

# Contenido

1

## Editorial

---

### Implementación de un Sistema de Control con Microcontrolador Difuso

M. en C. Romeo Urbieta Parrazales, Ing. Armando Morales, Ing. Marco Antonio Ramírez S.,  
Ing. María Elena Aguilar Jauregui, Lab. de Sistemas Digitales (C.I.C.-IPN)  
Dr. Adriano de Luca, Lab. Sistemas Digitales (CINVESTAV-IPN)

---

3

6

### Reconocimiento de Firmas Usando Extracción de Envoltentes

Jesús García Ruiz, Héctor Pérez Meana,  
Mariko Nakano Miyatake, Jorge F. Veloz Ortiz (SEPI ESIME-Culhuacán)

---

### WEBER: Un sistema para la Enseñanza Remota Vía el WEB

René Gutiérrez Morales, Dr. Hugo Cesar Coyote Estrada (CIC-IPN)

---

9

13

### Sistema x-y-z para Perforación Automática de Circuitos Impresos

Ing. Agustín Cruz Contreras, M. en C. J. Carlos González Robles (CIDETEC-IPN)

---

### Programación de un Control Difuso (Fuzzy) para una Columna de Destilación

M. en C. Armando Morales S. (Instituto Mexicano del Petróleo), M. en C. Romeo Urbieta Parrazales,  
Ing. Luis Ernesto Corona Franco (CIC-IPN)

---

17

## ***Editorial***

**L**a apertura experimentada en los últimos años por México, dentro del marco de la globalización económica, ha motivado una demanda creciente de capacitación a todos los niveles y en todos los campos. Por ello, el Instituto Politécnico Nacional, en su papel de organismo rector en la educación tecnológica, requiere ampliar su oferta curricular y adecuarla a las necesidades cambiantes de nuestro país, con calidad, pertinencia y oportunidad.

En este contexto, el CIDETEC continúa con su labor ofreciendo una serie de diplomados y cursos, con registro tanto institucional como ante la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. La oferta educativa incluye cinco diplomados que abarcan todos los aspectos de la computación: diseño de equipos (*hardware*), mantenimiento correctivo y preventivo, programación de aplicaciones, manejo de paquetería e incluso comercio electrónico. Así mismo, los cursos constituyen alternativas económicas de corta duración y alta calidad para el manejo de temas y tecnologías actuales, tales como implementación de páginas web, sistemas operativos modernos o herramientas de diseño asistido por computadora.

De la misma manera, actualmente se encuentra en proceso el proyecto de apertura de una Maestría en Ciencias, en Ingeniería de Cómputo, la cual servirá para redondear nuestra oferta educativa. Cabe mencionar

que, en este campo, el CIDETEC y su antecesor CINTEC presentan una experiencia acumulada de casi 15 años de trabajo, mismo que ha servido de base para el desarrollo de proyectos institucionales tales como el Programa de Autoequipamiento en Materia de Cómputo, el Centro de Investigación en Computación (CIC) y la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM).

Así, el presente editorial es una invitación a la comunidad estudiantil y profesional para que participe de manera activa en todas estas actividades académicas, con el compromiso siempre presente de calidad y responsabilidad de nuestra parte.

# Implementación de un Sistema de Control con Microcontrolador Difuso

*M. en C. Romeo Urbieto Parrazales  
Ing. Armando Morales  
Ing. Marco Antonio Ramírez S.  
Ing. María Elena Aguilar Jáuregui  
Lab. de Sistemas Digitales (C.I.C.-IPN)*

*Dr. Adriano de Luca  
Lab. Sistemas Digitales (CINVESTAV-IPN)*

**E**ste artículo describe el diseño, simulación e implementación de un control inteligente, usando un microcontrolador difuso que contiene internamente (hardware) una máquina de inferencia. El diseño y la simulación de control determinaron una máquina de inferencia óptima de siete funciones de membresía y siete reglas del tipo **Si, Entonces**; usando métodos de sintonía, algoritmos genéticos y redes neuronales. Dicha máquina de inferencia se grabó en un microcontrolador fuzzy para su aplicación. La variable controlada fue la velocidad de un motor de c.d. de 1/8 de H.P. corriendo en el rango de 100 a 1725 r.p.m, lográndose una precisión de cinco milésimas a muy bajo costo.

---

## INTRODUCCIÓN

---

La lista siguiente resume la evolución de las aplicaciones de Control Inteligente:

**1974** Primeros trabajos por E. H. Mandani.

**1982** Linkman diseña la primera aplicación industrial de control fuzzy.

**1984** M. Togai y H. Watanabe generan la primer implementación en VLSI.

**1987** T. Yamakawa desarrolla el primer controlador difuso de tipo analógico.

**1988** M. Togai construye el primer procesador fuzzy digital.

Las aplicaciones de Control Inteligente se clasifican en cuatro categorías de velocidades: baja, media, alta y muy alta. La primera es una máquina de inferencia construida por software con un conjunto de instrucciones normales; en la segunda, el conjunto de instrucciones incluye instrucciones fuzzy dedicadas; en la tercera se encuentra una CPU soportada por un coprocesador difuso, mientras que la cuarta y última está formada por máquinas de inferencia difusas totalmente soportadas por hardware. En las tres primeras categorías, las máquinas de inferencia de control fuzzy se diseñan totalmente por software, siendo estos sistemas de control muy caros.

En la última categoría, la máquina de inferencia es un programa ejecutable (con extensión \*.Hex) soportado completamente por el microprocesador, el cual ya no requiere de un gran tiempo de edición y compilación para la solución de control inteligente; esto

las convierte en soluciones rápidas y de fácil implementación para aplicaciones de control. Además, son muy económicos desde cualquier aspecto que se considere (espacio, uso, operación, mantenimiento, etc) [1].

Como antecedente al desarrollo de una aplicación en la última categoría, se implementaron en forma inicial tres máquinas de inferencia basadas en software (primera categoría), usando una computadora personal con tarjeta de conversión analógica a digital y digital a analógica.

El primer trabajo fue una máquina de inferencia de dos entradas y una salida; las entradas al controlador difuso fueron los errores de posición y de velocidad, respectivamente. Como salida se maneja el voltaje de la armadura del motor de c.d. La fuzzificación de las variables de entrada y salida tenía cada una cinco funciones de membresía, lográndose una base de conocimiento de veinticinco reglas del tipo **Si, Entonces**. Para sintonizar, se usó el método de Estructuras Variables, con lo que se ajustó hasta un total de once reglas [2] [3].

En el segundo trabajo se obtuvo la sintonía de la máquina de inferencia, también de once reglas **Si, Entonces**, mediante el método de algoritmos genéticos. Los datos de los algoritmos genéticos fueron:

población = 40  
no. de cromosomas = 280  
no. de variables = 7

iteraciones = 200  
 error de acotación mínima = 6  
 probabilidad de mutación = 0.1  
 probabilidad de cruce = 0.75

Las funciones de membresía obtenidas fueron de forma caprichosa (triángulos irregulares) [4].

El tercer trabajo realizado empleó el método de programas evolutivos para encontrar los parámetros óptimos de control. Los parámetros fueron reglas de importancia (repetitivas) [5].

Después de haberse tenido éxito en el diseño y uso de máquinas de inferencia difusa por software, en la actualidad, y gracias al avance en la tecnología de circuitos VLSI (*Very Large Scale Integration*), se han desarrollado máquinas de inferencia difusa por hardware, como es el caso del microcontrolador AL220. Una ventaja de este dispositivo es que está dentro de la cuarta categoría de velocidades (mfips = mega inferencias fuzzy por segundo), siendo otras ventajas la incorporación de convertidores A/D y D/A y su facilidad de manejo.

**DISEÑO**

La **figura 1** es un diagrama a bloques del sistema de lazo cerrado de control que se implementará. El sistema es un controlador general que representa cualquier tipo de sistema, siendo en este caso un control de velocidad.

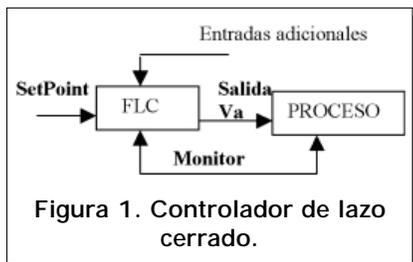


Figura 1. Controlador de lazo cerrado.

**PROCESO**

La **figura 2** muestra un modelo de sistema de proceso (motor de c.d. y tacómetro con sus interfaces electrónicas respectivas). El proceso es de una entrada - una salida.

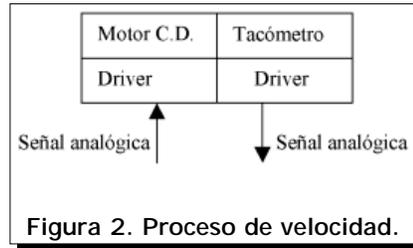


Figura 2. Proceso de velocidad.

**CONTROLADOR FUZZY**

La **figura 3** muestra un diagrama a bloques del controlador basado en un microcontrolador fuzzy, que incorpora la máquina de inferencia por hardware y convertidores A/D y D/A internamente [5].

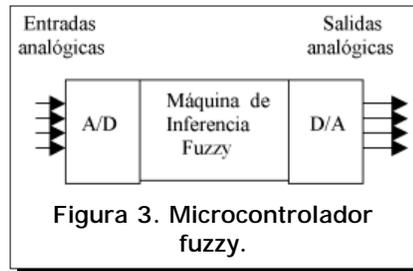


Figura 3. Microcontrolador fuzzy.

**SIMULACIÓN**

El objetivo de la simulación del sistema mostrado en la **figura 1** es encontrar la respuesta óptima. La simulación consiste de las siguientes partes: Estímulo, máquina de inferencia, base de conocimiento, y respuesta óptima de control.

**- ESTÍMULO.**

Se genera una tabla de valores de entrada (variable de velocidad), obtenida por el modelo de motor:  $v(t) = K(1 - e^{-88t})$ , donde K es la ganancia de velocidad del motor, y t es el tiempo.

**- MÁQUINA DE INFERENCIA.**

La máquina de inferencia está representada por las gráficas de fuzzificación de la variable medida (monitor) y la variable de salida (**figura 4**).

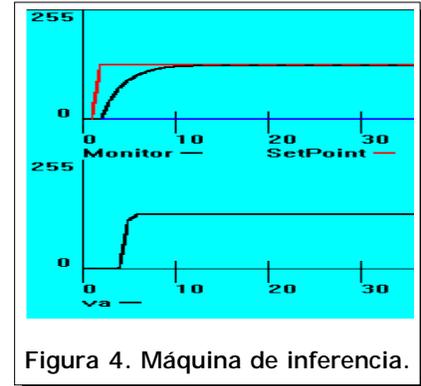
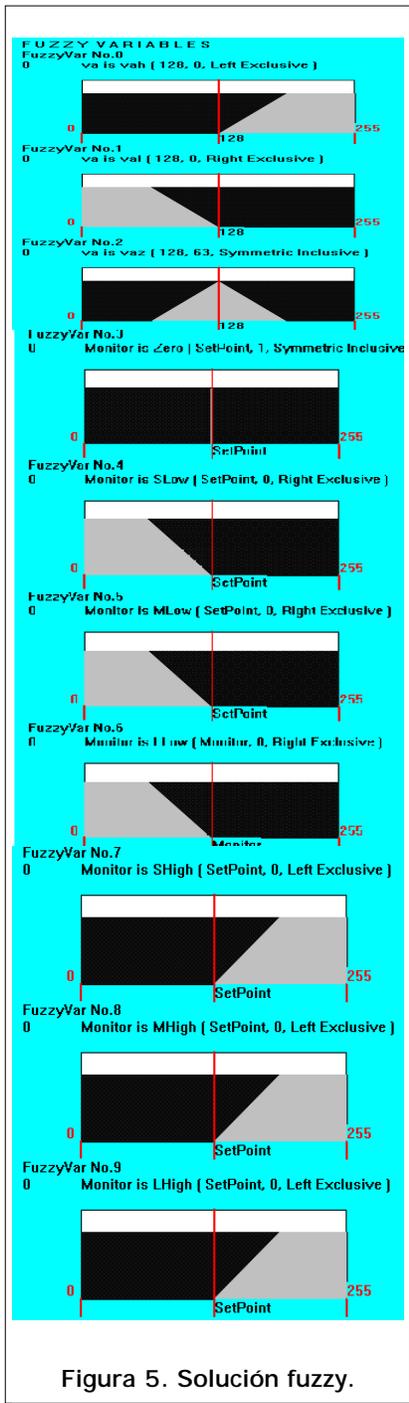


Figura 4. Máquina de inferencia.

**- BASE DEL CONOCIMIENTO.**

El experto determinado en la simulación quedó constituido por las reglas siguientes :

- Rules
- 0 If Monitor is Zero then va + 0
  - 0 If Monitor is LLow then va + 3
  - 0 If Monitor is MLow then va + 2
  - 0 If Monitor is SLow then va + 1
  - 0 If Monitor is LHigh then va + -3
  - 0 If Monitor is MHigh then va + -2
  - 0 If Monitor is SHigh then va + -1
  - 0 If va is vah then va = 130
  - 0 If va is val then va = 114
  - 0 If va is vaz then va = 129

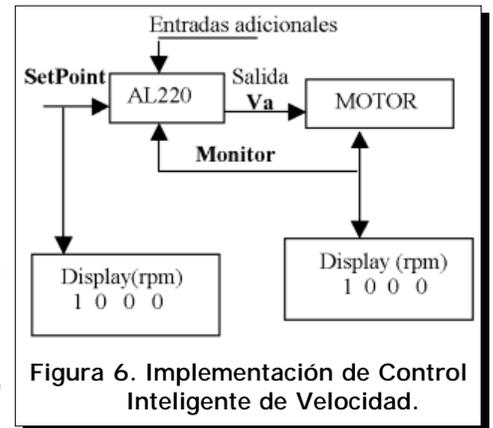


- RESPUESTA.

La solución de control fuzzy optimizada se muestra en la figura 5.

#### IMPLEMENTACIÓN

La implementación del sistema se indica en el diagrama a bloques de la figura 6.



#### REFERENCIAS

- [1] Abraham Kandel & Gideon Langholz. "Fuzzy Hardware Architectures and Applications". Cap.1 Kluwer Academic Publishers.1998.
- [2] Romeo Urbieto P. & Adriano de Luca. "Fuzzy Logic Controller Applied to C.D. Motor". 38<sup>th</sup> Midwest Symposium on Circuit and System. Rio de Janeiro. Brasil. 1995.
- [3] Shigeyasu Kawaji and Nobutomo Matsunaga. "Fuzzy Control of VSS Type and its Robudtness Fuzzy". Pag.226-242.Fuzzy System. 1993.
- [4] Romeo Urbieto Parrazales. "Optimización de Control Difuso Aplicando Algoritmos Généticos". Rev. Polibits. Vol. 1, num. 16. Sep-Dic.1995.
- [5] John Goddard, Romeo Urbieto P., Dr. Adriano de Luca. "Rule Learning in Fuzzy Systems Using Evolutionary Programs". 39<sup>th</sup> Midwest Symposium on Circuits and Systems. Iowa University. Pag. 1996.
- [6] Insigth II e. "Fuzzy Logic Development System for the Adaptive Logic family of Fuzzy Controllers". Oct. 1995.

# Reconocimiento de Firmas Usando Extracción de Envoltentes

Jesús García Ruiz, Héctor Pérez Meana,  
Mariko Nakano Miyatake, Jorge F. Veloz  
Ortiz  
SEPI ESIME-Culhuacán  
email hmpm@df1.telnet.mx

**E**l desarrollo de nuevos conceptos en el campo de la computación, tales como la Inteligencia Artificial y las Redes Neuronales, ha permitido la realización de sistemas que intentan emular el comportamiento del cerebro humano en la realización de ciertas funciones. El reconocimiento de caracteres manuscritos y reconocimiento de voz son algunas de las aplicaciones de las redes neuronales que han tenido más éxito, habiendo sido reportadas durante las últimas décadas varias estructuras neuronales, las cuales presentan un funcionamiento suficientemente bueno para la realización de esas tareas.

Por otro lado, el reconocimiento de firmas ha sido un tema de investigación intensa durante los últimos años, debido a la gran importancia que tiene, entre otros, en el sistema financiero. Sin embargo, no existe todavía un método suficientemente confiable, especialmente para la detección de firmas falsificadas. El reconocimiento de firmas tiene varios problemas que dificultan su análisis, entre los que destacan:

a) La firma es una imagen y no tiene significado por sí misma.

b) No es suficiente reconocer a quien podría pertenecer una firma determinada, sino que el sistema requiere verificar la autenticidad de dicha firma (es decir, si es falsificada o no).

Por lo tanto, en el reconocimiento de firmas hay que considerar dos clases de errores, los cuales se pueden clasificar como tipo I y tipo II. El error tipo I se presenta cuando el sistema no reconoce una firma original y la considera como copiada o falsificada, mientras que el tipo II se produce por el caso inverso, cuando el sistema considera una firma falsificada o copiada como original [1].

Para el reconocimiento de firmas existen, básicamente, dos caminos: el reconocimiento en línea o dinámico, y el reconocimiento fuera de línea o estático. Para llevar a cabo el reconocimiento dinámico se puede usar la información contenida en el proceso en forma dinámica, tal como el punto inicial y el punto final de la firma, la velocidad e intensidad en cada parte de la misma, etc.; mientras que en el reconocimiento estático se tiene que verificar a partir de la imagen capturada, únicamente, y no hay manera de determinar con precisión el punto inicial o el punto final de la firma.

El reconocimiento dinámico tiene menos problemas al contar con más elementos de decisión, por lo que es más atractivo para la mayoría de los

investigadores, en comparación al reconocimiento estático; sin embargo, considerando las aplicaciones prácticas de ambos, el reconocimiento estático tiene más aplicaciones.

En el reconocimiento de firmas estático, la extracción de características es un factor muy importante, ya que el funcionamiento del sistema depende en gran medida de las características utilizadas. Debido a ello se han desarrollado varios métodos de extracción, tal como el basado en el patrón de referencia [2].

Este trabajo presenta un método de reconocimiento de firmas estático usando características extraídas de la firma. El sistema propuesto tiene un mejor funcionamiento comparado con otros métodos [2], [3] propuestos, siendo además más simple su realización.

---

## SISTEMA PROPUESTO

---

El sistema propuesto consta de dos partes: extracción de características y reconocimiento de la firma usando dichas características.

### 2.1 EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

El método utilizado para extraer características obtiene el valor Kurtosis, el valor Skewness, el valor relativo

entre Kurtosis y Skewness y el valor relativo entre las proyecciones vertical y horizontal de la firma analizada.

Los valores de Kurtosis vertical y horizontal ( $K_v$  y  $K_h$ ) se calculan con las ecuaciones siguientes:

$$K_v = \frac{\mu_3^v}{(\mu_4^v)^{0.75}} \quad (1)$$

$$K_h = \frac{\mu_4^h}{(\mu_2^h)^2} \quad (2)$$

Los valores correspondientes de Skewness  $S_v$ ,  $S_h$  se calculan con

$$S_v = \frac{\mu_3^v}{(\mu_2^v)^{1.5}} \quad (3)$$

$$S_h = \frac{\mu_3^h}{(\mu_2^h)^{1.5}} \quad (4)$$

Para los valores relativos vertical y horizontal  $R_v$  y  $R_h$ , entre Kurtosis y Skewness se utilizan las ecuaciones:

$$R_v = \frac{\mu_3^v}{(\mu_4^v)^{0.75}} \quad (5)$$

$$R_h = \frac{\mu_3^h}{(\mu_4^h)^{0.75}} \quad (6)$$

Los valores relativos entre vertical y horizontal  $VH_1$ ,  $VH_2$  se obtienen de

$$R_h = \frac{\mu_3^h}{(\mu_4^h)^{0.75}} \quad (7)$$

$$VH_2 = \frac{\mu_4^v}{\mu_4^h} \quad (8)$$

donde los valores  $m_r^v$  y  $m_r^h$  se calculan usando las ecuaciones (9) y (10):

$$\mu_r^v = \frac{1}{N} \sum (X(i) - X_v^c)^r \quad (9)$$

$$\mu_r^h = \frac{1}{N} \sum (X(i) - X_h^c)^r \quad (10)$$

donde  $X_v^c$  y  $X_h^c$  son el valor de la centroide vertical y horizontal, respectivamente, y resultan de las ecuaciones (11) y (12):

$$X_h^c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X(i) \quad (11)$$

$$X_v^c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y(i) \quad (12)$$

donde, a su vez  $X(i)$  y  $Y(i)$  son la proyección horizontal y vertical, respectivamente, y se obtienen de

$$X(i) = \sum_j firma(i, j) \quad (13)$$

$$Y(i) = \sum_i firma(i, j) \quad (14)$$

Estos valores son independientes de la posición de la firma y el tamaño de ésta. Además de estos valores se extraen las envoltentes superior e inferior de la firma, cada envoltente se divide en 12 partes y a cada parte se le asigna un valor entero que representa su forma. En la **figura 1** se muestra una firma, y las **figuras 2** y **3** son la envoltente superior e inferior, respectivamente, separadas en 12 partes y sus valores asignados. Estos valores son relativamente independientes a la posición y tamaño de la firma.

Debido a esta independencia de los valores, el sistema es capaz de reconocer adecuadamente una firma aún cuando cambien su posición y/o tamaño.



Figura 1. Firma Capturada.

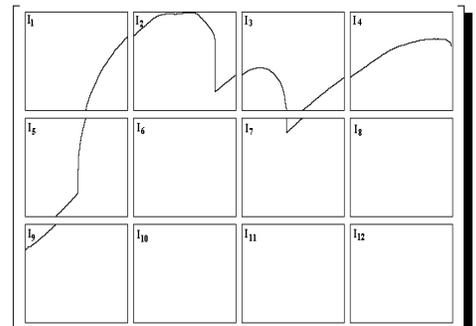


Figura 2. Envoltente superior de la firma.

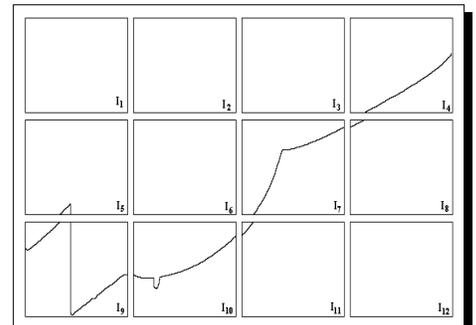


Figura 3. Envoltente inferior de la firma.

#### RECONOCIMIENTO DE LA FIRMA

El sistema usa las características extraídas como entrada de tres redes neuronales de tipo perceptron multicapas. La primera red clasifica las firmas usando características de los 8 valores de proyección horizontal y vertical, calculados con las ecuaciones (1) a (14). La segunda y tercera red clasifican las firmas usando los 12 valores de los envoltentes superior e inferior, respectivamente.

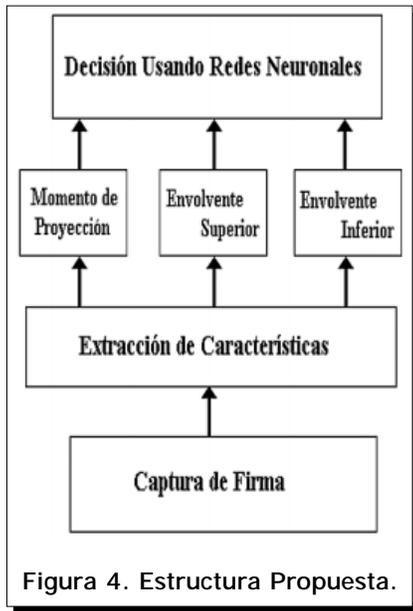


Figura 4. Estructura Propuesta.

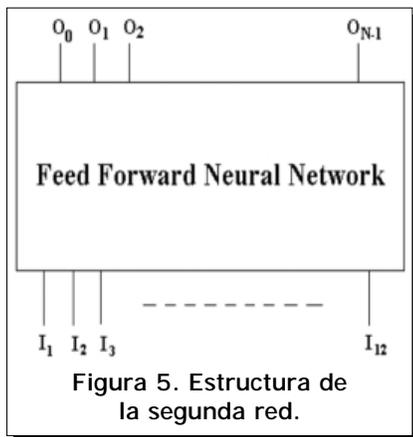


Figura 5. Estructura de la segunda red.

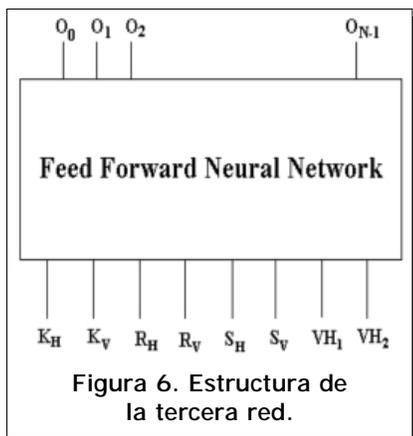


Figura 6. Estructura de la tercera red.

La **figura 4** muestra la estructura propuesta, la **figura 5** muestra la estructura de la segunda red, mientras que la estructura de la tercera red aparece en la **figura 6**.

**RESULTADOS OBTENIDOS**

Para evaluar el sistema propuesto, se generó una base de datos que incluye 150 firmas ( 15 firmas de 10 personas); de estas, 50 firmas( 5 firmas de 10 personas) se usaron para entrenar a las tres redes separadamente, y las 100 firmas restantes (10 firmas de 10 personas) se emplearon para evaluar el funcionamiento del sistema propuesto. Los resultados de la simulación computacional mostraron que aproximadamente el 90 por ciento de las firmas se reconoce correctamente.

De los resultados antes mencionados también se desprende que los envoltentes superior e inferior de la firma son los factores más importantes para su reconocimiento.

**REFERENCIAS**

- [1] R. Bajaj and S. Chaudhury, "Signature Verification Using Multiple Neural Classifiers", Pattern Recognition, vol. 30, No. 1, Pag. 1-7, 1997.
- [2] F. Leclerc and R. Plamondon, "Automatic Signature Verification: The State of the Art 1989-1993", International Journal of Patter Recognition and Artificial Intelligence Vol. 8, No. 3 , Pag. 643-660, 1994.
- [3] M. Ammar, "Progress in Verification of Skillfully Simulated Handwritten Signature", International Journal of Patter Recognition and Artificial Intelligence, vol. 5, No. 1 & 2, pag. 337-351, 1991.

**Nota:**

El presente trabajo fue presentado en el 9º Congreso Internacional de Electrónica Comunicaciones y Computadoras en la UDLA Puebla. Páginas 234 a 238.

# ***WEBER: Un sistema para la Enseñanza Remota Vía el WEB***

*René Gutiérrez Morales,  
Dr. Hugo Cesar Coyote Estrada  
CIC-IPN  
reneg@hotmail.com,  
reneg@starmedia.com*

**L**as empresas tecnológicas poseen un ritmo de cambio muy acelerado, por lo cual el contar con un medio que permita la enseñanza de forma remota, sin presiones de tiempo o costo, resulta una necesidad imperiosa.

Las empresas continuamente requieren de personal con una formación determinada y con una base de conocimientos necesarios para incorporarse a un proyecto. Es difícil obtener un equipo de trabajo con el mismo nivel de conocimientos; por tanto, es necesario contar con un departamento de capacitación que tenga como objetivo garantizar que los equipos de trabajo posean un mismo dominio sobre el área requerida.

Sin embargo, las empresas no sólo requieren capacitar a su personal al incorporarlo, sino que dicha capacitación sea continua. En algunos casos se debe capacitar varias veces por año para mantener actualizado al personal.

Sin duda, la capacitación de personal en las empresas en general es una necesidad, y de manera inevitable refleja un alto costo. Se invierten tiempo y recursos, además de requerir instalaciones, equipo, medios y personal para tal fin.

Por otra parte, el drástico avance tecnológico que se tiene hoy en día, exige que los profesionistas se mantengan a la vanguardia, lo que implica mayor preparación. La falta de tiempo puede ser una restricción para lograrlo, así como también el costo y la distancia.

Por otro lado, la globalización está separando a los individuos de su sentido de pertenencia nacional, para incorporarlos a un universo económico, técnico y espiritual común a todos los hombres. Nuestro planeta se está convirtiendo rápidamente en un círculo cuyo centro no está en alguna parte, y su periferia se distribuye en todos lados. En este sentido, la Internet representa la aceptación más común de la globalización inmediata.

La demanda de educación en el mundo actual se incrementa día con día, lo que provoca que los recursos materiales y humanos sean insuficientes. Una gran cantidad de personas se queda sin la oportunidad de ingresar a una institución de educación, fenómeno que se agudiza en los niveles superiores. Se debe contar con planes y proyectos que permitan mejorar esta situación, y una alternativa es la educación mediante aulas virtuales y el autoestudio.

---

## *INTRODUCCIÓN*

---

El WEBER es un sistema que utiliza los lenguajes HTML, JavaScript y Java para construir y publicar páginas Web con información respecto a cursos, con la capacidad de difundirlos a medios no especializados en cómputo. Cuenta con elementos que permiten:

- Proponer y publicar cursos.
- Editar, almacenar y consultar resúmenes y ejercicios.
- Proponer ejercicios.
- Exponer comentarios.
- Contestar exámenes.
- Mantener contacto en todo momento con el resto de los usuarios por medio de mensajes.
- Mantener contacto con catedráticos y alumnos en foros de discusión o por correo electrónico..
- Tener información o contactos que se relacionen o que complemente el curso.

El WEBER cuenta con una página del administrador donde se realizan las operaciones respectivas sobre los cursos, usuarios e información del sistema.

El sistema presenta gran flexibilidad, de tal forma que el usuario no se encuentra un ambiente con restricciones; por el contrario, tendrá la libertad de consultar cualquier curso disponible en el sistema, en el mo-

mento que se quiera y con el ritmo de aprendizaje personal. Así mismo, podrá participar en las discusiones que tengan lugar en el sistema, comunicarse con el resto de los usuarios y agregarse a la comunidad de autoestudio del WEBER.

**DEFINICIÓN DEL WEBER**

Los sistemas de Enseñanza-Aprendizaje que existen en la actualidad son, por una parte, poco accesibles por su costo y sus numerosos requisitos, o bien son desarrollados para su uso por instituciones, considerando exclusivamente sus necesidades. La gran mayoría de estos sistemas tienen como finalidad el lucro por el servicio prestado.

El Sistema para la Enseñanza Remota vía el Web (WEBER), permite cursos en línea, con herramientas de autoestudio y administración. En el sistema se utiliza una metodología de trabajo que consiste en los siguientes puntos:

- Existen grupos de voluntarios que actúan como profesores de uno o más cursos.
- No hay un profesor específico responsable para algún curso.
- Eventualmente un miembro o varios de algún grupo de profesores dialogan (groupware, chat o similar) con él o los alumnos que en ese momento se encuentren dados de alta y activos. Este diálogo sirve para que los alumnos planteen dudas, preguntas y/o sugerencias, y se produzca una interacción con los profesores voluntarios.
- Los alumnos pueden enviar preguntas a través del correo electrónico al grupo de profesores o

compañeros del curso y, eventualmente, podrán recibir respuesta.

- No hay evaluación de los alumnos ni de los profesores, sin embargo el sistema WEBER si se evaluará.
- No existe tiempo límite para terminar un curso.
- Los alumnos o profesores podrán inscribirse en el momento que deseen; en cambio, nunca abandonan el curso, aunque en el momento en que terminen dejarán de participar activamente.
- Los alumnos podrán enriquecer el curso con observaciones, preguntas, soluciones a preguntas y/o resúmenes, que el sistema almacenará y pondrá a disposición del resto de los miembros del curso, permitiendo una retroalimentación entre los mismos participantes.
- Un miembro del curso verá en todo momento una lista con todos los demás miembros que actualmente están usando el sistema, y de esa manera WEBER permitirá que dialoguen entre sí; así mismo, también es posible que algún usuario inhiba su participación en el diálogo.

El material del curso debe estar organizado en forma de hipertexto para que el estudiante pueda tener acceso a las partes que le interesan. Asimismo, en todo momento, el estudiante puede trabajar en las distintas secciones que conforman el curso: material, ejemplos, resúmenes, problemas, preguntas planteadas por otros estudiantes, etc.

**ARQUITECTURA**

El sistema se compone de varias áreas, algunas de las cuales requieren interactuar entre sí para el funcionamiento del sistema. En la **figura 1** se muestran los elementos del WEBER, que son:

- **Usuarios.** Cualquier persona que se registre en el sistema y lo utilice; además, un usuario podrá ser tutor de algún curso o área. Otro usuario especial es el administrador del sistema.
- **Cursos.** Es el contenido del WEBER, retroalimentado por la comunidad del sistema, con comentarios y ejercicios propuestos.
- **Varios.** Permite una retroalimentación mayor al sistema de temas relacionados o de muy diversas

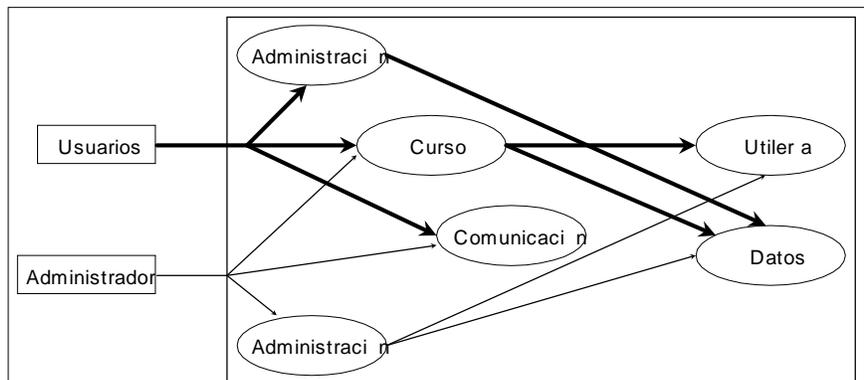


Figura 1. Elementos del sistema WEBER.

áreas. Los usuarios podrán por este medio transmitir conocimientos o información, creando una fuente ilimitada de datos.

- **Datos.** Base de datos con información de usuarios, correo, cursos, ejercicios y exámenes. También se tendrá una relación de fuentes de datos externas.
- **Administración.** El usuario podrá realizar algunas actualizaciones o modificaciones, sin embargo existirá un administrador con todos los privilegios sobre la información total del WEBER.
- **Comunicación.** Son los medios de comunicación entre usuarios.
- **Utilerías.** Parte del sistema que contempla proporcionar al usuario algunas herramientas, principalmente cuando no se cuenta con el mismo equipo de cómputo. Permite realizar resúmenes, comentarios y ejercicios propuestos, y almacenarlos de forma pública o privada. El correo es, sin duda, importante en la comunicación y el WEBER lo utiliza como parte del sistema. Los exámenes tienen como finalidad autoanalizar el avance y dar un resultado significativo sólo para el usuario.

**AMBIENTE WEBER**

Para el ingreso al sistema se solicita un nombre (*login*) y clave de acceso. El usuario ingresa a la interfase gráfica del WEBER, la cual consiste de los siguientes elementos:

1. **Contenido.** Es el área central, la cual cambia su contenido mostrando información de las opciones **CURSOS** y **ADMIN**, así como el contenido de los cursos.

2. **Índice.** Muestra el índice de los cursos en el área de la esquina superior izquierda.

3. **ChatWEBER.** Es un área visible durante toda la sesión cuya finalidad es mostrar, en todo momento:

- a. La lista de usuarios que se encuentran utilizando el sistema.
- b. Mensajes que permiten saber cuando un usuario ingresa o sale del WEBER.
- c. Mensajes dirigidos a todos los usuarios o bien, mandar y recibir mensajes personalizados haciendo referencia al login.

El ChatWEBER tiene como finalidad mantener en contacto a toda la comunidad del WEBER, y enterarla de los sucesos en el sistema. Mediante ésta herramienta un usuario puede saber cuando otro usuario ingresa (profesor o alumno), y contactarlo mediante mensajes.

Un usuario recibe mensajes personalizados, ya sea para consultas o información, durante toda su sesión en el WEBER, sin importar el curso o actividad; si prefiere puede deshabilitar esta característica y no recibirá mensajes durante el tiempo que él indique.

4. **Opciones.** Es un área con enlaces a los siguientes elementos:

- a. **Inicio.** Cuando se ingresa a un curso, el área de contenido y de índice se modifican para presentar la información correspondiente. La opción de inicio permite actualizar las áreas de índice y con-

tenido para mostrar la información de entrada al sistema.

- b. **Salón.** El ChatWeber permite la comunicación de los usuarios mediante mensajes, pero no es óptimo para conversaciones amplias, además de que el tráfico de información es mayor. La opción de salón permite tener en una ventana otro chat, el cual se conoce como SalonWeber. Al SalonWeber ingresan los usuarios que así lo quieran, de tal forma que el tráfico de participantes es menor que el del ChatWeber, y es utilizado con frecuencia para discutir de manera amplia algún contenido de cursos.

- c. **Cursos.** Es la opción más utilizada, porque permite consultar el listado y acceder a los cursos e información diversa disponibles en el WEBER (**figura 2**); también permite utilizar todas la herramientas del sistema, tales como resúmenes, comentarios, ejercicios, correo y exámenes.

El listado de los cursos es el resultado de una consulta a una base de datos (**figura 3**), la cual se puede actualizar periódicamente ya sea para agregar o bloquear algún curso.

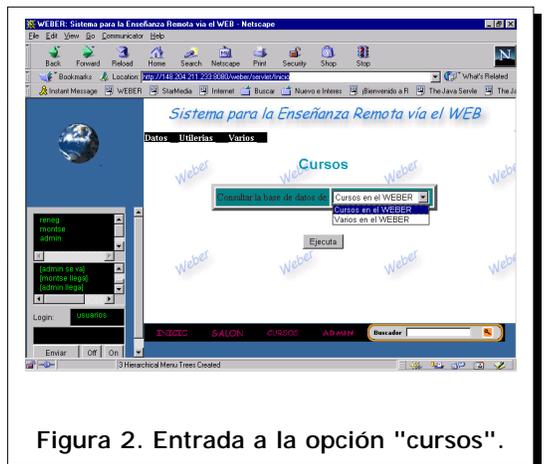


Figura 2. Entrada a la opción "cursos".

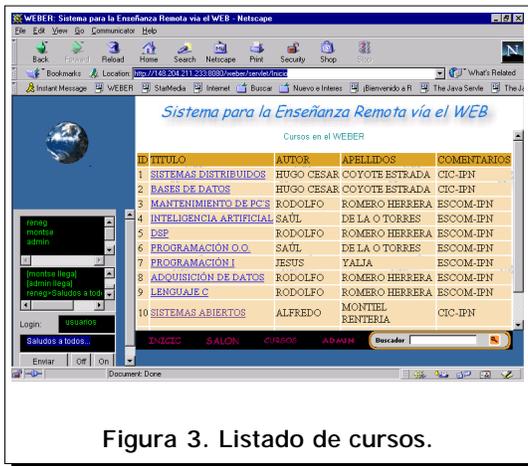


Figura 3. Listado de cursos.

Del listado de cursos se puede elegir alguno y se ingresa a su contenido (figura 4), teniendo siempre a la vista el ChatWeber para mantener la comunicación con el resto de usuarios, y el área de opciones para realizar alguna operación adicional en cualquier momento.

Mientras se consulta un curso se puede utilizar la interfase a un buscador, el cual abrirá una ventana del navegador con los resultados obtenidos.

Se puede acceder al SalonWeber y mantener una comunicación con algún asesor o cualquier usuario para discusión del tema sin abandonar el material del curso.

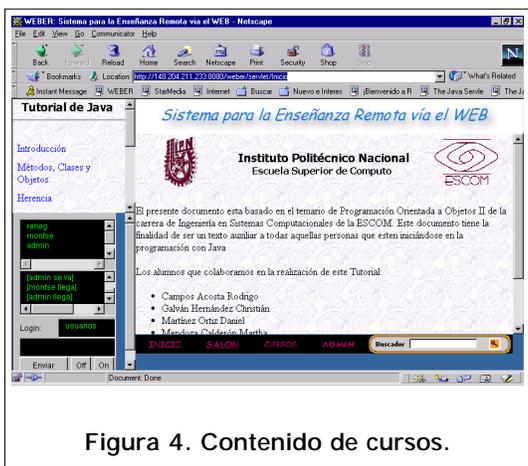


Figura 4. Contenido de cursos.

El usuario puede realizar un resumen del material del curso consultado y almacenarlo en el WEBER, con la opción de quedar como privado o dentro de resúmenes públicos. El material almacenado se deja disponible un tiempo determinado por los recursos de almacenamiento; el usuario tiene el privilegio de eliminar los resúmenes privados, mientras que el administrador puede eliminar cualquier tipo de resumen.

### CONCLUSIONES

El Sistema para la Enseñanza Remota vía el Web pretende crear una comunidad de autoestudio que pueda ser utilizada en diferentes casos:

- **Institución educativa.** Como herramienta para ayudar en la enseñanza. Cada vez son más los profesores que se apoyan en el servicio de Internet para realizar actividades de docencia, tales como publicar información de sus cursos o comunicarse electrónicamente con sus alumnos para asesorías o tareas. También cada día aumenta el número de alumnos que tienen acceso a Internet desde la escuela u hogar, teniendo la facilidad de acceso a información electrónica.

- **Empresa en general.** Como medio para la capacitación o actualización de personal. Sin duda el avance tecnológico obliga a que no solo los académicos se actualicen constantemente, sino también las personas de cualquier medio social. Las empresas invierten sumas importantes y tiempo para la capacitación de personal, lo cual se manifiesta aún más cuando el personal carece de conocimientos básicos. Por otra parte, los empleados se enfrentan a un gran problema cuando tienen la necesidad de capacitarse sin descuidar su trabajo, y además adaptarse a un ritmo de capacitación que muchas veces le resulta difícil por su preparación o formación.

- **Independiente.** Como un sitio en Internet consultado por usuarios de la red, con el potencial de ser retroalimentado con infinidad de temas.

Para los casos anteriores, el WEBER ofrece una metodología sencilla, la cual contempla que el usuario del sistema pueda accederlo en cualquier momento y sin límite. El sistema debe ser sencillo, diseñado para personas que no cuentan con un alto grado de conocimiento en cómputo, pero eficiente.

# Sistema x-y-z para Perforación Automática de Circuitos Impresos

Ing. Agustín Cruz Contreras.  
M. en C. J. Carlos González Robles  
Profesores del CIDETEC-IPN

**E**n el presente artículo se describe el desarrollo y control de una mesa micrométrica tipo x-y-z, aplicada a la perforación automática de circuitos impresos (PCB). El sistema toma los diámetros y coordenadas de perforación del circuito a partir del archivo generado por el software de diseño del circuito impreso (ORCAD en este caso).

## 1. INTRODUCCIÓN

Cualquier método de fabricación de circuitos impresos requiere de perforación; en la perforación automática se usan equipos conocidos comercialmente como CNC (Control Numérico por Computadora), los cuales tienen un costo elevado.

El sistema que aquí se describe tiene un costo reducido y perfora automáticamente con una precisión de 0.02mm (0.0007874 pulg.). El cambio de herramienta se realiza en forma manual, en una operación en la que el mismo sistema se detiene e indica al operario la necesidad de dicho cambio.

## 2. DESARROLLO

### 2.1 MESA X-Y-Z

Para la realización de este trabajo se adquirieron husillos y guías embaladas de alta precisión (figuras 1 y 2).



Figura 1. Husillo embalado BNT.

El husillo empleado es de tipo BNT 1808C con un avance de 8mm, la guía es del tipo SC 20 con soportes SK 20, y barras de 20mm de diáme-

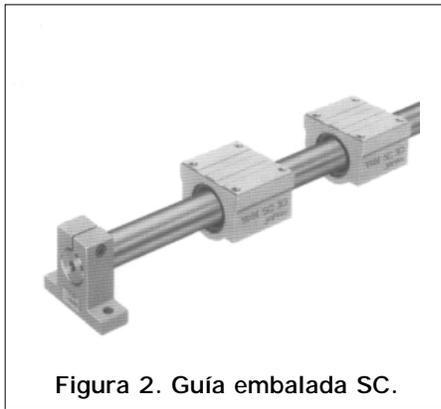


Figura 2. Guía embalada SC.

tro, con longitudes de 70cm para el eje "x", 60cm para el eje "y" y 30cm para el eje "z".

Para el montaje de las guías y husillos se usa una mesa prototipo (figura 3), sobre la que primero se coloca el mecanismo del eje "x", y sobre éste el del eje "y", en el cual se apoya el material a perforar. Empleando un soporte transversal se monta el mecanismo para el eje "z"; en éste se instala un taladro tipo *moto-tool* con la herramienta de corte adecuada.

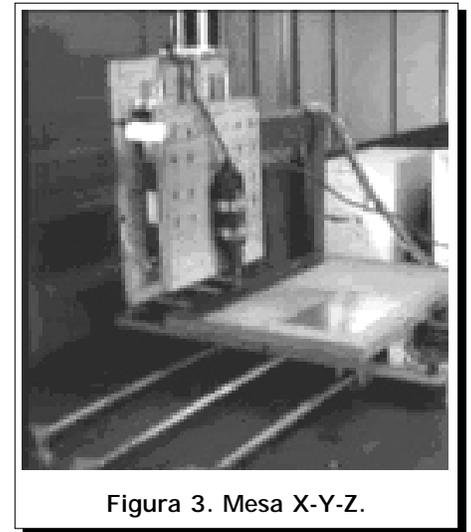


Figura 3. Mesa X-Y-Z.

En la mesa se instalaron sensores ópticos para fijar el sistema en un origen o posición de inicio; estos sensores se conocen como fotointerruptores (figura 4). En la figura 5 se muestra el diagrama de conexión interna del fotointerruptor, el cual requiere alimentación (VCC y GND) y

entrega en su salida (Vo) niveles TTL, con valores de uno lógico si la luz está presente y cero lógico cuando está ausente. La señal de salida de los tres sensores se lee por las líneas de entrada de protocolo del puerto paralelo (DIR=379h, Pines=12, 13 y 15).

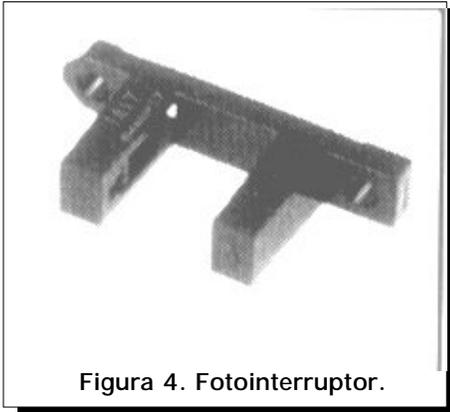


Figura 4. Fotointerruptor.

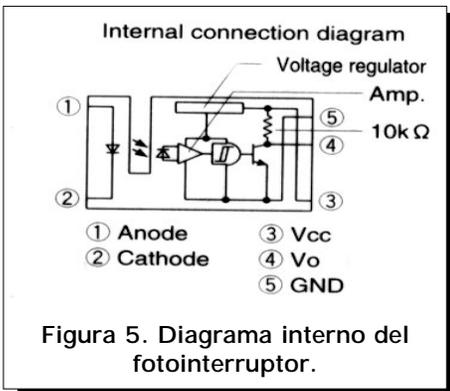


Figura 5. Diagrama interno del fotointerruptor.

## 2.2 MOTORES

Los motores son bipolares a pasos, con paso de 1.8 grados, 12 V de alimentación y un consumo de 1 A por fase (figura 6). En el caso de los motores bipolares es posible operarlos a medio paso; esto se traduce en giros de 0.9 grados por paso, y con 400 pasos se logra una revolución ( $400 \times 0.9 = 360$ ). Si el paso del husillo es de 8mm, en cada paso del motor se tiene un avance en dicho husillo de 0.02mm ( $8/400 = 0.02\text{mm}$ ), siendo este el avance mínimo disponible en el sistema ( $0.02\text{mm} = 0.0007874$  pulg).

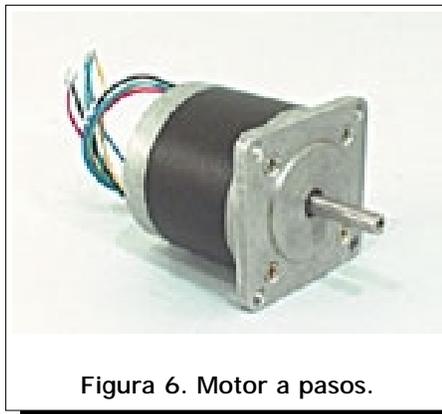


Figura 6. Motor a pasos.

## 2.3 DRIVERS

Con el L297 y el L298 se implementó el driver para cada motor; el L297 se encarga de la parte de control, siendo compatible con niveles TTL. Este dispositivo permite controlar el sentido de rotación, el avance a medio paso o paso completo y la habilitación del motor. Por su parte, el L298 es un puente "H" doble, que soporta 46V a 4 A. El diagrama eléctrico se muestra en la figura 7.

El driver recibe cuatro señales por el conector JP2: pulso, dirección,

paso (medio o completo) y habilitación, mientras que en el conector JP1 están los voltajes de alimentación y conexiones para el motor.

## 2.4 CONTROL

La sección de control se implementa con una computadora personal (PC), utilizando su puerto paralelo para enviar señales al driver de cada motor y leer el estado de los fotointerruptores.

El driver "x" se conecta de las terminales (pines) 2 a 5, el driver "y" de 6 a 9 y "z" en las conexiones 1, 14, 16 y 17. Por su parte, los fotointerruptores "x", "y" y "z" van a las líneas 15, 13 y 12, respectivamente.

### DETALLE DE LAS SEÑALES EN EL PUERTO PARALELO:

Dirección 378H Salida de datos:

- Pin2=BIT0 al Pin9=BIT7

Dirección 379H Entrada señales de protocolo

- BIT 3 PIN=15 FAULT Activo alto
- BIT 4 PIN=13 SELECT Activo alto

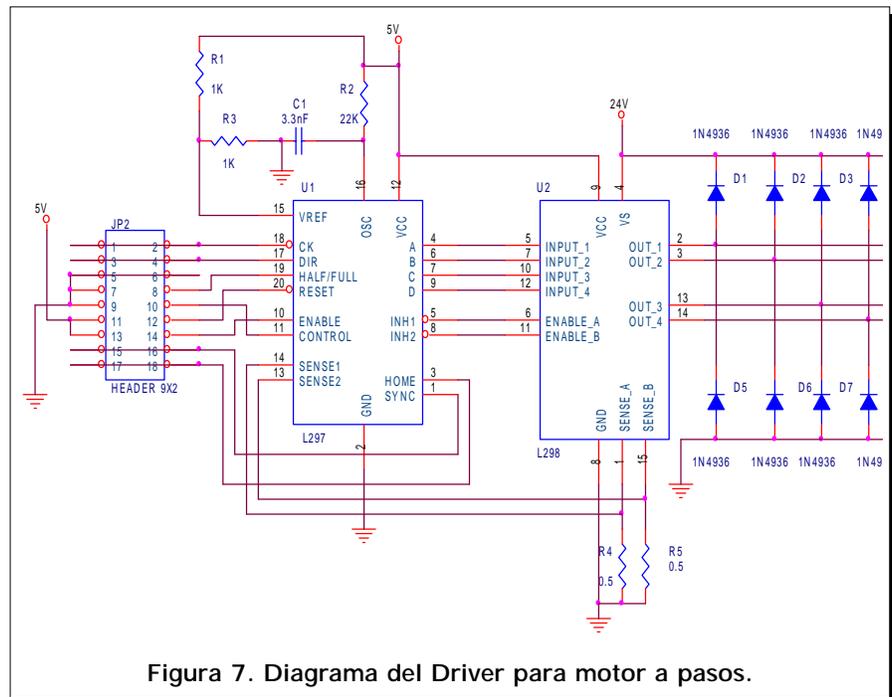


Figura 7. Diagrama del Driver para motor a pasos.

- BIT 5 PIN=12 PAPER END Activo alto
- BIT 6 PIN=10 ACKNOWLEDGE Activo alto
- BIT 7 PIN=11 BUSy Activo bajo

Dirección 37AH Salida señales de protocolo.

- BIT 0 PIN=1 STROBE Activo bajo
- BIT 1 PIN=14 AUTO FEED Activo bajo
- BIT 2 PIN=16 INIT. PRINTER Activo alto
- BIT 3 PIN=17 SEL.IN. Activo alto

La fuente de poder de la PC tiene una potencia mínima de 200 W y puede entregar en su salida de 12 V hasta 10 A, razón por la cual se utilizó dicha fuente para alimentar también a los motores; estos consumen un máximo de 1.2 A cada uno cuando están frenados.

**REQUERIMIENTOS PARA LA PC:**

- Procesador 8086 o superior.
- 1 MB de memoria.
- Sistema operativo MS-DOS.
- Monitor monocromático.
- Unidad de disco flexible de 3.5".
- Fuente de poder de 200 W o más.
- Puerto paralelo.

**2.5 SOFTWARE.**

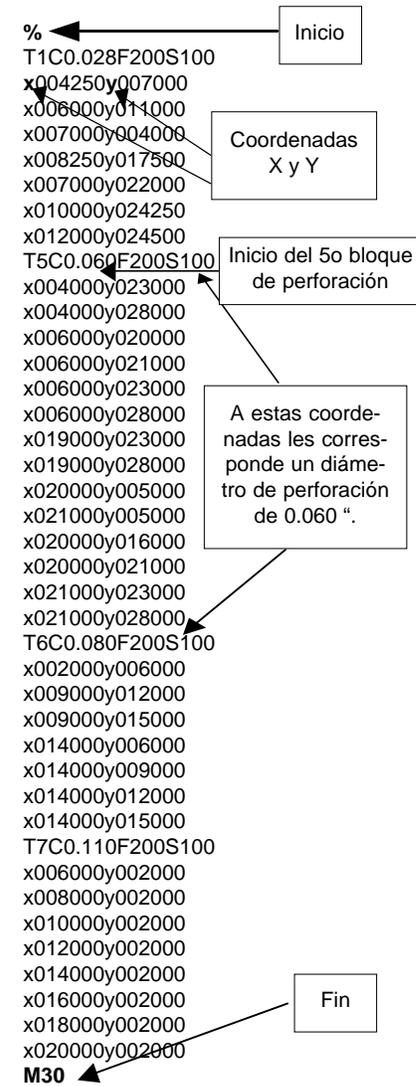
El programa para esta aplicación está escrito en lenguaje C++ para MS-DOS, y se divide en los siguientes bloques funcionales:

**A) INTERPRETACIÓN DEL ARCHIVO DE DIÁMETROS Y COORDENADAS:**

Lee el archivo de las perforaciones generado por el software de diseño del PCB (ORCAD-PCB) y convierte la información de cada coordenada a valores enteros.

El listado siguiente muestra un segmento de archivo de coordenadas generado por ORCAD. En este se observa que los campos precedidos por "x" y "y" corresponden al valor de la coordenada en milésimas de pulgada, el carácter "%" marca el inicio del

programa, M30 es código de máquina que marca el final, y los campos precedidos por "T" indican el diámetro de perforación para el siguiente bloque de coordenadas.



El siguiente bloque de programa muestra la forma de obtener el valor entero para la coordenada "x", a partir de la cadena correspondiente.

```

if(letra=='x'){
  for(i=0;letra!='y';i++){
    letra=getc(in);
    // putchar(letra);
    dato[i]=letra;
  }
  dato[i]='\0';
  nx=atoi(dato)/10;
}
x018000y002000
    
```

**B) MOVIMIENTO DE MOTORES:**

Recibe el valor entero de las coordenadas "x" y "y"; calcula los pasos necesarios y el sentido de estos para alcanzar la posición siguiente, considerando la posición actual y el factor de equivalencia 1 paso=0.02mm; mueve los motores "x" y "y" a la posición siguiente y genera un movimiento de ascenso y descenso en el eje "z" para la perforación. El código correspondiente se muestra a continuación:

```

pasosx=nx*factor;
difx=pasosx-aux;
aux=aux+(int)difx;
    
```

Se determina el número de pasos.

```

if((int)difx>0)
{
  outportb(p_para,hx+hy+izx+mpx);
  for(i=0;i<(int)difx;i++)
  {
    outportb(p_para,hx+hy+izx+px+mpx);
    delay(t1);
    utportb(p_para,hx+hy+izx+mpx);
    delay(t2);
  }
}
    
```

Desplazamiento positivo

```

if((int)difx<0)
{
  outportb(p_para,hx+hy+mpx);
  for(i=0;i<abs(int)(difx);i++)
  {
    outportb(p_para,hx+hy+px+mpx);
    delay(t1);
    outportb(p_para,hx+hy+mpx);
    delay(t2);
  }
}
    
```

Desplazamiento negativo

**C) INICIALIZACIÓN:**

Desplaza los tres ejes a la posición de inicio; ésta se determina leyendo el estado de los fotointerruptores en cada paso que dé el motor, hasta que se presente el cambio en la señal del fotointerruptor, esto se muestra en el siguiente código.

```
do{
  outportb(p_para,hx+hy+px);
  delay(t1);
  outportb(p_para,hx+hy);
  delay(t2);
```

Avanza un paso

```
entra=inportb(p_para1);
entra=entra & 0x40;
```

Se lee puerto y se verifica la posición del sensor

```
}while(entra!=0&&!kbhit());
```

#### D) CORTE DE MATERIAL:

Se posiciona en el origen, con las dimensiones recibidas recorre el contorno del circuito impreso, efectuando el corte.

### 3. CONCLUSIONES

El prototipo realizado muestra la economía y sencillez con la que se puede implementar un equipo para perforación automática de circuitos impresos, para fines de producción en serie se puede aumentar las dimensiones de la mesa para la perforación simultánea de varios impresos, así como la automatización del cambio de herramienta.

La precisión alcanzada, puede permitir llevar este trabajo a un sistema robotizado para la fabricación de prototipos por desbaste de material

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] SGS-THOMSON Microelectronics, Data sheets L297 y L298.
- [2] Sharp Corporation, Data sheets GP1A17

# Programación de un Control Difuso (Fuzzy) para una Columna de Destilación

M. en C. Armando Morales S.  
Instituto Mexicano del Petróleo  
Email: amorales@imp.mx  
M. en C. Romeo Urbieta Parrazales, Ing.  
Luis Ernesto Corona Franco  
CIC-IPN  
Email: rurbieta@cic.ipn.mx  
corluis@hotmail.com

**E**n este artículo se describe el diseño de un Sistema de Control para una columna de destilación que emplea el Método ASTM D-1160; dicho equipo se encuentra en el área de Plantas Piloto del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). El diseño consta de tres unidades: la unidad de adquisición de datos y control, la unidad de proceso (columna de destilación) y la unidad de cómputo (computadora personal, PC). En dicha PC se realizó un programa escrito en Visual Basic, empleando técnicas de "Control Difuso" (Fuzzy), para controlar la presión de vacío. También se detalla el diseño de la unidad de adquisición de datos y control, la cual se implementó con tres microcontroladores de la serie PIC16F8XX, de Microchip.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los microcontroladores son dispositivos electrónicos utilizados para controlar uno o varios procesos, conteniendo en forma interna todos los elementos necesarios para dicha función. En general, estos elementos son:

- Memoria no volátil, para almacenar el programa de control, y que puede ser tipo EPROM, EEPROM, FLASH-EEPROM, etc..
- Memoria de tipo volátil (RAM) para realizar cálculos y operaciones entre los registros internos (W y F) del microcontrolador y su unidad de lógica-aritmética (ALU).
- Puertos de entrada salida (E/S), convertidores analógico digital (ADC), temporizadores, etc.

Estos dispositivos se pueden utilizar en una gran cantidad de procesos industriales, de medición, telecomunicaciones, etc., pudiendo programarse varias veces hasta optimizar el funcionamiento del equipo ó sistema a controlar.

## 2. HARDWARE

### DISEÑO DE LA UNIDAD DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL DIGITAL

Para el diseño de esta unidad se utilizaron dos microcontroladores PIC16F873, que cuentan con 28 terminales, e incluyen un convertidor analógico digital de 10 bits. También

se empleó un PIC16F84, el cual no tiene este recurso y tiene un menor número de terminales (18).

Para la transmisión de la información se utilizó un PIC16F873, el cual recibe tres señales provenientes de la columna de destilación, que se muestran en la **figura 1**, y son:

- T1 - Temperatura de Domo de columna (°C).
- T2 - Temperatura de fondo de columna (°C).
- P1 - Presión de vacío (mmHg).

Estas señales son digitalizadas por el convertidor analógico digital, y se transmiten hacia el puerto serial de la computadora en formato RS-232.

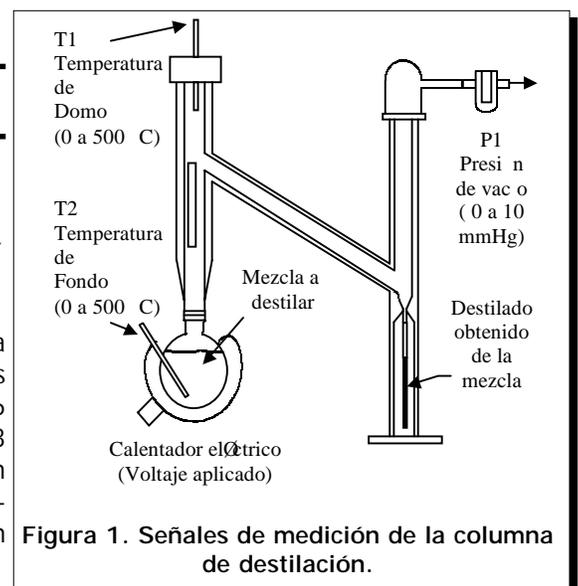
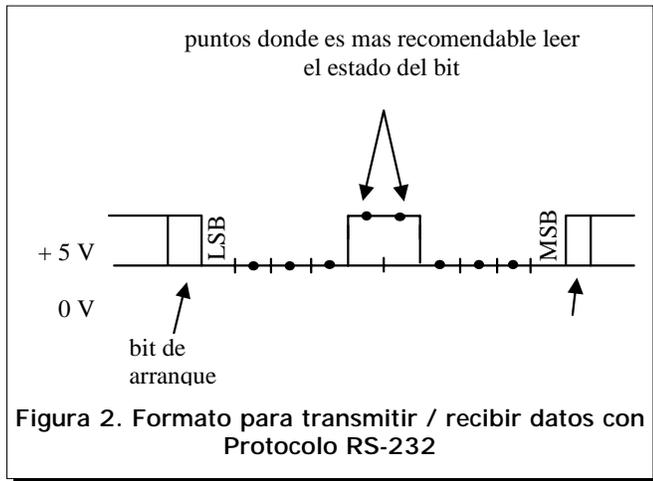


Figura 1. Señales de medición de la columna de destilación.



En la **figura 2** se muestra el formato de transmisión - recepción RS-232.

**PROTOCOLO RS-232**

Otro microcontrolador PIC16F873 se encarga de recibir la señal proveniente de la PC, también en formato RS-232, y la decodifica para enviarla hacia los tres puertos que tiene este dispositivo (A, B, C). El puerto B se utiliza para generar un voltaje de 0 a 24 volts, con el cual se maneja una válvula de control de tipo electromagnética. El puerto C sirve para mandar información hacia el

tercer microcontrolador, el PIC 16F84, utilizado para controlar la potencia de un calentador eléctrico. La **figura 3** muestra un diagrama a bloques de este sistema.

**3. SOFTWARE**

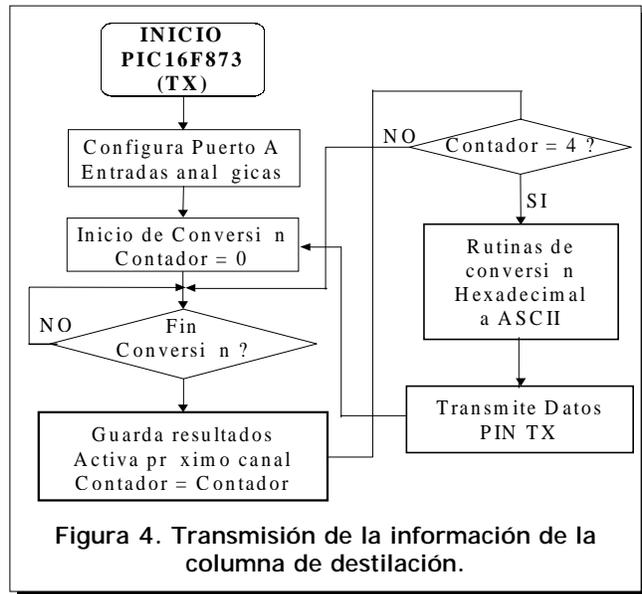
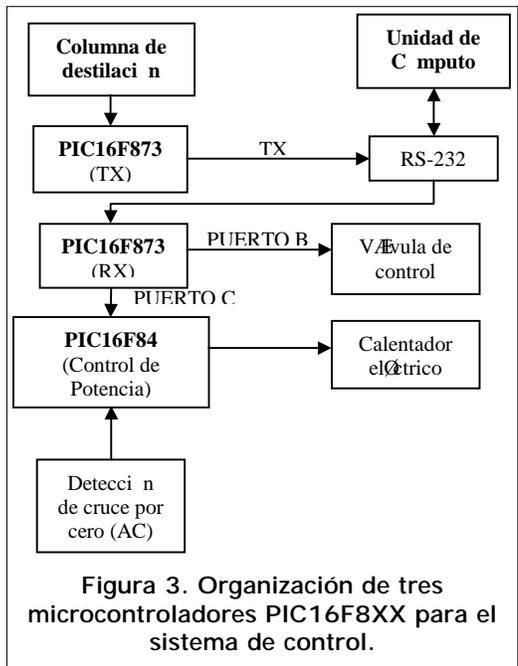
**DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS RUTINAS EMPLEADAS PARA CADA MICROCONTROLADOR**

**- RECEPCIÓN DE DATOS**

En la **figura 4** se muestra el diagrama de flujo para transmitir la información proveniente de la columna de destilación, aplicando un microcontrolador PIC16F873 .

Los bloques lógicos se explican brevemente a continuación:

Se configura al puerto A del microcontrolador como entradas analógicas así como al convertidor analógico-digital (ADC).



Se selecciona el canal 0 del convertidor para iniciar el proceso de conversión y se inicia la variable Contador como 0, para el control de los canales del convertidor.

Se inicia el proceso de conversión y se espera a que la bandera de fin de conversión se active; al finalizar este proceso se guardan los registros de conversión.

Se incrementa el contador en uno y se activa el siguiente canal del convertidor, repitiendo esta secuencia hasta que todas las variables hayan sido consideradas.

Una vez terminado el proceso de conversión se procede a convertir la información de forma hexadecimal a ASCII, que es como se transmiten y reciben datos por el puerto serial RS-232; la conversión consiste en sumar 30<sub>H</sub> al dígito hexadecimal si su valor está entre 0 y 9, o sumarle 37<sub>H</sub> si está entre A y F.

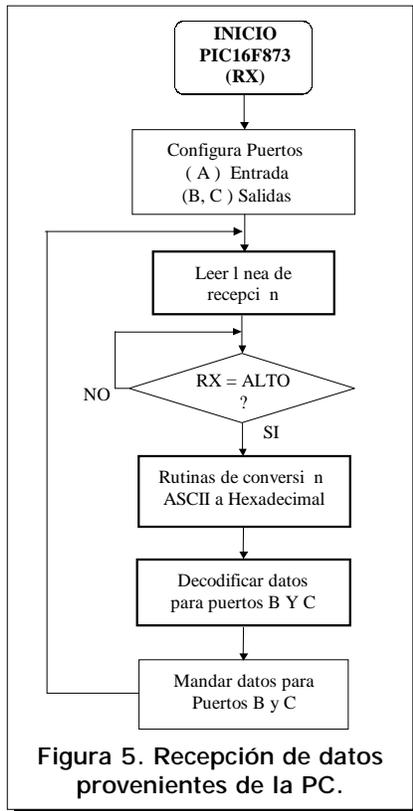


Figura 5. Recepción de datos provenientes de la PC.

- RECEPCIÓN DE DATOS PROVENIENTES DE LA PC

En la figura 5 se muestra el diagrama de flujo para la recepción de datos utilizando otro microcontrolador PIC16F873. Los bloques lógicos se explican brevemente a continuación:

Se configuran los puertos del microcontrolador para manejar al puerto A como entrada y los puertos B y C como salidas. Una terminal del puerto A se usa para leer los datos de la PC.

Se lee el estado de la terminal de recepción (RX), si no hay cambio continúa en esta etapa, si el nivel es alto entonces inicia el proceso de lectura de la información.

Se convierte la información de ASCII a hexadecimal, con una rutina similar a la explicada anteriormente. Dicha información, una vez

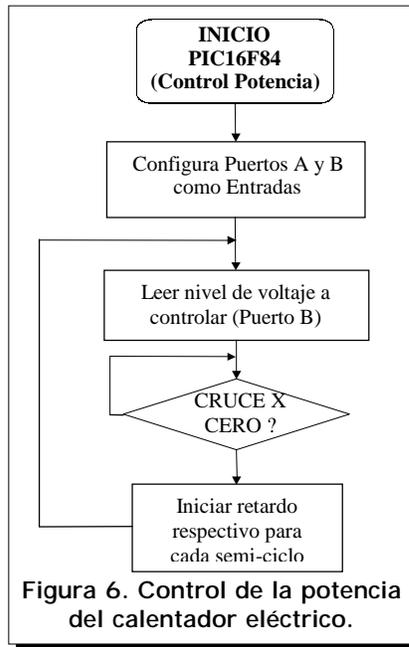


Figura 6. Control de la potencia del calentador eléctrico.

convertida y decodificada, se envía al puerto correspondiente del microcontrolador.

El puerto B se utiliza para manejar la válvula de control, con una salida de 0 a 24 Vcd; el puerto C envía esta información hacia el tercer microcontrolador, para controlar la potencia eléctrica.

- CONTROL DE LA POTENCIA DEL CALENTADOR ELÉCTRICO

Para el control de la potencia eléctrica se utiliza finalmente el microcontrolador PIC16F84; en la figura 6 se muestra el diagrama de flujo correspondiente. A continuación se incluye una breve explicación del mismo:

Se configuran los puertos, asignando ambos (A y B) como entradas. Una terminal del puerto A se encarga de detectar los cruces por cero de la fuente de alimentación de ca, y otra envía una señal hacia la compuerta (gate) de un TRIAC, para controlar el ángulo de disparo y por tanto la potencia aplicada al calentador eléctrico.

El microcontrolador genera los retardos necesarios para cada nivel de potencia a controlar (0 a 100 %), los cuales se leen previamente por el puerto B, cuya información proviene del puerto C del microcontrolador PIC16F873 (etapa de recepción).

Para grabar y depurar las rutinas empleadas en cada microcontrolador se utilizó el sistema PIC STAR PLUS, el cual consta de un programador y un editor para ambiente Windows.

| Hora  | Destilado |        | Temperatura |     |       | Presión | %    |
|-------|-----------|--------|-------------|-----|-------|---------|------|
|       | H:M:S     | %Vol   | ml          | T1  | T2    | AET     | mmHg |
| 05:46 | 0         | 1er. G | 149         | 264 | 346   | 1.00    | 65   |
| 05:50 | 5         | 10     | 220         | 274 | 435   | 1.00    | 70   |
| 05:53 | 10        | 20     | 229         | 285 | 446   | 1.00    | 80   |
| 05:58 | 20        | 40     | 241         | 317 | 460.1 | 1.00    | 85   |
| 06:06 | 30        | 60     | 287         | 368 | 514.8 | 1.00    | 90   |
| 06:11 | 40        | 78     | 302         | 400 | 508.4 | 2.40    | 95   |

Nombre de la muestra: 211 Bal 223  
 Equipo: D-1160 Manual  
 Peso específico: 1.0131gr/ml  
 Carga = (200 ml) (1.0131 gr/ml)  
 = 202.62 gr.

error = (Set-point-lectura)  
 error mínimo = 1.0 - 1.0 = 0  
 error máximo = 1.0 - 2.4 = -1.4  
 desviación ó  
 error máximo a 2.4 mmHg = -1.4

Tabla 1. Resultados obtenidos de la destilación en forma manual ASTM D-1160.

| Hora  | Destilado |      | Temperatura |     |        | Presión | %    |
|-------|-----------|------|-------------|-----|--------|---------|------|
|       | H:M:S     | %Vol | ml          | T1  | T2     | AET     | mmHg |
| 10:20 | 0         | 0    | 110         | 244 | 295.6  | 0.99    | 70   |
| 10:24 | 10        | 5    | 168         | 249 | 371.6  | 0.95    | 75   |
| 10:28 | 20        | 10   | 194         | 258 | 402.61 | 0.97    | 75   |
| 10:30 | 20        | 10   | 199         | 264 | 409.36 | 0.98    | 80   |
| 10:34 | 28        | 14   | 214         | 275 | 426.7  | 1.03    | 80   |
| 10:38 | 40        | 20   | 225         | 289 | 441.2  | 0.98    | 85   |
| 10:40 | 60        | 30   | 230         | 314 | 447.6  | 0.98    | 85   |
| 10:44 | 70        | 35   | 238         | 323 | 457.6  | 0.95    | 90   |
| 10:48 | 75        | 37.5 | 246         | 331 | 466.75 | 0.97    | 90   |
| 10:50 | 80        | 40   | 252         | 345 | 474.7  | 0.96    | 95   |
| 10:54 | 80        | 40   | 256         | 347 | 478.49 | 0.98    | 95   |
| 10:58 | 80        | 40   | 265         | 353 | 488.97 | 0.99    | 99   |
| 11:00 | 80        | 40   | 273         | 369 | 496.23 | 1.08    | 99   |
| 11:04 | 84        | 42   | 275         | 375 | 496.52 | 1.17    | 100  |
| 11:08 | 90        | 45   | 277         | 395 | 500.24 | 1.11    | 100  |
| 11:08 | 94        | 47   | 280         | 400 | 504.01 | 1.10    | 100  |

Nombre de la muestra: II-12 Balance Patín J  
 Equipo: Sistema de Control D-1160  
 Peso específico: 1.0080 gr/ml  
 Carga = (200 ml) (1.0080 gr/ml)

error = (Set-point-lectura)  
 error mínimo = 1.0 - 0.95 = 0.05  
 error máximo = 1.0 - 1.17 = -0.17  
 desviación ó  
 error máximo a 2.4 mmHg = -1.4

Tabla 2. Resultados obtenidos de la destilación con el sistema de control digital

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez finalizado el diseño del hardware y software del sistema de control, se realizaron varias pruebas de funcionamiento, y se compararon los resultados obtenidos con los del proceso manual ASTM D-1160; estos últimos se muestran en la **Tabla 1**, mientras que los resultados obtenidos con el sistema propuesto se muestran en la **Tabla 2**.

De forma semejante, en la **figura 7** se encuentran las curvas de destilación correspondientes a ambos métodos.

CONCLUSIONES

Al terminar las pruebas y comprobar el funcionamiento del equipo se llegó a las siguientes conclusiones:

- a) El uso de dispositivos multifuncionales (microcontroladores) simplifica el diseño de hardware al reunir en un solo circuito diversos dispositivos periféricos, tales como

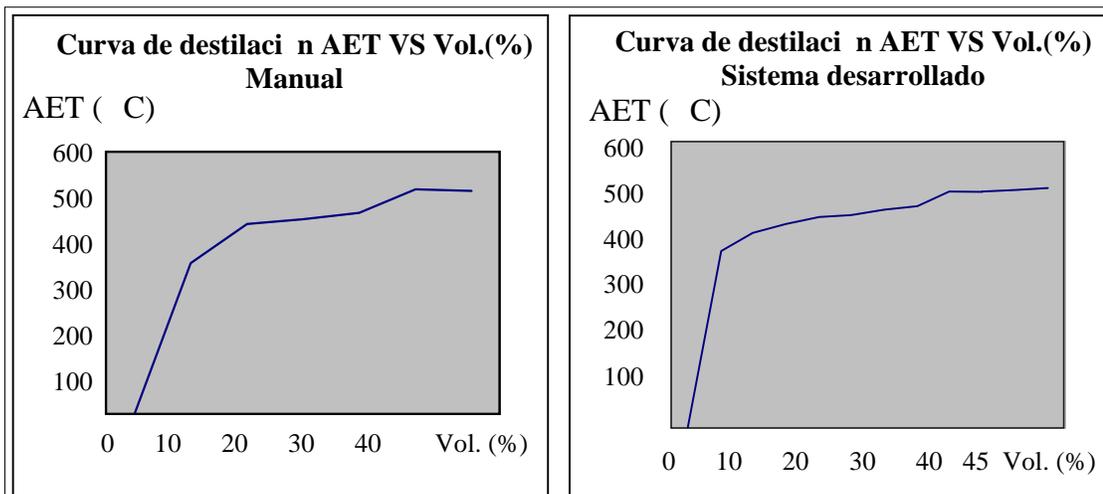


Figura 7. Curvas de destilación obtenidas con el Sistema Manual y con el Sistema de Control Digital propuesto.

convertidores analógico-digital (ADC) de 10 bits, puertos de comunicación, etc.

- b) Al contar con memoria no volátil de tipo FLASH-EEPROM, los ADC del microcontrolador permiten la depuración y pruebas de forma rápida y económica.
- c) La utilización de tecnologías digitales, la programación estructurada (Visual Basic), y las herramientas como el control difuso, permiten resolver problemas de control en tiempo real, de manera simple y económica.
- d) Finalmente, los resultados obtenidos son satisfactorios, por lo que el sistema cumple con los requerimientos para el control de este tipo de procesos industriales (destilación).

---

REFERENCIAS

---

- [1] Molina Maria Salud. *"Implementación de una columna de destilación para la valoración de aceites crudos de acuerdo al Método ASTM D-2892"*, IPN-ESIQUE.
- [2] *"Method ASTM D-1160-99"*, American Society for Testing and Materials. 1999.
- [3] Morales Sánchez Armando. *"Diseño y Construcción de un Controlador Difuso de temperatura para el reactor de una planta piloto de Hidrotratamiento"*, IPN-CIC 2000.
- [4] Romeo Urbietta Parrazales. *"Implementación de un Control Neuro-Fuzzy aplicado a un motor de C.D. de 1/8 H.P."*, Polibits, Año VII, Vol. I No. 16.
- [5] Partida Tapia Miguel Ángel. *"La lógica difusa como medio de Control Optimizado en sistemas de disco compacto"*, Polibits, Año VII, Vol. I. No. 16.
- [6] Partida Tapia Miguel Ángel. *"Comparación de los sistemas convencionales de control y los sistemas difusos"*, Polibits, Año VII, Vol. I. No. 16.
- [7] Ana Celia Campos y Elsa Rubio. *"Apuntes de Control Inteligente"*, CIC IPN. Enero-junio 1999.
- [8] Romeo Urbietta P., Morales Sánchez A. *"Implementación de Control Inteligente usando un Microcontrolador Fuzzy"*. Informe Técnico serie roja No. 59 CIC IPN. Julio 1999.
- [9] Francisco Javier Cevallos. *"Enciclopedia de Visual Basic 6.0"*, Ed. Alfa-omega 2000.
- [10] Cuenca Martín Eugenio & Angulo Usategui José Ma. *"Microcontroladores PIC. La solución en un chip"*, Ed. Paraninfo.
- [11] [www.Microchip.com](http://www.Microchip.com) Microcontroller data sheets 2001.

