

Identificación de la temperatura y la humedad relativa en una unidad manejadora de aire

Ernesto Fernández Rodríguez

Correo electrónico:erne@electrica.cujae.edu.cu

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba

Artículo Original

Adriana Díaz Rodríguez

Correo electrónico:adriana@cedai.com.cu

Keila Torres Pérez

Correo electrónico:keila@cedai.com.cu

Empresa de Automatización Integral, La Habana, Cuba

Resumen

El trabajo trata acerca de la obtención de los modelos matemáticos para la variación de la temperatura de impulsión y la humedad relativa de retorno, como parte del proceso de clima de un local dedicado a la formulación de vacunas. Ello permitirá una correcta estimación del comportamiento dinámico de estas variables y el diseño de controladores con mejores prestaciones que los existentes. Se propone una metodología para la identificación de sistemas que garantizan una mayor organización e integración de los pasos a seguir para alcanzar los objetivos propuestos. Además, se presenta como interesante la generación y aplicación de señales binarias pseudoaleatorias (SBSA) durante la identificación. La estimación de los parámetros y simulación según las estructuras seleccionadas, se realiza con la herramienta matemática Matlab®. Para la validación del modelo resultante se utilizan además de la comparación de datos, el análisis a través de técnicas estadísticas

Palabras clave: identificación de sistemas, modelo matemático, clima, SBSA, UMA.

Recibido: 20 de septiembre del 2012

Aprobado: 19 de diciembre del 2012

INTRODUCCIÓN

El Centro Nacional de Biopreparados (BioCen) es una de las principales instituciones dedicadas a la biotecnología en Cuba; ha acumulado así experiencia en distintas tecnologías de producción de vacunas, biofármacos, medios de cultivo para microbiología y antianémicos. Como parte de este centro, la planta de Producción de Parenterales 3 está dedicada fundamentalmente a la formulación, llenado y liofilización de productos farmacéuticos tales como: el Heberpenta líquido, el Heberprot-P y el Interferón. La planta está compuesta por varias salas asépticas entre ellas, la de Formulaciones I. En este lugar al llegar la solución del producto previamente preparado, se le añade el ingrediente farmacéutico activo (IFA), y los excipientes como el manitol y la albúmina.

Para que el producto final tenga la calidad requerida, es preciso que la temperatura y la humedad relativa de las salas asépticas se encuentren dentro de los parámetros establecidos. Por consiguiente, tanto la temperatura de impulsión de la unidad manejadora de aire (UMA) como la humedad relativa del aire extraído de la sala aséptica deben ser controladas de forma exacta. [1- 3]

Sin embargo, a consecuencia de un mal diseño en el circuito de abastecimiento de agua, este no es capaz de satisfacer la demanda de la planta. Además, la enfriadora (*chiller*) se encuentra en mal estado, lo que hace que el flujo de agua fría varíe constantemente, por lo cual el agua no llega con la temperatura establecida a la UMA; perturbando de esta forma el comportamiento dinámico de la temperatura

y la humedad relativa en la sala aséptica. Lo anteriormente expuesto sin dudas, puede llegar a afectar los procesos productivos que se llevan a cabo en dichas salas asépticas, trayendo consigo la posible pérdida de uno o más lotes de medicamentos.

Como solución factible y económica a este problema podría considerarse el reajuste de los controladores que se hallan en la UMA o su sustitución por alguna estrategia de control de suficientemente sencilla para ser implementada con la instrumentación existente, sin la necesidad de realizar nuevas inversiones. Sin embargo, para la aplicación o puesta a punto de cualquiera de estas variantes, debido a la importancia económica del objeto de estudio, se hace necesario contar con un modelo matemático que describa el comportamiento dinámico de las variables de interés y de ser posible el comportamiento de la perturbación fundamental para un punto o rango de operación.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, en este trabajo se proponen modelos matemáticos que representan el comportamiento dinámico de la temperatura de impulsión de la UMA y la humedad relativa del aire extraído de la sala aséptica Formulaciones I. Ambos modelos se obtienen mediante la técnica de identificación de sistemas y se validan con el objetivo de poder ser utilizados en el reajuste o diseño de un sistema de control para las variables de interés de la UMA.

El proceso y sus peculiaridades

El área de Formulaciones I se clasifica, según el Departamento de Validación del Centro, como una zona de grado B [4] y a partir de esta clasificación se definen las especificaciones de diseño y ajuste de los controladores que regulan el ambiente que rodea la zona de preparación y llenado aséptico, atendiendo a la clasificación de áreas limpias de acuerdo con el grado de pureza del aire en el interior de la misma.

La humedad relativa del aire extraído del local se obtiene por medio de un sensor instalado en el conducto de retorno. El valor de la humedad relativa debe permanecer en un rango de trabajo de $60 \pm 10 \%$. En dependencia del valor medido se regula la apertura de una válvula de tres vías controlando así el flujo de agua fría que circula por el serpentín, con lo cual se logra una mayor o menor condensación de la humedad ambiente excedente. Para obtener un control efectivo, el agua fría debe ser suministrada por los enfriadores de agua con una temperatura de aproximadamente $8 \text{ }^\circ\text{C}$, aspecto este que, como se mencionó, no se asegura de forma permanente. Como se muestra en la figura 1, a continuación de los serpentines se encuentran los recalentadores para el control de la temperatura. Estos recalentadores consisten en dos baterías de resistencias, una analógica y una digital. En el banco de resistencias analógico se realiza el control de la temperatura de forma continua, actuando sobre la válvula de corriente. A mayor corriente eléctrica suministrada, mayor será la temperatura generada. El rango de valores para esta variable es de $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. El controlador realiza el análisis con cada par de valores de temperatura medidos y envía la señal de control en el rango de 0-10 V hacia la válvula de corriente. Si con esta regulación, la temperatura del aire no es la adecuada, se activa el banco de resistencias digital suministrando más calor al mismo. Sobre este último elemento, no se tiene control continuo. Una vez terminado el proceso de tratamiento de aire, el ventilador se encargará de la distribución del mismo a través de los conductos de ventilación hasta el local.

En el diagrama tecnológico del proceso de clima que se muestra en la figura 1, son identificados los principales componentes, como: *Ip*: Indicador de presión, *Tpd*: Transmisor de presión diferencial, *Tt*: Transmisor de temperatura, *Thr*: Transmisor de humedad relativa, y además se destacan los siguientes equipos y dispositivos:

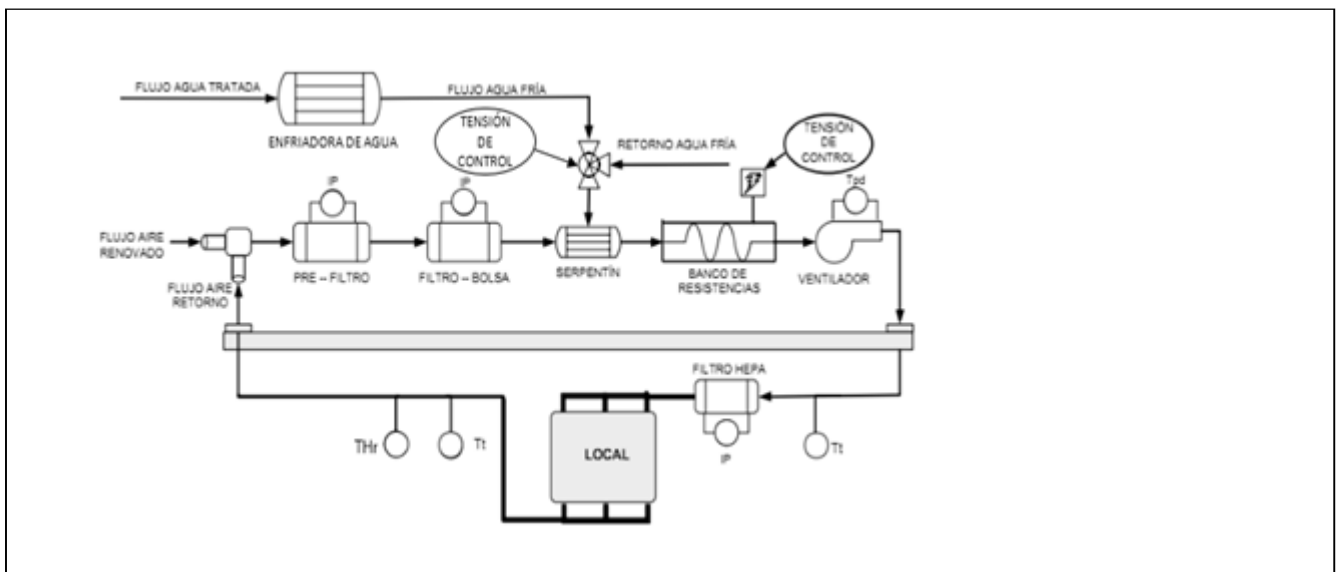


Fig. 1. Diagrama tecnológico simplificado del proceso de clima.

a) **Enfriadora:** Equipo que enfría el agua mediante un refrigerante a contraflujo hasta una temperatura apta para el proceso.

b) **Prefiltro:** Dispositivos que eliminan partículas de la corriente de aire al ser atravesados por estas. Es posible distinguir entre varios tipos de filtros, los mecánicos, los electrostáticos y los purificadores electrónicos.

c) **Filtro bolsa:** Filtro mecánico compuesto por bolsas individuales cuyo número varía según sus especificaciones.

d) **Filtro HEPA:** Filtro mecánico de superficie extendida desechable con un marco rígido, de eficiencia mínima del 99,97 %.

e) **Serpentín:** Equipo por el cual pasa agua fría que se encuentra graduado a una temperatura inferior a la del punto de rocío; luego la corriente de aire choca con esta zona fría condensándose el mismo, disminuyendo así la humedad relativa.

f) **Banco de resistencias:** Equipo encargado de restablecer la temperatura deseada al flujo de aire.

g) **Ventilador:** Su función es impulsar el aire hacia la red de ductos.

h) **Local:** Salón de formulaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tanto para la obtención de los modelos matemáticos como para el diseño de los controladores se va a utilizar el software matemático Matlab® en su versión 7.12.0.635 (R2011a) y más en específico las cajas de herramientas de identificación de sistemas, control predictivo basado en modelos y Simulink.

Aspectos básicos para la obtención del modelo matemático mediante identificación de sistemas

En función de lograr una correcta identificación de la estructura y los parámetros de los modelos matemáticos de la temperatura y humedad relativa en el proceso en estudio, se empleará una metodología que comprende las siguientes etapas: [5 - 8]

- Estudio del proceso.
- Diseño y ejecución de los experimentos preliminares y de identificación.
- Tratamiento previo de los datos registrados.
- Determinación de la estructura del modelo.
- Obtención de los parámetros del modelo.
- Validación del modelo.

Cada una de las etapas presentadas en esta metodología tendrá como objeto de estudio al proceso de clima presentado en la figura 1. A la vez serán aplicadas para cada una de las variables de interés que lo conforman.

Aspectos básicos para la generación de una secuencia binaria pseudoaleatoria (SBSA)

La identificación de sistemas para la obtención de modelos matemáticos es el enfoque resulta generalmente más directo y puede producir resultados a más corto plazo. Las señales utilizadas con más frecuencia son los escalones y las llamadas secuencias binarias pseudoaleatorias. La restricción más importante de esta solución es la necesidad de introducir perturbaciones indeseables en el proceso que a menudo tropiezan con la resistencia de los operadores.

Según [5], las ventajas de las secuencias binarias pseudoaleatorias sobre las otras señales comúnmente utilizadas, son:

- Su amplitud puede ser muy pequeña, reduciéndose por tanto el grado de perturbación que se introduce en la planta objeto de identificación.
- Estas señales pueden superponerse a los valores de operación normales de la variable de entrada sin que se afecte, al menos teóricamente, el proceso de identificación.
- Son señales de excitación persistente de orden infinito en el caso del ruido blanco, mientras que la señal del tipo escalón es de excitación persistente de orden 1.
- Según [5 y 9] las SBSA se codifican mediante secuencias de ceros y unos que satisfacen una ecuación de diferencias del tipo mostrado en (1):

$$x(t) = a_m D^m x(t) (+) a_{m-1} D^{m-1} x(t) (+) \dots (+) a_1 D x(t) \quad (1)$$

donde:

(+): Operador de suma módulo 2.

$x(t)$: Variable binaria que asume valores 0 o 1.

a_i : Coeficientes binarios que asumen también valores 0 o 1.

m : Orden de la secuencia.

D : Operador de retardo, de manera que $D_m x(t) = x(t-m)$.

Según [5] el orden de la secuencia se escoge generalmente de 5 o 6 y se recomienda realizar al menos dos réplicas de la misma. Un orden mayor implicaría un experimento excesivamente largo, difícilmente realizable en la práctica.

Las SBSA son secuencias periódicas con período N según

$$N = 2^m - 1 \quad (2)$$

Otro parámetro de diseño de la SBSA es el tiempo de conmutación de la señal binaria, el cual debe estimarse atendiendo a consideraciones prácticas y a la dinámica del proceso en cuestión. Aunque, según [8], el tiempo de retención de la señal (T_r) puede ser calculado como se muestra en (3).

$$T_r \leq \frac{2,8 \cdot \tau_{dom}^l}{\alpha_s} \quad (3)$$

donde:

τ_{dom}^l : Constante de tiempo dominante del sistema.

α : Factor que representa la constante de velocidad de respuesta en lazo cerrado. Su valor por defecto para aplicaciones de control de procesos es 2.

Para la SBSA resultante de la aplicación de la ecuación 1 el valor "1" corresponde con una variación positiva de la variable de control, y el "0" con una variación negativa, ambos cambios se aplican al elemento de control y deben ser simétricos con respecto al valor medio o a la posición normal del mismo, de forma que el efecto neto o promedio de la perturbación introducida al final del experimento sea cero.

Procesos de variación de la temperatura de impulsión en la UMA y humedad relativa del aire extraído de la sala aséptica

Según bibliografía consultada, [5-8] el primer aspecto a tener en cuenta dentro del estudio de un proceso con el fin de obtener un modelo matemático para el control, es la definición de la variable manipulada o de control, la variable controlada, y las posibles perturbaciones, para casos de modelos donde interviene una sola variable a manipular y controlar (SISO).

Proceso de variación de la temperatura de impulsión en la UMA

- Tensión a la válvula de corriente: Variable manipulada o de control (V_m).
- Temperatura de impulsión en la UMA: Variable controlada (V_c).
- Temperatura del agua fría: Perturbación (P).

Un diagrama en bloques genérico del proceso de variación de la temperatura a identificar se muestra en la figura 2.

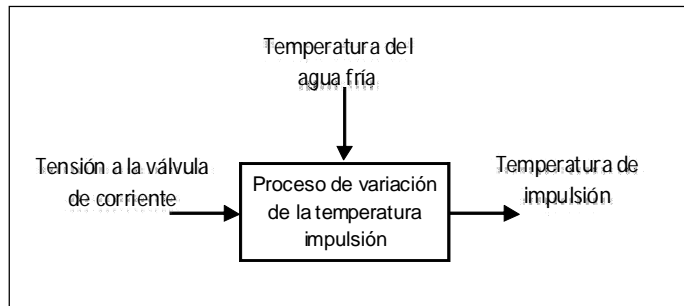


Fig. 2. Diagrama en bloques genérico del proceso de variación de la temperatura.

En la tabla 1 se muestran las condiciones de operación del proceso de variación de la temperatura

Proceso de variación de la humedad relativa del aire extraído de la sala aséptica:

- Tensión a la válvula de agua fría: Variable manipulada o de control (V_m).
- Humedad relativa del aire extraído: Variable controlada (V_c).
- Temperatura del aire extraído: Perturbación (P).

Un diagrama en bloques genérico del proceso de variación de la humedad relativa a identificar se muestra en la figura 3.

En la tabla 2 se muestran las condiciones de operación del proceso de variación de la humedad relativa.

Variable	Límites físicos	Límites de operación	Punto de operación
Controlada [°C]	12 - 26	16 - 20	19,6
Manipulada [V]	0 - 10	4 - 10	7
Perturbación [°C]	6 - 22	6 - 12	8

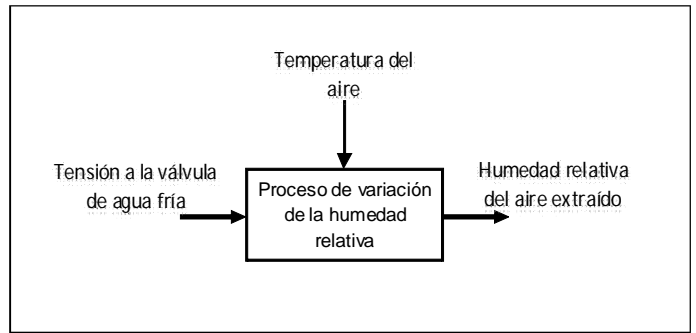


Fig. 3. Diagrama en bloques genérico del proceso de variación de la humedad relativa.

Variable	Límites físicos	Límites de operación	Punto de operación
Controlada [%]	20 - 80	50 - 70	60
Manipulada [V]	0 - 10	5 - 8,3	6,6
Perturbación [°C]	14 - 26	18 - 22	19,6

Los datos y resultados reportados en este trabajo fueron obtenidos del proceso de clima mostrado en la figura 1.

Generación y aplicación de las SBSA

La tabla 3 muestra las condiciones y características para las cuales se generaron las SBSA para la identificación de los procesos de interés. De forma gráfica en las figuras 4 y 5 se observan las SBSA a utilizar y aplicar en cada variable manipulada. En estos gráficos, como en el resto de los gráficos presentados en este trabajo, el comportamiento de las variables se presenta en función de las muestras adquiridas según el período de muestreo seleccionado en cada caso (tabla 3).

Variable manipulada	Período de muestreo	Secuencia generadora	Repeti-ciones	Tiempo de retención	Variación de la V_m
Tensión válvula corriente	30 s	001	3	14 min	4v - 10v
Tensión válvula agua fría	10 s	10 100	3	90 min	0v -10v

En las figuras 4 y 5 se representan el 70 % de los datos que se utilizaron para llevar a cabo la identificación de cada uno de los procesos de interés, antes de la línea discontinua y el 30 % de los datos que se seleccionaron para llevar a cabo la validación de los modelos estimados en cada caso, posterior a dicha línea.

Se selecciona una distribución del tipo 70 - 30 % debido a dos razones fundamentales:

- En primer lugar, el experimento no comienza con el sistema operando en uno de los extremos de los valores límites de la SBSA (0-10V), sino en aproximadamente la mitad de este rango 4,75 V. Esto implica que una parte de los datos dedicados a la identificación del modelo deben ser desechados.
- En segundo lugar, el 30 % de las muestras, dados los períodos de muestreo seleccionados, son más que suficientes para llevar a cabo una validación exitosa. Por lo que se decidió dedicar un mayor número de datos a la identificación, para así mejorar el proceso de estimación de los parámetros para la estructura seleccionada.

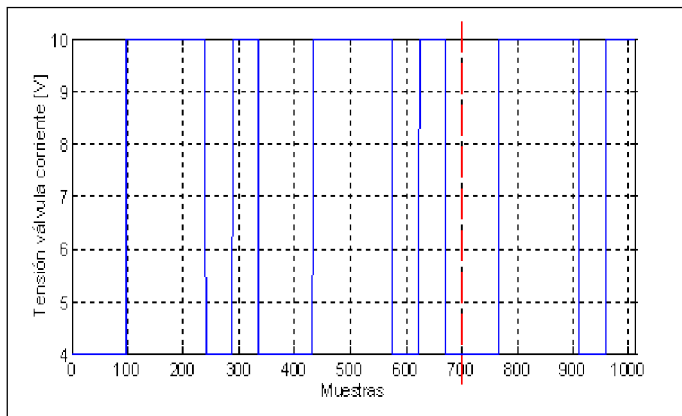


Fig. 4. Gráfico de la SBSA utilizada en los experimentos de identificación. Temperatura.

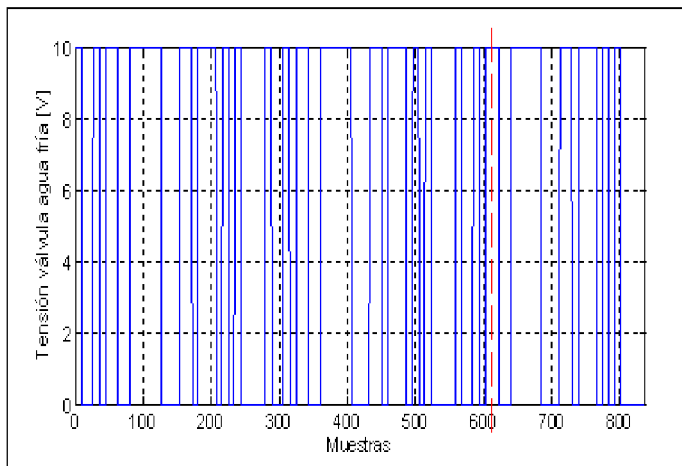


Fig. 5. Gráfico de la SBSA utilizada en los experimentos de identificación. Humedad relativa.

Para la aplicación de estas SBSA se utilizó un sistema de control y adquisición de datos (SCADA) realizado con el software DESIGO INSIGHT®. Este SCADA permite la visualización y registro de las variables fundamentales a controlar en la UMA, así como la modificación por el usuario de los valores de las variables manipuladas. El autómatas es un controlador modulador de la serie PXC64-U. Este sistema se compone esencialmente de paneles de control que trabajan con autonomía. Para el monitoreo y control central,

los paneles de control digital deberán estar conectados, mediante un Bus de datos (C-Bus) a la PC central. Este controlador modulador cuenta con módulos de entradas digitales, para este caso 16 entradas digitales, 6 módulos de relés y 8 módulos universales de entrada - salida.

RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Obtención de los modelos matemáticos y su validación

Las respuestas de los procesos de variación de temperatura y humedad relativa ante su respectiva SBSA se muestran en las figuras 6 y 7. En dichas figuras se representa el 70 % de los datos que se utilizaron para llevar a cabo la identificación de cada uno de los procesos de interés, antes de la línea discontinua y el 30 % de los datos que se seleccionaron para llevar a cabo la validación de los modelos estimados en cada caso, posterior a dicha línea.

Para llevar a cabo la identificación de cada uno de los procesos se tuvieron en cuenta varias estructuras de modelos matemáticos, así como la estimación de los parámetros en cada caso. Partiendo de un compromiso, entre el conocimiento de la dinámica del proceso y la necesidad de un modelo simple para futuras aplicaciones, se propone como estructura, en ambos casos una función transferencial de segundo orden con retardo de tiempo y un cero tal como muestra en la fórmula (4). [10]

$$G(s) = \frac{k(T_3s + 1)}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)} e^{-\tau s} \quad (4)$$

Donde k es la ganancia estática; T_1 , T_2 son las constantes de tiempo para cada polo; T_3 es la constante de tiempo asociada al cero y τ es el retardo de tiempo. Se considera que T_1 es la constante de tiempo dominante (o sea la mayor constante de tiempo, asociada a la dinámica de cada proceso), mientras que T_2 es la menor constante de tiempo (representa la dinámica del actuador + las dinámicas secundarias de los procesos). El retardo de tiempo para cada proceso se representa mediante τ . [10]

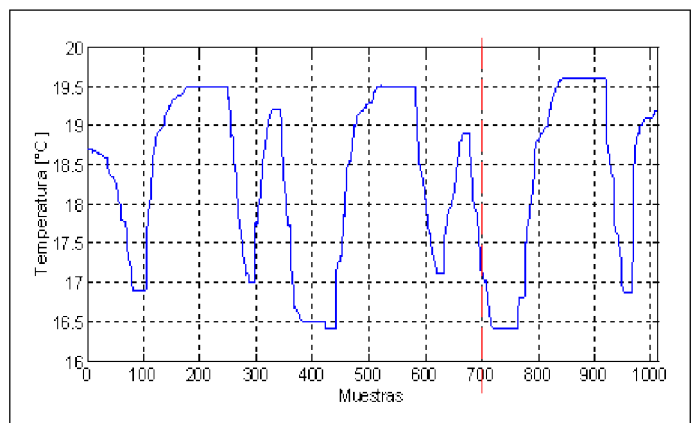


Fig. 6. Gráfico de comportamiento de la temperatura ante una SBSA en la válvula de corriente.

Aunque se analizaron otras estructuras de mayor complejidad estas no ofrecían mejoras significativas en el desempeño dinámico de los procesos en estudio.

Los valores estimados para los parámetros de cada modelo matemático a partir de la herramienta descrita en [10] se muestran en la tabla 4.

Para la validación de los parámetros estimados según las estructuras de modelos seleccionados se utilizaron tanto técnicas estadísticas como técnicas basadas en comparación de datos (comparación de las respuestas de las salidas). Los resultados de validación para el modelo matemático con los parámetros estimados para cada proceso se muestran en las figuras 8 y 9.

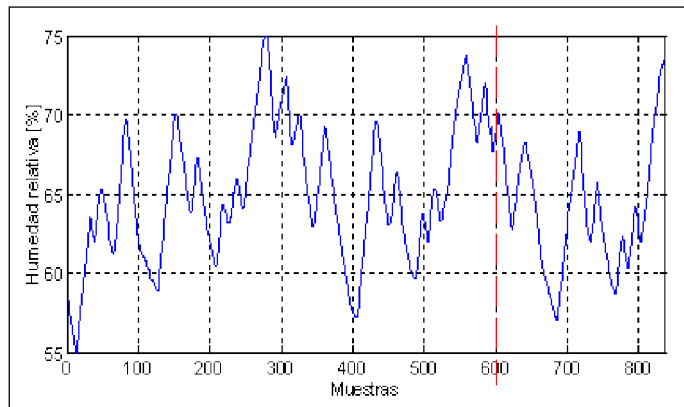


Fig. 7. Gráfico de comportamiento de la humedad relativa ante una SBSA en la válvula de agua fría.

Tabla 4 Parámetros de los modelos matemáticos de cada proceso					
Modelo	Parámetros de los modelos matemáticos				
	k	T ₁ [s]	T ₂ [s]	T ₃ [s]	τ [s]
Temperatura	0,533 5	719,9	249,9	590,2	90
Humedad	-2	8·10 ⁴	280	10 ⁵	30

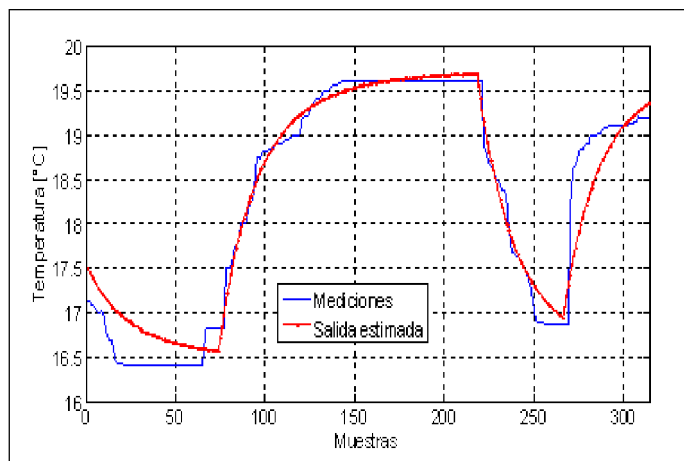


Fig. 8. Gráfico de validación del modelo matemático con los valores de los parámetros estimados. Temperatura.

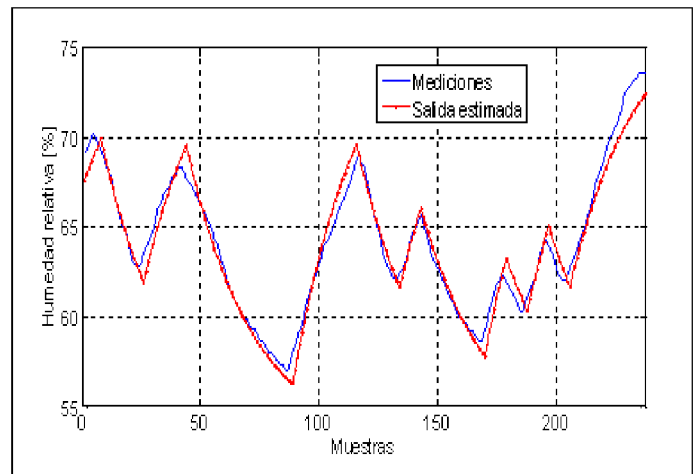


Fig. 9. Gráfico de validación del modelo lineal con los valores de los parámetros estimados. Humedad relativa.

Como criterios de validación estadísticos para apoyar la validez del modelo se utilizaron:

Error de simulación (ES): Se define como la relación que existe entre la suma, de la media del error y su varianza y la media de la salida real y su varianza. Como criterio práctico se considera que, a escala industrial, para un error de simulación menor que el 10 % el modelo es aceptable. Este error se puede calcular según (5).

$$e_{sim} = \frac{[\bar{e} + \text{var}(e)]}{[\bar{y} + \text{var}(y)]} \cdot 100 \quad (5)$$

donde:

- e: Diferencia entre las mediciones y la salida estimada.
- y: Salida medida.

Error de predicción final (EPF): Se utiliza para determinar si el modelo ha logrado atrapar las propiedades dinámicas de interés en el sistema, por lo cual es recomendable ampliar el horizonte de predicción más allá de las constantes de tiempo fundamentales del sistema. Como criterio práctico se considera aceptable que la media del error de predicción final sea menor que el 5 % de la media de la salida real.

El error de predicción del modelo se puede calcular según (6).

$$e_{pt} = \frac{\bar{e}}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (6)$$

La tabla 5 muestra los valores de los errores calculados para cada uno de los modelos matemáticos propuestos.

Tabla 5 Resultados estadísticos de la obtención del modelo para cada proceso		
Modelo	% ES	% EPF
Temperatura	2,532 8	0,22
Humedad	1,033	0,824

Es necesario aclarar que aunque la validación de ambos modelos matemáticos se llevó a cabo con el 30 % de los datos, para el cálculo de cada uno de los errores presentados se utilizó el 100 % de los datos obtenidos. Esta decisión está basada y sustentada en las propias definiciones de % ES y % EPF ya que de otra forma estas no tendrían sentido.

Las figuras 10 y 11 muestran, de forma gráfica, la evolución de los errores entre las salidas medidas de los procesos y las salidas estimadas por los modelos matemáticos.

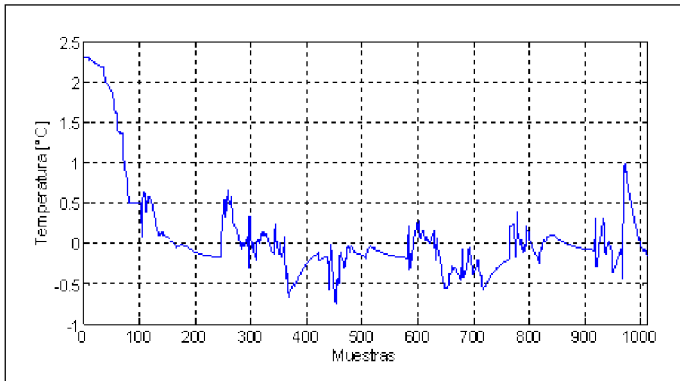


Fig. 10. Error entre la variación de la temperatura medida en el proceso y la temperatura estimada por el modelo.

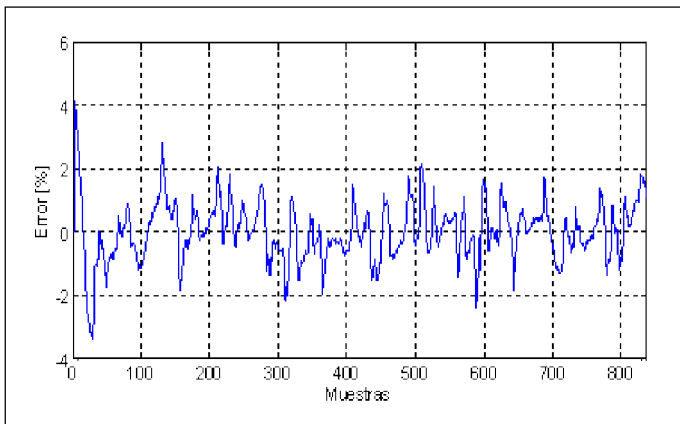


Fig. 11. Error entre la variación de la humedad relativa medida en el proceso y la humedad relativa estimada por el modelo.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó el procedimiento de identificación partiendo de una correcta estructuración del problema a resolver, hasta llegar a validar los modelos obtenidos. Como objeto de estudio se seleccionó el proceso de clima en el local de Formulaciones I del BioCen, haciendo énfasis en los procesos de variación de temperatura de impulsión y humedad relativa del aire extraído. Cada uno de los modelos obtenidos fue correctamente validado, por más de una vía, y se demostró que ambos describen correctamente el comportamiento dinámico de los procesos correspondientes. Esto va a permitir que en un futuro dichos modelos matemáticos puedan ser utilizados para el diseño de controladores basados en modelos que permitan mejorar

el desempeño de los controladores existentes. Además de las posibilidades de rediseño o reajuste de controladores que brindan los modelos matemáticos que también pueden ser utilizados en línea como parte de herramientas de detección y diagnóstico de fallos, contribuyendo al ahorro y la prevención de accidentes.

Aunque los resultados de validación fueron correctos es necesario aclarar que al obtenerse los modelos utilizando la técnica de identificación de sistemas, el empleo de estos modelos matemáticos debe en principio acotarse al rango de variación de las variables para los cuales se diseñaron los experimentos de identificación. En futuros trabajos se presentarán nuevos estudios sobre la posibilidad de extrapolar los modelos obtenidos fuera de los rangos de variación para los cuales se obtuvieron.

RECONOCIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a las autoridades del Centro Nacional de Biopreparados por permitir el uso de su manejadora de aire y sus instalaciones, en la realización de los experimentos necesarios para la culminación de esta investigación; así como por el incondicional apoyo recibido al desarrollo de investigaciones en el campo de la Ingeniería del Control y la Automatización.

REFERENCIAS

1. Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A. G. *Sistemas de agua fría: un repaso* [en línea]. Providencia, Santiago de Chile, Chile [ref. Noviembre 2010]. Disponible en Web: <http://www.frioycalor.cl/105/tema2.htm> [consultado en enero 2012].
2. **GUPTON, Guy W.** *HVAC Controls - Operation and Maintenance*, 3rd. edition. London. U.K.: Prentice Hall, 2002. 339 pp. ISBN 0-88173-341-5.
3. QuimiNet. *Criterios para un sistema HVAC de calidad* [en línea]. México D.F. [ref. Julio 2007]. Disponible en Web: <http://www.quiminet.com/articulos/criterios-para-un-sistema-hvac-de-calidad-21414.htm> [consultado en octubre 2011].
4. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. "Cleanrooms and Associated Controlled Environments". ISO Technical Specification (TS) 14644-1: 1999. 24 pp. ISO/IEC Office. Geneva, Switzerland. 1999.
5. **AGUADO BEAR, Alberto.** *Temas de identificación y control adaptable*. La Habana: ICIMAF, 2000. 313 pp. ISBN 959-7056-11-9.
6. **LJUNG, Lennart.** *System Identification: Theory for the User*. 2ª edition. USA: Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999. 313 pp. ISBN 0-13-656695-2.
7. **SALA, A. et al.** "Identificación y control iterativos mediante condiciones de estabilidad robusta". En Actas de XXII Jornadas de Automática Comité Español de Automática

de la IFAC, 2001, pp. 1-7. ISBN 84-699-4593-9.

8. **RIVERA, D. E.** "Una metodología para la identificación integrada con el diseño de controladores IMC-PID". *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 2007, vol. 4, núm. 4, pp. 5-18.
9. **KOURO, S.; MUSALEM, R.** "Identificación de sistemas mediante RLS" [en línea]. Universidad Técnica de Federico, Santa María, Hualpén, Chile, [ref. febrero 2002]. Disponible en Web: <http://alumnos.elo.utfsm.cl/~aflores/identsistemas.pdf>. [consultado en noviembre 2011].
10. **LJUNG, Lennart.** "System Identification Toolbox 7 User's Guide". [en línea] The MathWorks, Inc., USA, [ref. marzo 2007]. Disponible en Web: <http://www.worldcat.org/title/system-identification-toolbox-7-users-guide/oclc/288640483> [consultado en enero 2012].

AUTORES

Ernesto Fernández Rodríguez

Ingeniero en Automática, Máster en Informática Industrial y Automatización, Asistente, Departamento de Automática, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

Adriana Díaz Rodríguez

Ingeniera en Automática, Departamento de Máquinas y Equipos, Empresa de Automatización Integral (CEDAI), La Habana, Cuba

Keila Torres Pérez

Ingeniera en Automática, Departamento de Máquinas y Equipos de la Empresa de Automatización Integral (CEDAI), La Habana, Cuba

Identification of the Temperature and The Relative Humidity in a Heating, Ventilating and air Conditioning

Abstract

This document demonstrates mathematical models for the variation of the drive temperature and the relative humidity as part of climate control for a room dedicated to the formulation of vaccines. These models will allow a correct estimate of the dynamic behaviors of these variables and further design in the future, of controllers with better benefits than the existing ones. A methodology is proposed for system identification, that will guarantee a bigger and better organization and integration of steps to continue to achieve the proposed objectives. Also an interesting idea is the generation and application of pseudo-random binary signals (PRBS) during the identification. The estimate of the parameters and simulation according to the selected structures, are carried out with the mathematical tool Matlab®. For the validation of the resulting pattern a statistical technique analysis is utilized apart from data comparison.

Key words: systems identification, mathematical model, climate, PRBS, HVAC.