



Comparación entre el aprendizaje presencial y remoto para la enseñanza de sistemas de control automático*

Diego Alberto Bravo Montenegro^a ■ Carlos Felipe Rengifo Rodas^b

Resumen: en este trabajo se presenta una comparación entre la enseñanza presencial y remota de un curso de nivel universitario sobre sistemas de control automático. Se propone un conjunto de actividades de aprendizaje para enseñar y evaluar el curso. Estas actividades tienen como objetivo fortalecer la resolución de problemas, el trabajo en equipo, la comunicación y las habilidades de autoaprendizaje. Las actividades se desarrollaron utilizando las aplicaciones de aprendizaje interactivas: Matlab Grader, Matlab Live Scripts, Google Classroom, Google Meet y Google Docs. Una encuesta aplicada a los estudiantes que realizaron el curso presencial en 2019 y a distancia durante 2020 mostraron las ventajas del acercamiento remoto para la mayoría de los aspectos de cada una de las habilidades mencionadas. Sin embargo, los estudiantes percibieron que su contribución al trabajo en equipo era mayor cuando se encontraban en un aula física. Las calificaciones del curso mejoraron en promedio un 10 % para la modalidad remota.

Palabras clave: educación en control; herramientas docentes; sistemas de control lineal; *e-learning*

Recibido: 20 de abril de 2021

Aceptado: 4 de noviembre de 2021

Disponible en línea: 23 de diciembre de 2022

Cómo citar: Bravo-Montenegro, D. A., y Rengifo-Rodas, C. F. (2022). Comparación entre el aprendizaje presencial y remoto para la enseñanza de sistemas de control automático. *Academia y Virtualidad*, 15(2), 77-88. <https://doi.org/10.18359/ravi.5733>

* Artículo de investigación.

a Doctor en Ciencias de la Electrónica. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
Correo electrónico: dibravo@unicauca.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7041-3183>

b Doctorat en Automatique, Ecole Centrale de Nantes. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
Correo electrónico: caferen@unicauca.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0601-3481>

Comparison between face-to-face and remote learning for teaching automatic control systems

abstract: This paper presents a comparison between face-to-face and remote teaching of a university level course on automatic control systems. A set of learning activities is proposed to teach and evaluate the course. These activities aim to strengthen problem solving, teamwork, communication and self-learning skills. The activities were developed using the interactive learning applications: Matlab Grader, Matlab Live Scripts, Google Classroom, Google Meet and Google Docs. A survey applied to students who took the course face-to-face in 2019 and remotely during 2020 showed the advantages of the remote approach for most aspects of each of the skills mentioned. However, students perceived that their contribution to teamwork was greater when they were in a physical classroom. Course grades improved by an average of 10 % for the remote modality.

Keywords: control education; teaching tools; linear control systems; *e-learning*

Comparação entre o atendente e o aprendizado remoto para a introdução de sistemas de controle automático

Resumo: este artigo apresenta uma comparação entre o ensino presencial e remoto de um curso de nível universitário sobre sistemas de controle automático. Um conjunto de atividades de aprendizagem é proposto para ensinar e avaliar o curso. Essas atividades visam fortalecer as habilidades de resolução de problemas, trabalho em equipe, comunicação e auto-estudo. As atividades foram desenvolvidas utilizando os aplicativos interativos de aprendizagem: Matlab Grader, Matlab Live Scripts, Google Classroom, Google Meet e Google Docs. Uma pesquisa aplicada aos alunos que fizeram o curso presencial em 2019 e a distância durante 2020 mostrou as vantagens da abordagem remota para a maioria dos aspectos de cada uma das habilidades mencionadas. No entanto, os alunos perceberam que sua contribuição para o trabalho em equipe era maior quando estavam em uma sala de aula física. As notas do curso melhoraram em média 10 % para a modalidade remota.

Palavras-chave: educação em controle; ferramentas docentes; sistemas de controle de régua; e-learning

Introducción

La mayoría de los colegios y universidades en el mundo cerraron sus instalaciones debido a la pandemia de la COVID-19. Según un reporte de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco, 2020), cerca de 185 países suspendieron las clases en todo su territorio, mientras que otros solo las suspendieron en forma parcial. En total, han sido más de 1500 millones de alumnos afectados. Esa cifra representa el 90% de la población estudiantil global.

Esta situación nos ha llevado a migrar de la educación presencial hacia una modalidad remota basada en el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), en la cual Internet es el principal medio de comunicación con los estudiantes. En esta modalidad de enseñanza, los cursos deben disponer de entornos virtuales en donde se organicen los contenidos, las actividades de aprendizaje y las evaluaciones, así como las herramientas para la comunicación e interacción entre estudiantes y profesores.

La Red Española de Agencias de Calidad Universitaria (Reacu) define la enseñanza presencial como aquella en donde se produce una interacción de enseñanza-aprendizaje cara a cara, y a la enseñanza remota como aquella en donde las actividades docentes no son presenciales sino basadas en documentos impresos, e interacción virtual síncrona o asíncrona (González González, Fardoun, Collazos y Yousef, 2020).

A medida que las universidades migran forzosamente al aprendizaje a distancia, los profesores adoptan enfoques novedosos y utilizan herramientas basadas en la nube para mejorar la experiencia de aprendizaje de sus estudiantes. Sin embargo, el aprendizaje a distancia plantea desafíos adicionales como las prácticas de laboratorio (Vargas, y otros, 2010). En la enseñanza a través de Internet, los estudiantes no pueden tener acceso a los equipos que utilizarían en los laboratorios de sus universidades. Una alternativa para abordar esta limitante consiste en recrear los resultados de los experimentos utilizando herramientas de simulación como Matlab (Al-Khazraji y Ismael, 2020). Si bien la simulación por sí sola

no es un reemplazo completo del aprendizaje práctico que involucra *hardware*, las opiniones de los estudiantes, recolectadas como parte de la investigación presentada en este artículo, sugieren que es una alternativa válida para el aprendizaje independiente.

Debido a las razones anteriores, en este trabajo se hace una comparación de las habilidades adquiridas por los estudiantes en un curso presencial y remoto de sistemas de control automático y se presenta una propuesta para la enseñanza remota del curso de sistemas automático de control, que integra las destrezas adquiridas por los aprendices en materias como física, programación y sistemas dinámicos, con el propósito de diseñar, modelar, simular y controlar sistemas dinámicos.

Este artículo describe las actividades para la enseñanza y evaluación mediante herramientas *software* interactivas. La aplicación de estas actividades a la enseñanza de sistemas de control, curso que se destaca por tener una gran abstracción matemática que algunas veces dificulta el aprendizaje de algunos estudiantes, demostró algunas ventajas con respecto a un curso dictado en forma presencial.

El documento está estructurado de la siguiente manera: una primera sección describe el diseño del curso de sistemas de control para aprendizaje remoto. La segunda contiene la valoración y evaluación de los estudiantes. Una tercera sección presenta los resultados de las encuestas realizadas tanto a quienes tomaron el curso propuesto, como aquellos que lo cursaron de manera presencial antes de la pandemia. Finalmente, en la última sección se concluye sobre la investigación realizada.

Diseño del curso de sistemas de control para aprendizaje remoto

El curso de *sistemas de control automático* de la Universidad del Cauca se desarrolla en un semestre de 16 semanas, tiene cuatro créditos académicos (en Colombia, un crédito académico corresponde a 48 horas de trabajo para el estudiante). Es un curso teórico-práctico, donde la teoría se afianza mediante simulación de sistemas dinámicos en Matlab y prácticas de laboratorio.

Durante 2020, el curso se realizó de forma remota mediante el uso del Learning Management System (LMS) Google Classroom. La totalidad del programa (currículo) vigente se desarrolló con normalidad. Sin embargo, no fue posible realizar algunas prácticas de laboratorio que exigían la presencialidad de los estudiantes, por lo que se propuso a los directivos de la Universidad la adquisición de laboratorios virtuales y remotos (VRL) para la enseñanza y práctica de la teoría de control (Heradio, Torre y Dormido, 2016). Los VRL están diseñados para experimentos interactivos, los estudiantes pueden monitorear y controlar las variables físicas mediante interfaces gráficas de usuario, el *hardware* (controlador, planta, sensores, acondicionadores de señal y tarjeta de adquisición de datos) no es interconectado ni manipulado por ellos. En nuestro ejercicio en la docencia de sistemas de control, entendemos que el estudiante debe adquirir estas competencias en el manejo del *hardware* y *software* para desarrollar habilidades que les permitan enfrentarse al mundo laboral.

La metodología utilizada para la enseñanza fue el aprendizaje basado en problemas (ABP), dado que nos permite utilizar las TIC y además propicia el aprendizaje activo (Martín-Espinosa y Gil-Galvan, 2020).

Creación de contenido multimedia

Videotutoriales

La visualización de videos como herramienta de apoyo a la educación no presencial es una estrategia válida siempre y cuando el formato y duración consigan mantener la atención del estudiante (Arévalo, Vicente-del-Rey, García-Morales y Rivas-Blanco). Los videos permiten que el docente registre los conceptos básicos de control automático, incluyendo ejercicios o prácticas según el programa curricular vigente. Adicionalmente, el docente tiene a su disposición el material publicado en YouTube sobre Matlab y “Automática” (Arévalo, Vicente-del-Rey, García-Morales y Rivas-Blanco). Estos canales presentan videos

con ejemplos de sistemas reales en los que se plantea la relación existente entre la teoría y la práctica. Los enlaces a los videos son subidos en Google Classroom.

También se realizaron videos con la explicación del profesor con las diapositivas que normalmente se presentan en la clase presencial; estas ayudas están disponibles para que el estudiante de forma asincrónica repita y asimile a su propio ritmo el contenido de la asignatura.

Matlab Live Scripts

Matlab es una herramienta de *software* que permite la simulación de sistemas dinámicos mediante el uso de *toolboxes* (librerías de funciones), entre ellos el *toolbox* de control automático. Este programa se ha popularizado para la enseñanza en los cursos de sistemas de control en la mayoría de las universidades del mundo (Chow y Cheung, 1992).

La Universidad del Cauca cuenta con una licencia tipo *campus wide license* que facilita la instalación del *software* en los computadores personales de los estudiantes y docentes, además de otros servicios en la nube, como Matlab Drive, Matlab Online, Matlab Grader, Live Script functions, entre otros.

Los *scripts* y funciones en vivo son archivos de programa que sirven para interactuar con una serie de comandos de Matlab. Los *scripts* en vivo contienen salidas y gráficas junto con el código que las produjo, en un entorno interactivo conocido como Live Editor (figura 1). Las funciones en vivo brindan una mayor flexibilidad, lo que permite pasar valores de entrada y devolver valores de salida. Es posible agregar texto, imágenes, hipervínculos y ecuaciones a los *scripts* y las funciones en vivo para producir una narrativa interactiva que permite la solución de problemas complejos en la enseñanza de los sistemas de control.

Con los ejercicios y problemas interactivos los estudiantes aplican y retienen los conceptos aprendidos y mantenerlos comprometidos (Khan, Jaffery, Hanif y Asif, 2017). El docente puede utilizar varias herramientas para introducir interactividad en el material del curso, como cuadernos ejecutables, interfaces de usuario y aprendizaje práctico.

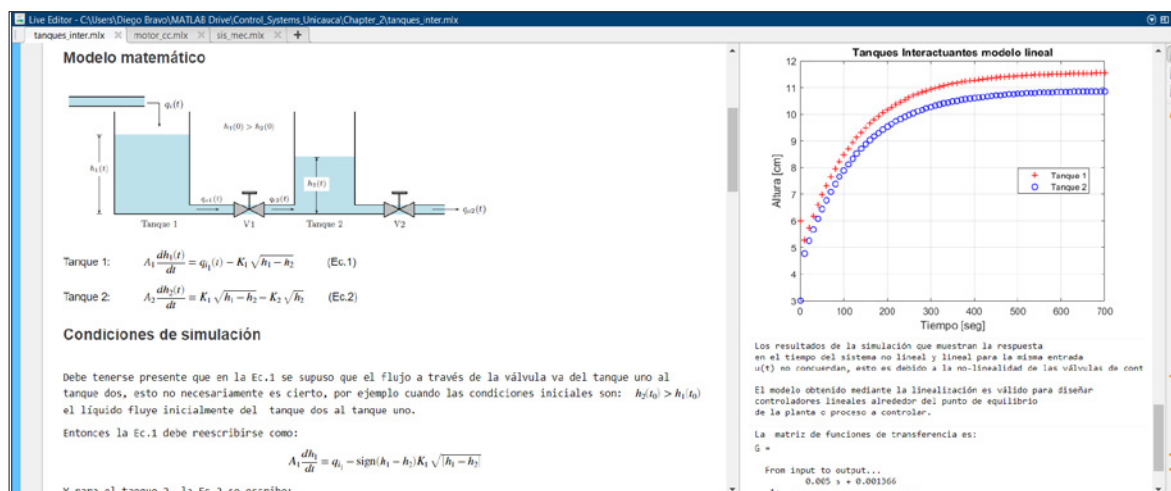


Figura 1. Ejemplo práctico de uso propio creado con Matlab Live Editor

Fuente: elaboración propia.

Un cuaderno ejecutable, creado con Live Editor, combina código, salida, visualizaciones, imágenes y texto. Esta herramienta le permite al docente crear una narrativa alrededor de ese código para ayudar a guiar a los estudiantes. Además, es posible configurar controles interactivos para que sus alumnos experimenten con parámetros y vean los resultados inmediatamente en el mismo documento, lo que hace su uso ideal para proponer problemas prácticos que desafíen al estudiante en su resolución.

El desarrollo de *scripts* promueve las habilidades de programación en los estudiantes, aplicando los conocimientos teóricos para resolver problemas complejos que necesitan el uso de computadores para su resolución.

Actividad colaborativa mediante aprendizaje basado en problemas

El objetivo de la actividad es que los estudiantes relacionen la teoría con la práctica mediante la solución de un problema real, tratando de desarrollar un ambiente de aprendizaje basado en problemas, que promueva el desarrollo de competencias transversales para enfrentar el desánimo generalizado de los estudiantes de ingeniería por el aprendizaje de la física, teoría de control, programación

y electrónica, atribuida en parte, a la desarticulación entre la enseñanza de estas disciplinas con el propósito mismo de su formación profesional (Bravo y Rengifo, 2014).

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es una estrategia activa de educación que además de preocuparse por encontrar la solución de un problema, también busca el desarrollo de habilidades de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje y promueve el uso de TIC. Para el ABP es importante, además de solucionar problemas, estar en capacidad de enfrentarse a tareas complejas (Martín-Espinosa y Gil-Galván, 2020).

Esta actividad debe ser diseñada previamente por el docente, se propone un caso de estudio con todos los requerimientos como si fuera un proyecto por entregar y se resuelve entre todo el grupo de estudiantes, se cuenta con la asesoría del profesor. El caso de estudio debe solucionarse en dos horas (tiempo de clase síncrona); con Google Docs el docente visualiza en tiempo real quién hace el aporte dentro del documento y de esta forma valora su participación en el desarrollo del requerimiento.

Organización del curso

Las actividades para cada semana se programan de acuerdo con el contenido curricular del curso de sistemas de control, estas comprenden:

resumen y taller del capítulo, actividad colaborativa mediante reunión sincrónica, solución de problemas de programación con Matlab Grader y exámenes. El horario del curso se presenta en la guía del estudiante; este documento tiene los contenidos, bibliografía, objetivos, actividades, competencias y porcentajes de evaluación.

En el LMS Google Classroom el estudiante puede consultar todo el material multimedia (videos, *live scripts* de Matlab, presentaciones, lecturas, talleres) para realizar el resumen de cada capítulo, así como ver el progreso de su aprendizaje reflejado en sus calificaciones.

Valoración y evaluación

En este enfoque se utilizan diferentes instrumentos y actividades para la evaluación. También se evalúan habilidades transversales como trabajo en equipo, habilidades de comunicación y liderazgo. Se valora la gestión del tiempo, la administración de la información, etc.

La evaluación del alumno se diseñó a partir de cinco aspectos: resumen y taller, actividad colaborativa, Matlab Grader, quices individuales y el desarrollo de un proyecto final. La tabla 1 muestra los porcentajes de evaluación de cada actividad.

Tabla 1. Ponderación de las actividades para la evaluación

Actividades	Porcentaje
Resúmenes y talleres	30 %
Actividades colaborativas	20 %
Matlab Grader	20 %
Quices (formularios)	10 %
Quices (Matlab)	10 %
Proyecto final	10 %
Total	100 %

Fuente: elaboración propia.

El docente asume que los trabajos y evaluaciones los realizan los propios estudiantes. En los trabajos escritos se utilizan herramientas informáticas libres y antiplagio, pero se recalca el valor ético en las actuaciones de cada uno.

Resumen y taller

Para cada capítulo del programa curricular vigente el profesor diseña un taller corto de no más de cinco ejercicios representativos de cada temática. Los estudiantes reciben asesorías (en horarios de oficina) por herramientas de mensajería instantánea (en nuestro caso Google Hangouts), al final de cada capítulo deben entregar como evidencia un resumen y los ejercicios resueltos del taller.

Estas actividades se enmarcan en el trabajo individual del alumno, lo autocuestionan sobre su proceso de aprendizaje y ayudan al profesor a hacer un seguimiento del desempeño individual.

Actividad colaborativa

Por cada capítulo el profesor programa una reunión sincrónica con todo el grupo mediante Google Meet. Se diseña una actividad colaborativa que generalmente es un problema (tipo proyecto) de aplicación, el requerimiento es trabajado en un documento de tipo colaborativo, por ejemplo, Google Docs, y se nombra un líder del grupo escogido previamente cuyo rol consiste en organizar y delegar pequeñas tareas a los demás miembros del equipo para lograr el cumplimiento del objetivo final.

El docente está supervisando en tiempo real la evolución de la actividad y puede hacer realimentación dentro del mismo documento. Al final él decidirá la nota del grupo y puede hacer bonificaciones adicionales al líder y al grupo por su desempeño, como también penalizar al o los estudiantes que no participaron activamente del ejercicio.

Este aspecto evalúa además del cumplimiento de las tareas asignadas, la participación en reuniones y discusiones de equipo, identificación y resolución de dificultades dentro del equipo y la contribución individual para el trabajo en equipo. El aula invertida es un modelo pedagógico en el que los elementos típicos de clase magistral y tarea de un curso se invierten (Hayashi, Fukamachi y Komatsugawa, 2015). Dentro de este contexto se desarrolla aprendizaje colaborativo.

Matlab Grader

Es muy importante para el profesor garantizar que los estudiantes continúen aprendiendo, practicando y aplicando conceptos. Proporcionar comentarios instantáneos sobre problemas y ejercicios propuestos refuerza los conceptos aprendidos.

Matlab Grader es una herramienta que permite calificar automáticamente y hacer comentarios instantáneamente mediante la personalización de las evaluaciones. Es posible utilizar el banco de problemas que existen en la herramienta, pero cada profesor puede crear fácilmente sus propios problemas, como se muestra en la figura 2.

Las actividades desarrolladas en esta parte buscan observar habilidades técnicas utilizando *software* para diseñar, analizar y procesar datos. También evalúa las habilidades para usar prototipos virtuales de plantas, diseño y sintonización de controladores; esta actividad es de tipo individual. En un entorno en línea, puede ser más difícil para un docente medir la comprensión del material estudiado y satisfacer las necesidades individuales de los estudiantes. Las evaluaciones personalizadas ayudan a variar la dificultad de los problemas para que los estudiantes motivados se desafíen a sí mismos. Matlab Grader también se integra con el LMS que transfiere automáticamente las calificaciones.

Tabla 2. Encuesta para los estudiantes

Asignatura
<i>El curso me ayuda a adquirir:</i>
QT1: Habilidades para trabajar en equipo
QP1: Capacidad para trabajar por problemas
QP2: Capacidad para aplicar el conocimiento en la práctica
QP3: Capacidad para resolver problemas de ingeniería
QP4: Capacidad y actitud para la investigación
QP5: Capacidad para gestionar información
QP6: Capacidad para gestionar el tiempo
QP7: Capacidad para adaptarme a nuevas situaciones
QP8: Compromiso de calidad
<i>El curso me ayudó a adquirir:</i>
QS1: Capacidad para trabajar solo
QC1: Capacidad para comunicarme efectivamente con otros
QC2: Habilidades para el entendimiento del idioma inglés
Profesor
QT2: El profesor orienta oportunamente a mi equipo en la solución de conflictos, problemas y dificultades
QT3, QC3: El profesor anima a los miembros de mi equipo a mejorar y organizar sus presentaciones
QP9: El profesor diseña actividades académicas que estimulan mi capacidad de analizar y resolver problemas
QS2: El maestro orienta a los estudiantes sobre cómo elegir apropiadamente y usar recursos de aprendizaje

continúa

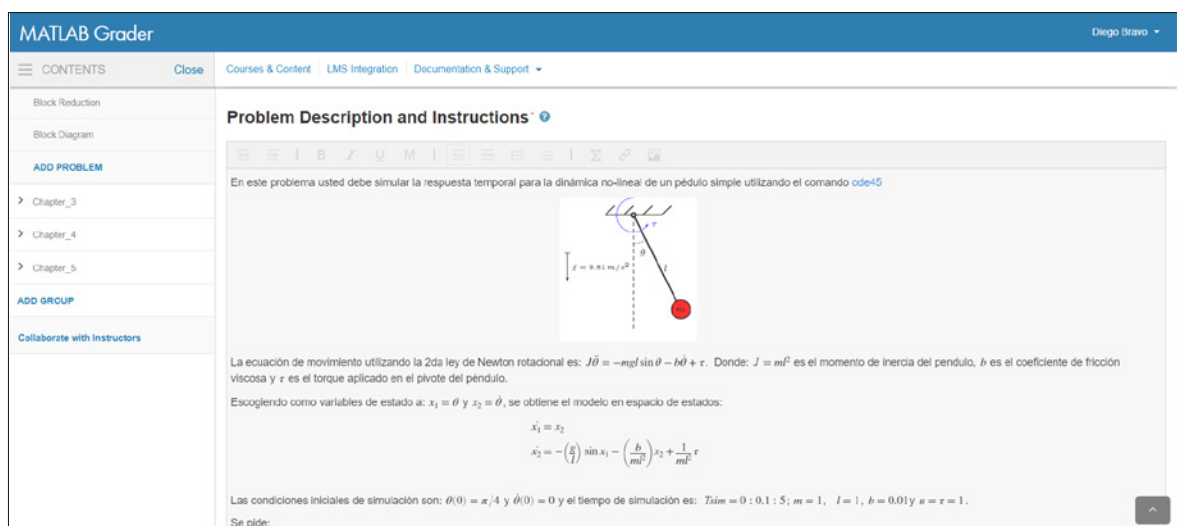


Figura 2. Problema práctico de uso propio creado con Matlab Grader

Fuente: elaboración propia.

Continuación Tabla 2. Encuesta para los estudiantes	
Estudiante	
QT4:	Mi contribución para el trabajo en equipo fue buena
QT5:	Participé activamente en las reuniones del equipo
QT6:	Contribuí a las discusiones del equipo
QP10:	Hice preguntas que fomentaron la comprensión de conceptos
QS2:	Consulté bibliografía adicional y documentación por cuenta propia
QS3:	Fui responsable de las tareas asignadas
QC3:	Puse atención a las presentaciones de mis compañeros de clase

Nota: QT: preguntas relacionadas con el trabajo en equipo. QP: preguntas relacionadas con la resolución de problemas. QS: preguntas relacionadas con el autoaprendizaje. QC: preguntas relacionadas con habilidades de comunicación.

Fuente: elaboración propia.

Quices

Con el fin de hacer un seguimiento del proceso de aprendizaje de cada estudiante, el profesor diseña pruebas cortas (máximo 20 preguntas) de selección múltiple para evaluar los conceptos básicos de cada capítulo. No debe confundirse con un examen donde los estudiantes deban hacer cálculos complejos; estas prueban miden el nivel de asimilación de los conceptos básicos de control automático. Mediante la aplicación Google Forms se puede construir este tipo de pruebas donde la importación de las calificaciones se hace de manera automática en el LMS Google Classroom.

También se diseñan pruebas cortas con Matlab. En estas pruebas se diseña un problema del capítulo estudiado en clase y el estudiante debe codificar correctamente la solución en la herramienta software.

Proyecto final

En el caso de la formación de ingenieros, el modelado y control de sistemas dinámicos es una competencia muy importante que desarrollar por parte de los futuros profesionales. El proyecto final busca desarrollar estas habilidades mediante el control de un circuito eléctrico en una arquitectura digital *open-source* como la tarjeta electrónica Arduino.

El proyecto puede ser desarrollado en casa, ya que los componentes electrónicos necesarios son de bajo costo.

Para el desarrollo del proyecto final el profesor elabora una guía autodirigida con todos los pasos para la implementación de un algoritmo de control en una tarjeta Arduino y la visualización de la respuesta en Matlab. Este proyecto sigue la metodología del ABP y el enfoque para desarrollar este tipo de problemas está documentado en Rengifo y Bravo (2020).

Resultados

Con el objetivo de validar la propuesta presentada, se compara el curso de sistemas de control impartido de forma presencial durante dos semestres en 2019 con su contraparte remota de 2020, por medio de una encuesta (tabla 2) que evalúa el trabajo en equipo, la solución de problemas, el autoaprendizaje y las habilidades de comunicación (Fernández-Samacá, Ramírez-Scarpetta y Orozco-Gutiérrez). También se presentan los resultados del desempeño de los estudiantes en cada una de estas modalidades. La encuesta se realizó a cuatro grupos en distintos periodos académicos: el primer periodo de 2019 (presencial) con 14 estudiantes, el segundo periodo académico (presencial) también con un grupo de 14 estudiantes, el primer periodo 2020 (virtual) con nueve estudiantes y el segundo periodo 2020 (virtual) con 22 estudiantes. La tabla 3 presenta una comparación de las principales características del curso presencial y uno remoto.

Tabla 3. Comparación entre un curso presencial y uno remoto

Curso presencial	Curso remoto
Enseñanza activa	Aprendizaje activo
Clase tradicional	Sesiones prácticas
Trabajo individual	Trabajo en equipo
Evaluación individual y en equipo de forma presencial	Evaluación individual y en equipo de forma remota
Exámenes centrados en la teoría	La evaluación se centra en el conocimiento y desarrollo de habilidades técnicas y transversales

Fuente: elaboración propia.

Resultados de la encuesta para el trabajo en equipo

En la encuesta se evaluaron seis aspectos del trabajo en equipo. Los resultados obtenidos de las encuestas se muestran en la figura 3.

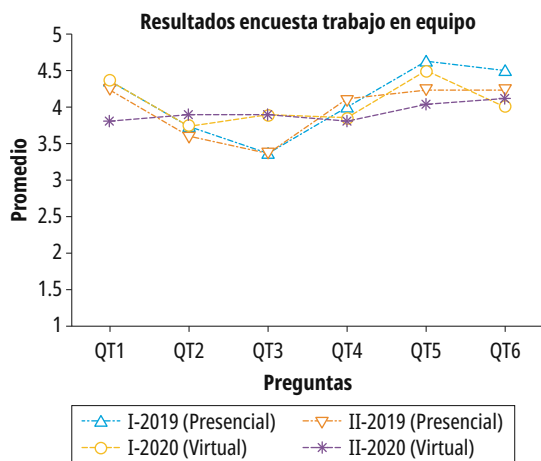


Figura 3. Comparación del desempeño del estudiante en forma presencial y remota. El eje vertical corresponde a la escala, donde 5 representa el puntaje más alto y 1 el más bajo, el eje horizontal corresponde a cada pregunta.

Fuente: elaboración propia.

La figura 3 muestra que en general en el curso dictado en forma remota se obtuvo un mejor promedio para el trabajo en equipo. Sin embargo, las preguntas QT4 y QT6 tuvieron un promedio más alto en la modalidad presencial, lo cual puede deberse a que individualmente los estudiantes sienten que la presencialidad es necesaria para hacer valer sus aportes dentro del equipo.

Resultados de la encuesta para la solución de problemas

La encuesta considera diez ítems relacionados con la percepción del estudiante sobre su capacidad para resolver problemas.

La figura 4 evidencia que la resolución de problemas se trabaja mejor en la modalidad remota, excepto en las preguntas QP2, QP3, QP7 y QP9. Esto puede deberse a que los estudiantes necesitan del trabajo práctico en el laboratorio para afianzar su

conocimiento, además de que la interacción personal en la presencialidad es más valorada que la interacción virtual.

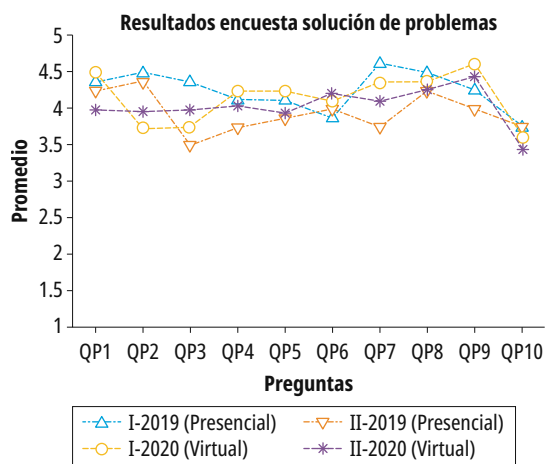


Figura 4. Comparación del desempeño del estudiante en forma presencial y remota. El eje vertical corresponde a la escala, donde 5 representa el puntaje más alto y 1 el más bajo; el eje horizontal corresponde a cada pregunta.

Fuente: elaboración propia.

Resultados de la encuesta para el autoaprendizaje y habilidades de comunicación

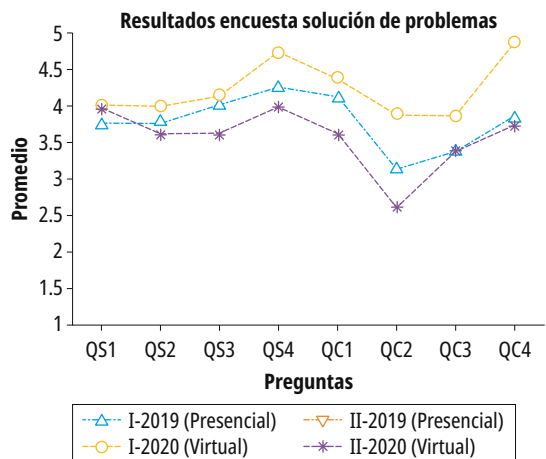


Figura 5. Comparación del desempeño del estudiante en forma presencial y remota

Nota: el eje vertical corresponde a la escala donde 5 representa el puntaje más alto y 1 el más bajo, el eje horizontal corresponde a cada pregunta.

Fuente: elaboración propia.

Los ítems qs1, qs2, qs3 y qs4 de la encuesta exploran la habilidad de los estudiantes para aprender por sí mismos.

En el caso de la habilidad para comunicarse con otros, ítems qc1, qc2, qc3 y qc4, los resultados (figura 5) muestran que estas habilidades transversales (manejo del tiempo, autoaprendizaje y comunicación) mejoran en la modalidad remota.

Desempeño del estudiante

Esta parte presenta una comparación entre el rendimiento del estudiante en el curso de sistemas de control dictado en forma presencial y otro en forma remota. Esta comparación se hace con base en las calificaciones finales. De este modo, los lectores observan las ventajas del enfoque planteado aplicado en el escenario de aprendizaje remoto motivado por la pandemia de la COVID-19.

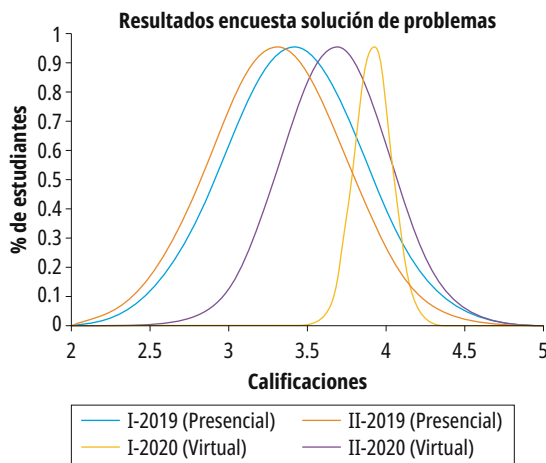


Figura 6. Comparación del desempeño del estudiante en forma presencial y remota

Nota: el eje vertical corresponde al porcentaje de la población estudiantil en una escala normalizada de [0,1]. El eje horizontal corresponde a las calificaciones en una escala de [0 - 5].

Fuente: elaboración propia.

La figura 6 presenta las calificaciones finales del curso, mientras que la tabla 4 resume la estadística; aquí \bar{x} representa la media, σ la desviación estándar y n el número total de estudiantes en cada periodo académico.

Tabla 4. Estadística de las calificaciones finales de los estudiantes

Periodo	\bar{x}	σ	n
I-2019 (Presencial)	3.31	0.41	14
II-2019 (Presencial)	3.39	0.43	14
I-2020 (Virtual)	3.92	0.12	9
II-2020 (Virtual)	3.68	0.33	22

Fuente: elaboración propia.

Haciendo la relación de cada periodo académico entre su equivalente virtual-presencial, para la media y la desviación estándar:

$$\frac{3.92}{3.31} \approx 1.18 \quad \frac{0.12}{0.41} \approx 0.29 \quad \text{I 2019-2020}$$

$$\frac{3.68}{3.39} \approx 1.08 \quad \frac{0.33}{0.43} \approx 0.76 \quad \text{II 2019-2020}$$

Durante el curso dictado en I 2019-2020, las calificaciones mejoraron un 11% para los estudiantes que matricularon el curso en forma remota, también hubo una mejora del 10% para el periodo II 2019-2020. La razón entre las desviaciones estándar muestra que los estudiantes que tomaron el curso de forma remota tienen calificaciones más homogéneas y menos dispersas que los del curso presencial.

Conclusiones y perspectivas

El escenario de confinamiento derivado de la emergencia sanitaria ha supuesto la transformación urgente de las clases presenciales en remotas. Las estrategias evaluativas en este contexto deben reevaluarse garantizando la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje. La educación en modalidad remota requiere de un nuevo modelo de gestión, que deben asumir las instituciones educativas y gubernamentales.

En este artículo hemos querido aportar nuestra experiencia al desarrollar un curso de sistemas de control automático en modalidad remota para

hacer frente a la pandemia, como también reflexionar al respecto de las claves de esta transformación de los procesos de enseñanza-aprendizaje virtualizados, y abrir las puertas al debate sobre nuevas formas de evaluación en Internet en el área de sistemas de control. Para el docente, la planificación de actividades de aprendizaje y la selección y creación de material multimedia son aspectos nuevos que en un principio demandan una mayor cantidad de tiempo con respecto a la preparación de las clases tradicionales en modalidad presencial. Por otra parte, los resultados de las encuestas evidencian que los estudiantes matriculados en la modalidad remota tienen mejores calificaciones que los matriculados en el curso en forma presencial. Además de desarrollar otras habilidades transversales, los estudiantes son más organizados con su tiempo y comprometidos en su trabajo y demostraron tener un papel activo en su aprendizaje.

La Universidad del Cauca está formando a los docentes en competencias digitales y didácticas para las modalidades de educación a distancia en línea y se inician proyectos para el desarrollo de laboratorios basados en la web para la experimentación remota.

Referencias

- Al-Khazraji, A. y Ismaeel, S. (2020). Efficient Practices on Teaching Modeling and Simulation for Engineers. *2020 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE)* (pp. 1-4). Londres: IEEE Xplore. DOI: <https://doi.org/10.1109/CCECE47787.2020.9255788>
- Arévalo, V., Vicente-del-Rey, J., García-Morales, I. y Rivas-Blanco, I. (s.f.). Minivideos tutoriales como apoyo al aprendizaje de conceptos básicos para un curso de Fundamentos de Control Automático. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 17(2), 107-115. DOI: <https://doi.org/10.4995/riai.2020.12156>
- Bravo M, D. A. y Rengifo R., C. F. (2014). Herramienta para la enseñanza de las ecuaciones de Lagrange basada en la simulación de sistemas dinámicos. *Revista mexicana de física E*, 60(2), 111-115.
- Chow, J. H. y Cheung, K. W. (1992). A toolbox for power system dynamics and control engineering education and research. *IEEE Transactions on Power Systems*, 7(4), 1559-1564. DOI: <https://doi.org/10.1109/59.207380>
- González González, C., Fardoun, H., Collazos, C. y Yousef, M. (2020). Estudio exploratorio en Iberoamérica sobre procesos de enseñanza-aprendizaje y propuesta de evaluación en tiempos de pandemia. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2015.43>
- Hayashi, Y., Fukamachi, K. y Komatsugawa, H. (2015). Collaborative Learning in Computer Programming Courses That Adopted the Flipped Classroom. *International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering* (pp. 209-212). Taipei. DOI: <https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2015.43>
- Heradio, R., Torre, L. d. y Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in control education: A survey. *Annual Reviews in Control*, 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2016.08.001>
- Khan, S., Jaffery, M. H., Hanif, A. y Asif, M. R. (2017). Teaching Tool for a Control Systems Laboratory Using a Quadrotor as a Plant in Matlab. *IEEE Transactions on Education*, 60(4), 249-256. DOI: <https://doi.org/10.1109/TE.2017.2653762>
- Fernández-Samacá, L., Ramírez-Scarpetta, J. M. y Orozco-Gutiérrez, M. L. (2012). Project-based learning approach for control system courses. *Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica*, 23(1), 94-107. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-17592012000100008>
- Gil Galván, R., Martín Espinosa, I. y Gil Galván, F. J. (2020). Percepciones de los estudiantes universitarios sobre las competencias adquiridas mediante el aprendizaje basado en problemas. *Educación xx1*, 271-295. DOI: <https://doi.org/10.5944/educxx1.26800>
- Rengifo, C. F. y Bravo, D. A. (2020). A Project-Based Learning Approach to Teach Identification and Control Systems. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 15(1), 10-16. DOI: <https://doi.org/10.1109/RITA.2020.2979171>
- Unesco. (2020). *Education: From disruption to recovery*. Obtenido de <https://en.unesco.org/covid19/education-response>
- Vargas, H., Sánchez, J., Jara, C., Candelas, F., Reinoso, O. y Díez, J. (2010). Docencia en Automática: aplicación de las TIC a la realización de actividades prácticas a través de Internet. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, RIAI, 35-45. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1697-7912\(10\)70006-6](https://doi.org/10.1016/S1697-7912(10)70006-6)

