



HERRAMIENTAS PARA LA EXPERIMENTACIÓN REMOTA-VIRTUAL-LOCAL DE SISTEMAS DE CONTROL EN TIEMPOS DE PANDEMIA

Julio Urbano, Andrés Holguín, David Chiza, Edinson Franco, José Ramírez, Esteban Rosero

**Universidad del Valle
Cali, Colombia**

Resumen

El aislamiento obligatorio decretado por el gobierno a inicios del 2020, debido al covid-19, hizo que las universidades dieran paso a estrategias de formación remotas asistidas por tecnología. Las actividades prácticas en los cursos de ingeniería se vieron afectadas por la imposibilidad de acceder a los laboratorios en las universidades imponiendo la necesidad de nuevas formas de hacer experimentación. Este artículo presenta el desarrollo de cuatro recursos remotos, propuestos por el área de automática de la Universidad del Valle, para llevar a cabo actividades de experimentación de sistemas de control en tiempos de pandemia. Los recursos hacen uso de distintas herramientas, entre ellas Matlab y las minicomputadoras Raspberry Pi, para la generación de un ambiente de simulación de procesos que puede ser accedido a través de internet. Estos recursos se usaron en tres cursos de sistemas de control para estudiantes de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle con un recibimiento preliminar aceptable.

Palabras clave: experimentación en control; pandemia; recursos remotos

Abstract

The lockdown decreed by the government at the beginning of 2020 due to covid-19, made universities give way to remote learning strategies assisted by technology. Practical activities in engineering courses were affected by the impossibility of accessing physical laboratories in universities, imposing the need for new ways of doing experimentation. This paper presents the

development of four remote resources, proposed by the automatic area of the Universidad del Valle, to carry out experimentation activities of control systems in pandemic times. The resources make use of different tools, including Matlab and Raspberry Pi minicomputers, to generate a process simulation environment that can be accessed through the Internet. These resources were used in three courses of control systems for students of Electrical and Electronic Engineering at the Universidad del Valle with an acceptable preliminary reception.

Keywords: *control experimentation; pandemic; remote resources*

1. Introducción

Debido a la contingencia generada por la Covid-19 las universidades cerraron sus puertas y no se ha podido realizar experimentación en los cursos de ingeniería. La experimentación es parte de la formación técnica de los estudiantes lo que hace necesario desarrollar nuevas formas de realizar experimentación en tiempos de pandemia. Se conoce que el aporte de la experimentación en el aprendizaje de la ingeniería es tan importante como el aporte teórico tradicional (Restivo, et al., 2019), sin embargo, el desarrollo de actividades prácticas se presenta como una dificultad con el cambio de modalidad en la contingencia (Gamage, et al., 2020). La enseñanza de los cursos de sistemas de control en ingeniería se apoya en la experimentación debido a su alta abstracción matemática (Liu, et al., 2012), en adición a la alta exigencia técnica en el campo laboral lo que resalta la importancia de la experimentación en el área.

Los recursos de acceso remoto, tanto virtuales como físicos, denominados como **recursos reales y simulados de acceso remoto** de acuerdo a (Bencomo, 2002), son hoy foco de desarrollo e investigación debido a la inaccesibilidad de los laboratorios en las universidades por causa de la pandemia. Recursos reales de acceso remoto como el presentado en (Kurukunda, et al., 2020) proponen el uso de la herramienta TeamViewer (TeamViewer, 2021) para que los estudiantes puedan conectarse de manera remota a equipos de cómputo ubicados en las universidades, estos conectados a montajes simples de un motor de corriente continua, y hacer uso de los programas Matlab (The MathWorks, 2021) y LabView (National Instruments, 2021) para el modelado y validación de un sistema de control de velocidad. En (Chtourou, et al., 2020) los autores proporcionan a los estudiantes un ambiente conformado por un computador y una tarjeta electrónica conectada a un motor para que ellos puedan realizar control remoto, usando la herramienta AnyDesk, y programar la tarjeta electrónica para el desarrollo de prácticas de sistemas embebidos. En (Jo, et al., 2020) los autores proponen una infraestructura para el desarrollo de prácticas de sistemas embebidos donde permiten a los estudiantes realizar control remoto, usando el software Chrome Remote Desktop, a un equipo conectado a un microcontrolador, un osciloscopio y una tarjeta de adquisición de datos. En (Mohammed, et al., 2020) los autores proponen el uso del servicio VNC (Lab, 1998) para ofrecer a los estudiantes el acceso remoto a equipos ubicados en las universidades y poder realizar medición de cargas eléctricas a través de LabView y unidades de medición conectadas a ellos. También se ha reportado el uso de recursos simulados de acceso remoto para el desarrollo de actividades de experimentación; por ejemplo, en (Khant, et al., 2021) los autores presentan el uso de la herramienta web Tinkercad para la enseñanza de los sistemas embebidos en tiempos de pandemia; en (Delgado, et al., 2020) los autores presentan el uso de las



herramientas Tinkercad, FluidSIM, Factory I/O y Overleaf para el desarrollo de prácticas de laboratorio en cursos de mecatrónica; en (Canesche, et al., 2021) los autores presentan el uso de la herramienta Google Colab junto con varias extensiones para el desarrollo de prácticas de diseño digital y lenguajes de descripción de hardware lo que muestra el uso de herramientas de acceso remoto para el desarrollo de actividades prácticas en ingeniería.

Este trabajo presenta cuatro recursos simulados de acceso remoto desarrollados por el área de automática de la Universidad del Valle para realizar experimentación en cursos de sistemas de control. El resto de este documento está organizado de la siguiente manera: en la siguiente sección se presentan los recursos desarrollados para la experimentación remota-virtual-local en cursos de laboratorio del área de automática de la Universidad del Valle, posteriormente se presentan los resultados preliminares alcanzados con el uso de los recursos y finalmente se presentan las conclusiones del trabajo.

2. Laboratorios

La Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle adquirió un conjunto de minicomputadoras Raspberry Pi (The Raspberry Pi, 2021b) y licencias campus del software Matlab. Mediante el desarrollo de un programa de simulación de dinámicas que corre en la tarjeta Raspberry Pi se propuso usar esta como herramienta de emulación de procesos.

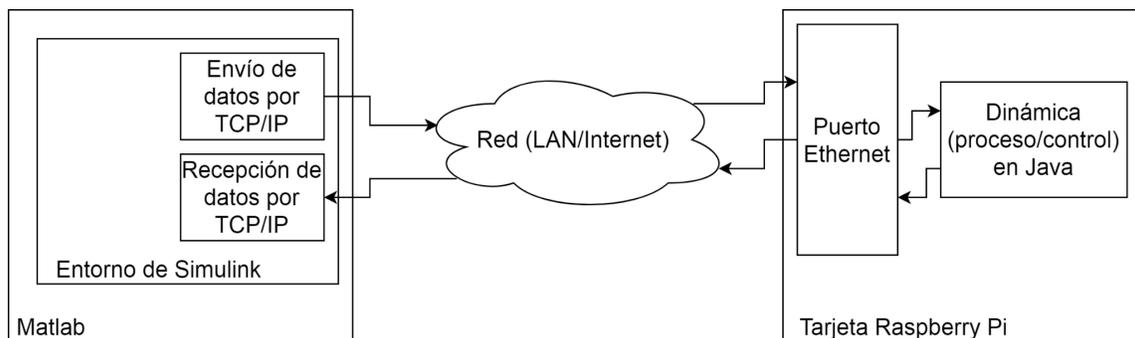


Figura 1. Esquema de uso de Matlab, minicomputadora Raspberry Pi y la herramienta de simulación de dinámicas.

El esquema de uso del programa de simulación de procesos, la minicomputadora Raspberry Pi y Matlab es el mostrado en la figura 1. Matlab permite conectarse con la Raspberry Pi a través de la red (local o internet) para adquirir los datos generados y enviarle datos para usarlos como entradas del proceso. Simulink tiene varios bloques de conexión TCP/IP totalmente configurables lo que extiende la flexibilidad del uso de estos elementos a través de la red y permite proponer varias configuraciones de laboratorios que se detallan a continuación.

2.1. Laboratorio virtual local

Entre los recursos desarrollados usando la Raspberry Pi está un laboratorio virtual local que usa el software VirtualBox (Oracle, 2021) para crear una máquina virtual del sistema operativo Raspbian (The Raspberry Pi, 2021a), que es el sistema operativo de la tarjeta Raspberry Pi, permitiendo generar todo un ambiente de trabajo en el computador personal de los estudiantes.



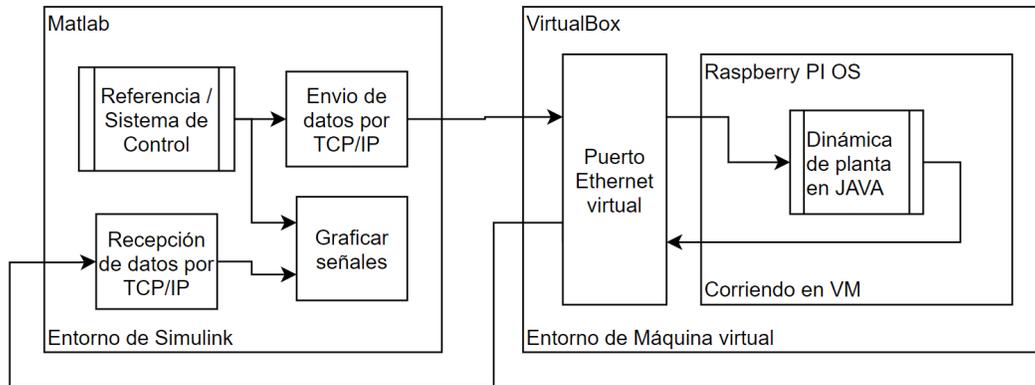


Figura 2. Esquema de uso del laboratorio virtual local.

El esquema de uso del laboratorio virtual local se muestra en la figura 2. El laboratorio con Raspberry pi virtual es un sistema confiable y flexible pues solo necesita de un computador y proporciona al estudiante un control total sobre los parámetros de la práctica. Este enfoque tiene la limitante de necesitar un computador con buenos recursos de cómputo (8 GB de memoria RAM y un buen procesador). Los retardos de transmisión de datos entre Raspbian y Matlab son del orden de 20 ms. Este enfoque de laboratorio virtual se propuso para que los estudiantes prueben el funcionamiento de sus prácticas y proyectos de laboratorio antes de ser implementados en las Raspberry PI físicas.

2.2. Laboratorio remoto descentralizado

Un segundo recurso denominado laboratorio físico remoto descentralizado geográficamente se trata de seis tarjetas Raspberry Pi conectadas a través de la herramienta VNC Viewer a sendos computadores con el Matlab, ubicados en las casas de los profesores. Usando el programa TeamViewer se permite a los estudiantes conectarse a los computadores de los docentes, arrancar el programa de simulación de dinámicas en la Raspberry Pi y hacer uso del Matlab local para realizar sus prácticas.

El ambiente de trabajo de este enfoque está totalmente instalado en la casa de los docentes y la conexión por parte de los estudiantes se realiza a través de internet. Fue necesario una adecuación del ambiente de trabajo para obtener un buen desempeño en el uso de los recursos. Entre las actividades de adecuación se pueden mencionar las conexiones cableadas de las Raspberry Pi a los puntos de acceso o a los computadores de los docentes dado que inicialmente la mayoría tenían una conexión inalámbrica (WIFI) lo que incurría en un bajo desempeño, hasta pérdida de datos en la transmisión de información desde la tarjeta hasta Matlab.

El recurso de laboratorio físico remoto descentralizado geográficamente es una alternativa bastante útil para los estudiantes que tienen computadores con bajos recursos. Presenta retardos entre 30 y 50 ms en la transmisión de datos entre la tarjeta y Matlab siempre y cuando la conexión entre los dispositivos sea cableada. La mayor limitante encontrada en este enfoque de laboratorio es la gestión necesaria para el uso de los recursos, ello engloba la configuración de seguridad del programa TeamViewer ya que los estudiantes accedían a controlar los computadores personales



de los docentes, la gestión del tiempo dado que, aunque se tienen horarios definidos para las prácticas siempre son necesarios horarios adicionales, y el monitoreo de las actividades desarrolladas por los estudiantes.

2.3. Laboratorio remoto centralizado

El tercer recurso llamado laboratorio físico remoto centralizado consiste en algunas tarjetas Raspberry Pi ubicadas en el laboratorio de automática de la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad del Valle. Estas tarjetas están enlazadas a la red de la universidad y son accesibles, de manera segura, desde internet. Las tarjetas Raspberry Pi hacen parte de un conjunto de subsistemas que permiten la conexión a distintos elementos del laboratorio de automática como el laboratorio de servomecanismos y el laboratorio de procesos.

Este laboratorio permite a los estudiantes usar el software Matlab en sus propios computadores para conectarse a las tarjetas Raspberry Pi ubicadas en la Universidad del Valle; también, las tarjetas pueden ser accedidas a través de Matlab online usando un navegador.

La ventaja con respecto a los otros sistemas es que no es necesario un computador con recursos considerables, sino que es suficiente con correr el software Matlab o usar Matlab online a través de un navegador y la seguridad de los datos de los docentes no se ve involucrada dado que los estudiantes se conectan de manera directa a las tarjetas.

La figura 3 muestra la estructura de envío y recepción de datos del laboratorio centralizado.

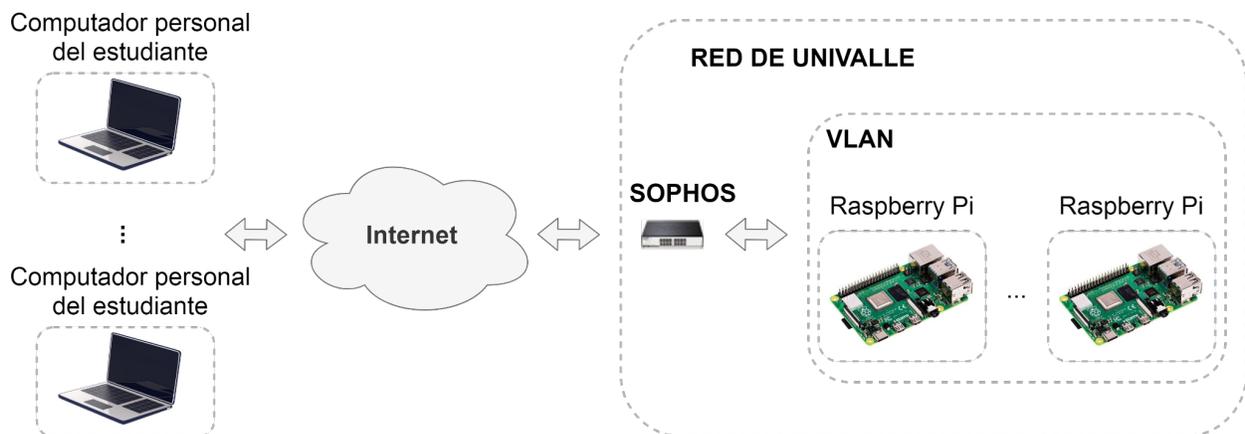


Figura 3. Plataforma de recursos remotos PERI, Universidad del Valle.

Los tiempos de retardo obtenidos en las pruebas están comprendidos entre 50 y 200 ms; sin embargo, se pueden obtener retardos mayores dependiendo de la velocidad de la conexión. El costo de implementación de esta solución es mayor para la universidad y se deben afrontar soluciones para la seguridad, accesibilidad y registro de los estudiantes. Los profesores deben encargarse en parte de la habilitación de la plataforma y asignación de Raspberry a los grupos de estudiantes. Este laboratorio aún está en desarrollo.



2.4. Laboratorio remoto en la nube

El último recurso denominado laboratorio físico remoto en la nube utiliza la plataforma Remote it (Remot3.it, 2021) para el acceso de los estudiantes a las tarjetas Raspberry Pi de los docentes, vía internet, sin la necesidad de TeamViewer. La configuración de esta plataforma está dividida en dos partes: la primera donde es necesario la creación de una cuenta para el uso y administración de esta, la segunda donde se realiza la instalación de Remote it en la Raspberry Pi. Esta instalación permite el registro o la asociación de la Raspberry Pi a la cuenta previamente creada y además configurar diferentes servicios con los cuales se desea acceder a las misma, entre los cuales se pueden mencionar: vnc, ssh, http, https, etc.

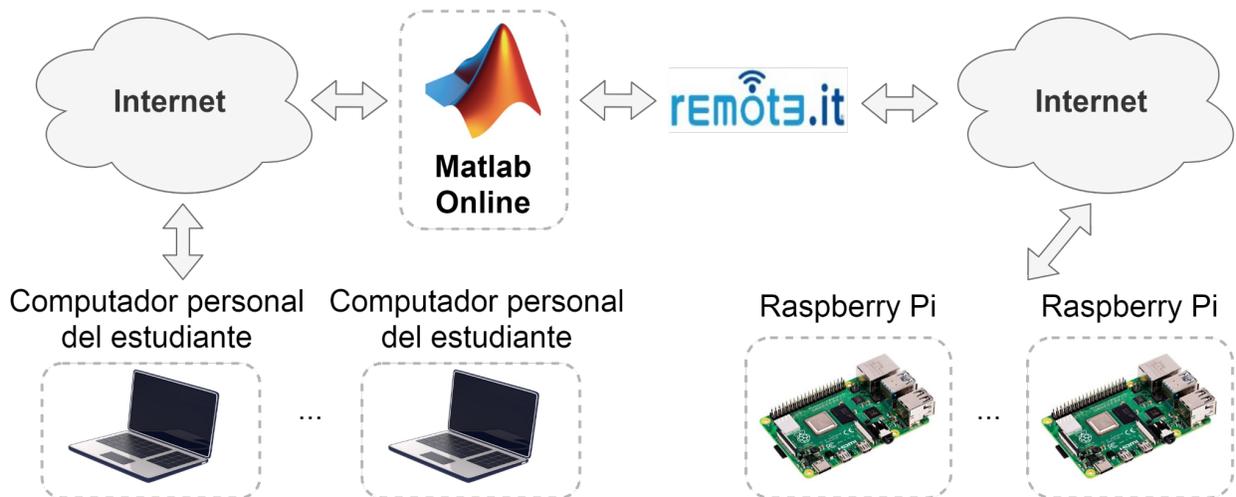


Figura 4: Estructura para envío y recepción de datos Remote it.

En la figura 4 se puede observar la estructura de envío y recepción de datos a través de la internet mediante la plataforma Remote it.

Entre las ventajas de uso que tiene esta plataforma están: los estudiantes pueden utilizar Matlab Online de forma que todo el proceso de conexión, experimentación y toma de datos se realiza en la web usando un navegador; no es necesario abrir puertos en el lado del servidor lo que significa que no hay superficie de ataque para los piratas informáticos; Remote.it es gratuito con un máximo de hasta 5 dispositivos. Entre las desventajas de uso que tiene esta plataforma están: dependiendo del estado de la conexión a internet (Tráfico de red, velocidad, compartición, tipo de red) se tienen retardos de transmisión de datos del orden de los 200 ms; el mantenimiento de la solución involucra un costo si se requiere administrar un mayor número de dispositivos que depende del tipo de plan que se desee contratar.

3. Resultados

Los recursos desarrollados han permitido realizar prácticas de experimentación en control para 104 estudiantes sin muchos inconvenientes, entre ellas, caracterización de la bucla típica, análisis temporal, lugar geométrico de las raíces y respuesta en frecuencia. Las prácticas hacen parte de



tres asignaturas de nombres: Laboratorio de análisis y compensación de sistemas lineales, Laboratorio de fundamentos de control de sistemas lineales y Laboratorio de sistemas automáticos de control (abreviados como LAYCSL, LFCSL y LSAC respectivamente), los dos primeros pertenecen al programa de Ingeniería Electrónica y el último al programa de Ingeniería Eléctrica. Se debe resaltar que el curso de Laboratorio de fundamentos sólo pudo usar los recursos en dos ocasiones mientras que los estudiantes de los demás cursos los usaron en más oportunidades; además, los cursos del programa de Ingeniería Electrónica usaron en mayor medida el recurso alojado en la casa de los profesores y los estudiantes del programa de Ingeniería Eléctrica usaron el recurso alojado en la Universidad del Valle.

Tabla 1. Comparación cualitativa de los recursos de experimentación.

Enfoque	Raspberry Pi		MatLab	Desempeños			
	Naturaleza	Ubicación		Latencia	Gestión	Costo	Confiabilidad
Local virtual	Virtual	NA	Estudiante	Bajo	Baja	Bajo	Alta
Remoto distribuido	Física	Docente	Docente	Bajo	Alta	Bajo	Baja
Remoto centralizado	Física	Univalle	Estudiante o en la nube	Medio	Baja	Alto	Media
Remoto en la nube	Física	Docente	Docente	Medio	Alta	Medio	Media

La tabla 1 muestra una comparación cualitativa de los recursos de experimentación desarrollados. El desempeño de cada recurso es variado; en términos de latencia de transmisión de datos se alcanzaron mejores resultados en el recurso local virtual y remoto distribuido geográficamente con retardos de hasta 30 ms mientras que en los demás recursos los retardos fueron de hasta 200 ms (usando siempre red cableada). El recurso alojado en la Universidad del Valle es el que presenta el mayor costo de implementación dado que son necesarios equipos de red sofisticados para permitir la conexión a las tarjetas y mantener la seguridad de la red del campus; sin embargo, este recurso facilita la gestión de uso por parte de los estudiantes. Los recursos remoto distribuido y remoto en la nube presentan el mayor requerimiento de gestión dado que son necesarios varios programas, como TeamViewer y VNC Viewer para su funcionamiento, además, toda la gestión la debe realizar el docente.

Como parte del proceso de evaluación preliminar del uso de los recursos se encuestó a los estudiantes sobre distintos aspectos de éstos. La tabla 2 muestra las preguntas propuestas en la encuesta, los resultados encontrados y la comparación de los datos dependiendo de los cursos y los programas. De manera general la acogida de la herramienta por parte de los estudiantes ha sido aceptable, como se esperaba, pues es una herramienta en desarrollo. Aunque el uso de la herramienta ha sido poco debido a que los estudiantes se encuentran en cese de actividades por el paro nacional, se pueden identificar aspectos de mejora inmediata como el tiempo asignado para el desarrollo práctico (pregunta 5), el enfoque práctico del uso de los recursos (preguntas 11-



13), la disponibilidad de acceso (pregunta 6), los materiales y guías de uso (pregunta 7) y el funcionamiento (pregunta 2).

Con estas herramientas los usuarios (profesores y estudiantes) pueden experimentar para afianzar desde la visión de sistemas de control conceptos de lazo de realimentación, características de sistemas de control realimentado, análisis de respuesta temporal y estacionaria, análisis en el dominio de frecuencia compleja y controladores en tiempo continuo y discreto; adicionalmente, las herramientas permiten a los estudiantes que simultáneo al aprendizaje de conceptos, desarrollen habilidades en manejo de herramientas como Labview, Matlab y programación.

Tabla 2. Preguntas y resultados, encuesta de uso de la herramienta.

Encuestados: 19, Población: 104 Cursos: 3 (LSAC, LAyCSL, LFCSL) Lugar: Universidad del Valle Fecha: 1 de junio del 2021 Niveles de valoración de las afirmaciones: 1-No se cumple, 2-Bajo, 3-Medio, 4-Alto, 5-Plenamente	Total		Laboratorio al que pertenece			Herramienta que evalúa	
	Promedio	Mediana	LSAC	LAYCSL	LFCSL	Distribuido	Centralizado
Número de encuestados	19		9	4	6	12	7
Aspectos de usabilidad							
1. El ambiente de trabajo para el uso de la herramienta fue fácil de configurar	3,4	4	3,7	4,8	2,0	3,3	3,4
2. La herramienta de emulación funcionó adecuadamente durante las prácticas	3,2	3	3,4	3,7	2,5	3,2	3,1
3. La herramienta de emulación fue fácil de utilizar	3,2	3	3,4	4,5	2,0	3,2	3,3
4. La visualización de los fenómenos estudiados y la adquisición de los datos en las prácticas fue adecuada	3,3	3	3,8	4,2	2,0	3,2	3,6
5. El tiempo asignado para el desarrollo del trabajo práctico de emulación fue suficiente para lograr los objetivos planteados	2,4	2	2,7	3,2	1,5	2,5	2,3
6. La disponibilidad de acceso a la herramienta fue flexible	3,1	3	3,2	4,0	2,5	3,2	3,0
7. El material de instrucción existente se encuentra estructurado adecuadamente y maneja un lenguaje claro para facilitar el aprendizaje sobre el uso de la herramienta de emulación	3,2	3	3,1	4,5	2,3	3,4	2,7
8. La velocidad de respuesta o transmisión de datos de la herramienta fue apropiada durante las prácticas	3,5	3	3,8	3,7	3,0	3,4	3,7
Aspectos de aprendizaje							
9. La herramienta de emulación es pertinente para el aprendizaje del control	3,5	3	3,4	4,2	3,2	3,7	3,1
10. La herramienta de emulación permite contextualizar un problema real de control en un ambiente de laboratorio	3,4	3	3,2	4,5	2,8	3,7	2,9



11. La herramienta de emulación facilitó la comprensión de conceptos teóricos del control	3,1	3	2,8	4,7	2,5	3,6	2,3
Del desarrollo de capacidades transversales							
12. La herramienta permitió fortalecer mi capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica	3,1	3	2,8	4,7	2,5	3,6	2,3
13. La herramienta permitió fortalecer mi capacidad para gestionar el tiempo y la información	3,1	3	2,9	4,7	2,3	3,5	2,4
14. La herramienta permitió fortalecer mi capacidad en el uso de tecnologías de información, comunicación y programación	3,5	4	3,4	4,7	2,7	3,7	3,1

4. Conclusiones

Este artículo presenta el desarrollo, uso y valoración preliminar de cuatro recursos remotos de simulación propuestos por el área de automática de la Universidad del Valle para el desarrollo de actividades de experimentación de sistemas de control en tiempos de pandemia.

La aplicación virtual consistente en la emulación de una dinámica a controlar, que se implementa en la Raspberry Pi y el controlador implementado en Simulink de Matlab (en el equipo del estudiante), ha mostrado ser un ambiente apropiado para la experimentación en cursos de pregrado. Este ambiente se ha implementado de forma exitosa y ha mostrado su utilidad para entrenamiento previo de la experimentación con él (los) dispositivo(s) físico(s).

Como respuesta a la contingencia de la pandemia se implementaron plataformas para experimentación remota distribuida en casa de los profesores. Adicionalmente, y simultáneamente como solución de largo plazo, se desarrolló el laboratorio para experimentación remota, soluciones con la misma arquitectura usando la Raspberry remotamente y Simulink local o en la nube, en lo que se denomina control remoto centralizado.

Como trabajo futuro se planea darle conectividad física a la Raspberry Pi a un proceso físico, en cuyo caso el controlador se puede ejecutar en ella y Matlab usarse para la supervisión. También se están desarrollando aplicaciones de instrumentos virtuales con la Raspberry Pi y Labview. Otro de los trabajos futuros incluye explorar y explotar las herramientas de control con python como "Python Control Systems Toolbox" que a su vez usa las aplicaciones NumPy y SciPy. Finalmente se están impulsando proyectos para el desarrollo de IoT usando los resultados de la inclusión de la Raspberry Pi con las opciones de comunicación y el software disponible.

5. Referencias

Artículos de revistas

- Gamage, K. A. A., Wijesuriya, D. I., Ekanayake, S. Y., Rennie, A. E. W., Lambert, C. G., & Gunawardhana, N. (2020). Online Delivery of Teaching and Laboratory Practices: Continuity of



University Programmes during COVID-19 Pandemic. *Education Sciences*, 10(10), 291. <https://doi.org/10.3390/educsci10100291>

Memorias de congresos

- Bencomo, S. D. (2002). CONTROL LEARNING: PRESENT AND FUTURE. *IFAC Proceedings Volumes*, 35(1), 71–93. <https://doi.org/10.3182/20020721-6-ES-1901.01641>
- Canesche, M., Braganca, L., Vilela Neto, O. P., Nacif, J. A., & Ferreira, R. (2021). Google Colab CAD4U: Hands-on Cloud Laboratories for Digital Design. *2021 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ISCAS51556.2021.9401151>
- Chtourou, S., & Zouari, L. (2020). Post-Pandemic Online teaching Experience at King Faisal University: a Case Study. *2020 Sixth International Conference on E-Learning (Econf)*, 249–253. <https://doi.org/10.1109/econf51404.2020.9385462>
- Delgado, L. D. R., Alvarez, S. del M., Gutierrez, S., & Ponce, H. (2020). Mechatronics Teaching through Virtual Platforms for Home Confinement due to COVID-19. *2020 International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering (ICMEAE)*, 180–185. <https://doi.org/10.1109/ICMEAE51770.2020.00038>
- Jo, H. S., & Jo, R. S. (2020). Design and Development of Remote Laboratory System to Facilitate Online Learning in Hardware Programming Subjects. *2020 13th International UNIMAS Engineering Conference (EnCon)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/EnCon51501.2020.9299326>
- Khant, S., & Patel, A. (2021). COVID19 Remote Engineering Education: Learning of an Embedded System with Practical Perspective. *2021 International Conference on Innovative Practices in Technology and Management (ICIPTM)*, 15–19. <https://doi.org/10.1109/ICIPTM52218.2021.9388360>
- Kurukunda, S., Trigona, C., & Baglio, S. (2020). Laboratory Activity during COVID-19 as a “Virtual Experience”: Restriction or Chance? *2020 17th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD)*, 349–353. <https://doi.org/10.1109/SSD49366.2020.9364113>
- Liu, L., & Hu, J. (2012). The practice of MATLAB simulation in modern control theory course teaching. *2012 IEEE Fifth International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI)*, 896–899. <https://doi.org/10.1109/ICACI.2012.6463300>
- Mohammed, A. K., El Zoghby, H. M., & Elmesalawy, M. M. (2020). Remote Controlled Laboratory Experiments for Engineering Education in the Post-COVID-19 Era: Concept and Example. *2020 2nd Novel Intelligent and Leading Emerging Sciences Conference (NILES)*, 629–634. <https://doi.org/10.1109/NILES50944.2020.9257888>
- Restivo, M. T., de Fátima Chouzal, M., Abreu, P., & Zvacek, S. (2019). *The Role of an Experimental Laboratory in Engineering Education* (pp. 644–652). https://doi.org/10.1007/978-3-030-11935-5_61

Fuentes electrónicas

- Lab, T. O. & O. R. (1998). *Virtual Network Computer from ORL*. Consultado el 14 de junio del 2021 en <http://web.mit.edu/cdsdev/src/howitworks.html>
- National Instruments, C. (2021). *What is LabView*. Consultado el 14 de junio del 2021 en <https://www.ni.com/es-co/shop/labview.html>
- Oracle, C. (2021). *VirtualBox*. Consultado el 14 de junio del 2021 en <https://www.virtualbox.org/>
- Remot3.it, I. (2021). *Remote it*. Consultado el 14 de junio del 2021 en <https://remote.it/>
- TeamViewer, A. (2021). *TeamViewer*. Consultado el 14 de junio del 2021 en <https://www.teamviewer.com/es-mx/company/>



- The MathWorks, I. (2021). *Matlab, descripción general*. Consultado el 14 de junio del 2021 en <https://la.mathworks.com/products/matlab.html>
- The Raspberry Pi, F. (2021a). *Raspberry Pi OS*. Consultado el 14 de junio del 2021 en <https://www.raspberrypi.org/software/operating-systems/>
- The Raspberry Pi, F. (2021b). *The Raspberry Pi*. Consultado el 14 de junio del 2021 en <https://www.raspberrypi.org/about/>

Sobre los autores

- **Julio Urbano:** Ingeniero Electrónico de la Universidad del Valle. Estudiante de Maestría en Automática. julio.urbano@correounivalle.edu.co.
- **Andrés Holguín:** Ingeniero Electrónico de la Universidad del Valle. Estudiante de Maestría en Electrónica. andres.holguin@correounivalle.edu.co.
- **David Chiza:** Ingeniero en Electrónica y Control y Máster en Administración de Empresas de la Universidad Politécnica Nacional, Ecuador. Estudiante de Doctorado en Ingeniería de la Universidad del Valle. jose.chiza@correounivalle.edu.co.
- **Edinson Franco:** Ingeniero Eléctrico, Máster en Automática, Doctor en Ingeniería de la Universidad del Valle. Profesor titular. edinson.franco@correounivalle.edu.co.
- **José Ramírez:** Ingeniero Eléctrico y Máster de sistemas de generación de energía de la Universidad del Valle. Máster en automática y productiva y Doctor en control automático de la Universidad de Grenoble, Francia. Profesor titular de la Universidad del Valle. jose.ramirez@correounivalle.edu.co.
- **Esteban Rosero:** Ingeniero Mecánico y Máster en Automática de la Universidad del Valle. Doctor en Ingeniería de la Universidad de Tecnología de Hamburgo, Alemania. Profesor asistente de la Universidad del Valle. esteban.rosero@correounivalle.edu.co.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

