

BIBLIOTECA VIRTUAL CON MATLAB PARA LA SIMULACIÓN DE SISTEMAS MULTIVARIABLES INDUSTRIALES

(Virtual Library with Matlab for the Simulation Multivariable Industrials Systems)

AUTORES

Dr. Daniel Guzmán del Río*, Dr. Luis Delfín Rojas Purón*, M. Sc. Cleto de Souza Cavalcante Leal**,
Ing. José Luiz Sansone**

*Departamento de Ingeniería Eléctrica (EST-UEA) y Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa, Holguín, Cuba.

** Departamento de Ingeniería Eléctrica, Escuela Superior de Tecnología, Universidad del Estado de Amazonas, (EST-UEA), Brasil.

Resumen:

En el presente artículo los autores presentan y exponen los resultados obtenidos en la conformación de una biblioteca virtual asistida con MATLAB, para el diseño y simulación de sistemas industriales. Aquí, a partir de modelos conocidos de instalaciones, procesos y agregados industriales se conforman los subsistemas en forma de bloques empleando el aplicativo SIMULINK, lo que permitirá el diseño y simulación posterior de cualquier sistema de interés. El aspecto novedoso de la metodología empleada radica en la conformación de una biblioteca virtual para su uso con el SIMULINK. Estas simulaciones pueden ser de sistemas reales, permitiendo evaluar el comportamiento dinámico de los mismos.

Abstract:

In this paper the authors present and discuss results obtained on the conformation of virtual library attained with MATLAB for the design and simulation of multivariable industrial systems. Subsystems in form of blocks are conformed from known models of industrial processes, installations and devices. This is done using SIMULINK, which allows the design and simulation of any system of interest. The innovative aspect of the employed methodology lies on the conformation of a virtual library for use with SIMULINK. These simulations may be used for real systems, allowing the dynamic behavior analysis of the same.

Key words: Virtual Library, Simulation, Industrial System, Multivariable.

1. INTRODUCCIÓN

El rápido avance de los recursos informáticos ha permitido que estos se extiendan y empleen en áreas donde hace unas décadas resultaba muy costoso y complejo, por ejemplo en el control y supervisión a gran escala de procesos que envuelven importantes gastos energéticos y de insumos, lo que ha permitido aumentar su conocimiento y que técnicas más elaboradas puedan ser implementadas.

De esta forma se comprende que el conocimiento del proceso, el desarrollo de modelos matemáticos dinámicos, que representan los fenómenos físicos químicos de las plantas, la simulación en computadora de sus características y por fin el proyecto e implementación de sistemas de simulación con técnicas de avanzadas, es un tema de importancia fundamental para el desarrollo actual de las investigaciones y modernización del sector industrial y así disminuir el consumo de portadores energéticos importantes e insumos, aumentando la calidad del producto final (Seborg, 1989).

Dada esta importancia, se hace necesario la introducción y desarrollo de métodos y herramientas que simplifiquen los procesos de análisis de procesos reales y que a la vez sirvan para ser empleados en laboratorios industriales y docentes para la ejecución de prácticas virtuales en los niveles superiores de formación y posgraduación del profesional, aprovechando las facilidades de recursos que disponen programas tales como el MATLAB.

Un paso fundamental en el diseño y optimización de un sistema es la generación del modelo matemático que describa el mismo adecuadamente. También es importante la selección de la herramienta computacional que va a permitir simular este modelo (Delgado y Pichardo, 1999).

2. DESARROLLO

La selección del método de simulación, teniendo en cuenta su empleo en el sector industrial y académico, pueden ser realizadas utilizando varias metodologías, a partir de diferentes métodos numéricos. Por esto se

escoge, como método de simulación, las herramientas que presenta el SIMULINK del MATLAB.

Lo mismo se fundamenta en que este permite que la biblioteca de bloques utilice centenas de funciones predefinidas para la creación de modelos de diagramas de bloques de sistemas lineales, no lineales de tiempo discreto, tiempo continuo híbrido, SISO, MIMO y sistemas multitareas, de forma que cada usuario pueda crear sus propios bloques modificando los ya existentes o incorporando código MATLAB, C o FORTRAN.

Las operaciones de modelación y simulación se controlan de forma interactiva mediante menús iterativos o empleando líneas de comando MATLAB para simulaciones en modo “batch”.

La biblioteca no lineal incluye un estoque completo de componentes no lineales para modelar el comportamiento de los sistemas del mundo real.

Los múltiples modelos del SIMULINK y las capas establecidas de la jerarquía, pueden permanecer abiertos simultáneamente, facilitando así las operaciones de edición de bloques y de “copy-paste”.

Los parámetros del bloque se introducen en los cuadros de diálogos como vectores escalares o matrices, empleando valores numéricos o variables y expresiones del MATLAB.

El grafico ajusta automáticamente su escala a la amplitud de la señal. Estos valores pueden ser impresos directamente del SIMULINK o ser guardados en una amplia gama de formatos de archivos gráficos, para su incorporación a los informativos.

Para la simulación en línea, una variedad de bloques gráficos monitorean la respuesta del sistema mientras ocurre la simulación.

Según la OPENCADD, el SIMULINK en su versión mas reciente, permite que puedan realizarse pruebas y verificaciones continuas a lo largo del proceso de desarrollo. Con el “*Simulink Verification and Validation*”, los ingenieros pueden usar el concepto de “*Model-Based Design*” para producir especificaciones ejecutables validadas. Por medio de pruebas de sistemas y algoritmos durante la fase de modelación y simulación, los errores pueden ser identificados más temprano en un estado donde las correcciones son más fáciles y de menor costo.

2.1 Propuesta de Biblioteca Virtual de Modelación y Simulación de Sistemas Dinámicos Multivariables.

La biblioteca virtual creada con modelos bases de procesos y agregados industriales, como complemento a lo anteriormente planteado, permite una rápida selección y adecuación de los flujos tecnológicos reales de procesos conocidos, para ser simulados y analizados sus comportamientos dinámicos en la plataforma MATLAB/SIMULINK, figura 1.

La misma representa una herramienta poderosa para el desarrollo de laboratorios virtuales en las disciplinas de los cursos de pregrado y posgrado de las universidades, y centros tecnológicos, así como para el desarrollo de investigaciones operacionales en la industria.

La biblioteca consiste en equipamientos y procesos bases comúnmente utilizados en las industrias, como los analizados por Smith y Corripio, 1997, así a partir del conocimiento de los procesos que se desee trabajar se adecuan los parámetros existentes en los bloques y se enlazan como en el proceso real, facilitando la simulación y obtención de parámetros y características en el tiempo. Así se puede verificar que en esta biblioteca cada bloque puede, además de ser estudiado, alterar sus parámetros para corresponder a un nuevo proceso con sus peculiaridades, a no ser aquellos que ya directamente corresponden a procesos donde pueden ser alterados sus valores de entrada.

Cada bloque es compuesto por una o varias ecuaciones diferenciales fueron obtenidas a partir del análisis del proceso real, por tanto de hecho corresponden a las características reales dinámicas de los procesos y equipamientos.

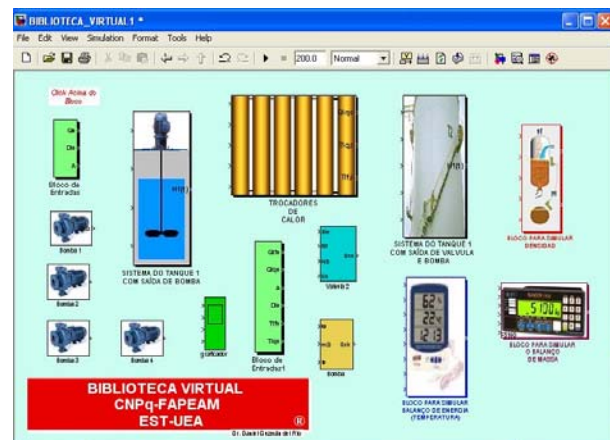


Figura 1. Ventana que muestra los distintos bloques de la Biblioteca Virtual de Modelación y Simulación de Sistemas Dinámicos Multivariables.

Como por ejemplo, el bloque bomba 1 contiene varios parámetros que pueden ser alterados, tales como, Coeficiente de caudal de la bomba, Tiempo del escalón, Señal inicial en la bomba, Señal final en la bomba, Constante de tiempo de la bomba. En la figura 2, se muestra un ejemplo de la interfase con el usuario que facilita el programa.

Además de las facilidades que brinda para alterar parámetros, se puede observar otro punto importante en esa interfase, el icono de “Help”, al accionar este, el usuario tendrá toda la información necesaria al respecto del bloque, ese artificio no es exclusivo de los bloques de la bomba y si de todos los otros también. Así un

usuario sin experiencia podrá con el auxilio de la ayuda realizar la simulación deseada.

Otro bloque es el de entrada, el mismo posee todos los parámetros que serán utilizados en el proceso, este bloque fue creado para facilitar los cambios en los parámetros de entrada del proceso y organizar mejor la ventana de simulación. En la figura 2, se muestran por ejemplo los parámetros de entrada de un proceso en el bloque de entrada.

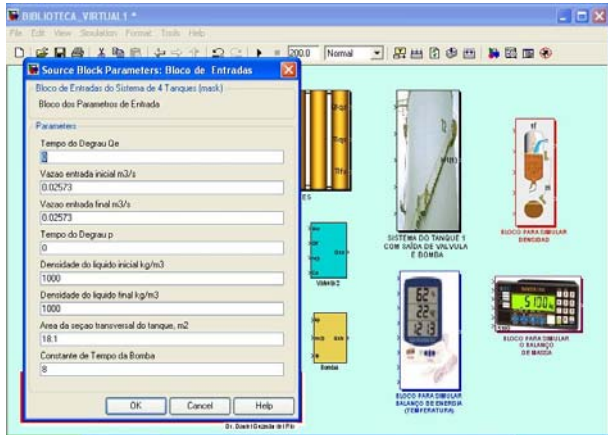


Figura 2. Ventana que muestra la interfase con el usuario de uno de los bloques de la Biblioteca Virtual de Modelación y Simulación de Sistemas Dinámicos Multivariados.

2.2 Ejemplo de empleo de la biblioteca virtual. Caso de estudio. Programa TROCMIST-V.1.

Basado en el modelo matemático del sistema multivariable desarrollado para el sistema de mezclado y enfriamiento de una industria, se desarrolló el **TROCMIST-V.1**, figura 3.

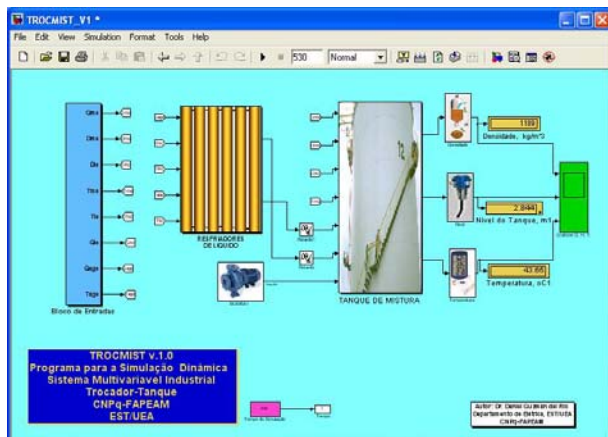


Figura 3. Ventana principal del programa **TROCMIST-V.1**.

Este programa esta realizado para la simulación dinámica de un sistema de mezclado industrial acoplado a enfriadores de líquido.

El mismo es un programa base que se puede emplear para la simulación de cualquier sistema de mezclado que combina enfriamiento o calentamiento de liquido, que cumplen con las exigencias dadas para este tipo de sistema. El programa permite el ajuste de sus componentes a partir de los conocimientos del proceso seleccionado, partiendo de los datos reales de la planta de interés a simular. Esta característica de auto adaptable que el mismo posee permite en un menor tiempo conformar modelos listos para simular, lo que es una herramienta importante en aquellos centros de diseño o análisis de procesos.

3. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

En el caso de la figura 5, la respuesta de la temperatura de mezclado T_{ps} para una serie de variaciones tipo escalón en el flujo de líquido de entrada Q_{le} , muestra variaciones asimétricas de $+2,3K$ e de $-2,6K$. Esto permite detectar la presencia de no linealidades en el sistema, no tan acentuadas como en otros procesos (Guzmán, 2001).

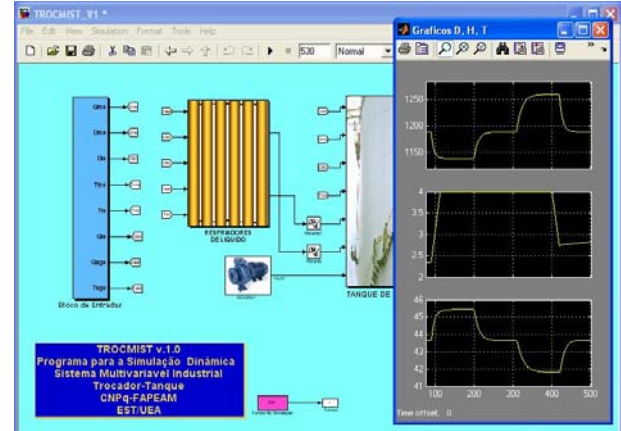


Figura 4. Respuesta de la densidad, el nivel y la temperatura a las variaciones en el flujo de líquido a la entrada de los enfriadores.

En la respuesta de la densidad de la mezcla de salida ρ_{ps} se tiene un desempeño parecido, con asimetrías de $-44 kg/m^3$ e $+62 kg/m^3$. El nivel H_t varió en rampa, incrementándose con los aumentos del flujo de líquido de entrada Q_{le} y disminuyendo de la misma forma cuando el flujo de líquido de entrada Q_{le} vuelve a su valor original de operación.

Esta respuesta del nivel H_t corresponde a la de un sistema integrador, lo que coincide con análisis similares realizados para tanques por otros autores tales como Smith e Corripio, 1997.

En la figura 6, las salidas del nivel del tanque H_t y la densidad de la mezcla ρ_{ps} no tienen relación con el flujo de agua en los enfriadores Q_{age} , debido al líquido circular por dentro de los tubos de cada uno de los enfriadores y el agua por el casco exterior de estos, saliendo de los enfriadores con una temperatura cerca de los 316 K.

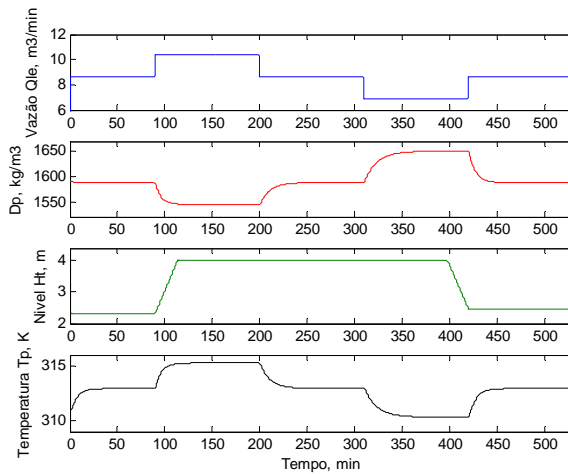


Figura 5. Respuesta de la densidad, el nivel y la temperatura a las variaciones en el flujo de líquido a la entrada de los enfriadores.

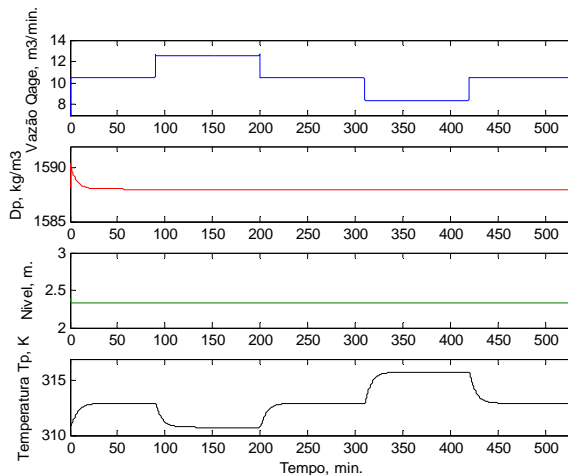


Figura 6. Respuesta de la densidad, el nivel y la temperatura a las variaciones en el flujo de agua fría a la entrada de los enfriadores.

En la figura 7 se varía un parámetro de entrada del motor de la bomba $m(t)$, observándose las influencias de

este sobre el nivel a la salida del tanque, no afectando la densidad ni la temperatura de la mezcla.

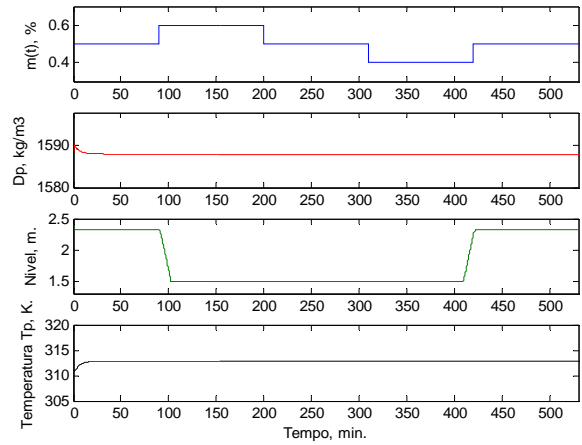


Figura 7. Respuesta de la densidad, el nivel y la temperatura a las variaciones en la magnitud $m(t)$ de la bomba del flujo de salida del tanque.

Estos gráficos demuestran la validez del programa para realizar análisis dinámico de las variables de un proceso real dado.

Estas prácticas serían muy útiles también para la educación a distancia a través de plataformas iterativas, tales como el MOODLE, lo cual se aplica satisfactoriamente en la Escuela Superior de Tecnología de la Universidad del Estado de Amazonas, EST-UEA, figura 8.

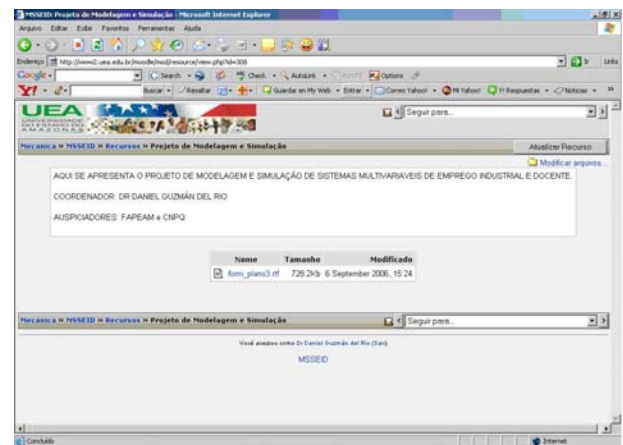


Figura 8. Plataforma iterativa MOODLE, con el proyecto de modelación y simulación, Escuela Superior de Tecnología de la Universidad del Estado de Amazonas, EST-UEA.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se demuestra que aprovechando las facilidades de recursos que disponen programas tales como el MATLAB es posible el desarrollo de

herramientas tales como una biblioteca virtual para la modelación y simulación de sistemas industriales. Para la conformación de la misma se emplearon los modelos matemáticos expresados a partir de los balances de masa, energía y componentes del equipamiento de procesos típicos empleado en la industria moderna.

El conocimiento de este tipo de herramienta posibilita en un menor tiempo, con el ahorro de recursos y energía, tener el comportamiento dinámico de una parte del proceso deseado, como lo fue el ejemplo planteado del proceso de enfriamiento de un líquido que va hacia un tanque de mezcla.

La utilidad de este tipo de herramienta abarca no solo el ámbito académico si no también el empresarial. Ante el avance de los recursos informáticos, el conocimiento de los procesos es una cuestión vital para el ahorro de energía e insumos, aumentando el valor agregado y la calidad del producto final.

5. AGRADECIMIENTOS

A la dirección del ISMM, la EST-UEA, FAPEAM y CNPq, por el soporte de las actividades realizadas.

6. REFERENCIAS

- Deshpande, P, B, (1989). Multivariable Process Control, *Instrument Society of America*, North Carolina.
- Guzmán, D, R, (2001). Modelación, Simulación y Control del Tanque de Contacto y los Enfriadores de Licor en el Proceso de Lixiviación Carbonato-Amoniacal, *Tesis de Doctorado, CUJAE*, La Habana, , pp.100.
- Seborg, D, E, Edgar, T, F, Mellichamp, D, A, (1989). Process Dynamics and Control, *John Wiley & Sons*. New York.
- Smith, C, A, Corripio, A, B, (1997). Principles and Practice of Automatic Process Control, *John Wiley & Sons, Inc*, New York.
- Delgado M., Pichardo C. (1999), Use of MATLAB and 20-sim to simulate a flash separator, *Simulation Practice and Theory* 7, pp 515-530.