

## SISTEMA PARA EL ANÁLISIS DE TRANSDUCTORES Y CONTROL DE LA TEMPERATURA BASADO EN UN PC.

I. J. OLEAGORDIA<sup>1</sup>, J. A. CORTAJARENA<sup>2</sup>, JOSÉ J. SAN MARTÍN<sup>3</sup>, JOSÉ I. SAN MARTÍN<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones. E.U.I.T.I. de Bilbao. Universidad del País Vasco. Pza. de la Casilla, 3. 48012 BILBAO (Vizcaya) España. Tfno. 94 - 601 43 04 - Fax 94-444.16.25. E-Mail: jtpolagi@lg.ehu.es.

<sup>2</sup>Dpto. de Electrónica y Telecomunicaciones. E.U.I.T.I. de Eibar. Universidad del País Vasco. Pza. de la Casilla, 3. 48012 BILBAO (Vizcaya) España. Tfno. 943 - 601 30 41 - Fax 943-033110. E-Mail: jtpkoetj@sb.ehu.es.

<sup>3</sup>Dpto. de Ingeniería Eléctrica. E.U.I.T.I. de Eibar. Universidad del País Vasco. Avda Otaola, 29. 20600 EIBAR (Guipuzcoa) España. Tfno. 94-6013065 - Fax 943-033110. E-mail: iepasadij@sb.ehu.es.

<sup>4</sup>Dpto. de Ingeniería Eléctrica E.U.I.T.I. de Eibar. Universidad del País Vasco. Avda Otaola, 29. 20600 EIBAR (Guipuzcoa) España. Tfno. 94-6013064 - Fax 943-033110. E-mail: iepsmidij@sb.ehu.es

*El presente trabajo integra, en una aplicación informática soportada en un PC, diversas utilidades orientadas a determinar los aspectos operativos más significativos de los transductores de temperatura más comúnmente empleados en el ámbito industrial. El programa que controla la operatividad del sistema consta de los siguientes apartados: Patrón, Calibración, Simulación, Termometría, Control, y un menú de Ayuda implementado como hipertexto. El software utilizado para la creación del programa informático es el Microsoft Visual C++, y para la adquisición de datos se ha utilizado la tarjeta de adquisición (PCL-812PG). Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación UPV 147363-TAO/9/99 subvencionado por la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea.*

### 1. Introducción

De una forma generalista el objetivo de este trabajo es la investigación desarrollo e implementación de un sistema basado en un PC en el entorno windows el cual, mediante la acción conjunta de hardware y software, permita analizar de una forma cuantitativa la operatividad de distintos transductores de temperatura y así proporcionar datos objetivos sobre el tipo de transductor y hardware más adecuado a emplear para una aplicación concreta. Dentro del sistema es posible efectuar el estudio real y estadístico de cualquier tipo de transductor de temperatura, con su circuito de interface asociado, tanto los utilizados en ambientes industriales como en laboratorios de investigación. Así mismo, mediante la correspondiente tarjeta de adquisición de datos, existe la posibilidad de efectuar un análisis diferencial mediante mediciones comparando las características de diferentes componentes y circuitos de medida de temperatura que a su vez podrán ser almacenados en ficheros para su posterior análisis.

### 2. Características generales

Dentro del sistema es posible crear una serie de herramientas, mediante programas informáticos específicos, capaces de facilitar la correcta y fiable utilización de los transductores de temperatura más comúnmente utilizados como son termopares, PT1009, NTC, AD590, y LM35 entre otros.

El sistema ofrece las siguientes posibilidades:

**Crear o elegir los patrones** necesarios para la posterior calibración de los transductores a emplear.

**Calibración automática** de los transductores tomando como referencia los patrones anteriormente mencionados.

**Visualización gráfica** de la curva característica de un transductor y de su aproximación matemática necesaria para posteriores aplicaciones. En este apartado se podrán observar los errores cometidos al aproximar los datos procedentes de la calibración a un modelo matemático.

**La adquisición** de muestras de temperatura hasta de 16 lugares distintos así como efectuar sus respectivas representaciones gráficas y almacenarlas en una base de datos. Esta operatividad reviste especial importancia para analizar la dispersión de temperatura en un mismo punto mediante distintos transductores, o bien empleando otros similares con la misma o distinta interface electrónica.

**Control y regulación de la temperatura** de un proceso a determinar por el usuario del programa. En este apartado es de destacar la posibilidad de realizar dicho control mediante un proceso adaptativo que automáticamente modifica los parámetros del regulador en función de la evolución del proceso, provocando una mejor flexibilidad a la hora de adaptar el regulador a las diferentes situaciones que pueda presentar el sistema. Las utilidades desarrolladas son aplicables a un horno eléctrico de 2KW de potencia en el cual se instalan los transductores junto con sus circuitos acondicionadores respectivos. Aunque forme parte del sistema no trataremos en esta exposición las consideraciones técnicas relativas a la construcción física del horno, la instalación de los transductores, sistema hardware de control y modelado del horno, etc.

### 3. Patrón

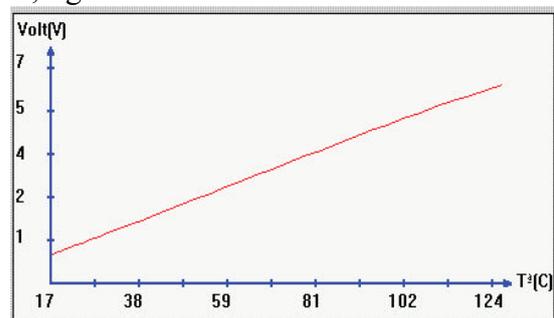
Para que un transductor sea operativo hay que tener una referencia fiable a partir de la cual se pueda calibrar el propio transductor. Esta sección consta de dos partes:

- Cargar un patrón previamente creado.
- Crear un patrón a partir de datos experimentales obtenidos por el usuario.

Una vez referenciado el patrón a emplear se puede visualizar los pares tensión-temperatura tanto de forma numérica, figura 1, como gráficamente, figura 2.

Dato Nº	Tensión	Temperatura
18	2.138672	41.508437
19	2.294922	44.496452
20	2.465820	47.750803
21	2.641602	51.085958
22	2.832031	54.688757
23	3.017578	58.192824

**Figura 1:** Representación numérica del fichero patrón



**Figura 2:** Representación gráfica del fichero patrón

#### 4. Calibración

Entre los diversos métodos para efectuar la calibración de un determinado transductor se ha optado por el de comparación el cual se basa en la utilización de dos sensores: uno el que se desea calibrar y otro calibrado que se toma como *patrón de referencia*. Ambos sensores se sitúan en un ambiente en el cual se realiza un barrido de temperatura en el rango de interés operativo. La respuesta del sensor patrón calibra el sensor desconocido. Durante este proceso se determina la *curva de calibración*. En el análisis operativo se suelen definir una serie de parámetros que caracterizan su comportamiento como son: **Rango y escala de medida, Sensibilidad, Linealidad y Resolución y umbral**. En este apartado también es posible efectuar las siguientes acciones: *base de datos de patrones, periodicidades, impresión de informes, trazado de calibraciones, y cálculos de incertidumbre*. Para acceder desde el sistema a la calibración se sigue un procedimiento similar al anterior. Se puede cargar un fichero de calibración o crear otro nuevo. En la figura 3 se muestra la representación numérica del proceso de calibración automática donde se puede observar el nombre del fichero patrón empleado en la calibración y debajo el modelo matemático caracterizado por una ecuación polinómica de cuarto grado obtenida por el método de los mínimos cuadrados (m. c.).

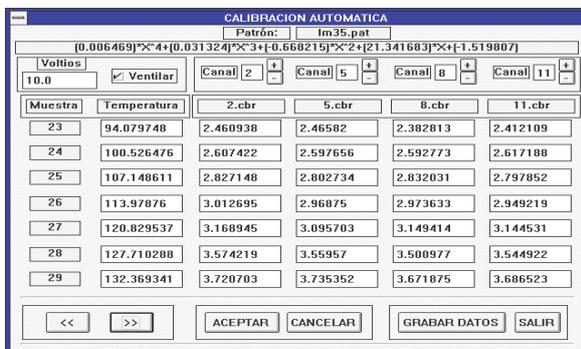


Figura 3: Pantalla de calibración automática.

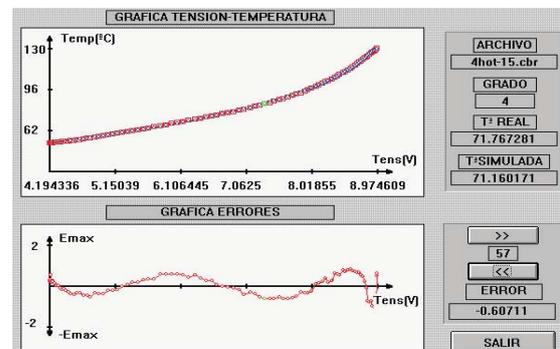


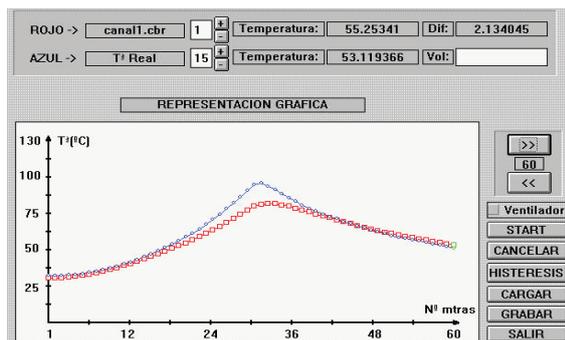
Figura 4: Visualización de los errores entre las características reales y aproximadas.

#### 4. Simulación

Para efectuar la simulación de un proceso previamente se debe efectuar un modelado matemático del mismo. Dado un conjunto de pares de valores  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ , se emplea el método de los mínimos cuadrados para encontrar la “*mejor curva*” que se ajuste a los datos de partida. Para un valor dado de  $x$ , p.e.  $x_1$ , habrá una diferencia entre el valor  $y_1$  real y el correspondiente valor para el mismo valor de  $x$  en la curva de aproximación. A esta diferencia se la denomina  $d$ , que es la desviación o error y que puede ser positivo, negativo o cero. Análogamente, para los valores  $x_1, x_2, \dots, x_n$  se obtienen las desviaciones  $d_1, d_2, \dots, d_n$ . Una medida de la bondad de ajuste de la curva de aproximación a los datos, viene suministrada por la cantidad  $d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2$ . En definitiva la mejor curva de ajuste será la que haga mínima la suma  $d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2$ . En la figura 4 se muestra el error entre los pares de valores y su aproximación por los m. c.

#### 5. Termometría

En esta sección se efectúa una toma de temperatura de un proceso. Esta adquisición de datos se realiza por medio de la tarjeta a través de 16 canales como máximo. En muchas aplicaciones además de la exactitud de la medida es necesario analizar la consistencia de la misma. Esta consistencia se caracteriza por la *repetibilidad* y la *histéresis*. En la figura 5 se muestra el cuadro de diálogo en cual entre otros aspectos operativos se indica el fichero de calibración utilizado para obtener el polinomio de aproximación, el canal y la temperatura. En la figura 6 se representa el fenómeno de histéresis.

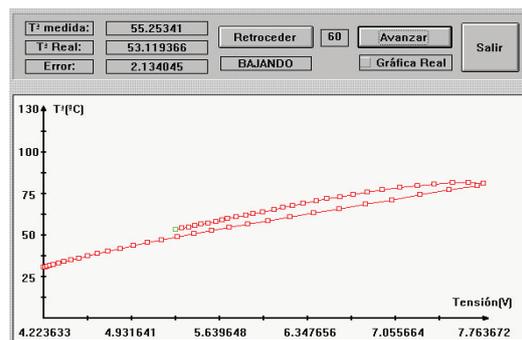


**Figura 5:** Aquisición de señales de temperatura.

## 6. Control

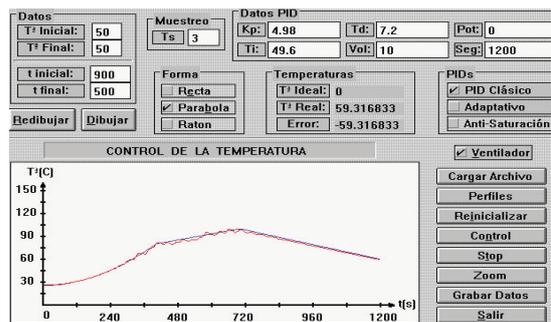
En esta sección se controla el seguimiento de un perfil de la temperatura en un horno eléctrico de 2KW de potencia como se ha mencionado anteriormente.

Consta de distintos apartados entre los que cabe mencionar: I) Cargar un perfil y proceso anterior con sus resultados. II) Grabar un proceso realizado. III) Observar con detalle la evolución de la temperatura mediante una ventana de zoom. IV) Obtener el valor de la temperatura, tanto de la consigna como la real, en un punto concreto del proceso. V) Poder cargar unos perfiles consignas predeterminados. Este es un apartado importante ya que se pueden introducir unos perfiles que van a ser utilizados con frecuencia y ahorrar mucho tiempo al no tener que introducirlos manualmente. VI) Controlar y



**Figura 6:** Representación del ciclo de histéresis.

regular la temperatura del proceso. En la figura 7 se muestra la interfase con el usuario.



**Figura 7:** Interfase de usuario.

## 7. Conclusiones

El presente trabajo puede aplicarse tanto al ámbito universitario por la estructura multidisciplinar del sistema, como hacia las aplicaciones industriales. En este campo cabe destacar la posibilidad de efectuar calibraciones. También sería capaz de obtener las curvas de dispersión de cualquier característica en un conjunto de transductores a través del ensayo correspondiente Aunque el tratamiento específico ha sido de transductores de temperatura, mediante ligeras modificaciones del software es fácilmente aplicable a otros de distinta naturaleza con su correspondiente circuito de interface. Como resumen de las conclusiones podemos citar: I) La investigación, diseño y desarrollo de un sistema abierto dentro del campo de la instrumentación. II) El trabajo multidisciplinar donde se aplican conceptos correspondientes a diversas áreas de conocimiento y el desarrollo de tecnología propia.

## 8. Referencias

- [1] D. Landau, "System Identification and Control Design Using PIM+Software" Prentice-Hall, 1990.
- [2] N. Kalouptsidis "Adaptative Systems Identification and Signal Processing" Prentice- Hall, 1993.
- [3] Tran Tien Lang. "Computarized Instrumentation" John Wiley & Sons, 1991.