



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



MULTIMEDIA PID: SOFTWARE MULTIMEDIA PARA EL APRENDIZAJE DE CONTROLADORES Y SUS CRITERIOS DE ENTONAMIENTO

Autor:
GARCÍA PÉREZ WHENDY D.
CI: 9.683.199

BÁRBULA, 22 DE MAYO DE 2014

MULTIMEDIA PID: SOFTWARE MULTIMEDIA PARA EL APRENDIZAJE DE CONTROLADORES Y SUS CRITERIOS DE ENTONAMIENTO

Whendy D. García, José A. Moreno, Dr. Francisco Arteaga.

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Dpto. de Sistemas y Automática. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela Email: wgarcia@uc.edu.ve , joseamoreno@yahoo.com. Farteaga20@gmail.com
Teléfonos: 0412- 4150537, 0412-7420950, 0424-6494979

RESUMEN

El software multimedia descrito en este documento está diseñado para la educación en ingeniería a nivel universitario. Su objetivo es ayudar a los estudiantes a comprender, visualizar y enlazar los conceptos básicos relacionados al área del control automático de procesos. No es una herramienta para el diseño, es más bien un recurso dinámico, flexible y didáctico dirigido a docentes y estudiantes para ser utilizado como recurso de apoyo para el aprendizaje del control de procesos. Para su desarrollo se utilizaron los programas: Director 7, quien se apoya para el desarrollo de las aplicaciones en el lenguaje orientado a objetos llamado Lingo; para la generación de las animaciones se utilizó Flash y para simulaciones de los procesos, además de la resolución de los problemas planteados se utilizó Matlab con Simulink,

Palabras clave: Multimedia, Macromedia Director, Control de Procesos, Matlab.

ABSTRACT

The multimedia software described in this document is designed for engineering education at university level. Its objective is to help students to understand, visualize, and bind the basic concepts related to the area of automatic process control. It is not a tool for the design, is more of a dynamic, flexible, and educational resource aimed at teachers and students to be used as a resource for support for the learning of process control. For their development programmes were used: Director 7, who supports the development of applications in object-oriented language called Lingo, for generating animations and Flash was used for simulations of processes in addition to solving the problems we used Matlab Simulink ,

Keywords: Multimedia, Macromedia Director, Process Control, Matlab.

INTRODUCCIÓN

El control automático de procesos juega un papel muy importante en el área industrial. Nace por la necesidad de generar productos cada vez más uniformes, de mayor calidad, y en el menor tiempo posible ya que esto representa a un mayor beneficio para la empresa (principalmente económico). Su objetivo principal es mantener en determinado valor de operación las variables del proceso tales como: temperatura, presión, flujos, nivel, entre otros.

Otras razones para usar el control automático de procesos, son las siguientes:

- Mantener los niveles de producción de una planta en valores iguales o superiores a los establecidos.
- Mantener la calidad del producto (composición, pureza, color, etc.).
- Evitar lesiones al personal de la planta o daño al equipo.
- Ahorro de energía.
- Protección del medio ambiente.

En el ámbito de la enseñanza universitaria, el dominio teórico del área de automatización y control de procesos se convierte en algo esencial para el buen desenvolvimiento de los futuros profesionales. Para iniciar al estudiante en sus teorías básicas y la aplicación de los diferentes esquemas de control automático, es importante manejar su terminología y conceptos fundamentales.

Se presenta entonces una aplicación multimedia que pretende servir de apoyo a la docencia en el área del control automático de procesos, siendo de especial interés para aquellas personas que realicen su primera inmersión en esta área, que en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo se dicta con el nombre Control de Procesos. Dicha aplicación se ha realizado de forma que cualquier usuario, o persona interesada en el conocimiento del área de control, pueda hacer uso de ella, por supuesto, teniendo conocimientos (básicos) acerca del uso de los computadores y por otro

lado para entender los contenidos deben tener ciertos conocimientos previos relativos a las teorías básicas de control. Por otra parte, esta aplicación también es útil para los profesores o facilitadores de la materia, ya que podrían complementar sus explicaciones haciendo uso de las simulaciones, para su mejor comprensión.

El objetivo que se pretende alcanzar con el desarrollo de este software multimedia es permitir al usuario, alumno por lo general, el aprendizaje de la materia de forma interactiva, utilizando para ello un entorno cómodo y ameno que permita manejar gran cantidad de información visual de una manera ordenada, sin perder de vista el carácter didáctico, de forma que sólo viendo las animaciones y simulaciones e interactuando con ellas pueda hacerse una idea del funcionamiento y aplicación de un determinado esquema de control así como la relación entre las diferentes variables de un proceso.

Para diseñar esta aplicación se analizó el mercado multimedia y más en concreto el dirigido a la formación y la enseñanza. Se optó por el producto ‘Director’ de la compañía Adobe. Se trata de una herramienta perfectamente válida para el desarrollo del multimedia, puesto que dispone de un entorno de trabajo cómodo, un lenguaje de programación de alto nivel orientado a objetos (Lingo) y permite la integración de animaciones, sonidos, textos, gráficos e imágenes en una amplia gama de formatos [1]. Para el desarrollo de las simulaciones se utilizó el programa Flash, también de la compañía Adobe, y para los cálculos en la resolución de problemas se utilizó el entorno de programación Matlab con Simulink.

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

1. Enseñanza Multimedia

El término multimedia resulta familiar y es frecuente encontrar temas sobre la gama de posibilidades que ofrece en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Multimedia es, en esencia, una tendencia de mezclar diferentes tecnologías de difusión de información, impactando varios sentidos a la vez para lograr un efecto mayor en la comprensión del mensaje que se desea transmitir [2]; significa

capacidad para comunicarse en más de una forma a la vez. A pesar de su sencilla definición, la complejidad de este término radica en su laboriosa creación, pues requiere del manejo de diferentes herramientas tanto educativas como tecnológicas que trabajen de forma conjunta.

Una característica en común que indican diferentes autores para considerar una aplicación como multimedia es que ésta integre por lo menos tres de estos cinco tipos de datos: Texto, gráficos, imagen fija, imagen en movimiento (vídeo – animaciones) y audio (música, voz, sonidos, etc.), en un formato que pueda difundirse por computadora u otros medios electrónicos. El multimedia suele presentarse como una tecnología de avance que, propiciado por la evolución y expansión de los medios electrónicos viene a plantear una nueva realidad educativa, en donde el aprendizaje ya no se concentra exclusivamente a clases magistrales en el aula sino que involucra también otros espacios físicos, otros momentos (distintos al estipulado por las horas de clase) y otros medios distintos al pizarrón [3].

Una aplicación de carácter multimedia debe, además de manejar información de varios tipos, generar interactividad con el usuario. No es suficiente con la presentación lineal de la información, especialmente cuando se dispone de gran cantidad de imágenes y sonidos. Es necesario que una aplicación de este tipo capte la atención del usuario dejando que éste interactúe con el sistema, de forma que sea él quien controle el camino y el tipo de información que se presenta. De allí surge el concepto de multimedia interactivo. Se puede definir como aquel en el que vídeo, audio, informática y publicaciones electrónicas convergen para proporcionar un sistema de diálogo en el que la secuenciación y selección de la información de los distintos medios viene determinada por las respuestas o decisiones del usuario. [4]

2. Metodología

La investigación se encuentra enmarcada bajo la modalidad de proyecto factible, siendo una investigación descriptiva cuyo fin es la elaboración de un software multimedia educativo. La metodología empleada para el diseño y desarrollo del involucra nueve (09) fases: Justificar el por qué y

para qué de la elaboración del material, identificar las necesidades de los alumnos, planificar la estructura general del multimedia, planificar y desarrollar los componentes didácticos del software, diseñar el formato de presentación o interfaz gráfica del material, desarrollar cada una de las páginas que configuran el multimedia, comprobar en distintos computadores el material elaborado, realizar una prueba piloto. Con respecto al contenido del software, se utilizó el programa del curso Control de Procesos (vigente para el año 2000), de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo.

3. Software multimedia para el aprendizaje de controladores

El archivo ejecutable denominado “multimedia_PID.exe” contiene la aplicación completa. El mismo no requiere instalación ni solicita ningún software adicional para su ejecución. Este puede ser almacenado en un disco compacto (CD-ROM) o similar que posea una capacidad de al menos 50 Mb de almacenamiento. Al insertarlo en la unidad lectora correspondiente el programa se ejecutará automáticamente.

El software multimedia fue desarrollado usando Macromedia Director 7.x ®, programa orientado a los gráficos. Está dirigido a diseñadores especializados en el sector de animaciones y dibujantes. El programa se basa en los principios que rigen el mundo cinematográfico y la animación. La terminología que se utiliza asemeja el mundo de la puesta en escena. A los archivos se les refiere como películas o «movies». La ventana donde se muestra la animación o la aplicación interactiva es el «stage». Los elementos que se generan a través de los scripts son los «sprite». Los recursos con los que trabaja el programa son los «cast members». Las posiciones y los movimientos de los elementos animados por el escenario vienen determinados por el «score». Director también posee un lenguaje de programación orientado a objetos llamado Lingo, el cual espera que se produzca un evento (determinada por programa pero efectuada por usuario), para que se active un comando, produciéndose

una respuesta. Los programas en Lingo tienen siempre la misma estructura: Acción, Respuesta, Fin de acción. [5]

En cuanto a las animaciones, se apoyan en el programa Macromedia Flash 5.0 ®, el cual es un programa para crear animaciones interactivas que pueden ser escalables en páginas Web. Se pueden crear logotipos animados, controles de navegación de sitios Web, animaciones de gran formato o sitios Web completos. Adicionalmente, permite una interacción entre el usuario y la animación, pudiendo programar una respuesta sobre la base de una acción ocurrida.

Para las simulaciones de los procesos, generación de gráficas de respuestas de los sistemas y demás operaciones matemáticas empleó el lenguaje de programación MATLAB 5.0 ® (MATrix LABoratory), el cual es un sistema interactivo y un lenguaje de programación que integra cálculos matemáticos y visualización que proporciona un ambiente flexible para los cálculos técnicos.

Los contenidos cubren los principales conceptos y procedimientos de la teoría básica del control de procesos. La información se organiza de manera jerarquizada, según el orden de importancia y la secuencia del contenido programático de la materia control de procesos, aprovechando las ventajas organizativas de los hiperenlaces, manteniendo un formato común que se ha cuidado para que resulte de lectura agradable y la búsqueda de los temas sea simple (Ver Figura 1). Se integran elementos de navegación para facilitar la secuencia recomendada. En la mayoría de los temas se incluyen animaciones interactivas como refuerzo de las explicaciones teóricas, como por ejemplo: mediante una animación se puede hacer el seguimiento del cambio de las variables más importantes de un determinado proceso ante un cambio en una entrada o ante una perturbación externa; se puede observar la reacción de un proceso según la configuración del controlador PID en su forma P, PI, PD, PID, entre otros.

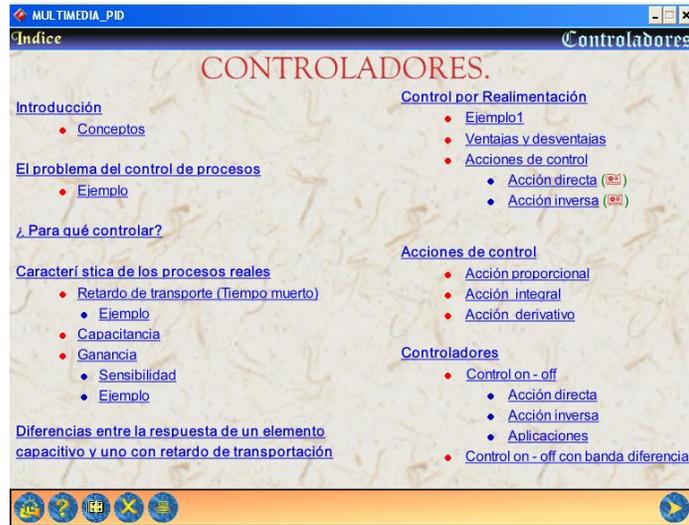


Figura 1. Página 1 del índice de Multimedia_PID para el módulo de controladores.

El software se divide en dos temas o módulos principales: Controladores y Entonamiento de Controladores.

Cada módulo a su vez se subdivide en varios capítulos según se relaciona a continuación:

Módulo 1: Controladores

1. Fundamentos teóricos del control de procesos
2. Control por realimentación
3. Acción inversa y directa de los controladores
4. Modos de control
5. El controlador. Definición y tipos de control. Características
6. Reset wind up
7. Filtros
8. Características más resaltantes de los lazos de control

Módulo 2: Entonamiento de Controladores

1. Entonamiento de controladores PID
2. Definición de un buen control
3. Caracterización de un proceso
4. Cálculo de t_o y δ en una relación de amortiguamiento de $\frac{1}{4}$ en lazo abierto
5. Procedimiento para el entonamiento de un controlador
6. Criterios de ajuste de los controladores: Relación de amortiguamiento de $\frac{1}{4}$, Método de lazo abierto de Ziegler & Nichols para procesos no autorregulables, Método de lazo abierto de Cohen & Coon para procesos autorregulables, entre otros.

7. Fijación de la constante de tiempo del proceso
8. Criterio de la integral

Los contenidos de estos temas han sido cuidadosamente seleccionados de las bibliografías más especializadas [6 al 9] para luego ser estudiados, interpretados y plasmados en Multimedia_PID de una forma clara y sencilla. Es de hacer notar que Multimedia_PID fue sometido a revisión por parte de expertos en la materia. A continuación se muestra un extracto de los contenidos plasmados en el módulo 1 y 2 de Multimedia_PID.

Módulo 1: Controladores

El objetivo de cualquier estrategia de control es mantener la variable llamada controlada muy cercana a un valor deseado conocido como punto de ajuste o “set-point”. Esto se logra a través de la aplicación de la estrategia de control más adecuada según el proceso. Multimedia_PID, describe inicialmente la importancia del control de procesos, las características más resaltantes del control, los tipos de control, las acciones directa e inversa de los controladores y las acciones clásicas de control, entre otros. En la figura 2 se puede observar una de las páginas que describen las características del control de tres posiciones, tanto para la acción directa como para la acción inversa del mismo así como el diagrama de bloques y explicación del control PID estándar.

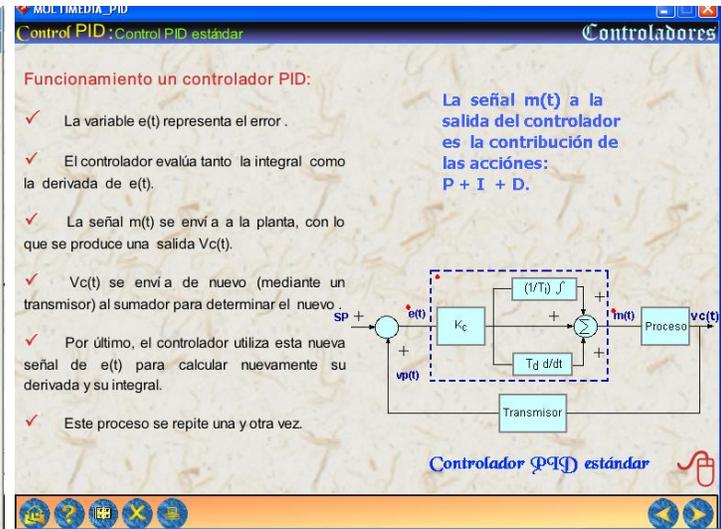
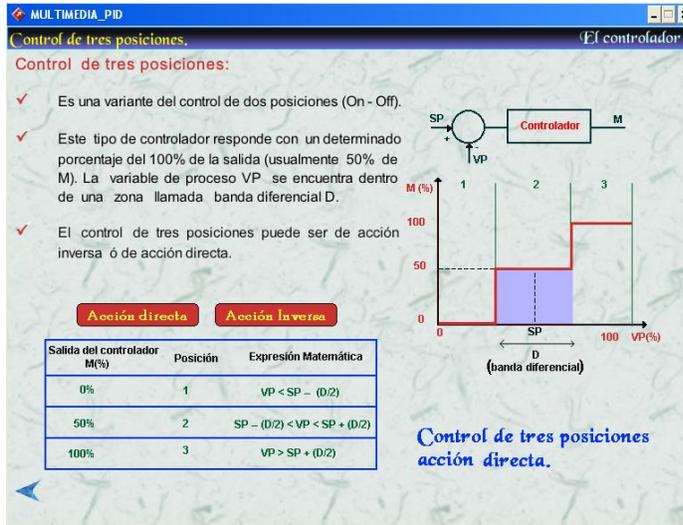


Figura 2. Acción directa del controlador de tres posiciones (Izquierda) y Control PID (Derecha)

Al detallar cada acción de control, se resumen las características más importantes de los controladores y posteriormente se presenta un resumen de las respuestas de los modos de control $m(t)$ ante entradas $e(t)$ tipo escalón, pulso o rampa (ver figura 3).

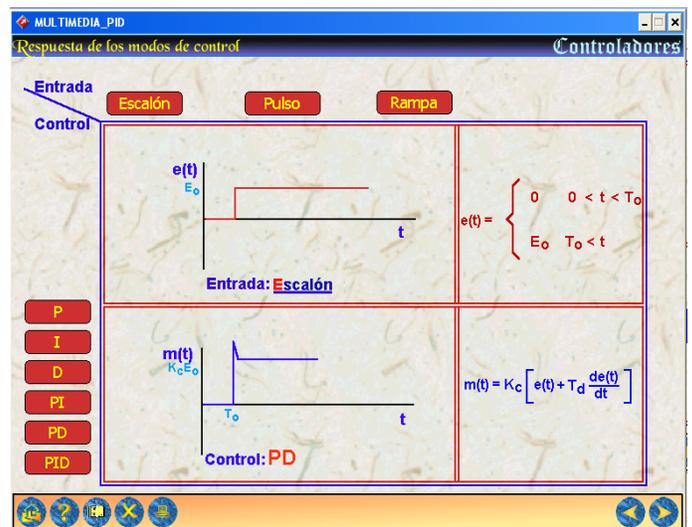
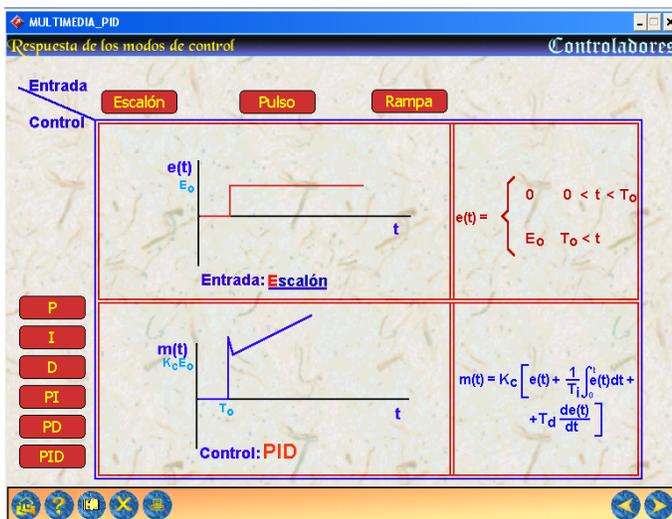


Figura 3. Escenario interactivo que muestra las respuestas a los diferentes modos de control.

Módulo 2: Entonamiento de Controladores

Ajustar o entonar un controlador significa asignar valores precisos a sus parámetros con el fin obtener la respuesta deseada del lazo cerrado; este ajuste también depende de las características dinámicas de los otros elementos del circuito de control y del proceso.

Un controlador se puede entonar midiendo ciertas características del lazo de control. Las técnicas usadas para estas mediciones iniciales son determinantes ya que son las bases para el posterior entonamiento del controlador.

El principio básico del entonamiento es fijar el tiempo y cantidad de parámetros en el controlador de manera que se acoplen con el tiempo y cantidad de parámetros del proceso, con esto se logra un buen control.

Uno de los modelos más usado para caracterizar un proceso es el de primer orden más tiempo muerto:

$$G(s) = \frac{Ke^{-T_0s}}{\tau s + 1} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde: T_0 = Tiempo muerto.

K = Ganancia del proceso. (Incluye el comportamiento dinámico de la
Válvula y del sensor / transmisor).

τ = Constante de tiempo del proceso.

Los métodos que se explican para entonar un controlador están basados en este modelo de primer orden del proceso. La dificultad consiste en obtener los valores de éstos parámetros para un determinado proceso.

Los parámetros para un proceso en particular se consiguen a través de pruebas dinámicas en el sistema real o mediante simulación en computadora. El tiempo muerto T_O y la constante de tiempo τ se pueden encontrar al menos mediante tres métodos, de los cuales resultan diferentes valores. La respuesta obtenida con cada uno de los métodos, debe coincidir con la curva de reacción del proceso en régimen permanente. A continuación, en las figuras 4^a, 4b y 4c, se observa un ejemplo de cálculo de T_O y τ en una relación de amortiguamiento de $1/4$ en un sistema de lazo abierto.

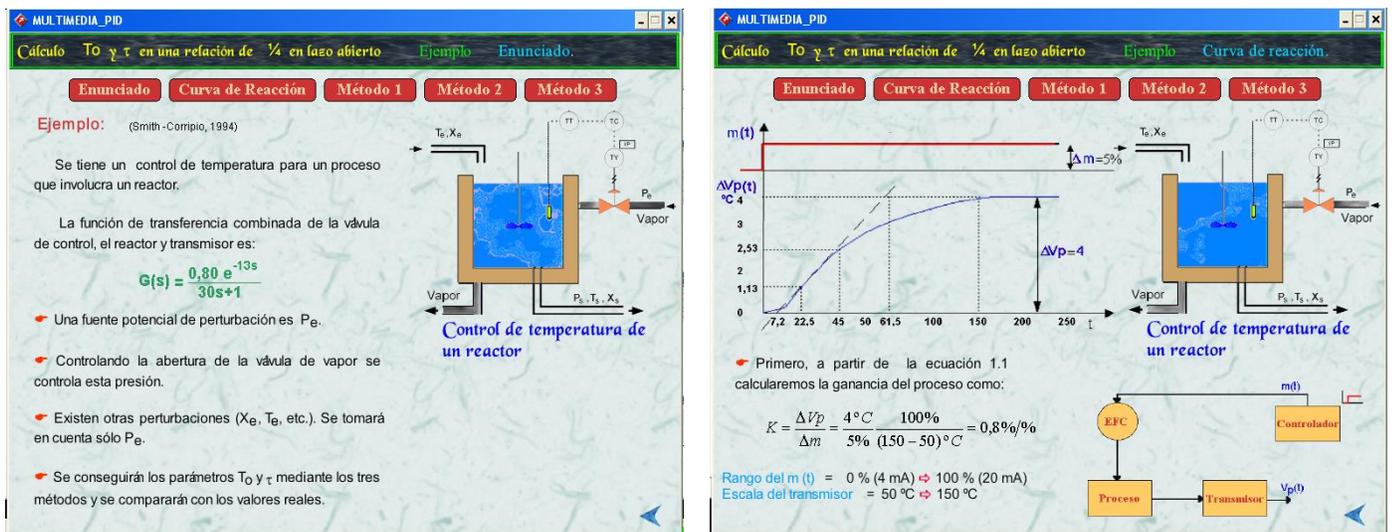


Figura 4.a. Ejemplo de cálculo de T_O y τ en una relación de amortiguamiento de $1/4$ para un sistema de lazo abierto. Planteamiento (Izquierda) y curva de reacción del proceso (Derecha).

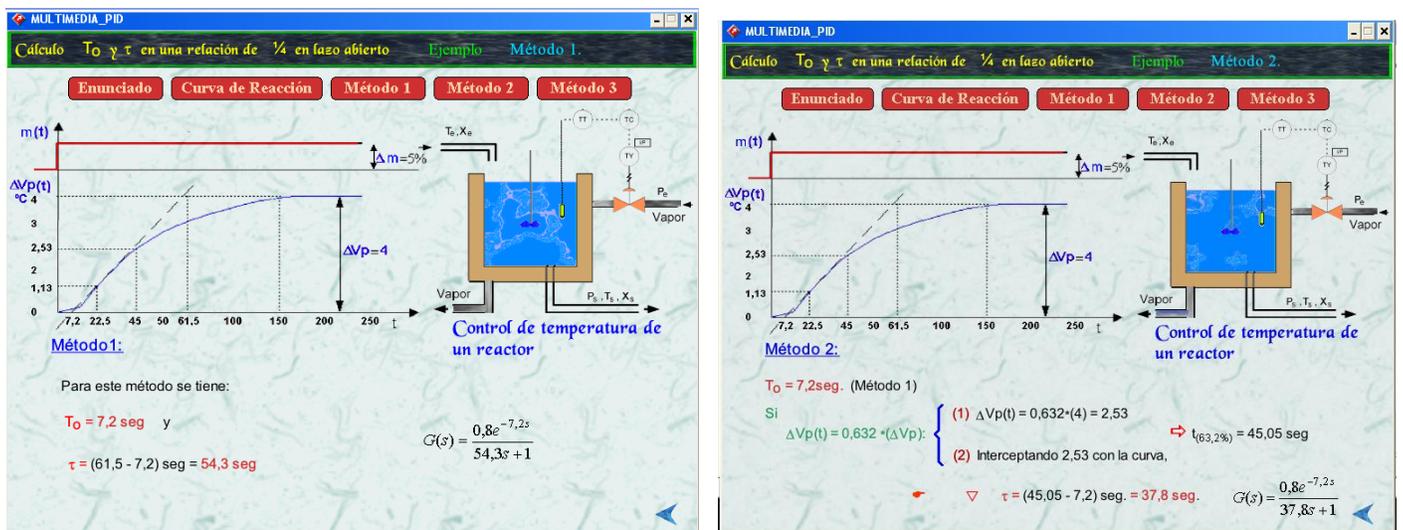


Figura 4.b. Ejemplo de cálculo de T_O y τ en una relación de amortiguamiento de $1/4$ para un sistema de lazo abierto. Método 2 (Izquierda) y Método 3 (Derecha).

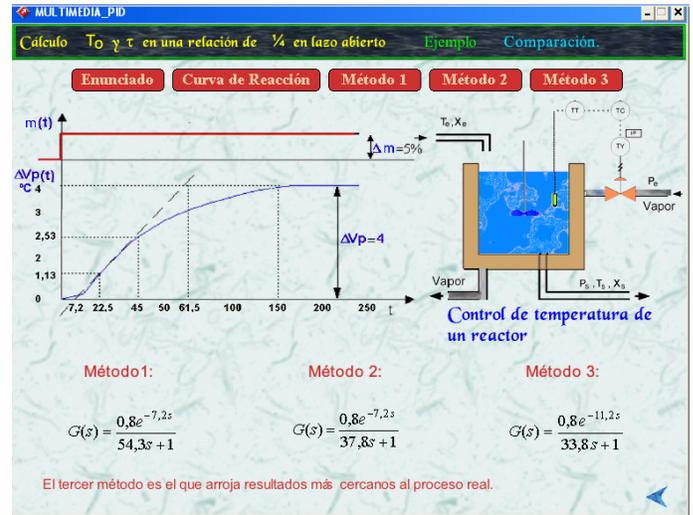
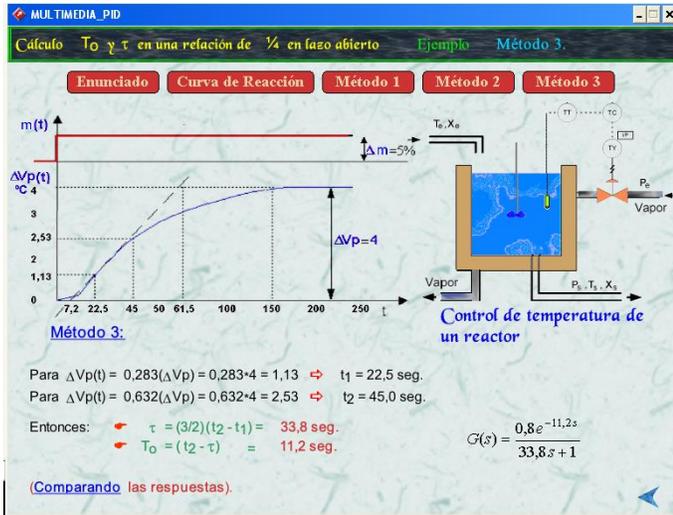
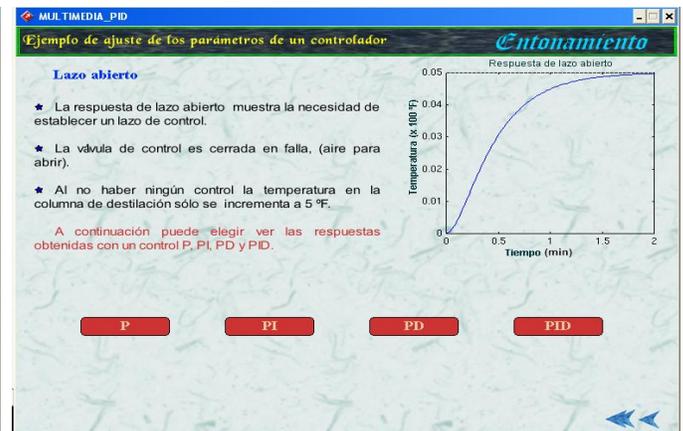
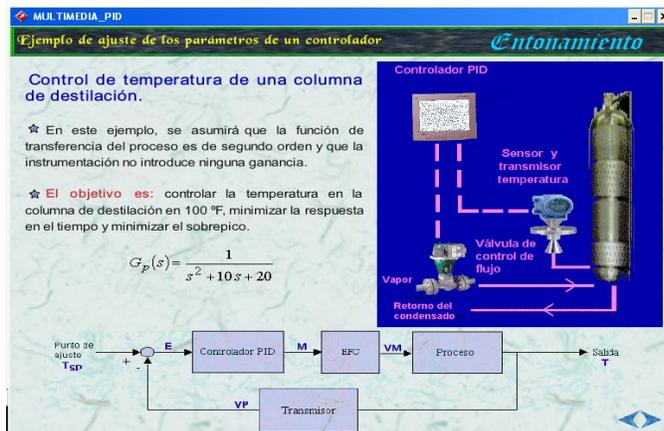


Figura 4.c. Ejemplo de cálculo de T_0 y τ en una relación de amortiguamiento de 1/4 para un sistema de lazo abierto. Método 3 (Izq.) y comparación de las respuestas de los tres métodos utilizados (Dcha).

Al obtener el modelo del proceso, se procede a efectuar el cálculo de los parámetros del controlador. En general, el procedimiento para entonar un controlador debe seguir los siguientes pasos:

1. Obtener los parámetros (K , T_i , y T_d) mediante alguno de los métodos que se explicarán posteriormente.
2. Comprobar si los valores obtenidos se pueden aplicar.
3. Recalcular los parámetros en caso de haber resultado no aplicables.
4. Introducir los parámetros al controlador (ajustarlo).

En el siguiente ejemplo (Ver figura 5) se busca controlar la temperatura en la columna de destilación en 100 °F, minimizar la respuesta en el tiempo el sobrepico.



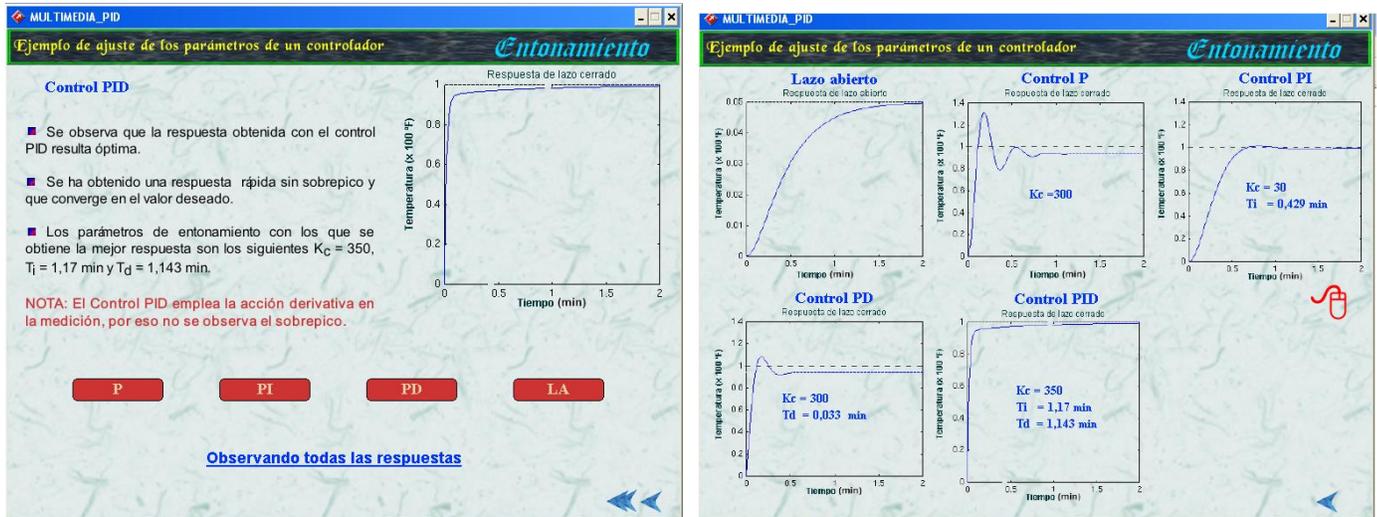


Figura 5. Ejemplo de ajuste de los parámetros K_c , T_i y T_d para un proceso de control de temperatura en una columna de destilación

Se observará cómo reacciona el proceso ante distintas estrategias de control. Con esto se pretende mostrar que no es suficiente el realizar un buen ajuste sino también se debe emplear el controlador con el modo de control adecuado.

Se observa que la respuesta obtenida con el control PID resulta óptima. Se ha obtenido una respuesta rápida sin sobrepico y que converge en el valor deseado (100 °F). Los parámetros de entonamiento con los que se obtiene la mejor respuesta son los siguientes $K_c = 350$, $T_i = 1,17$ min. y $T_d = 1,143$ min.

Multimedia PID cuenta además con un conjunto de ejercicios resueltos y problemas propuestos para la fase de autoevaluación. En la figura 6 se puede observar el enunciado de dos problemas y las casillas correspondientes para selección del resultado para cada uno. Una vez seleccionada la respuesta se activa el botón de respuesta respectivo y aparecerá a continuación si la opción seleccionada es correcta o no. Adicionalmente aparece el procedimiento o explicación de la resolución del problema y para motivar al usuario, en el caso de haber acertado, se emite un sonido agradable que se relaciona con el éxito en la respuesta.

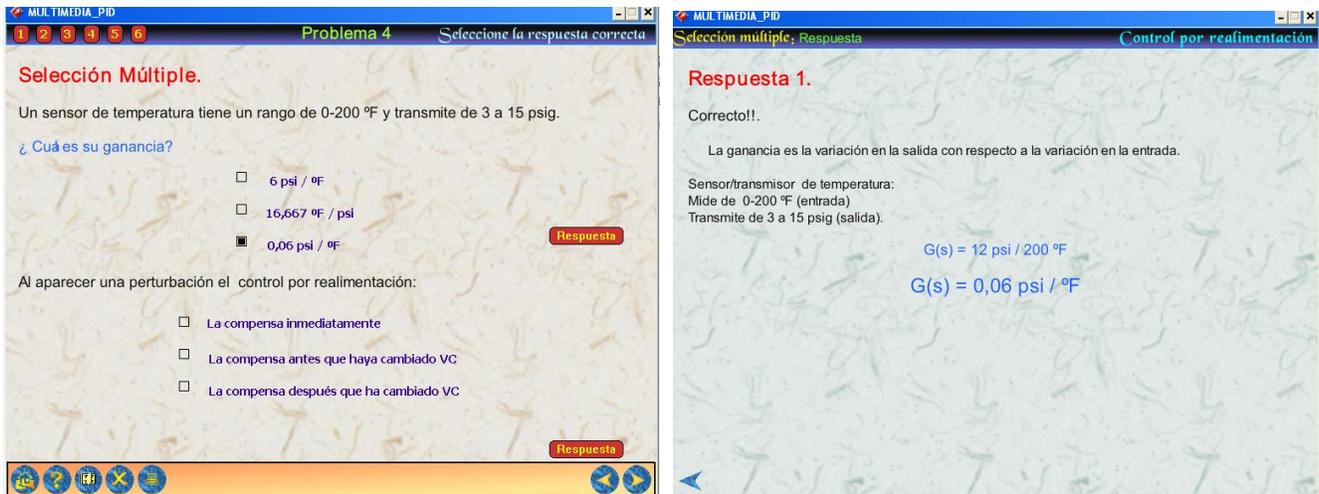


Figura 6. Escenario interactivo que muestra problemas de selección múltiple (Izquierda) y sus respuestas(derecha).

Beneficios del Software

Mediante el presente software multimedia se contribuye a generar un progreso individual del usuario debido a que el aprendizaje puede ser continuo, eficiente y de calidad elevada. Puede ser independiente del tiempo y el espacio. Permite la conexión intertextual ya que entre cada segmento de material existen enlaces o conexiones que pueden ser recorridas voluntariamente, esto posibilita la flexibilidad de uso. Además de flexible es interactivo con el usuario, ya que permite secuencias variadas de estudio y diversas alternativas de trabajo. Fomenta la iniciativa y el autoaprendizaje y Potencia el desarrollo cognitivo.

CONCLUSIONES

El software multimedia diseñado, llamado Multimedia PID, es una herramienta didáctica que busca servir como apoyo al docente durante las clases de la teoría del control de procesos, puede permitir al alumno utilizar un entorno ameno y amigable para facilitar el aprendizaje de la materia,

además de ayudar a aprovechar al máximo el tiempo de estudio y tener en un solo dispositivo de almacenamiento de información digital (CD-ROM, DVD o Pendrive), la información necesaria para el seguimiento de los contenidos programáticos.

Multimedia PID además puede favorecer los procesos de enseñanza y aprendizaje al aplicarlo tanto en entornos grupales como individuales, ayudando a proporcionar información adicional a la vista en clase, avivar el interés en la materia, mantener una continua actividad intelectual, orientar aprendizajes, proponer aprendizajes a partir de los errores, facilitar la evaluación y el control, entre otros aportes. Cabe resaltar que los productos multimedia, sin ser sustitutos de los medios tradicionales en lo que a enseñanza se refiere, pueden tener un lugar importante en los programas educativos que existen.

El Software educativo diseñado muestra los aspectos más importantes del Control Automático de Procesos, específicamente acerca de los controladores y sus criterios de ajuste, planteando los contenidos teóricos de una forma pedagógica que con seguridad será un apoyo para los estudiantes y profesores de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo. Se pueden encontrar en él, algunas aplicaciones para sistemas de control de primer y segundo orden, así cómo observar, entre otras cosas, los cambios que se producen al introducir diferentes perturbaciones (escalón, rampa, pulso).

La conjunción de los programas multimedia Director® con Lingo, de animaciones Flash® y de cálculo MatLab® permitieron el desarrollo de la herramienta de apoyo para la enseñanza del Control de Procesos.

REFERENCIAS

- [1] Daniel, De-León Luz. *Director 7.x / Lingo*. Editorial Mc Graw Hill, Madrid (2000).
- [2] Salinas J. (1996). *Multimedia en los procesos de enseñanza - aprendizaje: Elementos de discusión*. Ponencia en el Encuentro de Computación Educativa. Santiago de Chile, 2-4 mayo. <http://tecnologiaedu.us.es/nweb/htm/pdf/gte20.pdf>

- [3] Gallego, A y Martínez, E. *Estilos de Aprendizaje y E-Learning. Hacia un Mayor Rendimiento Académico*. Publicación en línea. Murcia (España). Núm. 7.- 15 de Febrero de 2003. <http://www.um.es/ead/red/7/estilos.pdf>
- [4] N. G. Hernández; O. Socorro (2008). *Software Multimedia Para El Aprendizaje De Electrónica Digital*. Ponencia en el congreso. Universidad de las Palmas de Gran Canarias. España, 3 de julio de 2008. <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=taee:congreso-2008-1096&dsID=SD106.pdf>
- [5] Burgos, D. *Director 7.x/Lingo práctico. Guía de aprendizaje*. Primera Edición en español. McGraw-Hill. España, 2000.
- [6] Smith, C; Corripio, A. *Control Automático de Procesos*. Noriega Editores. México, 1994.
- [7] Shinskey, F. *Process Control Systems. Application, Designing and Tuning*. Tercera Edición. McGraw-Hill. Estados Unidos de América, 1988.
- [8] Stephanopoulos, G. *Chemical Process Control. An Introduction to Theory and Practice*. P.T.R. Prentice Hall, Estados Unidos de América, 1984.
- [9] Gutiérrez, L. *Apuntes de clases: Control de Procesos*. Universidad de Carabobo. 1999.