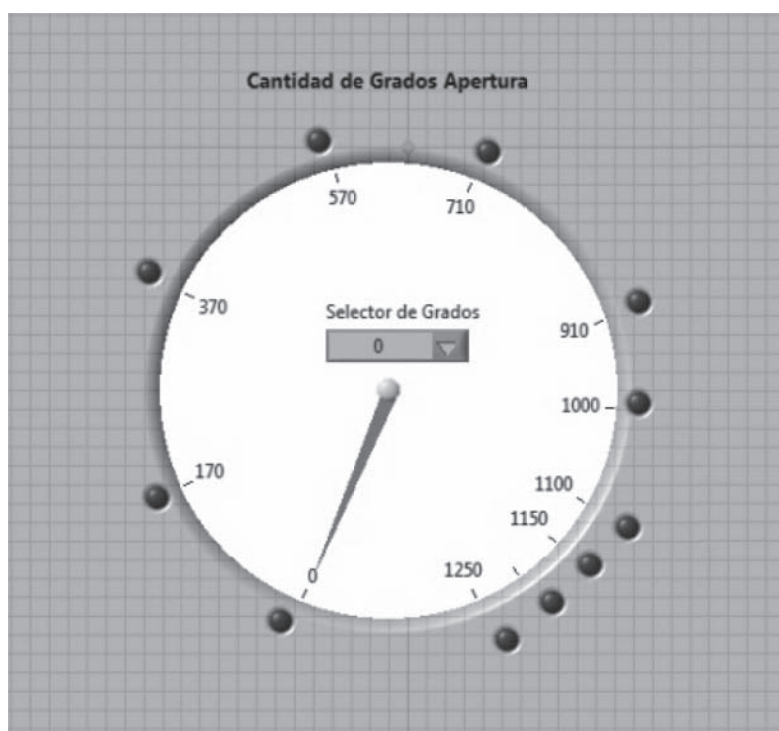
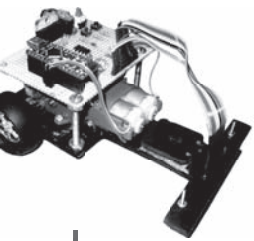


Figura 3: Interfaz del control de apertura de la válvula y VI correspondiente.
Fuente: Los autores



Etapa 3: Montaje:

Una vez realizado el diseño de hardware y software, se elaboró un diagrama de flujo (Ver figura 4) para determinar la interrelación de cada uno de los diseños y el funcionamiento del programa. El programa inicia con un instructivo que informa al usuario respecto a su uso, luego se entra en un bucle de 0° a 1250°, siguiendo una serie de pasos, que inician con la posición en la que requiere moverse la válvula para medir, allí el usuario en orden va eligiendo el valor de los grados de apertura.

El siguiente paso es indicarle al sistema que haga medición del caudal, al presionar el botón respectivo, va al subprograma de medición de caudal, toma la medida y de inmediato lo presenta en pantalla. Luego de hacer esta medición, se le indica que mida presión donde hace una tarea similar a la descrita en caudal. Por último se le dice que guarde el dato, lo cual lo hace en un programa de hoja de cálculo. De igual manera se hace una y otra vez hasta que se logre la totalidad de valores en grados del sistema y se repite el mismo proceso pero cerrando la válvula.

Etapa 4: Diseño de guías didácticas

En esta etapa se diseñaron dos guías para estudiantes y el manual de usuario.

La primera guía permitía al estudiante analizar en una válvula proporcional de cortina con sus virtudes, defectos, ventajas, desventajas, características y así tener claridad de su curva de comportamiento y sus posibles aplicaciones.

En la segunda guía se pretendió presentar un contraste entre los datos obtenidos en la válvula subiendo y bajando, para que el estudiante determine a partir de las curvas de histéresis, con la

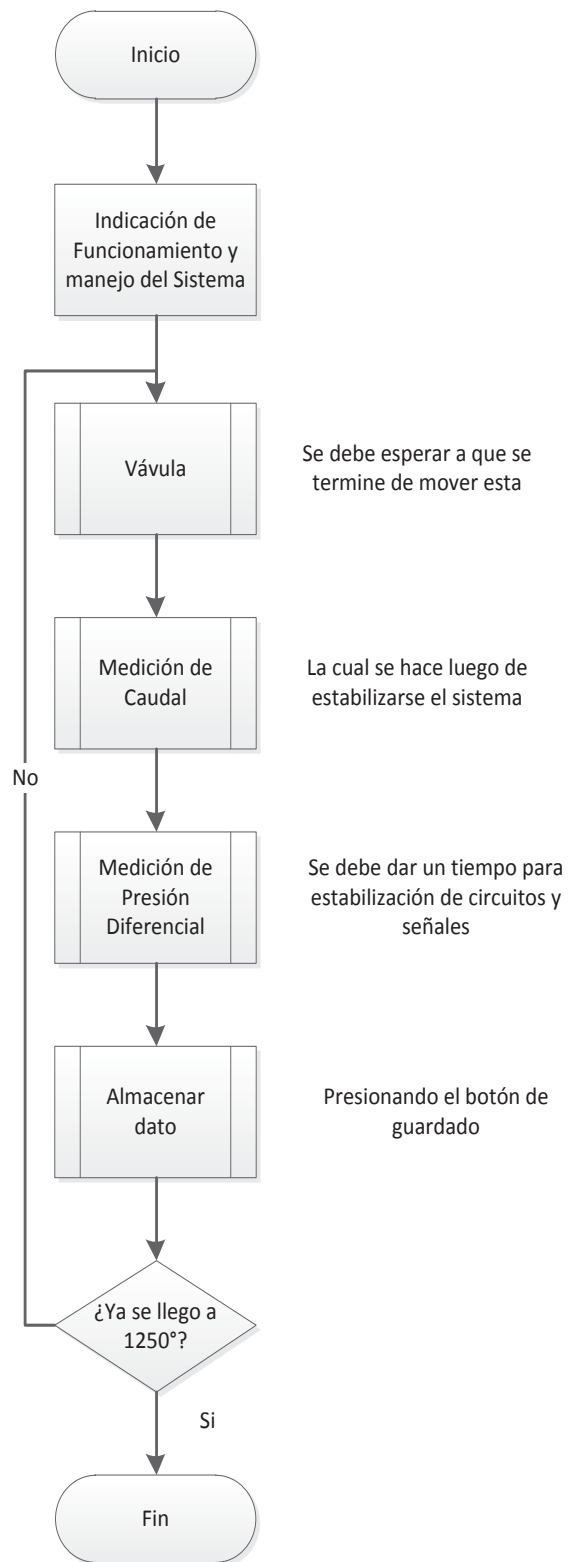
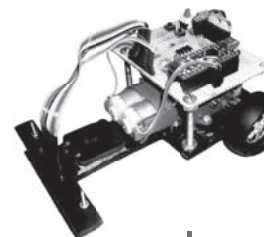


Figura 4: Diagrama de flujo general del sistema. Fuente: Los autores



cual puede calcular la cantidad de error en la medición del sistema.

El Manual de Usuario. Este se desarrolló en Flash y explica la forma de conexión del instrumento y cada uno de los pasos para poder utilizarlo de for-

ma eficiente, obteniendo el máximo de sus posibilidades, explica mediante gráficos y textos en colores qué, cómo y cuándo hacer las actividades, de tal manera que se realicen prácticas de forma eficiente. (Ver figura 5).

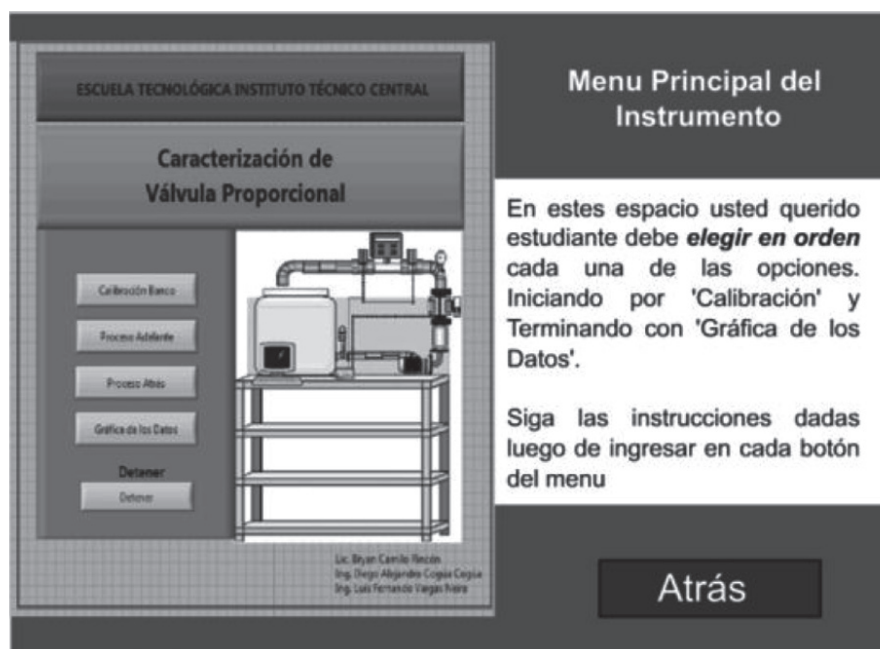


Figura 5: Manual de Usuario.
Fuente: Los autores

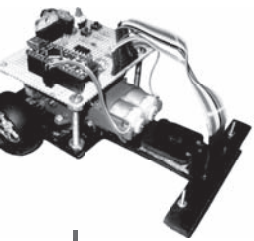
5. Conclusiones

Al terminar las diversas etapas de diseño y montaje que condujeron a la implementación del banco y la construcción del sistema, se hicieron pruebas de medición, que permitieron determinar que cuando el ángulo de apertura aumenta, la cantidad de presión en el tubo tiende a disminuir, esto debido a que la tubería libera presión a medida que la válvula se abre.

Al estar la válvula en grados inferiores la apertura es menor, con lo cual la cantidad de líquido sobre

la tubería ejerce una mayor fuerza. El flujo se mantuvo constante, aunque por apertura y cierre de la válvula cambia su velocidad antes de entrar a ésta y luego de salir, pero la cantidad de líquido que circula por ella es la misma todo el tiempo. (Ver figura 6)

Cuando se está en el proceso de apertura de la válvula, la presión se va liberando bajando su valor, el caudal en este caso se mantiene constante en 13 m³/h, aproximadamente. En el caso del cierre de la válvula, la presión va a aumentando, esto debido a que la válvula va generando por efecto



del cierre presión sobre la tubería, por lo cual tiende a aumentar pero nunca supera los 15 PSI que soporta la tubería.

El algoritmo creado permite unir de forma eficiente los diversos SubVi creados, de tal manera que el software es eficiente, fácil de manejar y entrega resultados reales con respecto a las variables medidas.

La respuesta del proceso en cierre y apertura, permitió determinar que la válvula se comporta de forma lineal, esto gracias al análisis de las figuras, ya que a medida que el flujo aumenta en el paso del tiempo la presión cambia, en el caso de la apertura ésta se fue haciendo menor y en el caso de cierre esta se fue haciendo mayor conforme los grados variaron sobre la válvula.

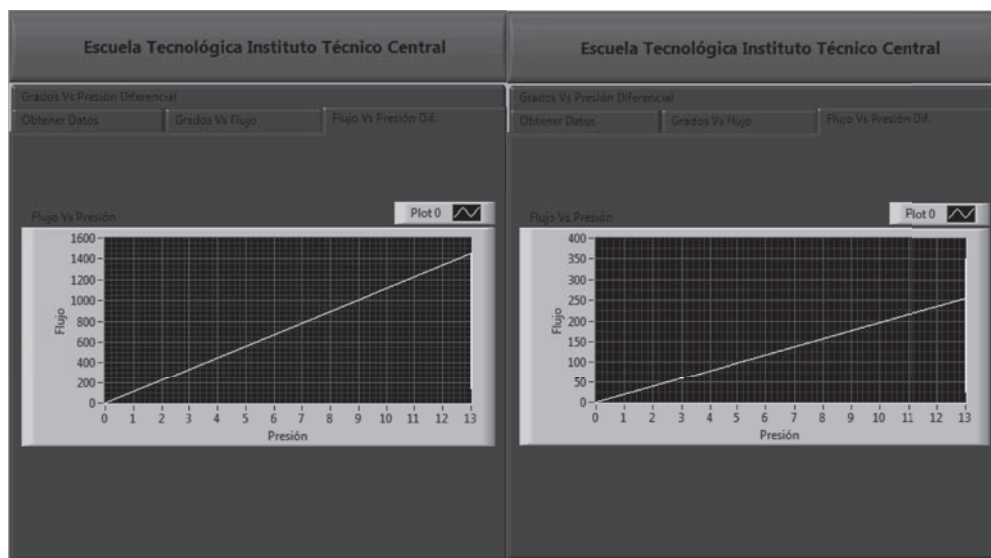


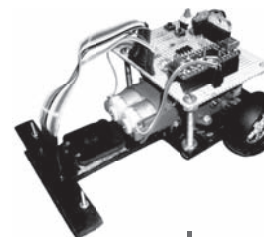
Figura 6: Datos en Apertura de la Cantidad de Flujo Vs Presión Diferencial (Izquierda) como en Cierre (Derecha)
Fuente: Los autores

Desde la perspectiva didáctica, el uso adecuado del banco permite generar saberes significativos en el estudiante, ya que el sistema es más preciso en relación con las mediciones manuales. De igual manera, permite obtener gráficas descriptivas, con lo cual el estudiante puede llegar a generar mejores conceptualizaciones de los términos básicos de la instrumentación industrial.

Se implementó un sistema de modelamiento soportado en Labview, que permite mediante la adquisición de datos obtener la curva de funcionamiento de una servo-válvula generando su

modelo y con ello sus características más importantes. Las variables fueron medidas gracias al algoritmo generado que entrega como resultado gráficas que relacionan al flujo, con la presión y con la cantidad de giro del sistema que depende de la apertura de la válvula.

Las guías de trabajo permiten realizar prácticas en el banco de pruebas. Lo que se espera una vez se continúen aplicando estas guías, es que contribuya a la formación siguiendo el Modelo de Aprendizaje Significativo, que posibilita al estudiante asociar sus nuevos saberes con otros obtenidos previamente.



6. Bibliografía

CARR, J (1996). Elements of Electronic Instrumentation and Measurement. 3 ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Ed. Prentice Hall.

CHEN, C (1993). Analog and Digital. Control System Design: Transfer-Funtion, State-Space, and Algebraic Methods. International Edition. United States of America.

CREUS, A. (1997). Instrumentación Industrial. Barcelona, España.

DORF, R(2003). Circuitos Eléctricos. 5 ed. Mexico. Alfaomega Grupo Editores.

HELFRICK, A (1992). Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición. México: Ed. Prentice Hall Hispanoamericana.

KUO, B (1995). Sistemas de Control Automático. New York. Séptima Edición. Prentice Hall.

OGATHA, K (1997). Dinámica de Sistemas. 1 Ed. México: Prentice Hall.

OGATHA, K (1998). Ingeniería de Control Moderno. 3 Ed. Mexico. Prentice Hall.

VILLALOBOS, G (2006). Medición y control de procesos industriales. México, D.F.

Fuentes de Internet

<http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts%20Docencia/Seminario%20de%20Aut/trabajos/trabajos%202003/Sem%20Aut%20%20Caudal/web-final/Medidores%20Diferencial> Visitado el 20 de Octubre del 2011