

## Efectos de la emergencia debido al SARS-CoV-2 en la instrucción de la enseñanza de ingeniería: bimodalidad de los cursos IE0017 Máquinas Eléctricas y EI0023 Diseño Electromecánico I

Effects of emergency due to the SARS-CoV-2 on the instruction of the engineering education: bimodality of the courses IE0017 Electrical Machines and EI0023 Electromechanical Design I

Paola Montero Sánchez

Universidad de Costa Rica  
Sede del Pacífico  
Puntarenas, Costa Rica  
paola.monterosanchez@ucr.ac.cr

**RESUMEN:** El curso Máquinas Eléctricas requiere la comprensión de los fundamentos de construcción y principios físicos de los motores, generadores y transformadores. Para comprender el comportamiento de este tipo de máquinas eléctricas, es necesario que el estudiantado realice prácticas de operación. En el curso de Diseño Electromecánico, se busca introducir al estudiantado en un ambiente de trabajo industrial controlado. A partir del 5 de marzo del 2020, la Universidad de Costa Rica dispuso algunas medidas dada la emergencia por el virus SARS-CoV-2, entre ellas la suspensión de las actividades presenciales. En el II semestre del 2021, se permitió regresar algunas materias a la presencialidad, cumpliendo los protocolos emitidos por la casa de enseñanza y el Ministerio de Salud. Debido a ello, y a las limitaciones físicas de espacio y equipo, se decidió brindar los cursos de manera bimodal: una semana presencial y una semana virtual. Este escrito busca sistematizar la experiencia vivida en la enseñanza de Ingeniería de manera bimodal durante el II semestre 2021, específicamente en los cursos señalados. Se realizó un diagnóstico al final del curso para escuchar la voz estudiantil con respecto a la transición de la presencialidad a la virtualidad, cuáles herramientas virtuales deben seguirse utilizando en la mediación pedagógica y cuál modalidad (presencial, virtual o híbrida) facilita el aprendizaje de la carrera. Dentro de los hallazgos encontrados en el estudio, las personas estudiantes indican preferir una modalidad que contemple algún grado de presencialidad.

**PALABRAS CLAVE:** ingeniería, enseñanza, diseño, máquinas, bimodal.

**ABSTRACT:** Electrical Machines course requires an understanding of the construction fundamentals and physical principles of motors, generators, and transformers. So that students understand the behavior of this type of electrical machines, it is necessary for them to conduct operating practices. The Electromechanical Design course aims to introduce the student to a controlled industrial work environment through the precision workshop. On March 5th, 2020, the University of Costa Rica ordered some measures given the emergency caused by the SARS-CoV-2 virus, including the suspension of face-to-face activities. In the II semester of 2021, any courses enable to return to face-to-face, complying with the protocols issued by the teaching house and the Ministry of Health. Due to this, and the physical limitations of space and equipment, decides that offer the courses in a bimodal way: a face-to-face week and a virtual week. This paper seeks to systematize the experience in engineering education in a bimodal way during the II semester 2021, specifically in said courses. A diagnosis was made at the end of the course to listen to the student's voice regarding the transition from face-to-face to virtuality, which virtual tools should continue to be used in the pedagogical mediation and which modality (face-to-face, virtual or hybrid) facilitates their learning of the course. Among the findings found in the study, engineering students indicate that they prefer a modality that includes some degree of face-to-face learning.

**KEYWORDS:** engineering, teaching, design, machines, bimodal.

Recibido: 18-07-22 | Aceptado: 24-10-22

## Introducción

El 16 de marzo del 2020, por medio de una conferencia de prensa y de la resolución R-95-2020, el Consejo de Rectoría de la Universidad de Costa Rica (UCR) suspendió totalmente las clases presenciales e impulsó la mediación virtual en la docencia. A partir de este momento, la educación universitaria asumió una virtualidad de emergencia para dar continuidad a los cursos matriculados por las personas estudiantes en el I ciclo 2020. Esta virtualidad de emergencia se mantuvo para los tres ciclos del 2020 y el primero del 2021.

El 09 de junio de 2021, por medio de la circular VD-26-2021, se solicita a las Unidades Académicas de este Centro de Enseñanza, presentar cursos y protocolos para retornar con algún grado de presencialidad algunos cursos durante el II ciclo 2021. En el caso de la carrera de Ingeniería Electromecánica Industrial, se solicitó que los cursos con contenido presencial fueran EI0017 Máquinas Eléctricas y EI0023 Diseño Electromecánico II. Esta decisión fue fundamentada por la coordinación de carrera, con base en la necesidad del estudiantado de realizar prácticas con dispositivos reales para un mejor entendimiento de estos cursos.

Con respecto al curso EI0017 Máquinas Eléctricas, se solicitó un grado de presencialidad del 50 % (bimodal). De esta manera, la actividad presencial se impartía los lunes y las tareas se realizaban por medio de mediación virtual los miércoles y jueves.

Las bases del curso se brindan en EI0014 Circuitos Magnéticos y Transformadores, materia en la que se aprende de circuitos estacionarios. En EI0017 Máquinas Eléctricas, se profundiza sobre los circuitos magnéticos rotativos, por lo que su objetivo principal es entender el principio de funcionamiento y modelado de las máquinas eléctricas rotativas, específicamente, la máquina de inducción monofásica, la máquina sincrónica y la máquina de corriente continua en régimen permanente. A partir de este objetivo, se busca que el estudiante reconozca y describa los principios de funcionamiento de las máquinas eléctricas rotativas y modele la

máquina sincrónica y la máquina de corriente continua en régimen permanente.

Por su parte, el curso EI0028 Diseño Electromecánico II, se impartió con horario presencial los lunes y con horario virtual los jueves.

Este curso tiene como finalidad desarrollar la parte práctica del Trabajo Final de Graduación en cualquiera de sus modalidades (tesis, seminario de graduación o práctica dirigida), para optar por el grado de Licenciatura en la carrera de Ingeniería Electromecánica Industrial. Se espera que el estudiantado esté en capacidad de utilizar los conocimientos adquiridos durante la carrera para ejecutar soluciones a los problemas específicos dentro de su campo de acción; esto mediante el empleo de técnicas y métodos de investigación relativos a su disciplina. Además, se espera que el estudiantado pueda culminar su proceso con un informe redactado de manera coherente, concisa y ordenada que permita a otras personas investigadoras entender y replicar dichas soluciones.

La educación virtual gira alrededor del alejamiento de las aulas y la inclusión de la tecnología para disminuir las brechas de los grupos sociales marginados, de manera que se brinde acceso a una educación de calidad y se estimulen las innovaciones. Este panorama es real cuando ha habido una planificación acorde, las personas estudiantes y docentes poseen las herramientas ofimáticas necesarias y se han capacitado para este tipo de formación académica. No podemos llamar educación virtual a lo acontecido en el período 2020-2021 con la pandemia causada por la COVID-19, ya que no hubo una verdadera planificación, regulación y control en la formación académica, por lo cual llamaremos ‘enseñanza remota’ o ‘educación virtual de emergencia’ a la metodología utilizada en dicho escenario.

Esta metodología trajo consigo un desafío para la educación superior dados los contextos sociales, afectivos y familiares de las personas estudiantes. La percepción estudiantil sobre la calidad de la enseñanza en la educación virtual de emergencia no es muy alentadora; a partir del estudio realizado por Regueyra Edelman *et al.* (2021) sobre las

consecuencias de la pandemia en la permanencia de la población estudiantil de 10 carreras de la Universidad de Costa Rica, se obtuvo como principales resultados:

Los estudiantes que en el I y II ciclo de 2020 se enfrentaron dificultades en las clases remotas: el 95% enfrentó problema de conectividad a internet, 95% dificultades para adaptarse al proceso de enseñanza aprendizaje, el 75% limitaciones de acceso a programas informáticos para realizar evaluaciones académicas, 89% dificultades de interacción en los trabajos grupales. Además, 98% indica niveles de estrés y 95% de ansiedad. Existe prolongación de la permanencia debido a que el 46% disminuyó la carga académica, 40% indica rezago en el avance en el plan de estudios a causa de que la carrera no ofreció algunos cursos y el 20% retiró o abandonó algún curso. El 4% de la población ya había decidido no matricular en el I ciclo 2021 y 12 % aún no lo había decidido. (p.1)

En el contexto de emergencia por la pandemia, las personas docentes tuvieron que adaptar, de manera abrupta e inmediata, nuevas herramientas y metodologías virtuales, lo que constituyó un proceso nuevo e inexplorado para la mayoría de ellas. De esta manera, se vieron obligadas, con la misma carga laboral, a capacitarse, aprender, manejar y controlar, en un corto periodo, a una sociedad en red. Esta sobrecarga de funciones generó altos niveles de estrés que repercutieron en la vida personal y laboral, lo cual trascendió a la calidad del proceso educativo, como lo indica Retana-Alvarado *et al.* (2022):

la educación es un proceso tanto cognitivo como emocional, de modo que si alguna de las partes (estudiantes o docentes) no cuenta con una buena salud emocional difícilmente se podrán obtener resultados de calidad, y el clima de aula se puede convertir en un obstáculo para el aprendizaje. (p.162)

Esto es especialmente relevante debido a que la persona

docente tiene un papel formador, modelador y potenciador de las habilidades de las personas estudiantes o, todo lo contrario, puede inducir a que el estudiantado tenga ansiedad o menor motivación en el aprendizaje. Por lo tanto, en ese momento tan crítico, el cuerpo docente debió buscar nuevas estrategias que propiciaran ambientes formativos en los que el estudiantado disminuyera su ansiedad y aumentara su motivación.

El cambio del entorno de aprendizaje provocó que el aula física fuese reemplazada por la sala de estar o dormitorio, y que los cuadernos y lapiceros fuesen sustituidos por el computador, la tableta o el celular. Estos tres últimos elementos operan bajo las tecnologías de información, comunicación y el acceso a las redes. Por lo cual, esta nueva mediación tiende puede convertirse más en una distracción que un elemento facilitador del aprendizaje. Este factor aumenta la preocupación de universidades y personas docentes, las cuales, en este caso, buscan desarrollar y adaptar nuevas estrategias pedagógicas y didácticas que permitan la formación de profesionales en Ingeniería con las competencias exigidas por entornos laborales y sociales cada vez más dinámicos.

Como lo indica Ceballos Bejarano y Huaita Bedregal (2021), no es suficiente conocer los fundamentos de la ingeniería, sino también saber operar las tecnologías que se requieren para cumplimentar un perfil que se adecúe a las nuevas circunstancias. El conjunto de habilidades que desean los empleadores por parte de las futuras personas profesionales en Ingeniería no está alineado a las mallas curriculares de la mayoría de las carreras universitarias en esta rama; es por ello que se deben buscar nuevos paradigmas de aprendizaje acordes al contexto que vivimos actualmente.

Para el grado presencial de los cursos mencionados, se buscó adoptar el modelo pedagógico STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemática), que como indica Bosch *et al.* (2011):

Es necesario que los jóvenes se habitúen a hacer mediciones, análisis de datos, estudio y comprensión de gráficas para proponer modelos que conjuntamente con matemáticos tratarán de resolverlos y predecir el

comportamiento de sistemas en estudio. Evidentemente la práctica de laboratorio es indispensable para encarar este tipo de estudios. (p.133)

En este modelo, la experimentación es lo fundamental, por ello se centra en cambiar la metodología magistral por una más práctica, en la que el estudiante resuelva problemas de la vida diaria, de manera controlada, por medio de prototipos de experimentación y de materiales educativos específicamente desarrollados.

En el caso en estudio, se utilizaron recursos específicamente desarrollados para educación, como lo son: equipo de electroneumática, controladores, transformadores, dinamómetro, generadores y motores, taladros, soldadura, fresadora y torno.

En el curso EI0023 Diseño Electromecánico I, se planificó realizar, de manera presencial, laboratorios como Controlador PID (método consolidado de control en una planta) y Programación de Controlador Lógico Programable (PLC, por sus siglas en inglés). Asimismo, en conjunto con el equipo de electroneumática, se programaron y armaron circuitos de control mediante el uso de un PLC y programación en bloques por medio del programa LOGO de SIEMENS. Las personas estudiantes también realizaron un proyecto metalmecánico, en el cual se les instruyó en el uso de herramientas manuales y máquina-herramienta, como lo son la fresadora, torno, diversos tipos de taladros, prensas, cegueta, esmeril y máquina de soldar, con el propósito de elaborar una mesa de trabajo y un extractor mecánico.

En el caso del curso IE0017 Máquinas Eléctricas, se realizaron los laboratorios de transformadores, máquina de inducción, máquina sincrónica, máquina asíncrona, motor devanado y jaula de ardilla, interconexión con la red y motor universal. El objetivo de estas prácticas fue que las personas estudiantes pudieran analizar diferentes aspectos de las maquinas eléctricas, así como observar su composición, desde los elementos de fabricación interna hasta las diferentes conexiones que se pueden hacer para realizar tareas específicas con este tipo de equipo. En la figura 1 se visualiza el equipo físico y virtual utilizado.

### FIGURA 1

EQUIPO FÍSICO Y VIRTUAL UTILIZADO EN LAS PRÁCTICAS DE LOS ESTUDIANTES DEL CURSO EI0017



Fuente: Elaboración propia.

Es importante resaltar que, al ser tantas prácticas y para cumplir con el cronograma, las personas estudiantes que no se apersonaban debían de conectarse sincrónicamente a las computadoras de la Sede para realizar la práctica por medio de un simulador—mostrado en la figura 1—, el cual posee la mayoría de las características de los elementos utilizados presencialmente.

Por otra parte, se llevó a cabo una visita de campo a la planta El Encanto, ubicada en la zona de Miramar. Esto con el fin de mostrar al estudiantado del curso la puesta en marcha de las máquinas eléctricas en el campo; de esta forma, las personas estudiantes podían dimensionar las diversas utilidades de los equipos que se describían en el curso y sus aplicaciones de una forma práctica y en planta.

Una vez expuesto el modelo pedagógico desarrollado en los cursos, y aprovechando el retorno a la presencialidad, se propone realizar un estudio sobre la preferencia de modalidad que tienen las personas estudiantes que cursan el cuarto y quinto año de la carrera de Ingeniería Electromecánica Industrial en la Sede del Pacífico. Durante la última semana de clases, se solicitó la asistencia de todas las personas estudiantes y se realizó una actividad para compartir de cierre de los cursos. Luego de esta actividad, se les compartió

un formulario, el cual nos sirve de diagnóstico para investigar los efectos de la emergencia debido a la pandemia en la instrucción de la enseñanza de la Ingeniería. El formulario comprendió preguntas como: ¿Cuál es el grado de satisfacción de las personas estudiantes en la transición de presencialidad a virtualidad? ¿Cuáles herramientas tecnológicas consideran más apropiadas en el desarrollo de clases virtuales? ¿Qué opinan sobre la digitalización de la enseñanza, como lo es mantener el uso de la herramienta de mediación virtual? ¿Cuál modalidad consideran que debe adoptar la carrera?

## Metodología

La metodología utilizada en esta investigación tiene un enfoque cuantitativo. Por medio de un formulario de Google, se entrevistó a cada una de las personas estudiantes matriculadas en los cursos de EI0017 Máquinas Eléctricas y EI0023 Diseño electromecánico 2. La población total de ambos cursos fue de 16 estudiantes, 7 personas matriculadas en Diseño Electromecánico II, y las 9 personas que cursaban el curso de Máquinas Eléctricas. El diagnóstico se aplicó a partir de las 12:20 y hasta las 13:30 del día 06 de diciembre.

A través de indicadores cualitativos, se buscó indagar sobre la satisfacción en cuanto a: la transición de las modalidades de enseñanza, herramientas tecnológicas utilizadas en clase, la digitalización de la enseñanza, la modalidad que mejor se adapta a la carrera. Se realizaron 2 preguntas abiertas y 10 cerradas. Se utilizaron indicadores cualitativos para medir el número de veces que las personas vieron los videos de las clases síncronas, la utilización de herramientas de mediación pedagógica y el modelo de educación que se debería implementar en la carrera. Los indicadores cuantitativos usados fueron escalas de Likert con un nivel de medición de 3 y 7 elementos, con un elemento neutral, y se pudieron agrupar las respuestas en datos ordinales para una mejor comprensión y análisis.

El formulario aplicado abordó preguntas como el grado de satisfacción en: transición de modalidad presencial a virtual, herramientas síncronas para impartir las clases, presentación del contenido de la clase, herramientas para realizar prácticas en línea sobre la materia, grabaciones de las clases síncronas, ejercicios del libro,

videos como apoyo al aprendizaje. Asimismo, se le consultó al estudiantado recomendaciones para mejorar la calidad del curso virtual y las principales dificultades para el aprendizaje virtual.

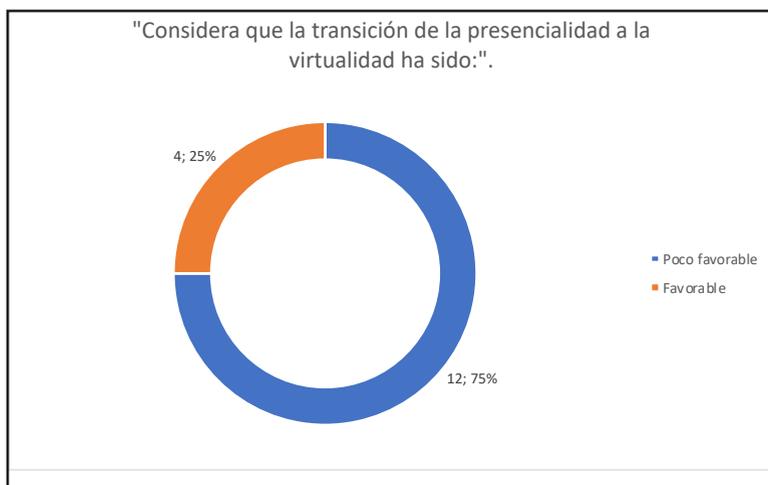
## Resultados

En este estudio cuantitativo, participó una muestra de 16 estudiantes. Como el diagnóstico fue contestado por todas las personas estudiantes matriculadas en los cursos, tenemos que la muestra es igual a la población total, por lo que los resultados tienen un grado de confiabilidad mayor al 95%.

En el cuestionario realizado, primeramente, se consultó a las personas estudiantes sobre cómo sintieron la transición de la presencialidad a la virtualidad dada la emergencia por la pandemia. Se les brindó 3 opciones de respuesta: favorable, poco favorable o pésima. Del total de las personas participantes, se obtuvo que 12 consideraron la transición poco favorable, 2 marcaron favorable y ninguna indicó que la transición de la presencialidad a la virtualidad fuese pésima. Estos datos los podemos visualizar en la figura 2.

### GRÁFICO 1

GRADO DE SATISFACCIÓN CON EL CAMBIO DE MODALIDAD DE PRESENCIAL A VIRTUAL DE EMERGENCIA



Fuente: Elaboración propia con datos del diagnóstico realizado.

En cuanto a las herramientas de mediación virtual utilizadas en ambos cursos, los y las estudiantes perciben más útiles para su formación: las sesiones síncronas y horas de consulta por medio de las herramientas de video conferencia, como lo es Zoom, así como los ejercicios del libro del curso y las prácticas en línea. Muestran un menor grado de satisfacción con respecto a los videos pregrabados, y su mayor descontento es hacia las presentaciones. Los datos numéricos los podemos ver en la tabla 1.

**TABLA 1**

GRADO DE SATISFACCIÓN SOBRE EL USO DE HERRAMIENTAS OFIMÁTICAS

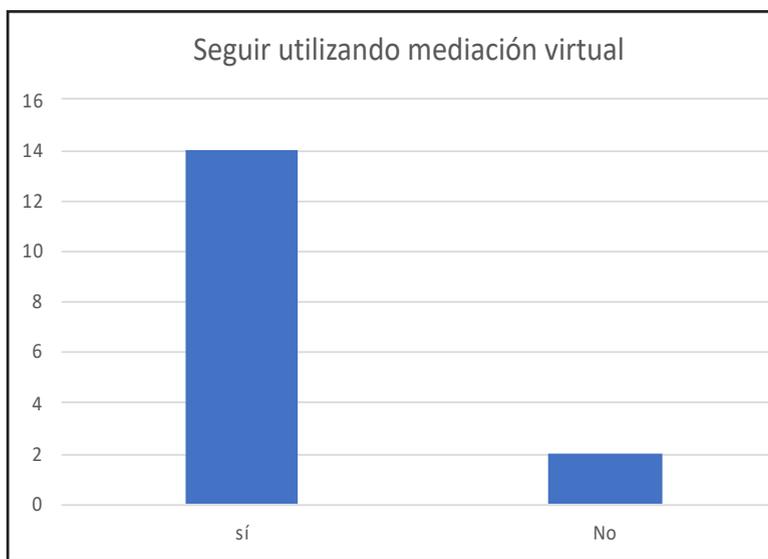
Actividad	Zoom	Prácticas online	Presentaciones	Videos	Ejercicios del libro
1 (el más útil)	5	5	3	4	5
2	2	1	1	3	3
3	3	3	4	2	1
4	3	3	1	0	3
5	1	3	5	4	3
6	1	0	1	2	0
7 (el menos útil)	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del diagnóstico realizado.

Con respecto a la utilización del espacio en la plataforma institucional de Mediación Virtual, 14 de las personas estudiantes contestaron de forma positiva a seguir utilizando esta herramienta si se mantiene algún grado de virtualidad en los cursos, como se logra apreciar en la figura 3.

## GRÁFICO 2

### GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA HERRAMIENTA MEDIACIÓN VIRTUAL



Fuente: Elaboración propia con datos del diagnóstico realizado.

Por otra parte, se consultó sobre la satisfacción en cuanto a los videos creados por las personas docentes. Para ello se empleó una escala de 1 a 5, en la que 1 representa una menor satisfacción y 5 la mayor satisfacción. Como resultado, un 56,25 % votó por la opción 3, un 25% votó por la 4, un 12,5% votó por la 5 y un 6,25% votó por la 1. Siguiendo con los videos, la mitad de las personas consultadas vieron los videos una única vez, mientras que 5 los vieron más de dos veces, 2 más de 5 veces y solo 1 no consultó los videos ni una sola vez.

Con respecto a cuáles actividades consideran más efectivas para su aprendizaje, los y las estudiantes manifestaron que se necesita mayor cantidad de prácticas con los ejercicios resueltos paso a paso. Asimismo, solicitan continuar con las prácticas presenciales, pero de forma más recurrente; más giras que los aproximen a su futuro profesional; y una mayor capacitación de las personas docentes en temas de enseñanza.

Como último ítem, se consultó cuál creen que es la modalidad ideal para los cursos, a lo que un 44% contestó que debe ser 100% presencial, y un 56% que deben ser bimodal.

## Reflexiones finales

Con respecto a la primera pregunta realizada en el diagnóstico, se concluye que las personas participantes tienen mucha disconformidad con respecto a la transición de la presencialidad a la virtualidad de emergencia. A lo largo de las preguntas demuestran algún grado de descontento con las herramientas y capacidades docentes en este tipo de paradigma de aprendizaje, lo cual está muy alineado con los resultados obtenidos en el estudio de Regueyra Edelman *et al.* (2021), realizado por personas docentes investigadoras de la Universidad de Costa Rica. Esta disconformidad repercute en el cuerpo estudiantil, ya que las emociones son parte de la construcción de los saberes, procesos de memoria y aprendizaje del sujeto.

La carrera de Ingeniería Electromecánica Industrial, al tener una docencia comprometida con el proceso de formación integral, entendió la necesidad de que el ser humano aprende y siente con el cuerpo, por ello buscó nuevos paradigmas de aprendizaje según el contexto y apertura de la Universidad en ese momento. Al tener el permiso para contar con algún grado de presencialidad, se buscó la metodología más acorde con las necesidades estudiantiles, y se estableció la aplicación del paradigma STEAM como componente presencial de los cursos. Esta decisión fue bien aceptada por las personas estudiantes al compararla con los resultados de la última pregunta del diagnóstico, en la que la mayoría indicó que las clases teóricas pueden mantenerse de manera virtual, pero si solicitan algún grado de presencialidad en los cursos y con mayor cantidad de prácticas de laboratorio.

## Referencias

- Bosch, H. E., Di Blasi, M. A., Pelem, M., Bergero, M., Carvajal, L., y Geromini, N. (2011). Nuevo Paradigma Pedagógico para la Enseñanza de Ciencias y Matemática. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 2(3), 131-140. <https://acortar.link/yhzte4>
- Ceballos Bejarano, E. W., y Huaita Bedregal, A. (2021). Proyectos de Ingeniería y Paradigmas Educativos. *Athenea Journal in*

- Engineering Sciences, 2(5), 55-60. doi:10.47460/athenea.v2i5.26
- Regueyra Edelman, M. G., Valverde-Hernández, M., y Delgado Ballester, A. (2021). Consecuencias de la Pandemia COVID -19 en la permanencia de la población estudiantil universitaria. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 21(3), 1-30. doi: 10.15517/aie.v21i3.46423
- Retana-Alvarado, D. A., González-Ríos, J., y Pérez-Villalobos, D. (2022). Afrontamiento emocional implementado por las personas docentes en Costa Rica para el manejo del estrés. *InterSedes*, 23(47), 161–183. doi: 10.15517/isucr.v23i47.48375
- Universidad de Costa Rica. (2022). Resoluciones (R-95-2020). <https://n9.cl/v4md1>
- Universidad de Costa Rica. (2022). Circular (VD-26-2021). <https://n9.cl/vjw76>