

ENSEÑANZA DEL CONTROL AUTOMÁTICO EN ENTORNOS VIRTUALES

CARLOS SIERRA LOPERA

ALVARO TORRES MACHUCA



FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERÍA ELECTRICA

Cartagena de Indias, D. T. y C. Noviembre de 2006

ENSEÑANZA DEL CONTROL AUTOMÁTICO EN ENTORNOS VIRTUALES

CARLOS SIERRA LOPERA

ALVARO TORRES MACHUCA

Director

MSc. OSCAR SEGUNDO ACUÑA CAMACHO



FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERÍA ELECTRICA

Cartagena de Indias, D. T. y C. Noviembre de 2006

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	7
CAPITULO I. FUNDAMENTOS DE LA ENSEÑANZA VIRTUAL	9
1.1 DEFINICIÓN DE ENSEÑANZA VIRTUAL Y PRINCIPIOS BÁSICOS	9
1.2 EL MODELO EDUCATIVO VIRTUAL	11
1.3 LAS INTERACCIONES EN EL ENTORNO VIRTUAL Y LAS HERRAMIENTAS DE COMUNICACIÓN	16
1.4 EVOLUCIÓN DE LA ENSEÑANZA VIRTUAL	17
1.5 VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL USO DE INTERNET	19
1.6 VENTAJAS DE LA ENSEÑANZA VIRTUAL SOBRE LA ENSEÑANZA A DISTANCIA TRADICIONAL	21
1.7 PLATAFORMAS DE TELEFORMACIÓN	23
CAPITULO 2. ANALISIS DE ALGUNOS CURSOS VIRTUALES DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICO	25
2.1 CONTROL SYSTEM DESIGN	25
2.1.1 Amigabilidad e interactividad.	26
2.1.2 Ventajas.	26
2.1.3 Desventajas.	26
2.1.4 Simulaciones.	26
2.2 APPLLET APLICADOS A PROCESOS DE CONTROL	40
2.2.1 AMIGABILIDAD E INTERACTIVIDAD	41
2.2.2 VENTAJAS	41
2.2.3 DESVENTAJAS.....	41
2.2.4 SIMULACIONES.....	41
2.2.4.1 Introduction to Process Control:	42
2.2.4.2 Medición de caudal, Presión diferencial.....	42
2.2.4.3 Understand the Actuador Control Valve	43
2.2.4.4 Process Control Strategy: Feed Forward and Cascade Control: ...	44
2.2.4.5 Open-Loop Response in Time and Frequency Domain:	45
2.2.4.6. Effect of Poles/Zeros Location on Open-Loop Response:	46
2.2.4.7. PID Controller Tuning Using various method:	47
2.2.4.8 Closed-Loop PID Response and Stability:	47
2.2.4.9 Multi-Loop Distillation Column Control:	48
2.2.4.10 MPC Distillation Column Control:	49
2.3 PENDULO ESFERICO	50

2.3.1 AMIGABILIDAD E INTERACTIVIDAD	51
2.3.2 VENTAJAS	51
2.3.3 DESVENTAJAS	51
2.3.4 SIMULACIÓN:	51
2.4 CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LABORATORIOS DE INGENIERIA	52
2.4.1 AMIGABILIDAD E INTERACTIVIDAD	53
2.4.2 VENTAJAS	53
2.4.3 DESVENTAJAS	53
2.4.4 SIMULACIÓN	53
2.5 TELELABORATOIRO DE CONTROL AUTOMATICO	54
2.5.1 AMIGABILIDAD E INTERACTIVIDAD.....	54
2.5.2 VENTAJAS.....	54
2.5.3 DESVENTAJAS	55
2.5.4 SIMULACIÓN	55
2.6 CONTROL FUZZY DE UN PENDULO.....	56
2.6.1 AMIGABILIDAD E INTERACTIVIDAD	56
2.6.1 AMIGABILIDAD E INTERACTIVIDAD	57
2.6.2 VENTAJAS	57
2.6.3 DESVENTAJAS	57
2.6.4 SIMULACIÓN	57
CONCLUSIONES.....	58
BIBLIOGRAFIA	60

LISTADO DE FIGURAS

Fig. 2.1. Página principal de diseños de sistemas de control	25
Fig. 2.2. Menú de la página de diseños de sistemas de control	26
Fig. 2.3. Gráfica del ejemplo de simulación	27
Fig. 2.4. Variables y datos del polinomio	28
Fig. 2.5. Valores reales y calculados del modelo	28
Fig. 2.6. Parámetros del controlador	29
Fig. 2.7. Gráfico de la simulación	30
Fig. 2.8. Valores de los parámetros del sistema	30
Fig. 2.9. Perturbaciones sinusoidales del sistema	31
Fig. 2.10. Dos tanques en paralelo.	32
Fig. 2.11. Salidas ante una entrada escalón.	33
Fig. 2.12. Resultados de la animación en Java.	34
Fig. 2.13. Efectos sobre los niveles de saturación de las válvulas.	35
Fig. 2.14. Columna de destilación.	36
Fig. 2.15. Mímico de la columna de destilación.	36
Fig. 2.16. Reactor agitado tipo tanque.	37
Fig. 2.17. Variaciones del PH.	38
Fig. 2.18. Variaciones ante una entrada constante.	38
Fig. 2.19. Tres tanques en cascada.	39
Fig. 2.20. Resultados de la simulación	40
Fig. 2.21. Applets aplicados al control de procesos.	40
Fig. 2.22. Pantalla del sistema a controlar.	42
Fig. 2.23. Instalación de un sensor en la celda.	43
Fig. 2.24. Sistema y variables del proceso.	44
Fig. 2.25. Estrategias de control para un tanque enchaquetado.	45
Fig. 2.26. Respuestas del proceso.	46
Fig. 2.27. Respuesta normalizada del sistema	47

Fig. 2.28. Respuestas del sistema en lazo cerrado. _____	48
Fig. 2.29. Control de una columna de destilación. _____	49
Fig 2.30. Control MPC de una columna de destilación. _____	50
Fig. 2.31. Sistema de un péndulo esférico. _____	50
Fig. 2.32. Animación del péndulo. _____	52
Fig. 2.33. Menú de sistemas de control de procesos dinámicos _____	52
Fig. 2.34. Página principal de un laboratorio teleoperado _____	54
Fig. 2.35. Página principal y prototipo del péndulo _____	56

INTRODUCCION

Dada la naturaleza evolutiva de la Universidad Tecnológica de Bolívar, es conocida su especial dedicación a la investigación y al desarrollo tecnológico. De la misma forma, es su compromiso estar a la vanguardia de las últimas innovaciones científico-técnicas del momento. A esta tradición se une en la actualidad una frecuente demanda e interés en mejores y más flexibles procesos de enseñanza.

La informatización es un fenómeno mundial que apoya al hombre en áreas como organización de datos y análisis de información y que podemos observar, por ejemplo, en los servicios administrativos (matriculas, tesorería), servicios de apoyo a la investigación (bibliotecas, laboratorios, etc.), hasta llegar con más auge en estos momentos a la propia enseñanza (enseñanza virtual, tutorías por red, cursos semi-presenciales, etc.).

La informatización de la universidad, con la creación de espacios y servicios virtuales a través de la red, pretende mejorar y optimizar el conjunto de sus actividades y funciones. Este enfoque necesita diferenciarse de la Universidad Virtual, en la que todos los espacios y comunicaciones entre seres humanos y la información que se brinde están exclusivamente y necesariamente mediados por las redes y los ordenadores.

El objetivo que se pretende con el uso de los recursos informáticos y las redes en la UTB, no es sólo desarrollar una enseñanza a distancia, una enseñanza virtual, sino, y además, una docencia que utiliza las posibilidades de los recursos tecnológicos, especialmente las ofrecidas por las redes con sus rupturas del espacio y el tiempo, para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje presenciales.

Este trabajo presenta una revisión bibliográfica sobre algunos elementos que se incorporan en la utilización de las nuevas tecnologías de la información. Además hace un análisis de algunos entornos virtuales en el área del control automático que se utilizan como apoyo a los procesos de enseñanza. De este análisis se presentan principalmente algunos criterios que permiten visualizar las ventajas y desventajas de estos entornos.

CAPITULO I. FUNDAMENTOS DE LA ENSEÑANZA VIRTUAL

En este capítulo se describen los elementos que fundamentan la enseñanza virtual y se presentan ejemplos de algunos apoyos utilizados.

1.1 DEFINICIÓN DE ENSEÑANZA VIRTUAL Y PRINCIPIOS BÁSICOS

Existen muchas definiciones del término *Enseñanza Virtual*. Una de ellas podría ser “proceso de enseñanza a distancia (no presencial) basado en una plataforma de aprendizaje virtual cooperativa y rica en recursos didácticos, y en un nuevo modelo educativo centrado en el alumno”¹. De este modo la enseñanza virtual es un proceso educativo que se estructura en torno a una red de telecomunicaciones y constituye una alternativa a la educación a distancia tradicional basada en el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)².

Siguiendo con las definiciones, los términos *Aula Virtual*, *Campus Virtual* o *Universidad Virtual* no son más que “una metáfora para Teleformación, el aprendizaje y el entorno de investigación resultante de la convergencia de las

¹ De Internet: eLearning: Designing Tomorrow's Education. URL: http://europa.eu.int/comm/education/programmes/elearning/doc_en.html

² TIC, Tecnologías de la Información y la Comunicación.

TIC”³. Podemos entender el Aula Virtual como el entorno de aprendizaje que asume las funciones de contexto de aprendizaje que el aula desarrolla en el entorno presencial, sin que se produzca una coincidencia entre estudiante y profesor ni en el espacio ni en el tiempo.

Hay unas características que se sustentan en algunos de los elementos más definitorios de Internet como sistema de comunicación:

- La comunicación es masiva –puede llegar a muchos- pero al mismo tiempo siempre es comunicación uno a uno (emisor y receptor). En la práctica, es como si se dictara una lección o un ejercicio para cada alumno. Es un canal omnifuncional capaz de desempeñar funciones “conectoras” (de uno a uno), “distribuidoras” (de uno a muchos) y “colectoras” (de muchos a uno).
- Es un canal personalizable. Permite adaptar los contenidos y recursos a los usuarios.
- Sitúa al receptor en una posición activa, de modo que la vieja práctica de ir a clase para dejar que otro hable y pase el tiempo no tiene cabida.
- Es bidireccional e interactivo (con los contenidos, el profesor y el resto de los estudiantes). Desde la perspectiva didáctica, es evidente que no es lo mismo estudiar leyendo un libro de texto, que induce al alumno a una

³ Van Dusen, G.C., *The Virtual Campus: technology and Reform in Higher Education*, ASHE-ERIC Higher Education Report, vol. 25, no. 5, 1999.

actitud puramente pasiva, que estudiar con un ordenador por medio de un software interactivo que establece un verdadero diálogo entre el alumno y el programa educativo. Para el sistema de enseñanza este aspecto supone un gran avance hacia el autoaprendizaje. Debemos recordar también que todo proceso de aprendizaje es, ante todo, interactivo.

- Es un canal de potencia y alcance casi ilimitados.
- Es un canal multimedia, ya que puede soportar el tráfico de todos los medios y en distintos formatos.

1.2 EL MODELO EDUCATIVO VIRTUAL

Lo indicado en la sección anterior no debe inducir a un error muy común en la enseñanza virtual, consistente en el hecho de pensar que lo fundamental en esta área es la tecnología. Esta afirmación es totalmente incorrecta, puesto que la tecnología no debe ser más que una herramienta para conseguir el fin último, el aprendizaje del alumno. Por tanto, la enseñanza virtual requiere de un cambio en el modelo educativo clásico que tenga en cuenta el nuevo entorno, no presencial y basado en las TIC, de aprendizaje en el que se encuentran profesor y alumno y que permita aprovecharlo de la mejor forma posible.

Así, la enseñanza virtual tiene asociado un modelo educativo propio, con varios cambios destacados con respecto al modelo clásico de aprendizaje presencial.

Los aspectos del proceso educativo que se han visto más directamente afectados por la utilización de los medios digitales son: la presentación de la información del profesor a los alumnos, el material de estudio y consulta, la interacción profesor-alumno, y el propio proceso de aprendizaje y autoevaluación del alumno⁵.

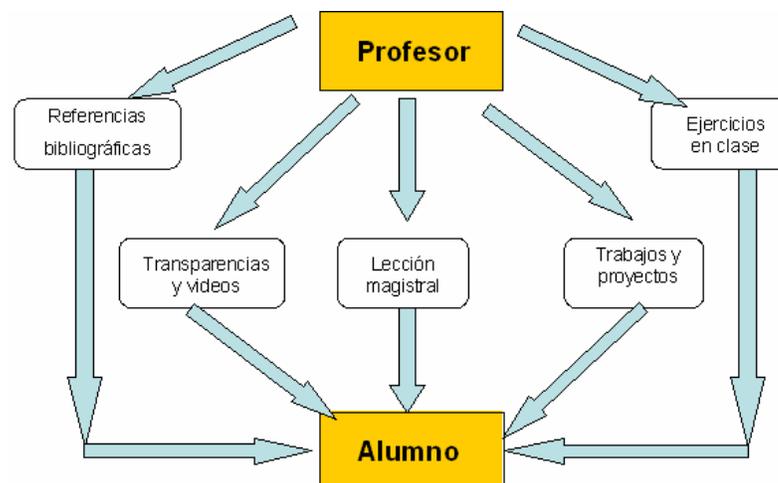


Fig. 1. Modelo de aprendizaje clásico centrado en el profesor

La habitual enseñanza presencial, centrada en muchos casos en la lección magistral en la que el profesor tiene el papel principal (ver figura 1), se transforma en un modelo de enseñanza virtual no presencial, en el cual es el alumno el

⁵ Del artículo: *Enseñanza Virtual: Fundamentos y Perspectivas Actuales*. Cordón Oscar Y Anaya Karina. Centro de Enseñanzas Virtuales de la Universidad de Granada. Enero de 2004.

elemento más activo en el proceso de aprendizaje (Figura 2⁶). Todos los elementos que forman parte del modelo pedagógico virtual se ponen a disposición del estudiante para que pueda gestionar su propio proceso formativo.

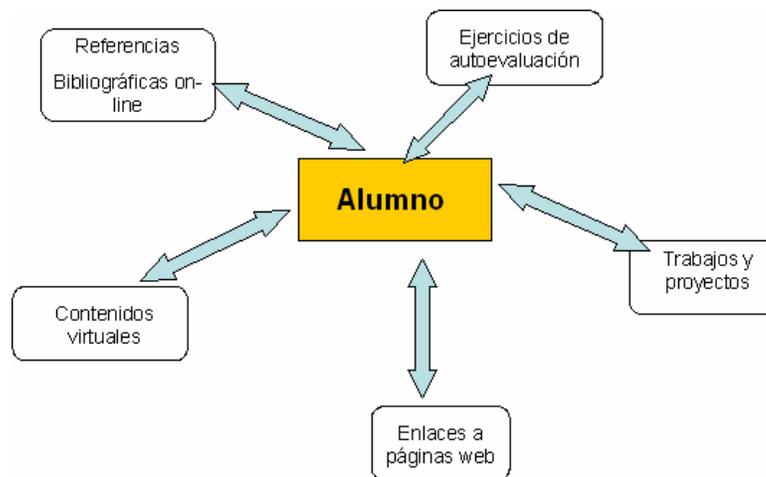


Fig. 2. Nuevo modelo de aprendizaje virtual centrado en el alumno

Para optimizar este modelo hay que tener en cuenta dos aspectos cruciales: la calidad pedagógica (de los materiales virtuales diseñados y de la metodología docente empleada) y el énfasis en el apoyo personalizado. En consecuencia, dicho modelo se sustenta en dos pilares básicos:

- 1) Una *vertiente tecnológica*, basada en el uso de las redes telemáticas y las TIC en la creación de contenidos digitales multimedia que sean atractivos y

⁶ Nótese que en esta figura se ha excluido la figura del profesor que, obviamente está presente en el proceso de aprendizaje al ser encargado de generar los contenidos didácticos y de guiar al alumno en su proceso de aprendizaje, con objeto de destacar aún más la posición central del alumno en el proceso.

fácilmente accesibles desde navegadores web. La implantación de la enseñanza virtual de asignaturas y titulaciones, parte de la necesidad de virtualizar los contenidos didácticos. Se debe tender hacia un material didáctico digital y accesible desde cualquier navegador web estándar que integre los elementos básicos de un proceso de autoaprendizaje: introducciones, objetivos, contenidos, actividades, ejercicios de autoevaluación, glosarios, etc. Además, es fundamental que estos materiales estén bien estructurados desde un punto de vista pedagógico, proceso denominado Diseño Instructivo⁷.

Por otro lado, es importante aprovechar la potencialidad de Internet como canal de comunicación en el diseño de los contenidos. Sus características de interactividad, naturaleza multimedia, acceso global y acceso a la información actualizada en tiempo real son muy adecuadas para la elaboración y/o selección de recursos educativos adicionales en línea.

- 2) Una *vertiente didáctica*, que permita al docente estructurar adecuadamente estos materiales mediante las metodologías del diseño instructivo y guiar de un modo adecuado el proceso de autoaprendizaje realizado por el alumno,

⁷ Moreno, F., Ballery, ., *The Virtual university and the Internet*, Proceedings International Conference on Advances in Infrastructure for Electronics Bussiness, Science, and education on the Internet (SSGRR), 2004.

haciendo énfasis en el apoyo personalizado, y empleando para ello las técnicas, herramientas y recursos disponibles:

- Motivación al alumnado con las herramientas existentes: foros de discusión, chat y listas de distribución.
- Tutorías virtuales para la resolución de dudas y el asesoramiento: correo electrónico, chat y pizarras virtuales.
- Fomento del trabajo en grupo mediante herramientas de comunicación, lo cual constituye una de las principales diferencias de la enseñanza virtual con respecto a la enseñanza a distancia tradicional.

De este modo, en el modelo docente virtual, el profesor abandona el clásico papel de instructor directo y pasa a constituirse en facilitador del aprendizaje, en el sentido de que ofrece al estudiante herramientas y pistas que le ayuden a desarrollar su propio proceso de aprendizaje, a la vez que atiende sus dudas y necesidades.

Se convierte así en la figura del *tutor*, cuya labor es evitar la desmotivación y el abandono del estudiante en su proceso autoformativo. Las cuatro labores del tutor

comprenden⁸: tareas de orientación, motivación y seguimiento (empleando las herramientas disponibles: foros de discusión, chat y listas de distribución); tareas de resolución de dudas (tutorías virtuales mediante correo electrónico, chat y pizarras virtuales), tareas de evaluación continua y tareas de definición del plan docente, en cooperación con el coordinador/consultor, profesor responsable de la asignatura. Además es el encargado de fomentar el trabajo en grupo.

Por otro lado, el otro rol que puede jugar el profesor del modelo educativo clásico es el *autor de contenidos*, al ser encargado de proporcionar los contenidos de los que se compondrá el curso virtual: materiales didácticos, procesos de evaluación y autoevaluación del alumnado, bibliografía empleada (preferentemente en formato electrónico) y todos los recursos relacionados con el curso que puedan encontrarse en la web.

1.3 LAS INTERACCIONES EN EL ENTORNO VIRTUAL Y LAS HERRAMIENTAS DE COMUNICACIÓN.

En la sección anterior, se describieron las características del modelo educativo virtual, insistiendo en los nuevos roles que deben jugar tanto el profesor como el alumno. Estos nuevos papeles dan lugar a que se produzcan distintas

⁸ Duart, J.M., Sangrá, A., *Formación universitaria por medio de la web: un modelo integrador para el aprendizaje superior*, en: J.M. Duart, A. Sangrá (Eds.) *Aprender en la virtualidad*. Editorial Gedisa, 2004.

interacciones características del proceso formativo en línea, que se encuentran resumidas a continuación⁹:

TIPO	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITO O EFECTO
ALUMNO-CONTENIDOS TEÓRICOS	Lectura, reflexión y asimilación de la información e ideas proporcionadas.	Se trata de encontrar relaciones con información previa, que permita a los alumnos recordar la nueva información.
ALUMNO-TUTOR	Interacción entre el tutor y los alumnos sobre la información e ideas presentadas.	Es la acción tutorial habitual, considerada imprescindible por los alumnos. Se suele producir más frecuentemente al principio del curso.
ALUMNO-ALUMNO	Interacción que los alumnos tienen con otros alumnos sobre la información e ideas presentadas.	Fundamental para que el aula virtual refleje los procesos habituales del aula real. Se intensifica según avanza el curso, cuando los alumnos pierden el miedo a participar y mostrar sus opiniones.
ALUMNO-ACTIVIDAD	Interacción del alumno con los contenidos teóricos, el tutor y otros alumnos, a través de las actividades diseñadas con este fin.	Necesarias para que el alumno asimile los conocimientos, para evaluar su progreso en el aprendizaje y para fomentar el trabajo en grupo.

1.4 EVOLUCIÓN DE LA ENSEÑANZA VIRTUAL

Desde la aparición del Internet, se puede distinguir tres momentos históricos respecto a la utilización de la Red en el sistema educativo:

⁹ Moreno, F., Ballery, ., *The Virtual university and the Internet*, Proceedings International Conference on Advances in Infrastructure for Electronics Bussiness, Science, and education on the Internet (SSGRR), 2004.

- Las instituciones realizan un esfuerzo importante para dotarse de las infraestructuras necesarias para la enseñanza con y a través de Internet.
- Todos los colectivos se centran en ver en qué entorno realizar la enseñanza virtual, es decir, qué plataforma utilizar.
- Finalmente, se da la importancia necesaria a la organización de la información que se transmite en este medio. El poder de la educación no depende de la carga tecnológica o estética, sino de las interacciones estudiadas anteriormente.

En relación a la gestión de contenido, también se puede establecer cuatro etapas a lo largo de la historia de Internet:

Etapa 1. Los creadores de contenidos (profesionales de la información, docentes, autores en general) saben que existe en Internet, pero no publican en este medio.

Etapa 2. Primeras adaptaciones del contenido al soporte: escritura hipertextual. Fase “*e-reading*”.

Etapa 3. En el ámbito de la enseñanza, del *e-reading* al *e-learning*: del hipertexto a la comunicación, multimedia sincrónica y asincrónica. Incorporación de programas y herramientas de autor multimedia (video, sonido, imagen, texto, animación, etc.), mejora de la apariencia gráfica y la interactividad de los contenidos. Error cometido: *prioridad de la tecnología frente a la pedagogía*.

Etapa 4. Corrección de errores y *diseño instructivo de materiales*. Autorización y evaluación electrónica. Formación virtual.

1.5 VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL USO DE INTERNET

La utilización de la Internet como sistema de formación presenta las siguientes ventajas¹¹:

- La formación se centra en el estudiante y se adapta a las necesidades y características de éste (diferentes ritmos de aprendizaje). El ritmo de aprendizaje es marcado por el propio alumno.
- Flexibilidad para la formación: rompe la coincidencia espacio-temporal.
- Internet conecta a estudiantes dispersos geográficamente. Se amplían los escenarios y posibilidades de aprendizaje (permite, por ejemplo, seguir un curso impartido por universidades extranjeras).
- El contenido se puede actualizar de forma rápida y económica.
- Permite extender la formación a un mayor número de personas.
- Ofrece la posibilidad de combinar recursos multimedia.

¹¹ Del artículo: *Enseñanza a distancia a través de Internet*. Echarri, Luis. Escuela Superior de Ingenieros Industriales. Universidad de Navarra. Dirección web: <http://www1.ceit.es/asignaturas/ecología/distancia/ensedist.htm#main>

- Permite utilizar diferentes herramientas de comunicación sincrónicas y asincrónicas.

En síntesis, Internet y las TIC suponen:

- La incorporación de los recursos multimedia y de la interactividad a la enseñanza (autoevaluación, trabajo en grupo, tutorías, etc.),
- La utilización de documentos hipertextuales,
- La desaparición de los condicionales espacio-temporales,
- El aumento de las fuentes de información,
- El acceso global, y
- El fomento del autoaprendizaje.

Sin embargo, Internet también tiene limitaciones importantes:

- El costo de los equipos. A pesar de que los precios son cada día más competitivos, no todas las personas pueden acceder a esta tecnología, por lo que surge el peligro de que la Red excluya a algunos colectivos.
- Se requiere personal técnico de apoyo. El problema de la Red es que muchas personas piensan que colgar un documento en Internet ya es teleformación. Y no lo es. La virtualización de contenidos requiere el asesoramiento y ayuda de expertos en diseño instructivo, maquetación y diseño gráfico.

- Necesidad de que tanto profesor como alumno se adapten a los nuevos métodos de aprendizaje. En muchos casos, suele faltar experiencia educativa sobre cómo trabajar con la red.
- Necesidad de formación en el entorno electrónico tanto del profesor como del alumno.
- Problemas de derecho de autor, seguridad y autenticación.
- Se tiende a aplicar procesos pedagógicos tradicionales a la Red (que el alumno descargue el material y lo estudie, lo que no es enseñanza virtual sino enseñanza a distancia tradicional).

De este modo, la implantación de sistemas de enseñanza virtual presenta todavía una serie de limitaciones vinculadas principalmente a los recursos necesarios para llevarla a cabo y al cambio conceptual que implica pasar de los métodos pedagógicos tradicionales a los nuevos sistemas de Teleformación.

1.6 VENTAJAS DE LA ENSEÑANZA VIRTUAL SOBRE LA ENSEÑANZA A DISTANCIA TRADICIONAL

Algunas de las ventajas que presenta la enseñanza virtual sobre la enseñanza a distancia tradicional son las siguientes¹²:

¹² Del artículo: *Enseñanza Virtual: Fundamentos y Perspectivas Actuales*. Cordón, O., Anaya, K. Centro de Enseñanzas Virtuales de la Universidad de Granada. Ereno de 2004.

- Mayor calidad pedagógica de los materiales gracias a la interacción y a sus características multimedia.
- Accesibilidad a los materiales vía Internet en cualquier momento y desde cualquier lugar.
- Mayor facilidad para actualizar los contenidos didácticos, sobre todo si siguen la estructura de objetos de aprendizaje, habitual en el Diseño Instructivo.
- Mejores posibilidades para el contacto profesor-alumno, síncrono y asíncrono, gracias a las herramientas de comunicación: correo electrónico, chat, videoconferencia, pizarra electrónica, entre otras.
- Ídem para comunicación alumno-alumno: correo, foros, chats, etc. En consecuencia, más facilidad para el trabajo en grupo a distancia, complicado de realizar en la enseñanza a distancia clásica.
- El seguimiento del aprendizaje de los estudiantes por parte del profesor y de su propio proceso de autoaprendizaje por parte del alumno son mucho más sencillo, gracias a las estadísticas de las que dispone la plataforma de Teleformación, en el primer caso, y las evaluaciones en línea, en el segundo, entre otros recursos.

1.7 PLATAFORMAS DE TELEFORMACIÓN

La plataforma de Teleformación es la herramienta tecnológica que soporta la enseñanza virtual. En la práctica, es un software, instalado en un servidor y accesible remotamente vía Internet a través de un navegador corriente (Microsoft Explorer, Netscape, Mozilla, etc.), que incluye diversas funciones desde, al menos, tres perspectivas distintas: alumno, profesor y administrados. Entre otras cosas. La plataforma debe: permitir servir materiales vía web, disponer de herramientas de comunicación, permitir la gestión de alumnos, incorporar herramientas de autoevaluación, permitir el seguimiento del proceso de aprendizaje del alumno, etc.

Existe un gran número (del orden de varios cientos) de plataformas de Teleformación, que presentan distintas funcionalidades y enfoques pedagógicos. Hay varias muy conocidas y extendidas como WebCT¹³, Lotus Learning Space¹⁴, BlackBoard¹⁵ o FirstClass¹⁶.

Al igual que en el caso de las comerciales, existe una gran cantidad de plataformas de Teleformación de software libre, que presentan, como siempre, ventajas e inconvenientes con respecto a las anteriores. La tipología es muy

¹³ De Internet: <http://www.webct.com/>

¹⁴ De Internet: <http://www.lotus.com/lotus/offering3.nsf/wdocs/learningspacehome>

¹⁵ De Internet: <http://www.blackboard.com/>

¹⁶ De Internet: <http://www.firtclass.com/>

amplia, encontrándose desde sistemas de gestión de grupos de trabajo que sólo permiten intercambio de ficheros hasta soluciones muy completas que presentan funcionalidades similares a las de WebCT o BlackBoard, pasando por soluciones centradas en un modelo educativo muy concreto (por ejemplo, plataformas específicamente diseñadas para servir páginas web y audio explicativo asociado).

CAPITULO 2. ANALISIS DE ALGUNOS CURSOS VIRTUALES DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL AUTOMÁTICO

En la actualidad los cursos pueden ser: presenciales, enriquecidos, mixtos y en línea o virtuales. A continuación se describen algunos cursos virtuales de control, señalando en cada caso cuales son sus aspectos más relevantes.

En este capítulo se presenta un análisis comparativo de cursos virtuales en la web para ilustrar sobre las ventajas y desventajas que ellos ofrecen a los usuarios.

2.1 CONTROL SYSTEM DESIGN (<http://csd.newcastle.edu.au/index.html>)

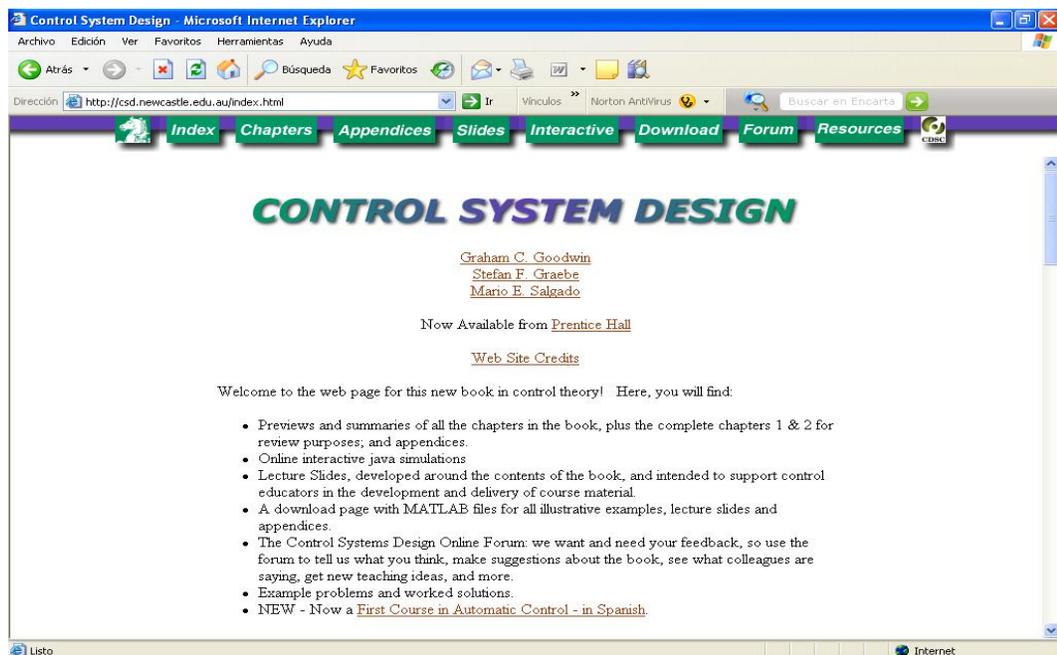


Fig. 2.1. Página principal de diseños de sistemas de control

2.1.1 Amigabilidad e interactividad. La Página de inicio consta de un menú en la parte superior que facilita la navegación a través de los diferentes vínculos.



Fig. 2.2. Menú de la página de diseños de sistemas de control

Además se describe detalladamente el contenido del curso con sus diferentes capítulos, nuevos materiales añadidos y un acceso para consultar a los autores.

2.1.2 Ventajas. Las principales son las siguientes:

- Simulaciones interactivas desarrolladas en Java, que permiten la experimentación con los sistemas.
- Una página de descarga con archivos y ejemplos ilustrados de MATLAB.
- Ejemplos y problemas con soluciones.
- Curso de control automático en español.

2.1.3 Desventajas. Posee un foro en línea que se encuentra deshabilitado, perdiéndose una interactividad que ayudaría al mejoramiento del sitio. Aunque pueden realizarse preguntas acerca del sitio, contactando a los autores.

2.1.4 Simulaciones. Posee simulaciones Interactivas en Java como las siguientes:

- Continuous Casting. Simula una pieza fundida, donde el acero fluye en un molde controlado por una válvula de control, basada en las medidas de la velocidad de las piezas fundidas y la posición de la válvula. La simulación realizada en Java de este modelo, permita que se alteren varios parámetros del sistema y ver los resultados. Se puede cambiar el valor para el controlador de ganancia K y el nivel del ruido (fijar este a cero para quitar el ruido totalmente). El set-point se puede también alterar entre cuadrado y sinusoidal.



Fig. 2.3. Gráfica del ejemplo de simulación

- [Inverted Pendulum](#). Para desarrollar esta simulación adecuadamente deben seguirse en orden los siguientes ejemplos:

System modelling. Bases matemáticas (fórmulas) sobre el modelamiento del sistema del péndulo invertido.

Control design using pole assignment. Describe el diseño de un controlador muy sensible al ruido y de alta ganancia dando la posibilidad de cambiar los parámetros de set point, nivel de ruido y la función de transferencia.

Cascaded control design. Se realiza un análisis de la medida del ángulo del péndulo invertido diseñando el controlador y recurriendo al método de la respuesta en frecuencia.

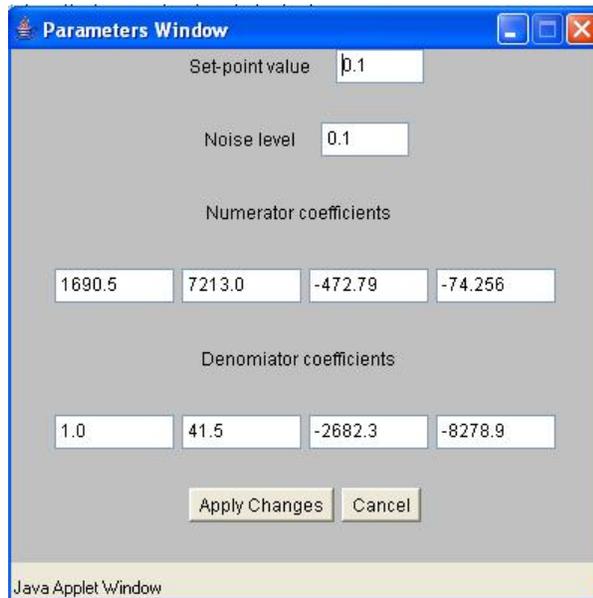


Fig. 2.4. Variables y datos del polinomio

Cascaded system simulation: Muestra la simulación del sistema en cascada descrito en el ejemplo anterior.

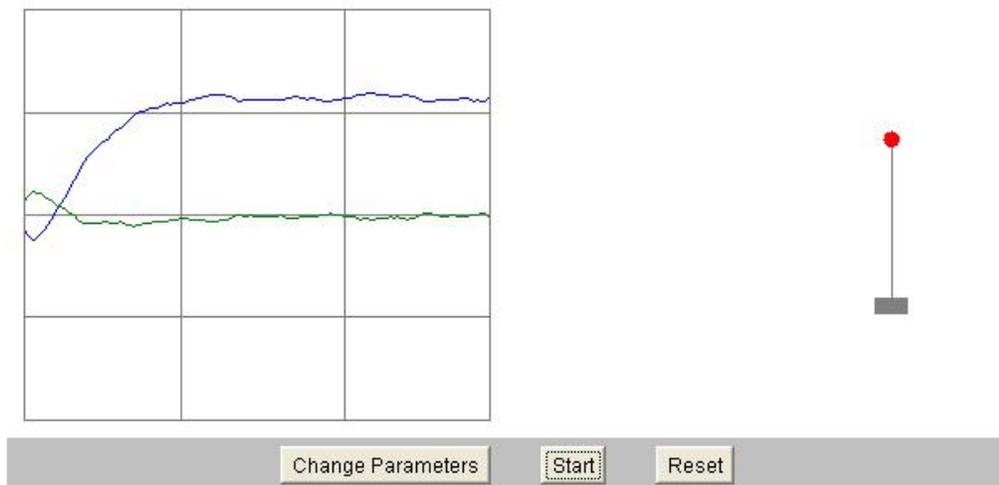


Fig. 2.5. Valores reales y calculados del modelo

Se pueden ajustar los parámetros de la simulación presionando en el botón “Change Parameters”, y cambiando el set point, nivel de ruido y la función de transferencia de los controladores C1 y C2.

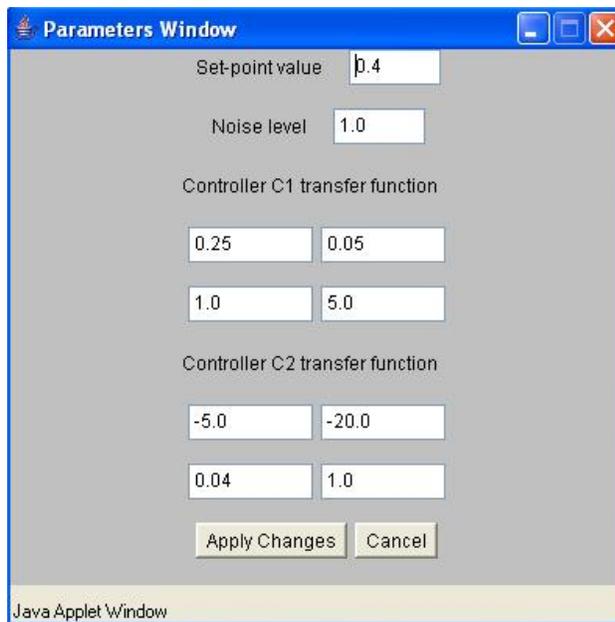


Fig. 2.6. Parámetros del controlador.

State feedback controller. Se diseña un control realimentado para el sistema del péndulo invertido, en base a la posibilidad de que el ángulo y la posición del péndulo pueden ser medidos.

- Rolling Mill. Para desarrollar esta simulación adecuadamente deben seguirse en orden los siguientes ejemplos:

Basic roll model, including time delay. Se muestra el modelo del sistema en lazo cerrado agregando un atraso y se realiza una animación en java donde se

escogen los parámetros de control $K_p=0.25$ y $K_i = 2.5$, para obtener una respuesta razonable. El gráfico tiene una escala vertical de 0.1mm por división y una horizontal de 2 segundos por división.

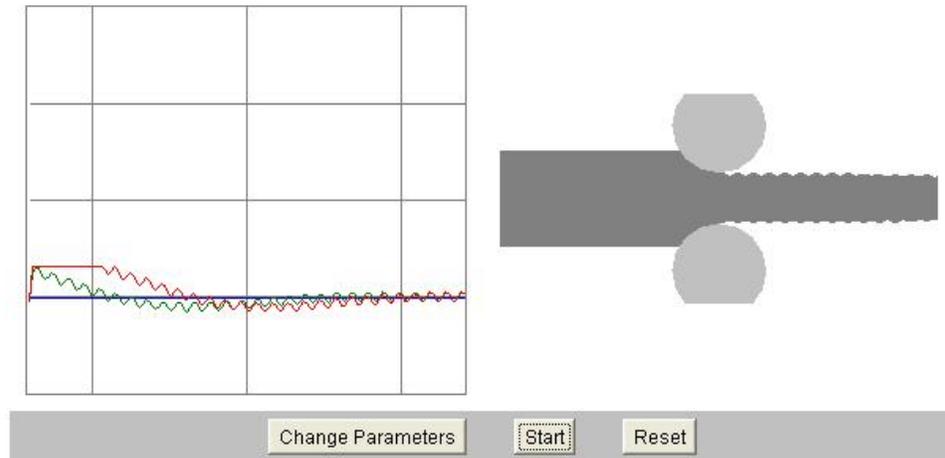


Fig. 2.7. Gráfico de la simulación

El botón "Change Parameters" permite cambiar los valores de set point, la entrada del espesor H , los parámetros de control K_p y K_i y el nivel de ruido en el sistema.

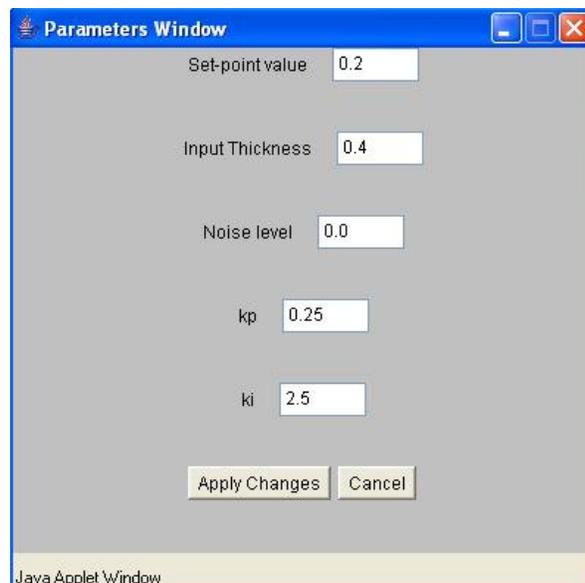


Fig. 2.8. Valores de los parámetros del sistema

Smith controller to remove the effect of the time delay. Este tipo de controlador puede ser usado para superar los problemas de los tiempos de retraso. Los resultados se muestran en una simulación hecha en Java que permite modificar sus parámetros para observar los cambios en la respuesta del sistema.

BISRA gauge (soft sensor). Se utiliza un sensor virtual, para medir la salida del espesor H sin la presencia de un tiempo de retraso, además se muestra la animación en Java, con la posibilidad de cambiar la escala del tiempo en el gráfico de salida.



Fig. 2.9. Perturbaciones sinusoidales del sistema

Cause of sinusoidal disturbance. Se modifica el modelo del sistema agregando el efecto conocido como “eccentricity”, definida como una señal e de valor positivo que indica que el rodillo es más ancho de lo normal, por lo que la fuerza de este rodillo aumenta afectando la respuesta en el sistema.

Solution of eccentricity problem. Se utiliza un filtro Kalman (sensor virtual), para estimar el valor de la “eccentricity” quitándolo a la medida del espesor,

además se muestra la animación en Java donde se observan como los efectos de la “eccentricity” se reducen.

- Tank Level Control. Se diseña un controlador para un sistema de dos tanques con el objetivo de controlar su altura.

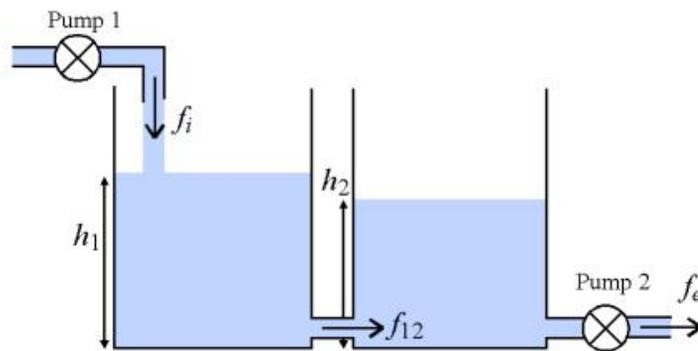


Fig. 2.10. Dos tanques en paralelo.

Para desarrollar esta simulación adecuadamente deben seguirse en orden los siguientes ejemplos:

Basic tank set-up. Se realiza una representación del modelo del sistema y una animación en Java que permite identificar las diferencias entre el modelo lineal y no lineal. Los parámetros como set point, nivel de ruido, modelo (lineal o no lineal) pueden cambiarse para observar como afectan al sistema.



Fig. 2.11. Salidas ante una entrada escalón.

Non-linear observer. Se realiza otra animación en Java de los tanques pero con mayores restricciones para el modelo, donde la altura de los tanques no puede ser mayor a 100% o menor de 0% y el flujo de salida del tanque 2 no puede ser negativo o mayor a 10% por segundo, otra limitación es que la altura h_1 siempre debe ser mayor que h_2 .

- **Ball and Plate.** El sistema de bola y lámina es similar al del péndulo invertido, donde el objetivo es balancear una bola en una placa plana del metal, inclinando la placa para mover la bola.

Para comprender la simulación es necesario remitirse al siguiente ejemplo:

The problem of backlash. El ángulo del sistema es controlado por un motor conectado al cuerpo de la lámina, siendo su máxima velocidad de 30 rpm. El mayor problema para realizar el control son las fuentes de no linealidad del motor. Primero, la velocidad del motor es limitada, segundo, el motor tiene una zona muerta, lo que significa que la velocidad del motor debe ser mayor que 20 antes que el motor realice el movimiento y finalmente hay una cantidad razonable de backlash en los engranajes del motor. Se realiza la animación en Java teniendo en cuenta todas estas limitaciones, con la posibilidad de cambiar

los parámetros de set point, posición del controlador C1, ángulo del controlador C2, nivel de ruido y backlash.

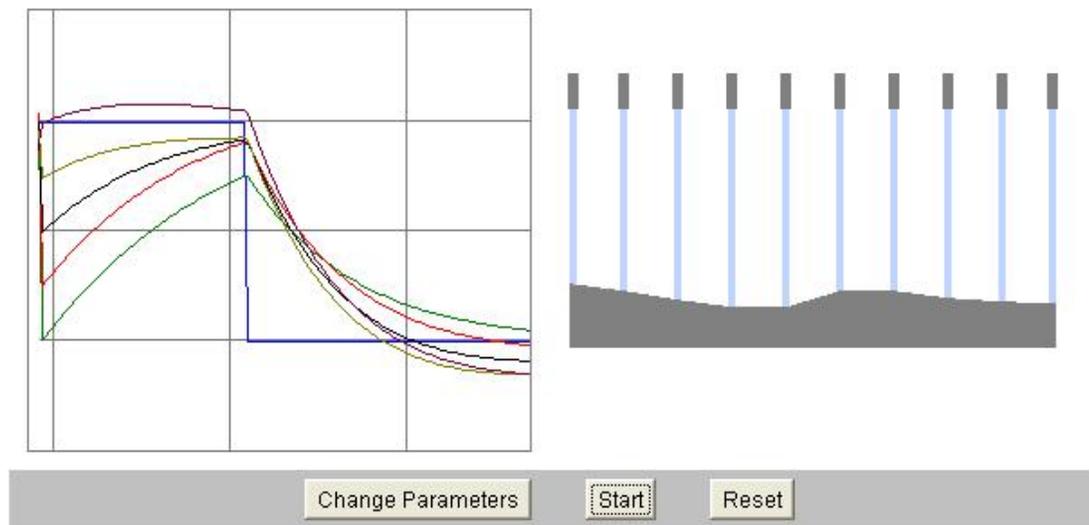


Fig. 2.12. Resultados de la animación en Java.

- Shape Control. En esta simulación se tienen en cuenta los problemas del control cuando se agregan dispositivos de enfriamiento en los rodillos de una laminadora. Numerosos aerosoles de enfriamiento controlados por válvulas son colocados a través del rodillo para reducir el efecto térmico.

Para desarrollar esta simulación adecuadamente deben seguirse en orden los siguientes ejemplos:

Spray interaction and decoupling. Se realiza la animación Java del sistema, integrando 10 sprays, con un gráfico de escala vertical de 1mm por división y horizontal de 2 segundos por división, se pueden cambiar los parámetros de set point, nivel de ruido, controlador PI, desacople, nivel de interactividad entre los sprays.



2.13. Efectos sobre los niveles de saturación de las válvulas.

Actuator saturation. Se examina el nivel de saturación sobre las válvulas (limitaciones físicas). La simulación es bastante similar a la anterior, excepto que el mecanismo de desacople está siempre habilitado.

- Distillation Columns. El concepto básico es que podemos separar una mezcla de dos líquidos con diferente punto de ebullición, calentando la mezcla entre estos respectivos puntos. En la figura 2.14 se muestra un gráfico de la columna de destilación utilizada.

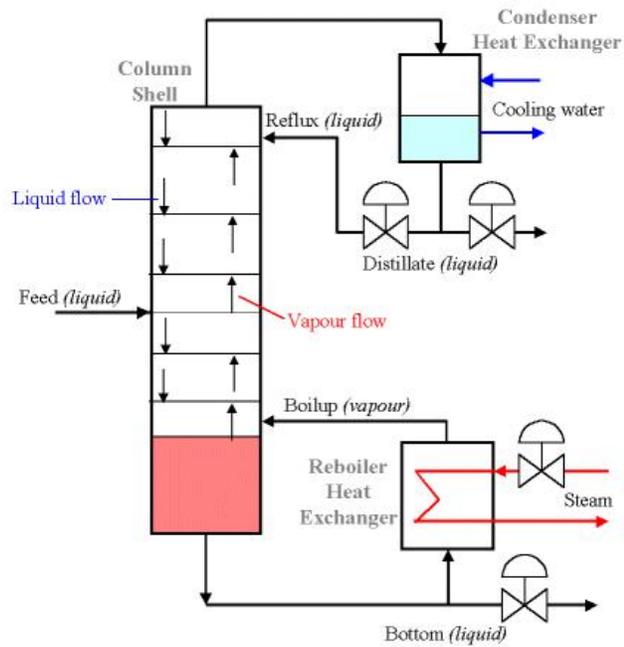


Fig. 2.14. Columna de destilación.

Para comprender la simulación es necesario remitirse al siguiente ejemplo:

Control PID (Decentralised PID Control): Se simula la columna de destilación con dos controladores PI descentralizados, con $K_p = 1$ y $K_i = 0.25$ para el control de la concentración de arriba con $K_p = 1$ y $K_i = 0.15$ para el control de temperatura de abajo.

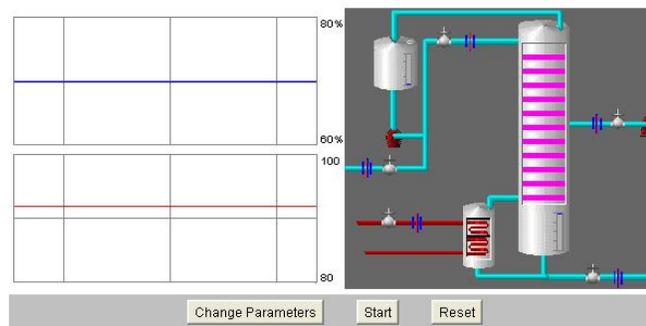


Fig. 2.15. Mímico de la columna de destilación.

- **Control de pH (pH Control)**

Para controlar las variaciones del pH, se varía el flujo del líquido acercándolo a 7 (pH neutro) tanto como sea posible. El líquido se mezcla con una cantidad de reactivo concentrado para alterar su pH, si el efluente es ácido con un pH de 4, el reactivo será básico con un pH mayor que 10. El pH es controlado en un reactor tipo tanque (ver figura 2.16).

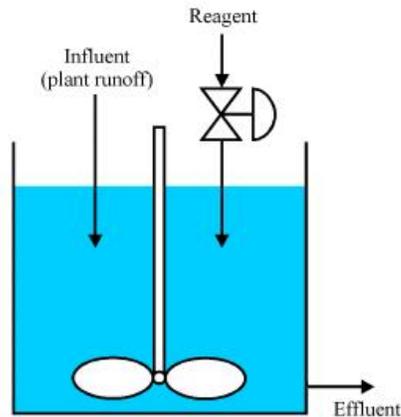


Fig. 2.16. Reactor agitado tipo tanque.

Para desarrollar esta simulación adecuadamente deben seguirse en orden los siguientes ejemplos:

Lo básico (The basics): Se simula un sistema de neutralización de pH, mostrándose la concentración tanto del material que entra al tanque como del efluente. Se pueden variar los parámetros de velocidad de animación (frames/segundo), valores del controlador y pH.



Fig. 2.17. Variaciones del PH.

Flow rate variations : Se simula el efecto que tiene la variación del flujo en el sistema, implementándose como una entrada de perturbación en el modelo de la planta.

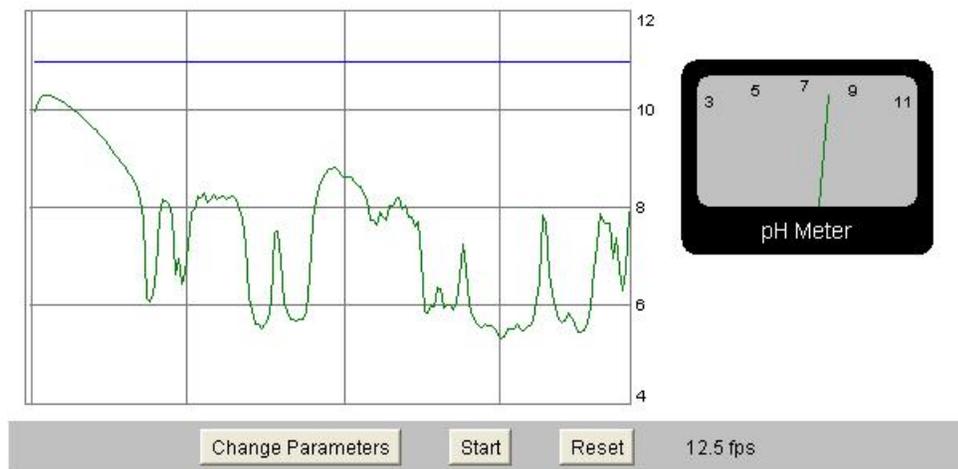


Fig. 2.18. Variaciones ante una entrada constante.

Errores en la válvula de control (Control valve errors): Se simula en Java un sistema de control de pH donde la salida se ve afectada por la histéresis de las válvulas. Se pueden cambiar los parámetros del controlador de válvulas, velocidad de animación y el pH.

A 3 tank solution: Se utilizan 3 tanques donde se van incrementando su volumen, para superar los problemas de la variación de flujo y de la histéresis de las válvulas (ver figura 2.19).

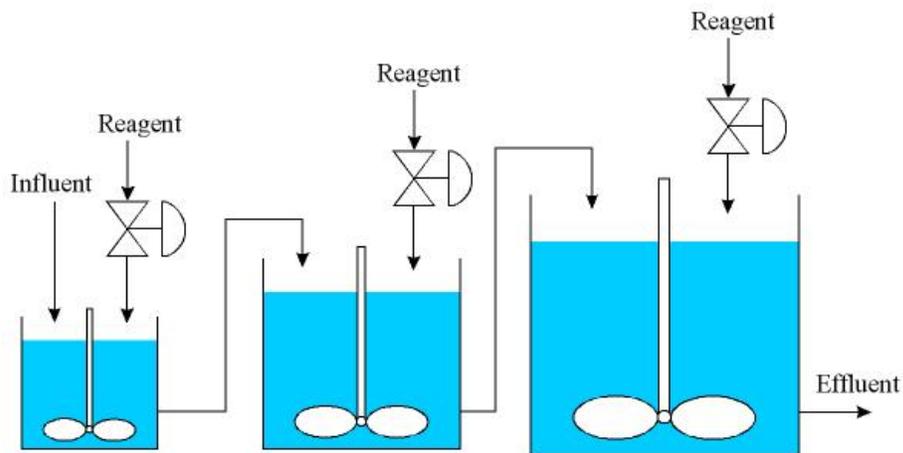


Fig. 2.19. Tres tanques en cascada.

La simulación en Java muestra el sistema de control de los tres tanques para medir el pH, permitiendo la variación del set point de cada uno de los tanques, velocidad de animación y el pH de la entrada (ver figura 2.19).

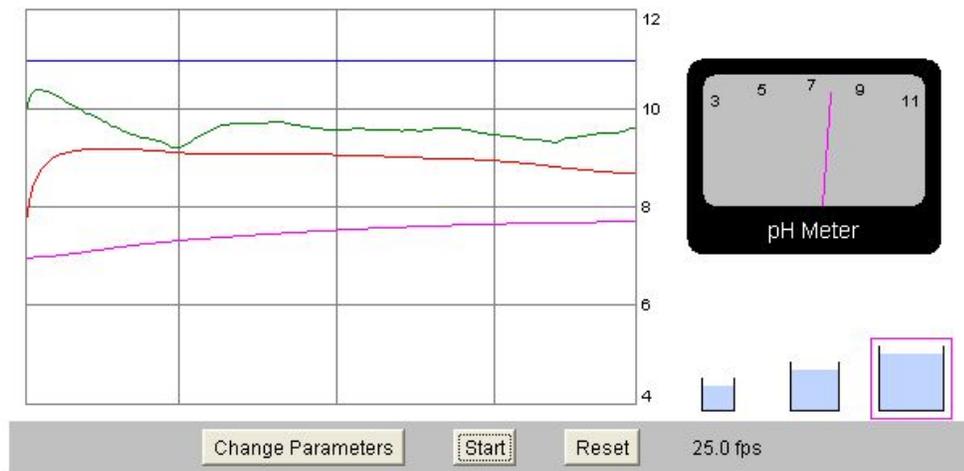


Fig. 2.20. Resultados de la simulación

2.2 APPLET APLICADOS A PROCESOS DE CONTROL

(<http://www.cheric.org/education/control>)

Fig. 2.21. Applets aplicados al control de procesos.

2.2.1 AMIGABILIDAD E INTERACTIVIDAD

Por tener parte de texto en coreano la página no resulta del todo amigable, pero consta de una serie de applets con gran contenido de gráficos que permiten interactuar con una variedad de aplicaciones de control automático.

2.2.2 VENTAJAS

- Cada simulación posee un menú donde se describen: objetivos, manual, guía del tutorial y teoría adicional sobre cada aplicación.
- Cada simulación consta de gráficos detallados donde se describe todo el proceso y permite cambiar varios parámetros como set point, nivel de ruido, flujo, etc.

2.2.3 DESVENTAJAS

- Falta mayor respaldo teórico de las aplicaciones.
- Algunos vínculos están desconectados. Es importante destacar que, a pesar de la anotación anterior en el Método de configuración de un controlador PID, en el menú “suplementario”, hay una teoría adicional sobre cada tema que resulta de mucha utilidad para el usuario; sin embargo solo hay unos pocos enlaces habilitados.

2.2.4 SIMULACIONES

Todas las simulaciones constan de un menú interactivo donde se describen los objetivos, manual, guía del tutorial, texto suplementario y otras series de

animaciones referentes al tema de control, a continuación se describen cada una de las simulaciones desarrolladas con la herramienta Java.

2.2.4.1 Introduction to Process Control: En esta simulación se describen los elementos de un sistema de control de procesos, la respuesta en lazo abierto, control manual y automático, funciones básicas y opciones de un controlador PID y el efecto de la respuesta de los parámetros de un controlador en lazo cerrado.

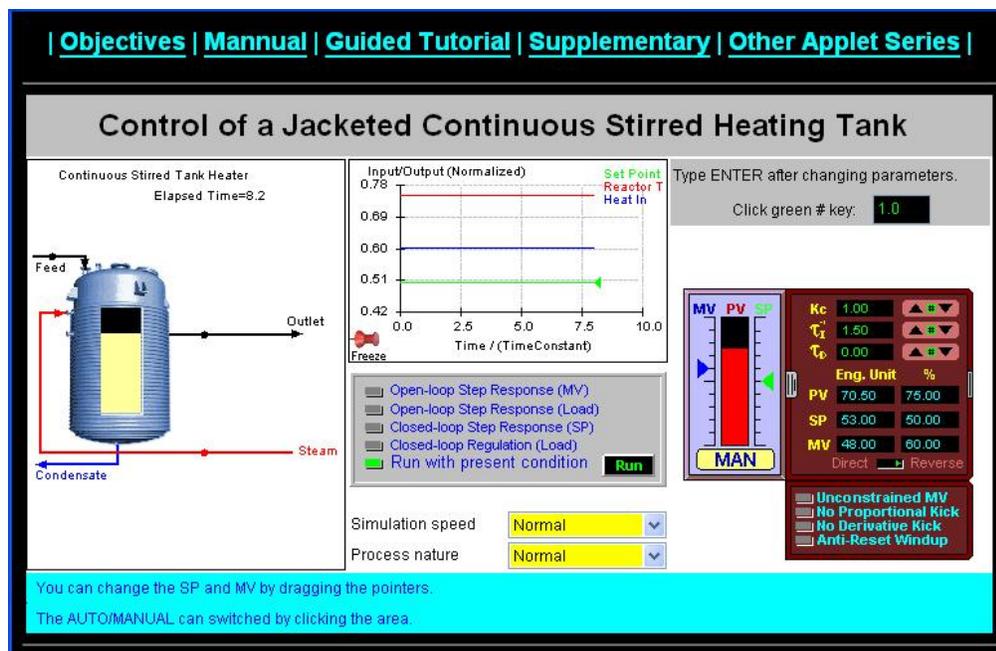


Fig. 2.22. Pantalla del sistema a controlar.

2.2.4.2 Medición de caudal, Presión diferencial (Understand the Measurements : DP Cell): Los objetivos de esta simulación son la medida de flujo por orificio y presión diferencial, Instrumentación para la medida de dispositivos, selección del orificio de platina, calibración de los componentes en la instrumentación y filtrado de ruido.

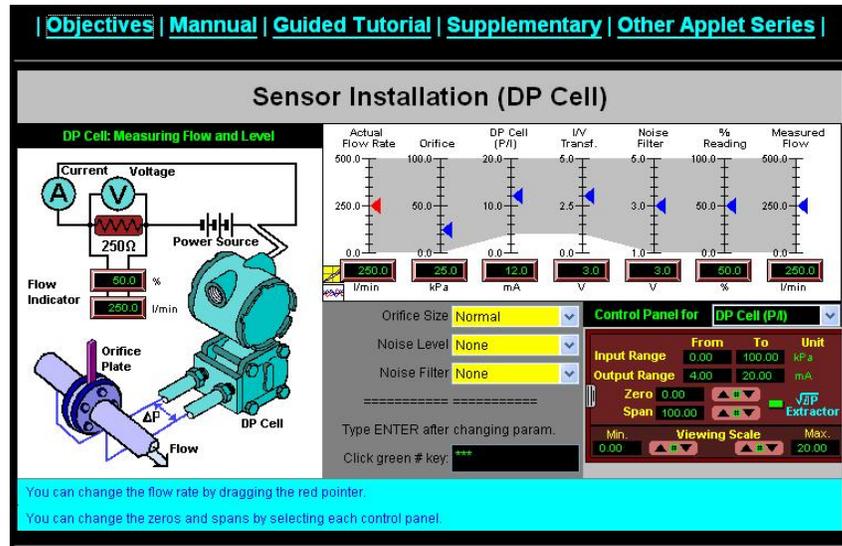


Fig. 2.23. Instalación de un sensor en la celda.

2.2.4.3 Understand the Acuator Control Valve: Entre los objetivos de esta simulación están: instrumentación para el control de una válvula, selección del tamaño, conexión, modo seguro, características inherentes de la instalación e histéresis de la válvula.

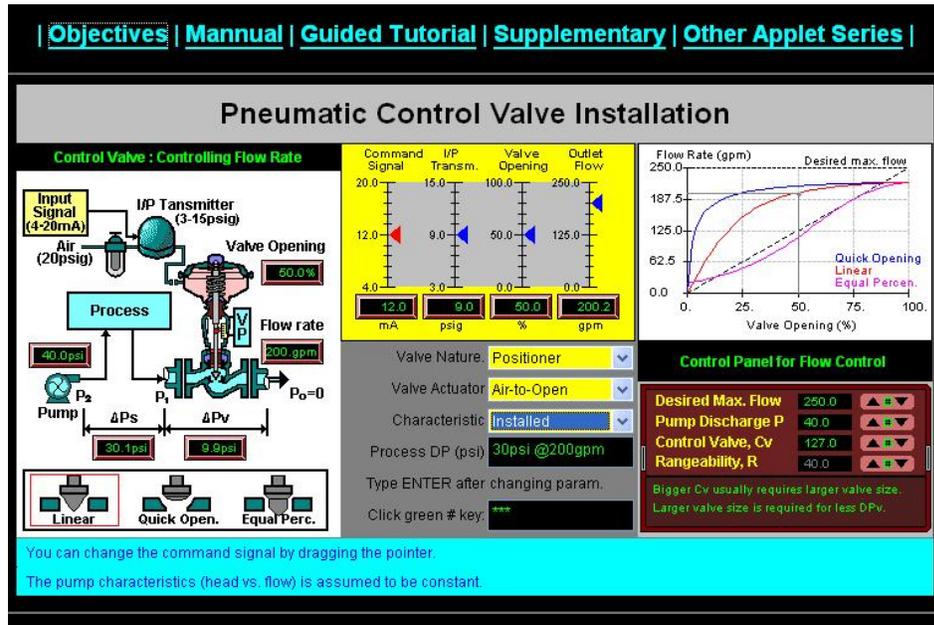


Fig. 2.24. Sistema y variables del proceso.

2.2.4.4 Process Control Strategy: Feed Forward and Cascade Control: Esta simulación desarrollada en Java trata sobre los efectos de un actuador no lineal y de una perturbación, control realimentado y control en cascada.

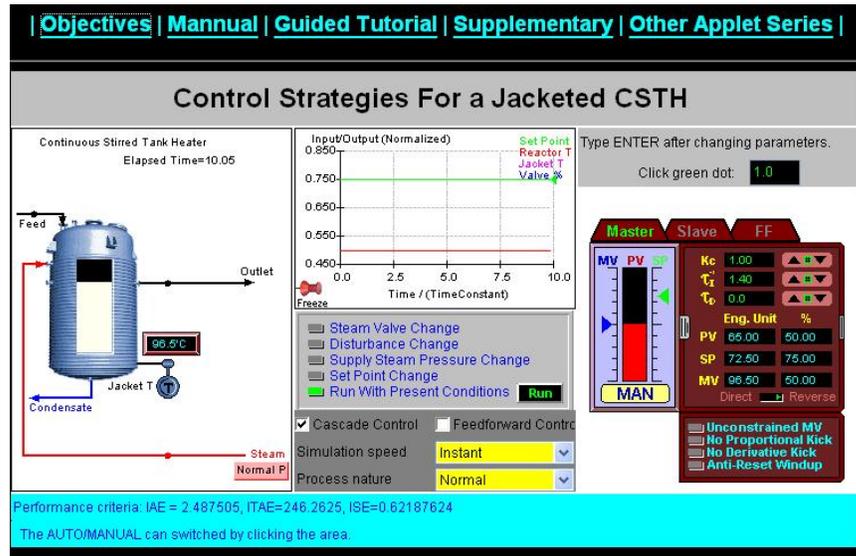


Fig. 2.25. Estrategias de control para un tanque enchaquetado.

2.2.4.5 Open-Loop Response in Time and Frequency Domain: Se desarrolla esta simulación para ilustrar sobre la respuesta en el dominio del tiempo para diferentes tipos de entrada en el proceso, espectro de potencia de las entradas y salidas, diagrama de Bode de los procesos y la combinación de entradas y salidas en el dominio de Laplace.

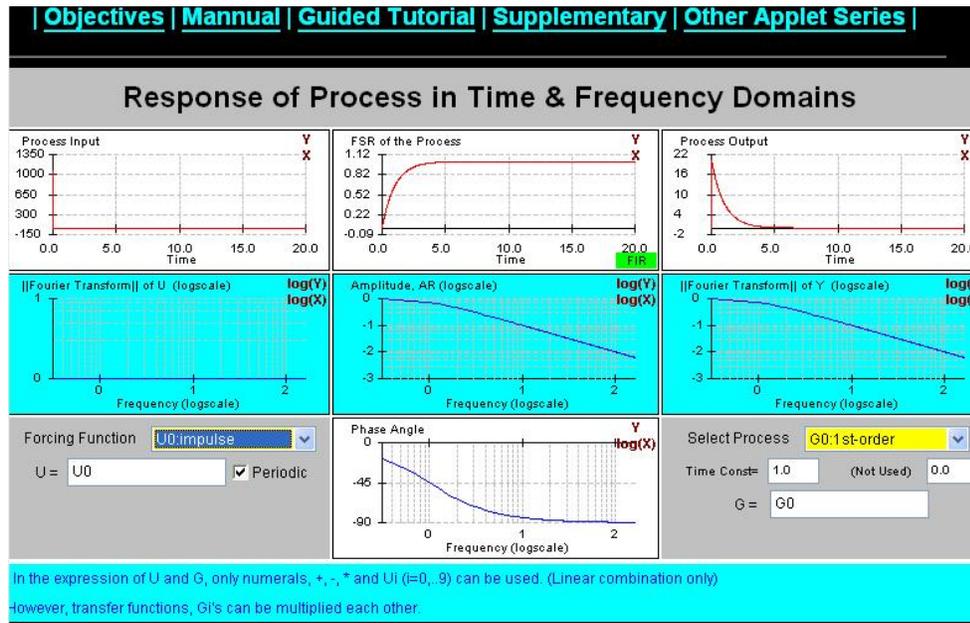


Fig. 2.26. Respuestas del proceso.

2.2.4.6. Effect of Poles/Zeros Location on Open-Loop Response: Los objetivos de esta simulación son describir la respuesta dependiendo de la localización de los polos y ceros. Una forma es la de cambiar la localización del polo; de igual manera este ítem permite el análisis de la estabilidad basada en la localización de los polos y el efecto de múltiples polos y ceros.

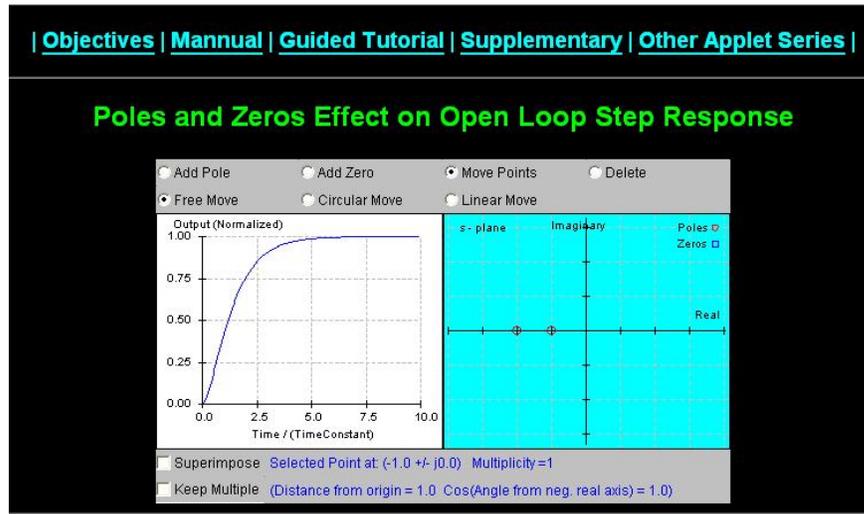


Fig. 2.27. Respuesta normalizada del sistema

2.2.4.7. PID Controller Tuning Using various method: En esta simulación se pueden escoger diferentes procesos y su controlador, seleccionar la regla de sintonización como por ejemplo el método Cohen-Coon y posee un panel donde se pueden cambiar los parámetros del controlador PID.

2.2.4.8 Closed-Loop PID Response and Stability: Esta simulación consta de 5 partes. En la primera se ubica el título y es permanente, otra es panel de estado que cambia de acuerdo a las elecciones hechas por el usuario. En él hay 3 paneles, el de la izquierda muestra el proceso y la instrumentación, en la mitad se ve la respuesta de cada variable y del controlador y el panel de la derecha muestra el controlador PID y sus opciones.

Closed-Loop PID Response and Stability

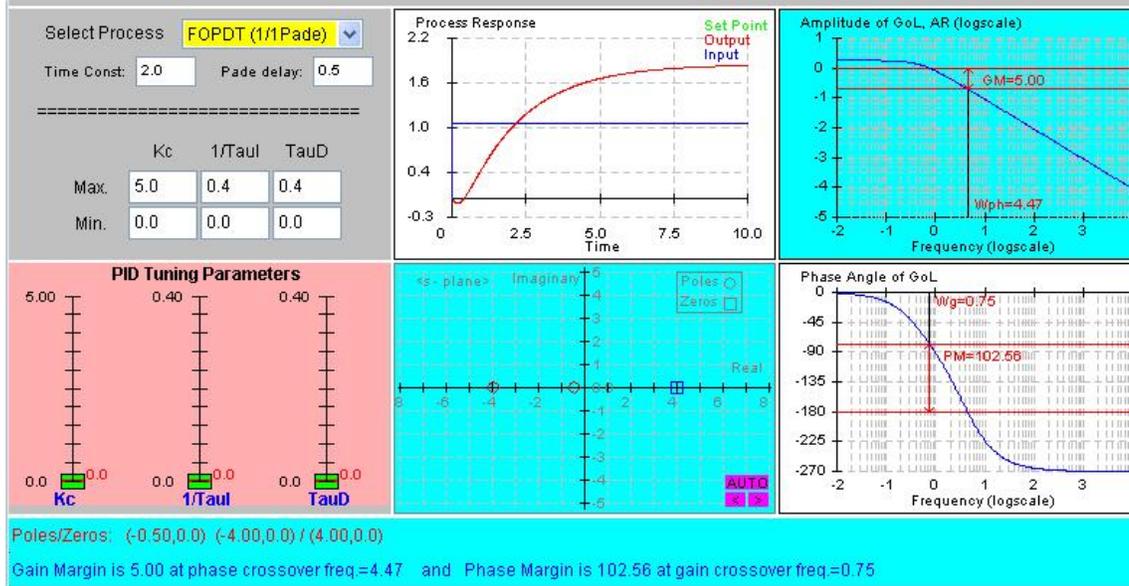


Fig. 2.28. Respuestas del sistema en lazo cerrado.

2.2.4.9 Multi-Loop Distillation Column Control: Observamos los elementos de un sistema de control, la respuesta de un proceso en lazo abierto, control manual y automático, funciones básicas de un controlador PID y sus opciones y el efecto en la respuesta de lazo cerrado de los parámetros del controlador.

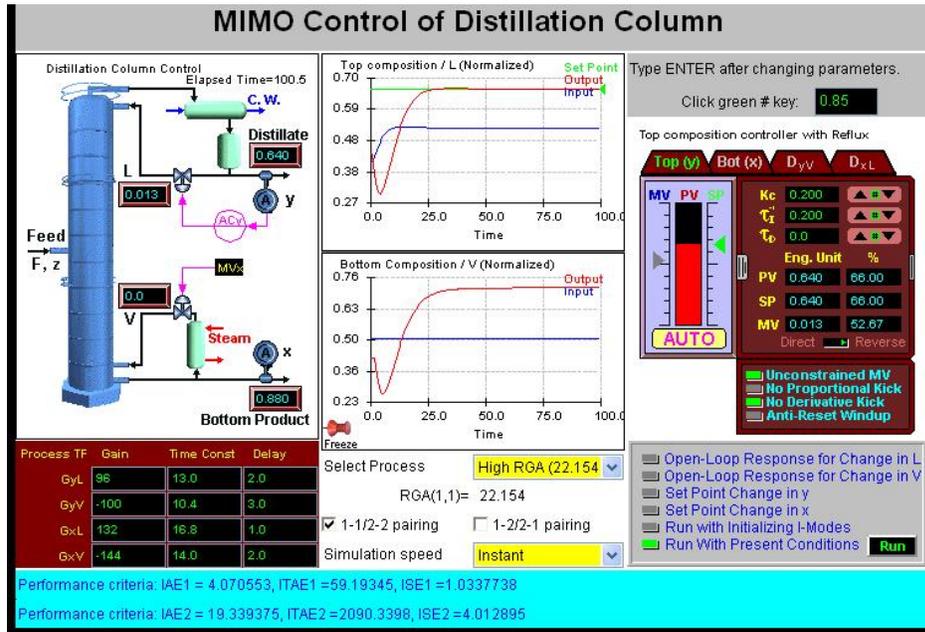


Fig. 2.29. Control de una columna de destilación.

2.2.4.10 MPC Distillation Column Control: La simulación es muy similar a la utilizada en el control de la columna de destilación anterior con la diferencia que se agrega un control de modelo predictivo (MPC).

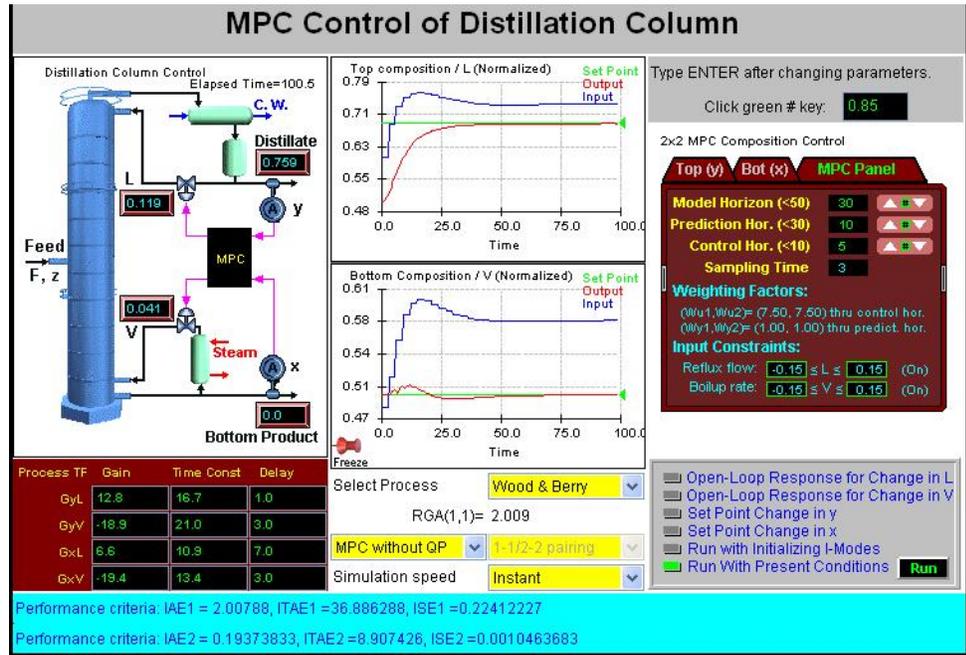


Fig. 2.30. Control MPC de una columna de destilación.

2.3 PENDULO ESFERICO

(<http://www.ewh.ieee.org/soc/es/Nov1999/05/index.html>)

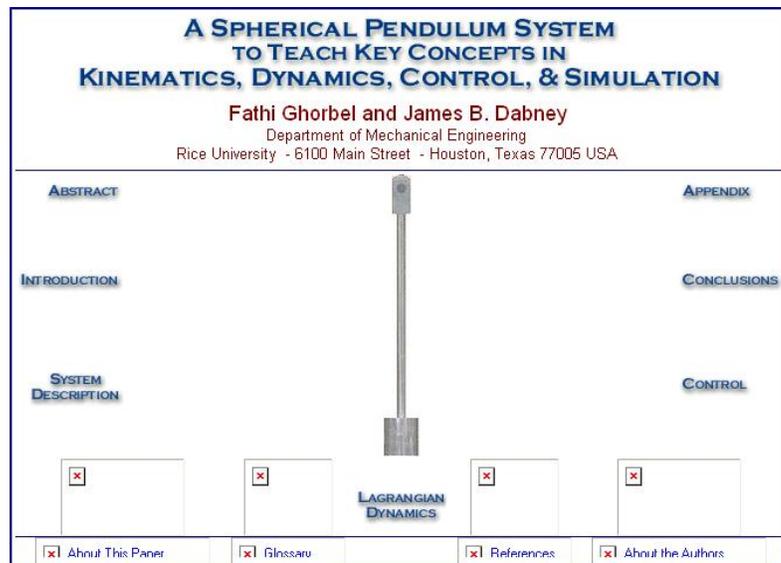


Fig. 2.31. Sistema de un péndulo esférico.

2.3.1 AMIGABILIDAD E INTERACTIVIDAD

Organizado en secciones independientes que describen y enseñan los conceptos de cinemática, dinámica, control y simulación, a través de una aplicación llamada SPENDULAP. La navegación es fluida ya que no está cargada de gráficos pesados y se facilita por la presencia de un menú de fácil acceso. En la introducción se explica claramente el contenido del curso y se da una breve descripción de cada capítulo.

2.3.2 VENTAJAS

- Fácil navegación, debido a la presencia constante de un menú que permite moverse por cualquier capítulo de interés y además de flechas al final de cada sección para ir al siguiente o anterior capítulo.
- Presencia constante de hipervínculos en el desarrollo de cada tema, permitiendo un entendimiento mayor del capítulo.
- Cuenta con un glosario de términos que ayuda a comprender los símbolos empleados en este tutorial.

2.3.3 DESVENTAJAS

Ausencia de algunos gráficos en la página de inicio.

2.3.4 SIMULACIÓN:

Simulación numérica del SPENDULAP empleando la herramienta Simulink, para analizar un sistema dinámico de segundo orden.

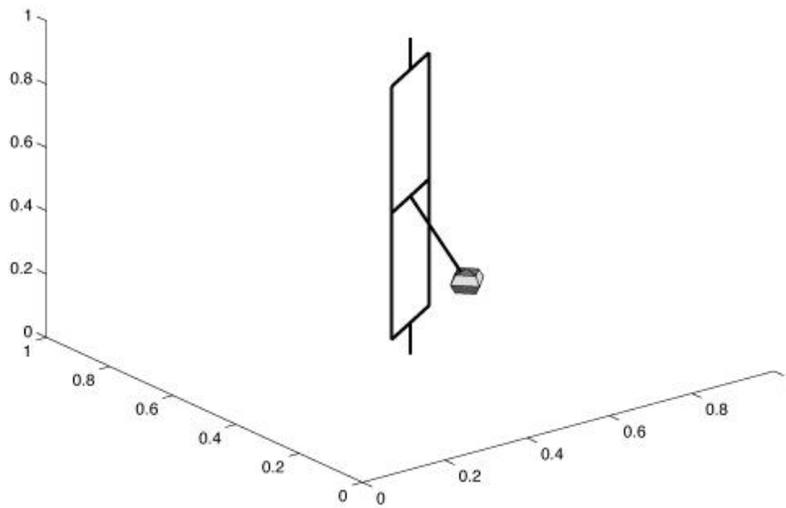


Figure 12. SPENDULAP animation figure.

Fig. 2.32. Animación del péndulo.

2.4 CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA LABORATORIOS DE INGENIERIA

<http://chem.engr.utc.edu/>

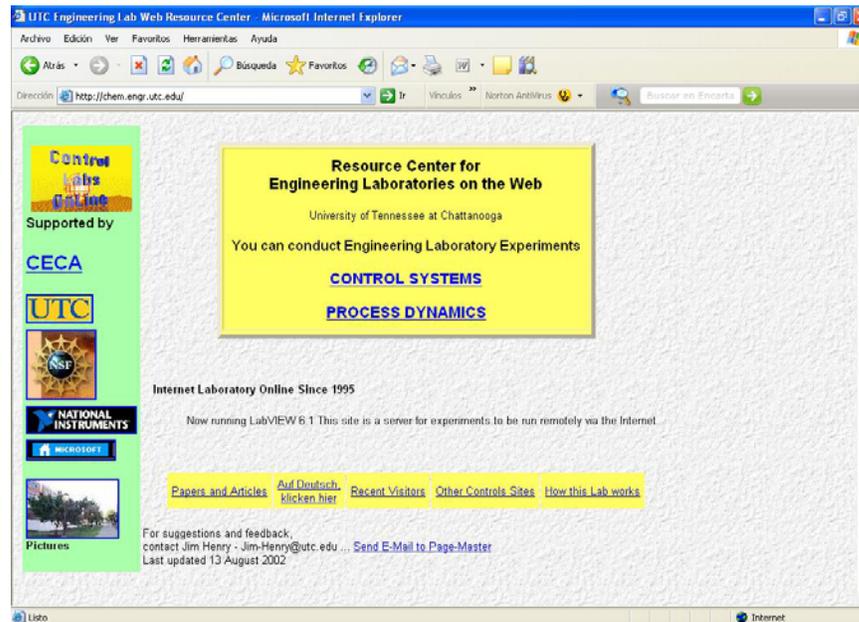


Fig. 2.33. Menú de sistemas de control de procesos dinámicos

2.4.1 AMIGABILIDAD E INTERACTIVIDAD

La página de inicio es muy simple y de fácil navegación y con vínculos claros a los diferentes experimentos en los laboratorios virtuales.

2.4.2 VENTAJAS

Facilidad en la navegación de la página.

2.4.3 DESVENTAJAS

- La última actualización que aparece registrada es del 13 de agosto del 2002.
- Algunos vínculos están rotos.

2.4.4 SIMULACIÓN

- Experimentos en sistemas de control de Nivel, presión, flujo, velocidad, temperatura, voltaje
- Experimentos en procesos dinámicos de presión, posición, nivel, velocidad, flujo, voltaje, temperatura.

2.5 TELELABORATOIRO DE CONTROL AUTOMATICO

<http://www.dii.unisi.it/~control/act/home.php>



Fig. 2.34. Página principal de un laboratorio teleoperado

2.5.1 AMIGABILIDAD E INTERACTIVIDAD

Página con un diseño óptimo y de fácil navegación. Posee una introducción que clarifica el porque de este sitio y un manual que permite desarrollar los diferentes experimentos adecuadamente.

2.5.2 VENTAJAS

- Permite realizar experimentos remotos.
- Cada uno de los experimentos posee una descripción general del sistema, modelo matemático, videos, cámaras online, que permiten un mayor entendimiento de los temas.

- Tiene una descripción de las personas que desarrollaron este proyecto con sus direcciones de correo que permiten una mayor interacción con el sitio. Además posee una FAQ donde se encuentran las preguntas más frecuentes con sus respuestas, una lista de links a sitios relacionados con el control, un lugar para los comentarios y una encuesta que permite calificar la página.

2.5.3 DESVENTAJAS

No se evidenció ninguna en el análisis.

2.5.4 SIMULACIÓN

Presenta la simulación de procesos de sistemas sencillos y complejos. Los ejemplos que propone son:

- Control de posición, velocidad, nivel y flujo
- Levitación magnética
- Simulador de un helicóptero
- Control de un robot utilizando LEGO

2.6 CONTROL FUZZY DE UN PENDULO

(<http://www.erudit.de/erudit/demos/cartball/index.htm#About>)



Fuzzy control of a pendulum problem

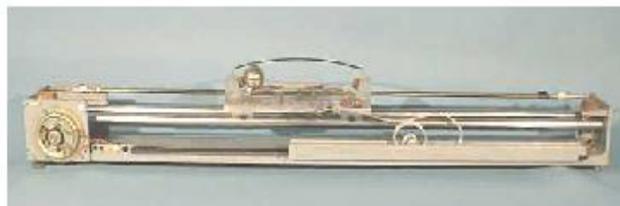
General information

Balance the ball on this simulator of a cart-ball laboratory rig and simultaneously place the cart at the middle of the track. A classical pendulum problem, like the ones used as a benchmark problem for fuzzy and neural net controllers, as sales material for fuzzy design tools, and for teaching.

You can test the demo live on the Web or you can install the stand-alone version. To start the system via Internet, click the 'Go to simulator on the Web' link. **The Web version is only suitable for MS Internet Explorer 4.x.** You can get help in this version of the demo by clicking with the right mouse button on fields, where you interact with the system, for instance buttons. In the stand-alone version is this feature not available. To get more extensive help, please refer to the [help site](#), where most of the options are explained.



Simulator



Lab rig

Fig. 2.35. Página principal y prototipo del péndulo

2.6.1 AMIGABILIDAD E INTERACTIVIDAD

El ambiente de programación es muy sencillo y el usuario requiere de muy poco entrenamiento para desarrollar las simulaciones, que a su vez se encuentran sustentadas en un prototipo del proceso.

2.6.2 VENTAJAS

Se puede hacer un seguimiento con un alto grado de aproximación al cambio de variables dentro del simulador; esto es posible gracias a que se encuentra implementado un prototipo, del cual se pueden tomar las señales de interés por periodos de tiempo suficientes para garantizar una cantidad confiable de datos, que permitan la construcción de un buen modelo.

2.6.3 DESVENTAJAS

No se evidenció ninguna en el análisis.

2.6.4 SIMULACIÓN

Es bastante sencilla de desarrollar y permite la interacción con los autores para realimentar las experiencias realizadas a través de la herramienta computacional implementada.

CONCLUSIONES

Este trabajo se convierte en una referencia bibliográfica sobre los entornos virtuales de aprendizaje dentro de las nuevas tecnologías de información y comunicación (NTIC's).

Se revisaron seis propuestas sobre la enseñanza del control automático tomando como criterios de comparación la amigabilidad del sistema con el usuario, las ventajas de cada propuesta al igual que las desventajas.

En términos muy generales se evidenció un creciente esfuerzo en las universidades consultadas y en los grupos de investigación por fortalecer los procesos de aprendizaje basados en ayudas virtuales como los laboratorios teleoperados y los sistemas de simulación de procesos reales.

En el caso de los laboratorios teleoperados, se observa en la proyección temporal como puede favorecer este recurso a la flexibilidad educativa y a la ampliación de cobertura de un proceso de aprendizaje en un entorno virtual. Bajo este esquema un estudiante puede participar de las experiencias desde cualquier sitio remoto si dispone de una conexión a Internet y de un código de acceso al sistema principal de administración del laboratorio.

Los investigadores que desarrollaron las propuestas referenciadas en este trabajo han integrado de una forma muy ilustrativa y atractiva para el estudiante los elementos propios del control y de la automatización con la interactividad a través de los simuladores desarrollados.

A pesar de los grandes esfuerzos por la estructuración de los apoyos virtuales para la enseñanza del control automático, se apreció que aún existen trabajos aislados e independientes que no permiten el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles.

Surge entonces una sugerencia para un próximo trabajo sobre el tema y es precisamente el de desarrollar una integración sistemática de los entornos virtuales que existen en la red, de tal manera que puedan ser aprovechados con gran eficiencia por los estudiantes de universidades como la Tecnológica de Bolívar.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Jens, O., Rik Van, L. y Andeghem, R.. (2000). Games in Operations Management. : Kluwer Academia Publishers Group.
- [2] Kearsley, M. y Marquardt, G. (1999). Technology-Based Learning: Maximizing Human Performance and Corporate Success. : CRC press LCC.
- [3] Aileen, J. y Christopher, J. (2002). Guided Reflection: advancing practice. Blacwell science Ltd.
- [4] Cordon, O. y Anaya, K. (2004). Enseñanza Virtual: Fundamentos y Perspectivas Actuales. : Centro de Enseñanzas Virtuales de la Universidad de Granada.
- [5] Van Dusen, G.C. (1999). The Virtual Campus: technology and Reform in Higher Education. : ASHE-ERIC Higher Education Report. vol. 25, no. 5.