

A REMOTE LABORATORIES PROPOSAL FOR AUTOMATION AND CONTROL THROUGH TEXAS INSTRUMENTS CARDS PROGRAMMING ON THE INTERNET

UNA PROPUESTA DE LABORATORIOS REMOTOS PARA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL A TRAVÉS DE LA PROGRAMACIÓN VÍA INTERNET DE TARJETAS TEXAS INSTRUMENTS

PhD. Jaiber Evelio Cardona Aristizábal, PhD. José Gabriel Hoyos Gutiérrez, PhD. Pablo Andrés Muñoz Gutiérrez, MSc. Diego Fernando Ramirez Jimenez

Universidad del Quindío

E-mail: jaibercardona@uniquindio.edu.co, josegabrielh@uniquindio.edu.co, pamunoz@uniquindio.edu.co, dframirez@uniquindio.edu.co

Abstract: In the Automation and Control courses of the Electronic Engineering Program at the Quindío University, an essential component are the laboratory practices, which were affected by the impossibility of face-to-face meetings in accordance with the measures adopted to prevent the spread of COVID 19. As an alternative, this article describes a platform created for remote access to test systems through a server located in the laboratory, the platform allows scheduling laboratory appointments and performing practices when changing the programming of the cards that control the test systems while observing the behavior through cameras. Preliminary tests have been carried out on the remote laboratory that show its potential as an aid to education supported by technologies.

Keywords: Remote laboratories, Automation and Control, Virtual Education.

Resumen: Para los cursos del área de Automatización y Control en el Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío, una componente infaltable son las prácticas de laboratorio, las cuales se vieron afectadas por la imposibilidad de encuentros presenciales acordes con las medidas adoptadas para evitar la propagación del COVID 19. Como alternativa, en este artículo se describe una plataforma creada para el acceso remoto a unos sistemas de prueba a través de un servidor ubicado en el laboratorio, la plataforma permite programar citas de laboratorio y realizar prácticas al cambiar la programación de las tarjetas que controlan los sistemas de prueba a la vez que se observa el comportamiento a través de cámaras. Se han realizado pruebas preliminares sobre el laboratorio remoto que permiten evidenciar su potencialidad como ayuda a la educación apoyada por tecnologías.

Palabras clave: Laboratorio remoto, Automatización y control, educación virtual.

1. INTRODUCCION

El aislamiento generado como medida para evitar la propagación de la pandemia provocada por el COVID 19, llevó a que muchas instituciones de educación a nivel mundial tuvieran que migrar de encuentros presenciales a alternativas virtuales para continuar sus procesos de enseñanza.

En muchos espacios académicos con componente práctica se tuvo que recurrir a simulaciones ante la imposibilidad de los encuentros presenciales.

Para los cursos del área de Automatización y Control en el Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío, una componente infaltable en sus espacios académicos son las

prácticas de laboratorio, las cuales se vieron afectadas por la imposibilidad de encuentros presenciales en las aulas que contienen los equipos necesarios. Una opción para poder hacer prácticas con sistemas reales son los laboratorios remotos, los cuales han sido trabajados desde tiempo atrás pero que en la actualidad cobran gran relevancia.

Un artículo de revisión de la literatura sobre laboratorios virtuales y remotos fue presentado (Heradio *et al.*, 2016), los autores destacan cuatro ventajas de los laboratorios remotos sobre los tradicionales como: disponibilidad, pueden ser vistos por muchas personas, ser empleados por personas de movilidad reducida, seguros para los que los emplean. También presentaron en una tabla un compendio de los laboratorios virtuales y remotos más reconocidos. Es de resaltar además el estudio de la cantidad de artículos por año sobre el tema y la revisión de trabajos en tendencias futuras como: laboratorios compartidos por varias instituciones, interactividad mediante juegos o realidad virtual, flexibilidad a la hora de describir el algoritmo de control. Los autores concluyen que a pesar de que han pasado dos décadas desde el primer trabajo en laboratorios remotos, en el cual se recomendó que se desarrollaran ampliamente, no exista uno ofrecido de manera abierta al público. Pero que lo anterior puede cambiar en un futuro cercano donde los laboratorios virtuales y remotos serán extremadamente populares en la educación en control.

Entre los ejemplos de equipos que han sido usados para laboratorios remotos se encuentra Sistema Ball and Plate (Fabregas *et al.*, 2017)(Chevalier *et al.*, 2015), sistema Ball and Beam (Díez *et al.*, 2010), tanques de agua (Chevalier *et al.*, 2015)(Cardoso *et al.*, 2016)(Grau & Bolea, 2008)(Bisták *et al.*, 2017), control de motores (Fuertes *et al.*, 2012)(Domínguez *et al.*, 2011), sistema de bombeo (Pomares *et al.*, 2013), helicóptero 3-DOF (Taylor *et al.*, 2013), sistema de refrigeración (Beghi *et al.*, 2015), sistema segway (Rábek & Žáková, 2017), entre otros.

Como alternativa para el Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío, en este artículo se describe una plataforma de bajo costo creada para el acceso remoto a los equipos, la plataforma consta de un computador, tres sistemas de pruebas conectados a dicho computador a través de tres tarjetas Texas Instruments y con posibilidad de visualización por medio de tres cámaras y el software necesario para acceder a toda la plataforma de manera remota. Los diferentes componentes se describen con más detalle en el siguiente Capítulo.

2. PLATAFORMA REMOTA

En la Fig. 1 se muestra un esquema general de la plataforma remota. El usuario puede ser un profesor o un estudiante que accede a la plataforma a través de internet.

El computador, que hace las veces de servidor, está conectado a internet admitiendo una comunicación remota, y permite manipular los sistemas de pruebas a través de las tarjetas Texas Instruments. El computador accede también a las cámaras IP permitiendo enviar el vídeo del comportamiento de los equipos a los usuarios.

2.1 El computador

Para comunicar los sistemas de pruebas a internet se tiene un computador que hace las veces de servidor programado en Python con la plataforma Django, también a través de Python se accede a las cámaras conectadas a un switch y a las tarjetas Texas Instruments por medio de puertos USB. El computador permite cargar los programas realizados por los usuarios a las tarjetas Texas Instruments y permite gestionar la comunicación serial de los programas cargados. Los datos seriales son, además de la visualización por la cámara, la forma intercambiar información, se pueden enviar datos necesarios para el funcionamiento tal como referencias o parámetros y de recibir datos de verificación como por ejemplo los valores de los sensores.

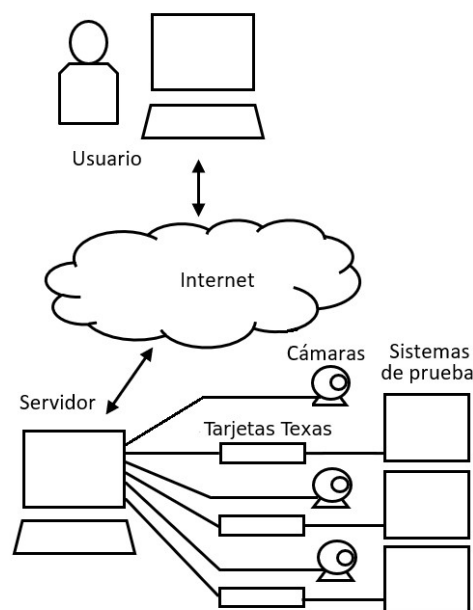


Fig. 1. Esquema general de la plataforma remota

2.2 Tarjeta de Desarrollo

Se empleó una tarjeta de desarrollo del microcontrolador a 32 bits TMS320F28379D de Texas Instruments, el cual de manera abreviada, posee algunas capacidades como por ejemplo:

- Doble núcleo.
- Procesador en punto flotante.
- Memoria Flash de 512K words.
- Memoria RAM de 204Kb.
- Puertos para ADC, PWM, DAC, encoders.
- Puertos de comunicación: bus CAN, Serial, SPI, I2C.

Dado que la tarjeta de desarrollo trabaja la mayoría de sus pines a 3.3V se diseñó y construyó una tarjeta de acople desde niveles de tensión de 10V y 5V en el caso analógico y digital respectivamente.

2.3 El software

Para el acceso remoto al laboratorio se diseñó un software en Django, al cual se puede acceder con cualquier explorador de internet, con dos tipos de usuario: profesor y estudiante.

El profesor puede asignar a los estudiantes los sistemas de pruebas que están autorizados a usar, también puede definir los horarios disponibles para el uso remoto de cada sistema de prueba y tiene acceso a los programas que fueron cargados por los estudiantes y los datos enviados y recibidos a través del puerto serial durante la realización de la práctica.

El estudiante puede escoger el horario para realizar la práctica con los sistemas de pruebas que le fueron autorizados, durante el horario seleccionado puede observar la imagen emitida por la cámara del sistema de pruebas que esté usando, cargar programas a la tarjeta, enviar datos para ser entregados a la tarjeta y visualizar los datos que la tarjeta entrega de acuerdo al programa que fue cargado.

Una imagen de la ventana de trabajo que tiene disponible el estudiante se puede ver en la Fig. 2.

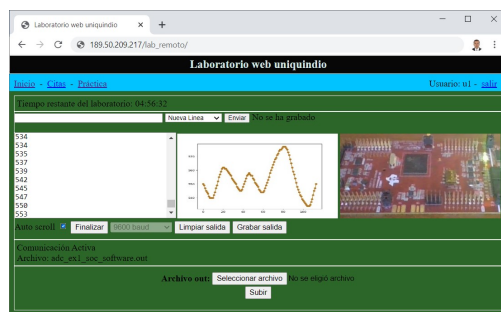


Fig. 2. Ventana de trabajo para los estudiantes

La visualización de los datos que entrega la tarjeta se puede observar en dos formas, en un cuadro de texto aparecen los caracteres

entregados y si dichos caracteres contienen valores numéricos, estos son visualizados en una imagen, esta última opción toma los datos numéricos y los grafica por muestras, tomando como una nueva muestra cada cambio de línea. La imagen solo cambia cuando se entregan caracteres numéricos.

Los caracteres que se visualizan en el cuadro de texto se pueden grabar en un archivo tipo texto para uso posterior.

2.4 Los sistemas de pruebas

Para la experimentación se tienen tres sistemas de prueba: una planta de corte al vuelo, un péndulo invertido en carro y un robot 2D.

La planta de corte al vuelo (Fig. 3) consta de dos motoreductores con encoder. El primero mueve un tornillo de bolas recirculante, el cual desplaza una guía, que simula la plataforma donde se ubica el elemento de corte, el otro motor mueve una correa dentada, que emula el movimiento por una banda transportadora del producto a cortar. Cada motoreductor es de 1000 rpm, en su eje tiene un encoder de 64 pulsos por revolución en el eje del motor y dado que tiene una relación de 10:1 se tienen 640 pulsos por revolución en el eje de salida del reductor.

Una pequeña placa metálica en la correa indica el inicio del producto. El encoder del primer motoreductor permite determinar la velocidad de la correa dentada (producto), el segundo encoder permite determinar la posición y velocidad de la guía. Un detector de proximidad inductivo, indica el inicio de un producto para corte, la guía inicia con un incremento de la velocidad hasta que iguala la velocidad del producto, en ese punto arranca una temporización que determina el tiempo de corte, al final de este, la guía decrece su velocidad y invierte su dirección para regresar a la posición inicial (Home).

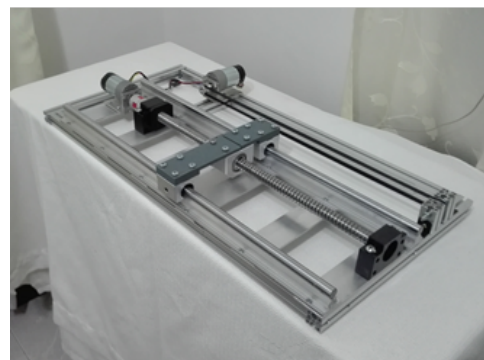


Fig. 3. Planta de corte al vuelo

En la Fig. 4 se muestra el péndulo invertido de carro, este es movido mediante un motoreductor y una correa dentada, un encoder de 600 pulsos por revolución tiene unido la varilla que hace de

péndulo. El motoreductor es de 1200 rpm en su eje de salida, tiene un encoder de 640 pulsos por revolución en el eje de salida.



Fig. 4. Péndulo invertido en carro

El robot 2D (Fig. 5) consta de dos motoreductores con encoder, cada motor está conectado a un módulo electrónico de potencia BTS-7960, estos mueven las articulaciones y su posición angular se obtiene a partir de los encoders en el eje del motor, teniendo 8384 y 16768 pulsos por articulación, mediante finales de carrera (micro-switches) se evita el giro completo y la desconexión de los cables.



Fig. 5. Robot 2D

3. PROCEDIMIENTO PARA EL LABORATORIO

El profesor propone una guía donde se aplica una estrategia de control a ser implementada en los sistemas de pruebas, por ejemplo, PID, compensadores, RST, realimentación de estados, entre otros.

Al estudiante se le entrega un programa base para ser editado a través del Code Composer, el programa base tiene el código necesario para utilizar el sistema de prueba en lazo abierto con una comunicación serial que permite cambiar los valores del actuador y recibir los valores generados por el sensor. El estudiante debe completar el programa vinculando la estrategia de control que se desee probar.

Una vez el programa está terminado debe usar el Code Composer para generar un archivo con extensión .out que será usado para cargar en la tarjeta, durante su práctica el estudiante puede ensayar varias estrategias de control usando diferentes archivos que haya elaborado. Se le recomienda al estudiante tener los archivos con extensión .out antes de la práctica para aprovechar mejor el espacio de laboratorio concedido.

A través de un explorador el estudiante accede por internet a la página del laboratorio remoto, al iniciar la práctica el estudiante puede ver en video el sistema de pruebas que usará y lo primero que debe hacer es cargar un archivo .out, una vez cargado debe iniciar la comunicación con lo cual se establece la comunicación serial con la tarjeta y se puede empezar a enviar y recibir información de acuerdo al programa que se haya elaborado.

Durante la práctica puede cambiar el archivo cargado, enviar datos, recibir datos, ver datos numéricos en gráfica y guardar los datos recibidos. Una vez finalizado el tiempo otorgado al estudiante, el video queda detenido y se detiene la comunicación con la tarjeta. Con los datos obtenidos durante la práctica debe proceder a realizar el informe según las indicaciones de la guía dada por el profesor.

4. USO Y RESULTADOS

Se han realizado pruebas preliminares sobre el laboratorio remoto permitiendo generar citas y realizar prácticas iniciales a través de programas que son cargados usando la plataforma de forma remota, se ha probado el uso del video y el manejo de los sistemas de pruebas.

En la Fig. 6 se muestran las tarjetas de desarrollo empleada y la tarjeta de puertos de acople de voltajes diseñada.

Este semestre se tiene la programación de las primeras prácticas para un grupo de estudiantes de Introducción al control, con quienes se espera tener realimentación sobre la plataforma de acuerdo a análisis de usabilidad.

4. RECONOCIMIENTO

Se reconoce el aporte de la Universidad del Quindío para la realización de este trabajo.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se expuso una plataforma para acceso remoto a sistemas de pruebas ubicados en los laboratorios de la Universidad del Quindío, la plataforma que aún se encuentra en desarrollo permite hacer prácticas remotas como una alternativa a la presencialidad. Durante este semestre se espera iniciar las prácticas remotas

permitiendo, por medio del análisis de usabilidad, poner a punto el sistema para ser ofrecido no solo a los estudiantes de la Universidad del Quindío sino a la comunidad académica interesada en prácticas de automatización y control.

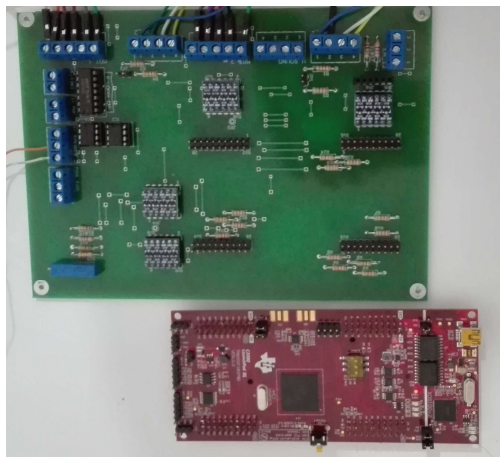


Figura 6.. Tarjeta de Puertos de Entrada y Salida (arriba) y de desarrollo (abajo). (Fuente: Autores).

REFERENCIAS

- Heradio, R. L. (2016). Virtual and remote labs in control education: A Survey. *Annual Reviews in Control, Elsevier*, 2016., 1-7.
- Beghi, A., Cervato, A., & Rampazzo, M. (2015). A Remote Refrigeration Laboratory for Control Engineering Education. *IFAC-PapersOnLine*, 48(29), 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.11.208>
- Bisták, P., Halás, M., & Huba, M. (2017). Modern Control Systems via Virtual and Remote Laboratory Based on Matlab. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 13498–13503. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2335>
- Cardoso, A., Sousa, V., & Gil, P. (2016). Demonstration of a remote control laboratory to support teaching in control engineering subjects. *IFAC-PapersOnLine*, 49(6), 226–229. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.181>
- Chevalier, A., Bura, M., Copot, C., Ionescu, C., & Keyser, R. De. (2015). Development and student evaluation of an Internet-based Control Engineering Laboratory. *IFAC-PapersOnLine*, 48(29), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.11.204>
- Díez, J. L., Vallés, M., & Valera, Ángel. (2010). A Ball and Beam System Virtual and Remote Laboratory based in Ejs and C. *IFAC Proceedings Volumes*, 42(24), 25–30. <https://doi.org/10.3182/20091021-3-JP-2009.00007>
- Domínguez, M., Fuertes, J. ., Reguera, P., Morán, A., Alonso, S., & Prada, M. . (2011). Remote Laboratory for Learning of AC Drive Control. *IFAC Proceedings Volumes*, 44(1), 8539–8544. <https://doi.org/10.3182/20110828-6-IT-1002.02476>
- Fabregas, E., Dormido-Canto, S., & Dormido, S. (2017). Virtual and Remote Laboratory with the Ball and Plate System. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 9132–9137. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1716>
- Fuertes, J. J., Alonso, S., Morán, A., Prada, M. A., García, S., & del Canto, C. (2012). Virtual and Remote Laboratory of a DC Motor. *IFAC Proceedings Volumes*, 45(11), 288–293. <https://doi.org/10.3182/20120619-3-RU-2024.00040>
- Grau, A., & Bolea, Y. (2008). Remote Laboratory for Control Engineering Degree. *IFAC Proceedings Volumes*, 41(2), 13629–13633. <https://doi.org/10.3182/20080706-5-KR-1001.02308>
- Pomares, J., Perea, I., Jara, C. A., Candelas, F. A., & Torres, F. (2013). Practical experiences on a real pumping system emulated by a hardware model and used as a remote laboratory. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(17), 339–344. <https://doi.org/10.3182/20130828-3-UK-2039.00073>
- Rábek, M., & Žáková, K. (2017). Online Laboratory Manager for Remote Experiments in Control. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 13492–13497. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2332>
- Taylor, B., Eastwood, P., & Jones, B. L. (2013). Development of a low-cost, portable hardware platform for teaching control and systems theory. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(17), 208–213. <https://doi.org/10.3182/20130828-3-UK-2039.00050>