

## Diseño de Herramientas Didácticas Enfocadas al Aprendizaje de Sistemas de Control Utilizando Instrumentación Virtual

J. Martínez <sup>a</sup>, A. Padilla <sup>b\*</sup>, E. Rodríguez <sup>b</sup>, A. Jiménez <sup>a</sup>, H. Orozco <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Guanajuato, México.

<sup>b</sup> Departamento de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Guanajuato, México.

<sup>c</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica, Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Guanajuato, México.

### Resumen

En este artículo se describe el diseño de tres herramientas didácticas enfocadas al aprendizaje de sistemas de control implementadas en el software de instrumentación virtual LabVIEW. Estas herramientas están dirigidas al análisis de estabilidad en sistemas de control, el diseño de compensadores utilizando la técnica del lugar geométrico de las raíces y el diseño de compensadores utilizando la técnica de respuesta en frecuencia con trazas de Bode. Cada una de estas herramientas didácticas cuenta con una interfaz gráfica amigable con el usuario. La ventaja de estas herramientas didácticas es que incluyen opciones para realizar simulación en las áreas de control que software especializado no tiene.

### Palabras Clave:

Estabilidad, Simulación de Sistemas, Educación en Control, Laboratorio Virtual.

### 1. Introducción

El diseño de sistemas de control en carreras como Ingeniería Electrónica y Mecatrónica es importante por la cantidad de procesos que requieren el control en aplicaciones como procesos químicos, convertidores electrónicos de potencia, máquinas eléctricas, vehículos y máquinas de control numérico, entre otras.

La asignatura de Control en los programas de estudio de las carreras antes mencionadas se incluye con el objetivo de que los alumnos desarrollen las competencias para implementar el control lineal de sistemas dinámicos considerando conceptos teóricos como: estabilidad, margen de error, rapidez, robustez, y optimización, los cuales son considerados con especial atención contemplando el enfoque clásico en el tratamiento de las señales del proceso de control.

Las competencias principales de esta asignatura son: 1) analiza la estabilidad de Sistemas Dinámicos, Lineales e Invariantes en el Tiempo (SDLIT) utilizando el criterio de Routh-Hurwitz (R-H); 2) diseña compensadores clásicos de SDLIT utilizando la herramienta de diseño del Lugar Geométrico de las Raíces (LGR); y 3) diseña compensadores clásicos de SDLIT utilizando el dominio de la frecuencia con las trazas de Bode. El desarrollo de estas competencias se facilita con el uso de una herramienta computacional para realizar tareas de análisis, diseño e implementación de los sistemas de control.

\* Autor en correspondencia.

Correo electrónico: alfredo.padilla@itcelaya.edu.mx (A. Padilla),  
juan.martinez@itcelaya.edu.mx (J. Martínez)

Una alternativa frecuentemente utilizada para el desarrollo de dichas tareas es el software de instrumentación virtual LabVIEW, el cual también puede ser útil en el monitoreo y control de sistemas compensados.

En este trabajo se presenta el diseño de un Instrumento Virtual (IV) implementado en LabVIEW que contempla tres herramientas didácticas enfocadas a mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Control que se imparte en las Ingenierías Mecatrónica y Electrónica.

La primera herramienta didáctica es útil para llevar a cabo el análisis de estabilidad en sistemas de control utilizando el criterio de R-H. La ventaja de esta herramienta es que, además de definir la estabilidad del sistema, representa gráficamente los polos y ceros de la función de transferencia así como la respuesta del sistema ante una entrada escalón; además, es posible obtener parámetros de la respuesta como tiempo pico, tiempo de asentamiento, sobrepaso y valor pico.

La segunda herramienta didáctica es útil para el diseño de compensadores utilizando el LGR. los compensadores que se diseñan con esta herramienta son: Proporcional (P), Proporcional-Integral (PI), Proporcional-Derivativo (PD), Proporcional-Integral-Derivativo (PID), Compensador en Atraso, Compensador en Adelanto y Compensador en Atraso-Adelanto. Además de realizar los diseños y las simulaciones en base a los requerimientos, con esta herramienta es posible discretizar el compensador diseñado y operar en línea con el proceso propuesto utilizando como adquisidor de datos la tarjeta de National Instruments USB-6008.

La tercera herramienta didáctica es útil para el diseño de compensadores utilizando aproximaciones asintóticas de trazas de

Bode. Los compensadores que se pueden diseñar son: Ajuste de Ganancia, Compensador en Atraso, Compensador en Adelanto y Compensador en Atraso–Adelanto. Con esta herramienta se conoce la ubicación de los polos en lazo cerrado del sistema, los valores de ganancia que permiten estabilizar el sistema de control y los parámetros de respuesta ante una entrada escalón unitario.

## 2. Estado del Arte

Aplicaciones didácticas de monitoreo de sistemas fotovoltaicos utilizando LabVIEW han sido reportadas en la literatura (Dorin y Dumitru, 2008). En el área de sistemas de control, Armstrong et al. (2008), proponen monitorear parámetros de carga y descarga de una batería mediante un algoritmo de control diseñado en LabVIEW para mantener la carga óptima de la batería. Aissou et al. (2015) presentan una aplicación de modelado y control para un sistema híbrido empleando un convertidor de potencia CD-CA que consta de fuentes de energía eólica y fotovoltaica, un banco de baterías para almacenar energía y diferentes tipos de cargas.

Regresando al ámbito educativo, existen retos debido a la globalización y a los rápidos avances científicos y tecnológicos (Ferreira y Velosa, 2007). Consecuentemente, las instituciones de los diversos niveles educativos buscan mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje en distintas áreas del conocimiento. Vasco et al. (2011), presentan herramientas computacionales como una posibilidad de mejorar los conceptos aprendidos en la educación primaria. En este mismo nivel educativo Karp et al. (2010), utilizan el kit de desarrollo de LEGO NXT con el fin de motivar a los niños a estudiar una ingeniería; en (Kwon et al., 2012) se propuso una herramienta de software para facilitar que los niños desarrollen la lógica de programación robótica.

En (Bareno, 2011) se presentó una metodología de enseñanza del diseño de sistemas embebidos utilizando herramientas de software libre y hardware con la finalidad de mejorar las habilidades de concebir, diseñar, implementar y operar sistemas digitales en estudiantes de Ingeniería. Gomez et al. (2013), presentan el diseño, implementación y evaluación de un curso de sistemas digitales embebidos en FPGA impartido por primera vez en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Donde se obtuvieron resultados alentadores, lo que invita a extenderlo a otras unidades académicas.

En (Ordinez y Alimenti, 2013) se propone un enfoque constructivista para la enseñanza de sistemas embebidos en Ingeniería Electrónica y de Cómputo, haciendo especial énfasis en el aprendizaje basado en problemas. Estos enfoques centran el proceso educativo en el alumno, quien será el principal responsable de su aprendizaje. En (Santos y Figueroa, 2015) se presenta un simulador electromagnético computacional con la intención de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en Ingeniería de Telecomunicaciones.

En (Gomez et al., 2011) se proponen trabajos de laboratorio y concursos dirigidos a estudiantes de segundo grado de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de Málaga, así como de Automatización y Electrónica Industrial para la Universidad Técnica de Dresden, Alemania; las propuestas se basan en el uso del kit LEGO Mindstorms NXT y el software LabVIEW, logrando que los estudiantes mostraran un nivel de motivación alto y gran interés por el aprendizaje. Con la misma tecnología, Gomez et al. (2015), proponen el desarrollo de un proyecto de laboratorio de robótica móvil para introducir a los estudiantes de

Ingeniería Mecatrónica al diagnóstico de fallas en sistemas mecatrónicos.

Después de una exhaustiva revisión de estado del arte referente a aplicaciones educativas para la simulación, monitoreo y control de sistemas y procesos es posible concluir que el software de instrumentación virtual LabVIEW es uno de los más utilizados en la actualidad. En (Jiménez et al., 2005) se presentó un nuevo enfoque para la enseñanza experimental de convertidores electrónicos de potencia a nivel licenciatura, el cual se basa en una plataforma de software y hardware reconfigurable diseñada en LabVIEW. En (Rodríguez et al., 2011) se utilizó LabVIEW para analizar y controlar la velocidad de un motor trifásico en un curso de Ingeniería, permitiendo a los estudiantes emplear hardware de bajo costo. En (Zhan et al., 2014) se utilizó la plataforma de LabVIEW para mejorar el aprendizaje de los estudiantes en el área de comunicación digital, convirtiéndose en un elemento central de la integración curricular para el programa de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad A&M de Texas. En (Rasheduzzaman et al., 2014) se presenta el diseño de un laboratorio para el control de una microred en LabVIEW con el objetivo de coordinar los sistemas generadores de energía. Esta herramienta se utiliza en cursos de Ingeniería de Potencia en la Universidad de Ciencia y Tecnología de Missouri.

Otra tendencia en la actualidad es el uso de los laboratorios remotos, en (Kyomugisha et al., 2015) se presenta el diseño e implementación de un laboratorio remoto de un sistema fotovoltaico basado en iLabs Shared Architecture (ISA). Este considera un simulador solar que proporciona la irradiación solar a un panel solar; se utiliza un NI ELVIS II+ para adquirir el voltaje y corriente del panel solar y el software LabVIEW para el diseño de la interfaz de usuario. Con este sistema se generaron laboratorios en línea para la universidad Makerere, contando con esta herramienta para los cursos de tecnologías de energías renovables que no existía en su laboratorio. Con el objetivo de mejorar el estudio de sensores en el área de robótica móvil a nivel Ingeniería, en (Balamuralithara y Woods, 2009) se describe el diseño e implementación de un laboratorio virtual y remoto basado en las plataformas de JAVA y LabVIEW. Este laboratorio permite al usuario trabajar desde su hogar, teleoperando un robot real que toma mediciones de los sensores o utilizando una plataforma virtual para desarrollar algoritmos de control y después aplicarlos. En (Chaos et al., 2013) se presentó una discusión sobre la tendencia de los laboratorios virtuales aplicados a nivel ingeniería. Dentro de la investigación realizada se presenta una lista de instituciones de nivel superior que cuentan con laboratorios virtuales como son: Universidad de Oeste de Australia, Universidad del Estado de Carolina del Norte e Instituto Tecnológico de Massachusetts, entre otras.

## 3. Funcionamiento de las Herramientas Didácticas

Las herramientas didácticas propuestas se orientan a alumnos de octavo semestre de las carreras de Ingeniería Mecatrónica y Electrónica que cursan las asignaturas de Control y Control II, respectivamente.

En Ingeniería Mecatrónica se imparten dos asignaturas del área de control, la primera es la asignatura de Dinámica de Sistemas, donde los alumnos desarrollan el modelo matemático de sistemas físicos para predecir y describir su comportamiento. Además, determinan funciones de transferencia de sistemas para obtener la respuesta del sistema de manera analítica y por medio

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8050495>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8050495>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)