

Evaluación del uso del aprendizaje móvil en la educación STEM: Una experiencia de estudiantes universitarios en tiempos de pandemia

Evaluation of the use of mobile learning in STEM Education: An experience of university students in times of pandemic

Luis Alberto Laurens-Arredondo¹

¹ Universidad Católica del Maule llaurens@ucm.cl

Recibido: 21/4/2022

Aceptado: 24/10/2022

Copyright ©

Facultad de CC. de la Educación y Deporte.
Universidad de Vigo



Dirección de contacto:

Luis Alberto Laurens Arredondo
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Universidad Católica del Maule
Campus San Miguel
Avenida San Miguel, 3605
3460000 Talca, VII Región del Maule
Chile

Resumen

La pandemia ocasionada por el COVID-19 ha generado diversos problemas en el proceso de enseñanza-aprendizaje a nivel mundial, en muchos de los casos debido a la implementación apresurada de la llamada Educación Remota de Emergencia, lo que ha complejizado el proceso pedagógico actual. Es por ello que el presente artículo evalúa el uso del m-learning en estudiantes universitarios para el aprendizaje STEM, en tiempos de pandemia, mediante el uso de una aplicación móvil, la cual fue utilizada por los estudiantes para determinar variables cinemáticas. Se implementó un modelo de instrucción con foco en la motivación llamado ARCS, y se evaluó la percepción de los estudiantes mediante un instrumento diseñado para cuantificar la motivación llamado IMMS. Se aplicó un enfoque de investigación cuantitativa para recopilar, procesar y analizar los datos de investigación. El IMMS se aplicó a 47 estudiantes de Ingeniería. Los resultados muestran que la metodología fue valorada positivamente por los encuestados, y se pudo relacionar el aumento en la motivación estimulada con un mayor nivel de aprendizaje. Se proporciona un modelo de medición validado y referencias científicas sólidas, que tienen como objetivo estimular el uso de aplicaciones móviles tanto dentro como fuera de las aulas de clase.

Palabras clave

Aprendizaje Móvil, STEM, Estudiantes Universitarios, Pandemia

Abstract

The pandemic caused by COVID-19 has generated various problems in the teaching-learning process worldwide, in many cases due to the hasty implementation of the so-called Emergency Remote Education, which has made the process more complex the current pedagogy process. That is why this article evaluates the use of m-learning in university students for STEM learning, in times of pandemic, through the use of a mobile application, which was used by students to determine kinematic variables. An instructional model focused on motivation called ARCS was implemented, and the perception of students was evaluated using an instrument designed to quantify

motivation called IMMS. A quantitative research approach was applied to collect, process and analyze the research data. The IMMS was applied to 47 engineering students. The results show that the methodology was positively valued by the respondents, and the increase in stimulated motivation could be related to a higher level of learning. A validated measurement model and solid scientific references are provided, which aim to stimulate the use of mobile applications both inside and outside the classroom.

Key Words

Mobile Learning, STEM, University Students, Pandemic

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el uso de los teléfonos inteligentes está tan extendido que es difícil imaginar cualquier aspecto de la vida moderna sin este tipo de tecnologías de información y comunicación (TIC). La Universidad es uno de los lugares donde la presencia de las TIC es común tanto dentro como fuera de las aulas de clase, pero donde no siempre se utiliza como herramienta pedagógica (Valeeva et al., 2019). Para el uso intencionado de las TIC en el proceso pedagógico, se ha desarrollado una innovadora arista de la educación, denominada aprendizaje móvil o *m-learning*, el cual se define como la inclusión de tecnologías móviles en el proceso pedagógico (Guevara, 2016). Otros investigadores dan una definición más amplia, señalando que el *m-learning* es una metodología que promueve el diseño y estudio de sistemas educativos alineados con las tecnologías actuales (Bourekache y Kazar, 2020), facilitando la expansión del acceso a la Educación Superior, y teniendo el potencial de mitigar los efectos negativos de la educación remota de emergencia (ERE) sobre la calidad del proceso educativo.

En el contexto universitario actual, el *m-learning* abre nuevas posibilidades, especialmente en cursos donde frecuentemente se enseña a través de ecuaciones, lo que promueve la tendencia en los estudiantes a evitar el análisis cualitativo. Los conceptos se proporcionan como definiciones sin que los estudiantes participen en su construcción y sin referencia a su experiencia previa, por lo que la estructura conceptual así formada no es coherente y conduce a un sesgo hacia soluciones cuantitativas a problemas sin una adecuada comprensión de los conceptos fundamentales. Es entonces evidente que se requieren estrategias didácticas que consulten los conocimientos previos de los estudiantes, así como que permitan diseñar un camino que concilie y articule sus experiencias con los nuevos conceptos aprendidos, siendo una de esas estrategias más comunes, en la educación STEM, el análisis de problemas mediante representaciones gráficas de las variables estudiadas. Los recursos utilizados para apoyar el proceso de enseñanza de la educación STEM no pueden ser solo ilustrativos, sino que también deben permitir una adecuada interacción entre todos los actores del proceso pedagógico (docente-estudiante-herramienta), y ayudar a la construcción de representaciones internas complejas (como modelos mentales) que permitan a los estudiantes explicar y predecir fenómenos en un proceso en el que juegan un papel importante y activo como observadores. Además, su implementación debe permitir la evaluación de la importancia del aprendizaje en un contexto donde los estudiantes son conscientes de su progreso cognitivo. Los dispositivos móviles inteligentes, a través del *m-learning*, ofrecen la posibilidad de construir esquemas de educación flexibles, tanto en el tiempo

como en el espacio, permitiendo alternativas de comunicación (sincrónica y asincrónica, grupal y/o individual) (Pisanty et al., 2010).

Varios investigadores han estudiado la implementación del *m-learning* en las aulas universitarias, específicamente para la educación STEM dentro de la pandemia. Entre ellos, Mutambara y Bayaga (2021) proponen un modelo de aceptación de aprendizaje móvil para investigar los factores que predicen la intención conductual de los estudiantes STEM de escuelas rurales. Aykan y Yildirim (2021) investigan la integración de un modelo de estudio de lecciones (LSM) en la educación STEM a distancia durante la pandemia de COVID-19, obteniendo evidencia de que las actividades de LSM dentro del aprendizaje a distancia contribuyeron a la pedagogía y el conocimiento del contenido en el proceso educativo STEM, recomendando su uso en tiempos de pandemia. Pebriantika et al. (2021) investigan la adopción del *m-learning* durante la pandemia de COVID-19 en estudiantes, probando que existe una influencia significativa entre la estrategia pedagógica y el interés de los estudiantes por aprender bajo las circunstancias actuales. Mella-Norambuena et al. (2021) analizan los patrones de uso de los teléfonos móviles inteligentes de los estudiantes de cursos STEM durante la pandemia de COVID-19, donde sus resultados revelaron que los estudiantes a menudo accedían al sistema de gestión de aprendizaje con sus computadoras en lugar de sus teléfonos inteligentes, sin embargo, pasaban más horas conectados simultáneamente en sus computadoras y teléfonos inteligentes que solo en sus computadoras. Alturki y Aldraiweesh (2022) examinan la satisfacción de los estudiantes universitarios al usar el *m-learning*, así como sus percepciones durante la pandemia de COVID-19, y sus hallazgos muestran una influencia positiva y constructiva en el uso del *m-learning*. Los estudios anteriores coinciden en que la implementación del *m-learning* en el ámbito universitario en tiempos de pandemia, conduce sin duda al desarrollo de un modelo de enseñanza basado en la innovación orientado a aumentar la motivación por aprender de los estudiantes.

El uso de las tecnologías móviles permite a los estudiantes imaginar y pensar más sobre qué y cómo pueden aportar sus conocimientos a sus experiencias diarias. El uso de este tipo de herramienta pedagógica tiene ciertas ventajas, como: (1) el aprendizaje ubicuo, (2) la personalización del proceso de aprendizaje, (3) la portabilidad y funcionalidad, (4) la mayor accesibilidad y (5) la promoción del aprendizaje colaborativo. Sin embargo, la implementación del *m-learning* también tiene desventajas relacionadas con la tecnología, tales como: (1) los problemas asociados con la usabilidad y la ergonomía, (2) la falta de adaptación de contenido, (3) almacenamiento limitado y rendimiento, y (4) costos asociados (Agrawal y Mittal, 2018).

El uso de dispositivos electrónicos en el proceso enseñanza-aprendizaje estimula la motivación en los estudiantes. Esta motivación como constructo psicológico puede utilizarse para hacer referencia a la forma en que un estudiante procesa su aprendizaje, y también puede entenderse como una dimensión vinculada a la calidad del proceso de enseñanza (Laurens-Arredondo, 2019).

El impacto de la motivación en el aprendizaje de los estudiantes universitarios con la adopción del *m-learning* no solo se puede evidenciar de manera casi instantánea, sino que sus efectos positivos son proporcionales a esta motivación generada, como lo demuestran Alioon y Delialioğlu (2019) en su investigación sobre los efectos del uso de actividades pedagógicas con *m-learning* sobre el compromiso y la motivación de los estudiantes. Asimismo, Aznar Díaz et al. (2018) demostraron el efecto de la

metodología *m-learning* en la docencia universitaria a partir de una revisión de la literatura científica en las principales bases de datos, confirmando que su uso produce efectos estadísticamente significativos a favor del aprendizaje.

1.1. Teoría del aprendizaje motivacional ARCS

Uno de los modelos de instrucción con foco en la motivación más utilizados, es el ARCS, el cual fue desarrollado por Keller (1987a), y el cual está fundamentado en la teoría del valor de la expectativa. El modelo ARCS se desarrolló en respuesta al deseo de encontrar formas más efectivas de comprender las principales influencias en la motivación para aprender y formas sistemáticas de identificar y resolver problemas con la motivación para el aprendizaje. El modelo de motivación ARCS adaptado al *m-learning*, consta de cuatro dimensiones básicas que se describen a continuación (Chang et al., 2019):

- Atención (A). El uso de dispositivos móviles en nuevos contextos pretende captar la curiosidad, el entusiasmo y el interés de los estudiantes desde la primera instancia, induciendo a la participación activa. La integración de dispositivos móviles debe ser inesperada y novedosa en el aula.
- Relevancia (R). Se refiere a los sentimientos de conexión de los estudiantes entre el elemento innovador introducido en el proceso de aprendizaje y sus experiencias, necesidades, objetivos y preferencias.
- Confianza (C). Esto está relacionado con el sentimiento de control personal y la expectativa de éxito del estudiante al apreciar que llegará al final del proceso de aprendizaje debido a la finalización de la instrucción propuesta.
- Satisfacción (S). Esta dimensión está relacionada con la positividad con la que los estudiantes afrontan las experiencias de aprendizaje. Por lo tanto, si están satisfechos con la experiencia propuesta porque realizan las tareas de manera más competente, mantendrán niveles de motivación adecuados.

A pesar de que el modelo ARCS es utilizado por investigadores de diferentes países en distintos contextos, los resultados del estudio no siempre son consistentes, porque algunas estrategias de aprendizaje pueden no ser efectivas para ciertas poblaciones de estudiantes o en un entorno de aprendizaje particular (Li y Keller, 2018). Consciente de lo anterior y teniendo en cuenta la necesidad de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (FCI) de la Universidad Católica del Maule (UCM) de innovar en docencia, la presente investigación pretende ser un estudio piloto para evaluar el impacto en la motivación de los estudiantes universitarios del uso del *m-learning* en tiempos de pandemia, esto a través de una metodología con enfoque en la motivación (ARCS), y donde se utiliza una herramienta tecnológica que se apoya en dispositivos móviles inteligentes para determinar variables cinemáticas, como posición, velocidad y aceleración. Se siguieron los lineamientos en la implementación del *m-learning*, y el modelo ARCS en el proceso de aprendizaje establecido por Laurens-Arredondo (2022). La evaluación de las variables se llevó a cabo mediante el instrumento de recolección de datos denominado *Instruccional Materials Motivation Survey* (IMMS), el cual también fue desarrollado por Keller (1987b).

2. METODOLOGÍA

2.1. Caso de estudio

La presente investigación se desarrolló para un solo grupo de 47 estudiantes, donde no hubo grupo control, la muestra es de tamaño suficiente para ser considerada un estudio piloto (Creemers et al., 2010; Gopalan et al., 2020). Los participantes pertenecen al curso Cinemática y Dinámica de la carrera de Ingeniería Civil de la FCI de la UCM. La muestra estaba conformada en un 70,2% por hombres y un 29,8% por mujeres. Este grupo tenía diferencias en su Educación Secundaria: 53,2% eran de escuelas subvencionadas, 42,5% eran de escuelas públicas y 4,3% eran de escuelas privadas. Las edades de los estudiantes oscilaban entre 19 y 25 años. Solo el 6,4% tenía experiencias previas en el curso; el 93,6% restante lo tomaba por primera vez.

Las clases se realizaron tanto de forma presencial como a distancia a través de la plataforma MS Teams®. Las clases presenciales se realizaron sin restricciones de movilidad por pandemia, y las clases remotas o a distancia se realizaron bajo restricciones de movilidad y sanitarias, propias de la pandemia por COVID-19 del ERE. Todas las clases fueron dictadas por el autor del presente estudio. El resultado de aprendizaje esperado con la implementación de la herramienta pedagógica fue determinar el movimiento de partículas y cuerpos rígidos en una o más dimensiones. Para esto se solicitó a los estudiantes realizar una actividad que involucró la recolección de datos experimentales a través de la aplicación móvil llamada Arduino Science Journal (la App), así como la determinación de las variables cinemáticas de un vehículo motorizado seleccionado por los propios estudiantes. Para la presentación de los resultados de la actividad, los estudiantes debían realizar un informe con una extensión máxima de ocho páginas en su totalidad, con la siguiente estructura: introducción, desarrollo, resultados, conclusiones y referencias bibliográficas.

La App es una aplicación gratuita que permite realizar diversos experimentos científicos con la ayuda de los teléfonos inteligentes, aprovechando los sensores que tienen la mayoría de ellos para poder cuantificar los parámetros del entorno, como la intensidad de la luz, el ruido y el movimiento. La cuantificación del movimiento en la aplicación es compatible con los acelerómetros que se encuentran dentro de los teléfonos inteligentes y, al realizar un experimento, un usuario puede seleccionar los datos que desea recopilar, que se muestran en un histograma y/o un gráfico (Ver Figura 1).

La App se puede descargar para los sistemas operativos Android e iOS desde la página web <https://www.arduino.cc/education/science-journal>, y las instrucciones para su uso se facilitaron a los alumnos a través de la plataforma Moodle de la UCM (videos tutoriales, guías y patrón). La actividad fue realizada individualmente por los estudiantes y el objetivo específico fue determinar la magnitud y dirección del vector aceleración del vehículo seleccionado. Para lograr el objetivo de la actividad, los estudiantes debían determinar la magnitud máxima de aceleración alcanzada por el vehículo seleccionado y representar gráficamente su dirección durante el registro del experimento (120 seg ± 5). Los alumnos debían registrar la aceleración en los ejes X, Y y Z (cartesianos), y exportar los datos experimentales en una tabla de MS Excel desde la App (en formato *.CVS). Se solicitó un informe tipo *paper* por parte del docente y se les proporcionó la rúbrica de evaluación.

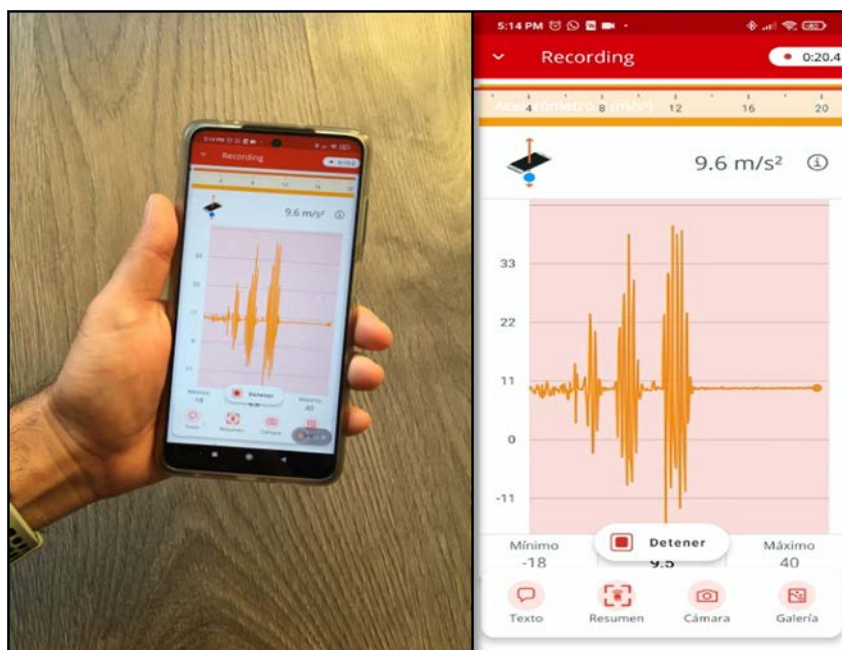


Figura 1. Medición de la aceleración utilizando la App Arduino Science Journal

2.2. Instrumento de recolección de datos

La motivación estimulada en los estudiantes, con el uso del *m-learning*, se evaluó utilizando un instrumento de recolección de datos (DCI) llamado *Instructional Materials Motivation Survey* (IMMS). El IMMS está compuesto por 36 preguntas agrupadas por las mismas dimensiones de la metodología ARCS detalladas anteriormente, así: Atención (12 preguntas): que mide cómo la metodología implementada capta y mantiene la atención de los estudiantes y evita su aburrimiento; Relevancia (9 preguntas): que evalúa de qué manera se relaciona la información con el conocimiento de los estudiantes, las experiencias previas, las necesidades percibidas y el potencial futuro de la App; Confianza (9 preguntas): donde se aborda la dificultad del material suministrado, así como el uso de la App; y Satisfacción (6 preguntas): que evalúa el disfrute durante el uso de la App y el logro percibido después de usarla.

El IMMS se elaboró con una construcción tipo Likert, con cinco opciones de respuesta, siguiendo las recomendaciones de Fabila et al. (2012); desde 1 = Totalmente en desacuerdo, hasta 5 = Totalmente de acuerdo. Las preguntas originales fueron modificadas y adaptadas según la temática del curso y la aplicación específica utilizada. Para el análisis de los datos recopilados por el IMMS se tuvieron en cuenta los distintos tipos de sesgos posibles con la aplicación del instrumento, en especial los atribuibles a los participantes del estudio al saber que están siendo observados, o por su menor compromiso con dar respuestas verídicas.

El instrumento se aplicó a través de la plataforma Google Drive. La Tabla 1 muestra la codificación de las preguntas realizadas, correspondiendo la primera letra a la dimensión (atención (A), relevancia (R), confianza (C) y satisfacción (S)), seguida de un número correlativo.

<i>Ítem</i>	<i>Pregunta</i>	<i>Código</i>
1	Cuando miré por primera vez la App Arduino Science Journal tuve la impresión de que sería fácil para mí.	C01
2	Había algo interesante al principio de utilizar la App Arduino Science Journal que me llamó la atención.	A01
3	La App Arduino Science Journal fue fácil de entender.	C02
4	Después de leer la información introductoria, me sentí seguro de que sabía lo que se suponía que debía aprender de la App Arduino Science Journal.	C03
5	Completar los experimentos utilizando la App Arduino Science Journal me dio una sensación satisfactoria de logro.	S01
6	Para mí está claro cómo el contenido abordado mediante la App Arduino Science Journal está relacionado con la materia del ramo.	R01
7	Existe mucha información relacionada a la App Arduino Science Journal que es fácil de entender y recordar los puntos importantes.	C04
8	La App Arduino Science Journal es llamativa.	A02
9	Vi ejemplos que me mostraron cómo la App Arduino Science Journal podría ser importante para algunas personas.	R02
10	Utilizar la App Arduino Science Journal con éxito fue importante para mí.	R03
11	La calidad de la interfaz con el usuario de la App Arduino Science Journal ayudó a mantener mi atención.	A03
12	La App Arduino Science Journal es tan precisa que fue sencillo mantener mi atención en ella.	A04
13	Mientras trabajaba con la App Arduino Science Journal, estaba seguro de que podía aprender el contenido temático relacionado.	C05
14	Disfruté utilizar la App Arduino Science Journal tanto que me gustaría saber más sobre cómo usarla en otros ramos.	S02
15	El diseño de la App Arduino Science Journal lo percibí muy atractivo.	A05
16	El contenido de la App Arduino Science Journal es relevante para mis intereses.	R04
17	La forma en que se organiza la información en la App Arduino Science Journal me ayudó a mantener mi atención.	A06
18	Hay explicaciones o ejemplos de cómo las personas usan el conocimiento en la App Arduino Science Journal.	R05
19	El experimento realizado mediante la App Arduino Science Journal fueron fáciles de realizar.	C06
20	La App Arduino Science Journal tiene cosas que estimularon mi curiosidad.	A07
21	Realmente disfruté aprender con la App Arduino Science Journal.	S03
22	Realizar varios experimentos con la App Arduino Science Journal fue muy estimulante a veces.	A08
23	El contenido y el estilo de escritura en la App Arduino Science Journal transmiten la impresión de que vale la pena conocer su contenido.	R06
24	Aprendí algunas cosas que fueron sorprendentes o inesperadas mediante la utilización de la App Arduino Science Journal.	A09
25	Después de trabajar con la App Arduino Science Journal por un tiempo, estaba seguro de que podría pasar una prueba que evaluara el contenido asociado.	C07
26	La App Arduino Journal es muy relevante para mis necesidades.	R07
27	La retroalimentación u otros comentarios efectuados durante y/o después de la utilización de la App Arduino Journal, me ayudó a sentirme recompensado por mi esfuerzo.	S04
28	La variedad de información mostrada en los tutoriales me ayudó a mantener el interés la utilización de la app Google Science Journal.	A10
29	El estilo de escritura utilizado en la App Arduino Science Journal entretenido.	A11
30	Podría relacionar el contenido de la App Arduino Science Journal con cosas que he visto, hecho o pensado en mi propia vida.	R08
31	El tipo de letra utilizado en la interfaz de la App Arduino Science Journal que es agradable.	A12
32	Se siente bien completar con éxito experimento mediante la utilización de la App Arduino Science Journal.	S05
33	Considero que la App Arduino Science Journal me será útil.	R09
34	Pude entender totalmente el material suministrado para la utilización de la App Arduino Science Journal	C08
35	La organización del contenido me ayudó a confiar en que aprendería a utilizar la App y su relación con el ramo.	C09
36	Fue un placer trabajar con la App Arduino Science Journal	S06

Tabla 1. Preguntas del IMMS adaptadas.

2.3. Análisis estadístico

Las respuestas de los estudiantes se analizaron utilizando herramientas estadísticas cuantitativas. Para determinar la distribución del conjunto de datos obtenidos, se calcularon la media (\bar{x}), la mediana (Me) y la desviación estándar (σ). Todas estas variables estadísticas son importantes en la inferencia clásica, especialmente en relación con los parámetros para la determinación y estudio del tipo de distribución (Espejo, 2017; Flores y Flores, 2018).

Se realizó la prueba de confiabilidad de Cronbach (α) para validar la confiabilidad del cuestionario en función de sus respuestas. Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de las respuestas. Para medir el grado de concentración (planitud) que aparece en los datos del área de distribución central se utilizó la curtosis. La asimetría se calculó para dar valor a la cantidad y dirección del sesgo (desviación de simetría horizontal).

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software R (versión 4.1.0) y Rstudio (versión 1.4.1717) por ser considerado uno de los lenguajes de programación más utilizados para el cálculo estadístico y análisis de datos (Da Silva y Sampaio, 2020).

3. RESULTADOS

La implementación de la estrategia didáctica propuesta en esta investigación da como resultado un nivel de logro de aprendizaje, que se muestra en la Figura 2, donde se puede apreciar el desempeño (aprendizaje logrado) de estudiantes del curso de cinemática en los diferentes semestres (2017-II, 2018- I, 2018-II, 2019-I, 2019-II, 2020-I, y 2020-II), dictado por el mismo profesor. El número de alumnos por curso fue entre 15 y 25 participantes. En el semestre 2019-II (sin restricciones de movilidad), y los semestres 2020-I y 2020-II (con restricciones de movilidad) se implementó el *m-learning* como estrategia didáctica, mientras que en el resto de los semestres se implementaron clases magistrales y participativas como herramienta principal.

La Figura 2 muestra que en semestres donde se utilizó la App, y se implementó la metodología propuesta (*m-learning*) como estrategia de enseñanza principal, se incrementó el porcentaje de estudiantes que alcanzaron el nivel mínimo de aprendizaje esperado; este porcentaje llegó hasta el 93,3% en sus niveles más altos, siendo sus niveles más bajos encontrados de 71%, en semestres donde no se implementó. Estos resultados evidencian un efecto positivo en el aprendizaje alcanzado por los estudiantes. Se evidencia una disminución leve entre el semestre sin restricciones por pandemia, y con restricciones por pandemia, atribuida quizás a lo que se conoce como fatiga pandémica o “burnout” académico en tiempos de pandemia, términos que intentan explicar el abandono de las distintas actividades educativas realizadas en los momentos finales de la ERE, donde eran evidentes las manifestaciones de agotamiento emocional, sentimientos de pérdida de realización personal relacionados con la aversión a las restricciones o miedo al virus del COVID-19 (Avecillas Cazho et al., 2021; Jacobo-Galicia et al., 2021).

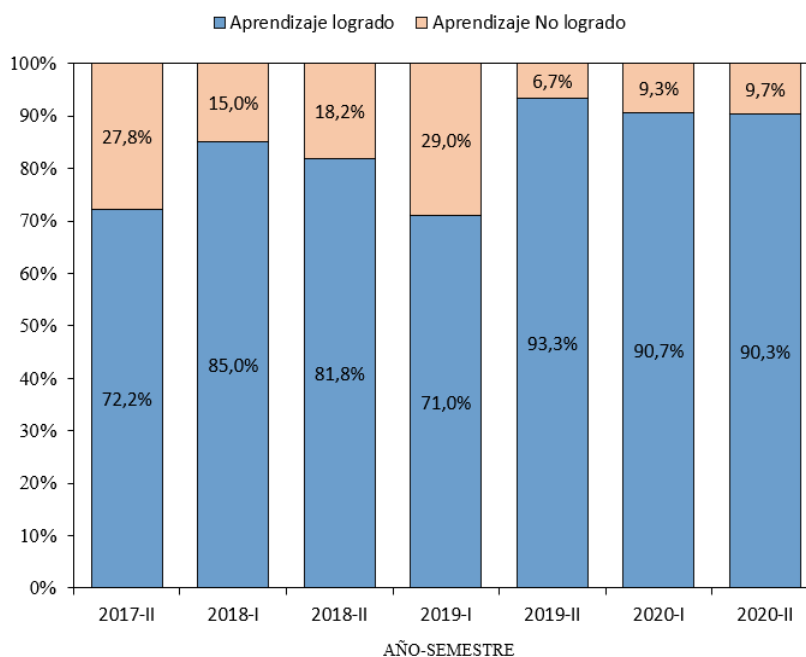


Figura 2. Comparación del nivel de aprendizaje alcanzado con la implementación del *m-learning* frente a la enseñanza tradicional

Por otro lado, la Tabla 2 muestra los promedios y desviaciones estándar de forma grupal para cada dimensión asociada al instrumento utilizado. La presente investigación arrojó un α global de 0,91 que, según varios autores (Jeno et al., 2019; Zhonggen y Xiaozhi, 2019), denota un alto grado de consistencia interna y por ende un alto nivel de confiabilidad. En general, se observa que los encuestados muestran un alto grado de satisfacción con el uso de la App como herramienta pedagógica, lo que está directamente relacionado con el nivel de motivación que provoca el uso de la aplicación móvil.

Variable	Dimensión			
	Atención	Confianza	Relevancia	Satisfacción
Media	3,68	3,56	3,36	3,77
Desviación standard	1,14	1,14	1,18	1,09
Alfa Cronbach particular	0,62	0,77	0,78	0,73
Alfa Cronbach global	0,913			

Tabla 2. Estadísticos para cada una de las dimensiones cuantificadas por IMMS

La Tabla 3 muestra los resultados estadísticos detallados. Los intervalos de confianza para cada ítem tienen un nivel de confianza del 95%. La prueba de normalidad mostró que las respuestas no se distribuyeron normalmente ($p < 0,05$), lo cual es confirmado por la curtosis y el coeficiente de asimetría.

La Figura 3 muestra de forma visual cómo los encuestados presentaron una opinión relativamente homogénea. Se destaca positivamente la puntuación obtenida para la pregunta S04: “Los comentarios u otros comentarios realizados durante y/o después del uso de la aplicación me ayudaron a sentirme recompensado por mi esfuerzo”, lo que indica un alto grado de disfrute de los estudiantes en la realización de la actividad, cuando reciben una correcta orientación y retroalimentación en su proceso de aprendizaje. En contraparte, la opción de respuesta R04: “El contenido de la App es

relevante para mis intereses” resultó con la puntuación más baja entre los ítems, reflejando que el vínculo entre el uso de la aplicación y sus experiencias personales se logró moderadamente.

Ítem	Código	Media	Mediana	Error estándar	Desviación estándar	Curtosis	Coeficiente de asimetría	Shapiro-Wilk	
								Estadístico	Sig.
34	S04	4,170	4	0,134	0,916	-0,782	-0,662	0,800	< 0,001
6	A06	4,085	4	0,169	1,158	0,48	-1,231	0,754	< 0,001
8	A08	3,957	4	0,172	1,179	0,318	-1,089	0,801	< 0,001
19	C07	3,872	4	0,148	1,013	-0,253	-0,61	0,865	< 0,001
32	S02	3,872	4	0,163	1,115	0,419	-0,95	0,831	< 0,001
2	A02	3,851	4	0,152	1,042	0,352	-0,837	0,853	< 0,001
31	S01	3,851	4	0,152	1,042	-1,274	-0,273	0,843	< 0,001
7	A07	3,830	4	0,127	0,868	-1,029	-0,068	0,857	< 0,001
9	A09	3,830	4	0,188	1,291	-0,392	-0,877	0,818	< 0,001
30	R09	3,745	4	0,156	1,073	0,428	-0,839	0,850	< 0,001
10	A10	3,723	4	0,174	1,192	-0,44	-0,674	0,865	< 0,001
12	A12	3,702	4	0,142	0,976	-1,011	-0,219	0,875	< 0,001
15	C03	3,702	4	0,164	1,121	-0,919	-0,409	0,879	< 0,001
36	S06	3,681	4	0,188	1,287	-0,731	-0,604	0,854	< 0,001
13	C01	3,660	4	0,167	1,147	-0,280	-0,680	0,874	< 0,001
20	C08	3,660	4	0,153	1,048	-0,022	-0,748	0,863	< 0,001
5	A05	3,617	4	0,181	1,243	-0,373	-0,661	0,852	< 0,001
11	A11	3,574	4	0,163	1,118	-0,281	-0,594	0,886	< 0,001
33	S03	3,574	4	0,154	1,058	-0,321	-0,515	0,893	< 0,001
4	A04	3,532	4	0,169	1,158	-0,893	-0,281	0,897	< 0,001
18	C06	3,532	4	0,187	1,283	-0,926	-0,432	0,881	< 0,001
24	R03	3,532	4	0,169	1,158	-0,280	-0,692	0,872	< 0,001
22	R01	3,511	4	0,18	1,231	-1,178	-0,263	0,885	< 0,001
23	R02	3,511	4	0,149	1,019	-0,196	-0,511	0,892	< 0,001
16	C04	3,489	4	0,163	1,120	-0,454	-0,473	0,897	< 0,001
26	R05	3,489	3	0,208	1,428	-1,571	-0,176	0,820	< 0,001
35	S05	3,468	4	0,166	1,139	-0,876	-0,268	0,904	< 0,001
14	C02	3,426	4	0,187	1,281	-0,565	-0,688	0,852	< 0,001
21	C09	3,426	4	0,182	1,247	-0,914	-0,361	0,898	< 0,001
1	A01	3,340	3	0,156	1,069	-0,422	-0,375	0,904	< 0,001
17	C05	3,319	3	0,149	1,024	-0,183	-0,410	0,896	< 0,001
29	R08	3,319	3	0,17	1,163	-1,123	-0,137	0,899	< 0,001
27	R06	3,213	3	0,158	1,082	-0,436	-0,316	0,905	< 0,001
3	A03	3,170	3	0,211	1,449	-1,355	-0,207	0,879	< 0,001
28	R07	3,021	3	0,184	1,260	-1,050	-0,231	0,900	< 0,001
25	R04	2,979	3	0,181	1,242	-0,863	0,039	0,904	< 0,001

Tabla 3. Estadísticas para cada una de las preguntas realizadas en el *IMMS*

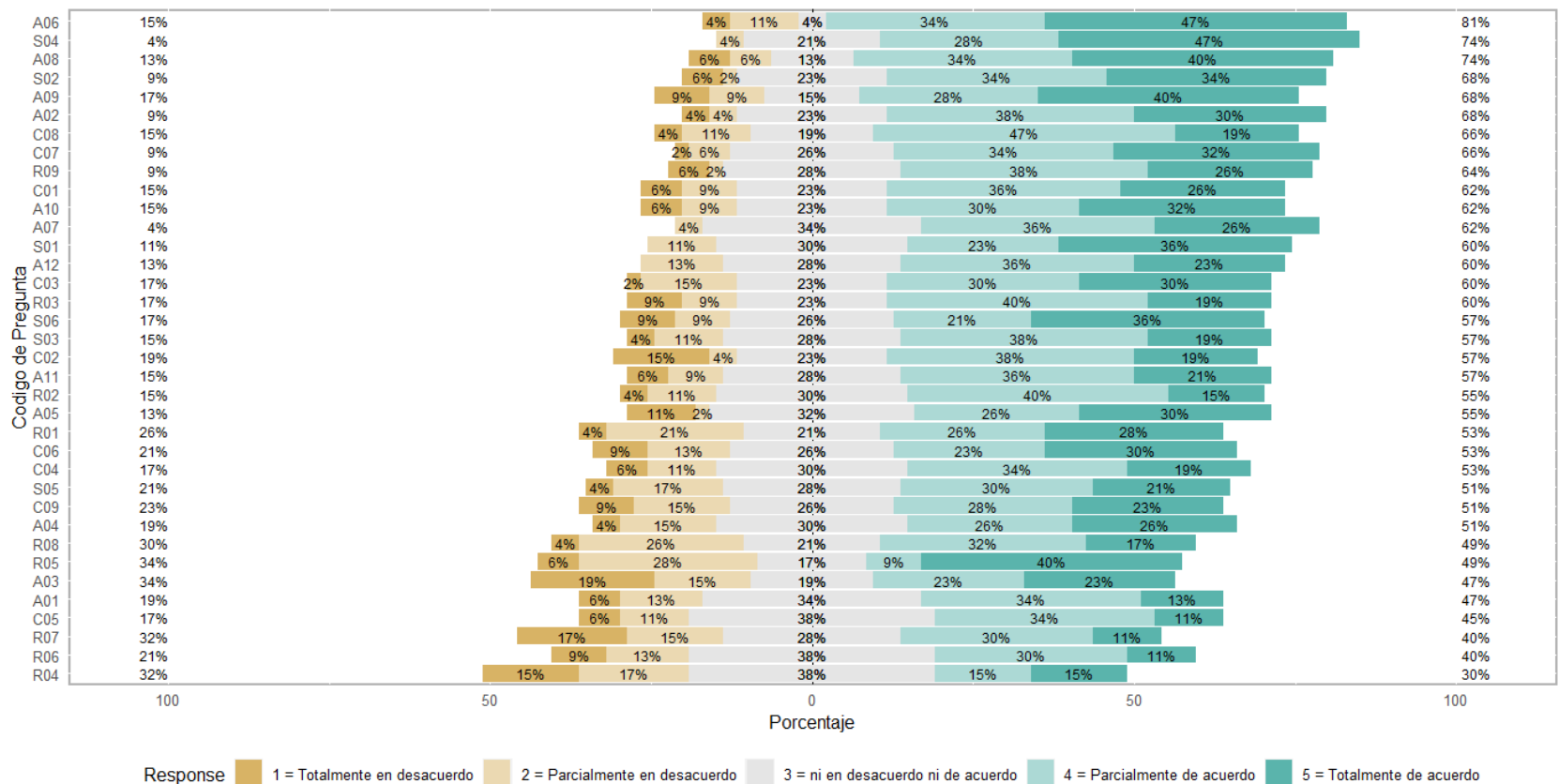


Figura 3. Percepciones de estudiantes universitarios con la implementación del *m-learning* como estrategia pedagógica en tiempos de pandemia

4. DISCUSIÓN

La aplicación del *m-learning* en la enseñanza de la cinemática ha demostrado ser un método de enseñanza alternativo y novedoso que favorece el aprendizaje de los estudiantes. Estas TIC llevan a los estudiantes a un nivel de aprendizaje más integral, donde un aula y un laboratorio son prescindibles debido a la ventaja de la movilidad. Se espera que este tipo de herramientas reduzcan las deficiencias en la enseñanza tradicional y los problemas generados por la ERE.

La implementación del *m-learning* a través de la herramienta Arduino Science Journal, puede ser utilizada por las universidades, tanto dentro como fuera de las aulas de clase, con el objetivo de mejorar la calidad de los procesos de aprendizaje a través de la experimentación científica y el desarrollo disciplinar, estimulando la participación de los estudiantes mediante el uso de tecnologías innovadoras, válida tanto en tiempos de pandemia como fuera de esta. La evidencia muestra que la App es apta para implementarse con metodologías didácticas enfocadas en el alumno, ya que depende de la interacción para poder construir el aprendizaje.

Los resultados muestran un importante nivel de motivación estimulado por el uso de la App en el proceso pedagógico implementado. Esto se expresa mediante las dimensiones de atención, confianza, relevancia y satisfacción medidas a través de la IMMS. Los hallazgos son consistentes con los obtenidos por Hauze y Marshall (2020) en cuanto al grado de motivación de los estudiantes y su consecución del resultado de aprendizaje esperado (con *m-learning*), en comparación con semestres anteriores (sin *m-learning*). Con lo anterior, se puede afirmar que a mayor motivación, mayor rendimiento, lo que a su vez demuestra que el modelo ARCS puede implementarse con éxito en cursos de formación universitaria tanto en pandemia como fuera de esta (Chang et al., 2020; Dinçer, 2020).

El modelo ARCS ha ilustrado cómo la curiosidad de una persona (atención), sus motivos y valores (relevancia), combinados con la esperanza de éxito (confianza), y el sentimiento de placer o disfrute (satisfacción), determinan los objetivos que tienen el mayor protagonismo y, por tanto, dan lugar a un esfuerzo intencionado para alcanzar un fin.

Uno de los ítems asociados a las puntuaciones más altas fue la atención (A06 y A08), que se vio estimulada por el carácter innovador e interesante de la App. En el modelo ARCS, esta dimensión normalmente se identifica como un requisito previo para el aprendizaje, por lo que los resultados brindan indicios de ser una estrategia pedagógica válida para la estimulación de la motivación intrínseca en los estudiantes de cinemática.

La satisfacción (S04) también se asoció con una puntuación alta. Estos ítems están relacionados con la sensación de placer asociada a la culminación exitosa de la actividad cinemática; la satisfacción genera resultados positivos, como el deseo de utilizar inmediatamente los conocimientos o habilidades recién adquiridos. La dimensión asociada con la puntuación más baja fue la confianza (R04), la cual está relacionada con que el vínculo entre el uso de la App y las experiencias personales de los estudiantes se logró moderadamente, como se puede ver en la Figura 3.

El modelo ARCS sugiere que estos ítems se refieren a la confianza de los educandos en su capacidad para tener éxito en la tarea de aprendizaje, por lo que los resultados de la implementación de este modelo en la presente investigación sugieren deficiencias en

la especificación de los criterios para el desempeño exitoso de las actividades prácticas de la App.

A pesar de que el tamaño de muestra utilizado en esta investigación piloto puede considerarse insuficiente para extrapolar los resultados a poblaciones más grandes (Morales, 2012), la literatura existente en esta área (Johanson y Brooks, 2010), considera que la muestra es suficiente para mostrar indicios iniciales sobre la estrecha y positiva relación entre el aprendizaje efectivo y la implementación del modelo ARCS apoyado en el uso de las TIC en las aulas universitarias en tiempos de pandemia (por ejemplo, un curso de cinemática).

Otro hallazgo de la presente investigación fue la verificación de los niveles de confiabilidad y consistencia interna del IMMS utilizado, el cual fue determinado por el alfa de Cronbach, mostrando índices similares a los alcanzados por Cabero et al. (2017) y Cabero-Almenara et al. (2019). El alfa de Cronbach es un estadístico utilizado comúnmente por investigadores en estudios de educación para evaluar el IRD utilizado, especialmente en cuestionarios de caracterización destinados a medir características en el dominio afectivo, como la motivación (Huang et al., 2006). Los datos recolectados por el IMMS reflejan, en términos generales, las percepciones que tuvieron los participantes respecto a su experiencia con el uso de la App para el aprendizaje de temas relacionados con la cinemática de un cuerpo rígido.

5. CONCLUSIONES

Esta investigación analiza la motivación para el aprendizaje en un curso de cinemática donde se implementó *m-learning* bajo el modelo ARCS. Se logró un efecto positivo en el aprendizaje de los estudiantes con el uso de una aplicación para teléfonos móviles inteligentes. Se observó que el nivel de aprendizaje con *m-learning* fue superior al obtenido en semestres anteriores sin *m-learning*, sin influencias relevantes de las restricciones propias de la ERE, evidenciando que los estudiantes mostraron un alto grado de motivación en el aprendizaje de la cinemática.

El resultado cuantitativo de esta investigación respalda los cuatro elementos de motivación del modelo ARCS, ya que más del 80% de los estudiantes estuvo de acuerdo con las afirmaciones de las cuatro dimensiones; por lo que se infiere que la estrategia didáctica logró (1) captar la curiosidad, entusiasmo e interés de los estudiantes desde la primera instancia, induciendo a la participación activa, (2) los estudiantes se sintieron conectados con el elemento innovador, (3) la estrategia cumplió con las expectativas de los estudiantes, y (4) influyó positivamente en la motivación de los estudiantes.

La metodología propuesta ha demostrado que estimula, en los estudiantes, no solo un interés positivo por aprender, sino también su autoconfianza y satisfacción al aprender, por lo que el *m-learning* ha dejado de ser solo una corriente pedagógica atractiva, sino se ha convertido en una necesidad para los docentes en tiempos de pandemia, ya que logra integrar con éxito las tecnologías móviles en el proceso de aprendizaje. La metodología implementada también evidenció la necesidad de que los estudiantes cuenten con materiales y herramientas que cumplan con sus objetivos con el fin de promover una actitud positiva hacia el aprendizaje, la cual debe ser correctamente brindada por el instructor desde el inicio para lograr una experiencia de aprendizaje exitosa.

Esta investigación también aporta evidencia de la estrecha y positiva relación que existe entre el aprendizaje y el uso de la tecnología móvil en las aulas universitarias. Adicionalmente la investigación proporciona un modelo de medición válido, así como sólidas referencias científicas, que pretende estimular el uso del *m-learning* por parte de los docentes en tiempos de pandemia. Para futuras investigaciones, se sugiere que este enfoque se utilice para diferentes cursos en la forma en que se aplicó aquí, y la relación entre el nivel socioeconómico y el *m-learning* debe explorarse más a fondo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agrawal, A.K. y Mittal, G.K. (2018). The Role of ICT in Higher Education for the 21st Century: ICT as A Change Agent for Education. *Multidisciplinary Higher Education, Research, Dynamics & Concepts: Opportunities & Challenges For Sustainable Development*, 1(1), 76-83.
- Alioon, Y. y Delialioğlu, Ö. (2019). The effect of authentic m-learning activities on student engagement and motivation. *British Journal of Educational Technology*, 50(2), 655-668. <https://doi.org/10.1111/bjet.12559>
- Alturki, U. y Aldraiweesh, A. (2022). Students' Perceptions of the Actual Use of Mobile Learning during COVID-19 Pandemic in Higher Education. *Sustainability*, 14(3), 1125. <https://doi.org/10.3390/su14031125>
- Alvarenga da Silva, H. y Sampaio Moura, A. (2020). Teaching Introductory Statistical Classes in Medical Schools Using RStudio and R Statistical Language: Evaluating Technology Acceptance and Change in Attitude Toward Statistics. *Journal of Statistics Education*, 28(2), 212-219. <https://doi.org/10.1080/10691898.2020.1773354>
- Avecillas Cazho, J.A., Mejía Rodríguez, I., Contreras Briceño, J.I.O. y Quintero de Contreras, Á.M., (2021). Burnout académico. Factores influyentes en estudiantes de enfermería. *Revista Eugenio Espejo*, 15(2), 57-67. <https://doi.org/10.37135/ee.04.11.08>
- Aykan, A. y Yıldırım, B. (2021). The Integration of a Lesson Study Model into Distance STEM Education during the COVID-19 Pandemic: Teachers' Views and Practice. *Technology, Knowledge and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09564-9>
- Aznar Díaz, I., Cáceres Reche, M.P. y Romero Rodríguez, J.M. (2018). Efecto de la metodología mobile learning en la enseñanza universitaria: Meta-análisis de las investigaciones publicadas en WOS y Scopus. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 30, 1-16. <https://doi.org/10.17013/risti.30.1-16>
- Bourekache, S. y Kazar, O. (2020). Mobile and Adaptive Learning Application for English Language Learning. *International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE)*, 16(2), 36-46. <https://doi.org/10.4018/IJICTE.2020040103>
- Cabero, J., Fernández Robles, B. y Marín, V. (2017). Dispositivos móviles y realidad aumentada en el aprendizaje del alumnado universitario. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20 (2), 167-185., 20(2), 167-185. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.20.2.17245>
- Cabero-Almenara, J., Barroso-Osuna, J., Llorente-Cejudo, C. y Fernández, M. del M. (2019). Educational Uses of Augmented Reality (AR): Experiences in Educational Science. *Sustainability*, 11(18), 4990. <https://doi.org/10.3390/su11184990>
- Chang, H.-Y., Liang, J.-C. y Tsai, C.-C. (2020). Students' Context-Specific Epistemic Justifications, Prior Knowledge, Engagement, and Socioscientific Reasoning in a Mobile Augmented Reality Learning Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 29(3), 399-408. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09825-9>
- Chang, Y.-H., Chao, P.-C. y Fang, R.-J. (2019). ARCS and RGT Integrated High-Efficiency E-Books. *Education Sciences*, 9(2), 94. <https://doi.org/10.3390/educsci9020094>

- Creemers, B., Kyriakides, L. y Sammons, P. (2010). *Methodological Advances in Educational Effectiveness Research*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203851005>
- Da Silva, H. y Sampaio, A. (2020). Teaching Introductory Statistical Classes in Medical Schools Using RStudio and R Statistical Language: Evaluating Technology Acceptance and Change in Attitude Toward Statistics. *Journal of Statistics Education*, 28(2), 212-219. <https://doi.org/10.1080/10691898.2020.1773354>
- Dinçer, S. (2020). The effects of materials based on ARCS Model on motivation: A meta-analysis. *İlköğretim Online*, 19(2), 1.016-1.042.
- Espejo, M.R. (2017). Estimación de la desviación estándar. *Estadística Española*, 59(192), 37-44.
- Fabila, A.M., Minami, H. e Izquierdo, M.J. (2012). La Escala de Likert en la evaluación docente: Acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Perspectivas Docentes*, 50, Article 50. <https://doi.org/10.19136/pd.a0n50.589>
- Flores, J. y Flores, R. (2018). La enseñanza del diagrama de caja y bigotes para mejorar su interpretación. *Revista Bases de la Ciencia*, 3(1), 69-75.
- Gopalan, M., Rosinger, K. y Ahn, J.B. (2020). Use of Quasi-Experimental Research Designs in Education Research: Growth, Promise, and Challenges. *Review of Research in Education*, 44(1), 218-243. <https://doi.org/10.3102/0091732X20903302>
- Guevara, E. (2016). The Learning Model M-learning: The Harmonization between Education System and New Emerging Technologies. *TECHNO REVIEW. International Technology, Science and Society Review*, 5(2), 215-231. <https://doi.org/10.37467/gka-revtechno.v5.316>
- Hauze, S. y Marshall, J. (2020). Validation of the Instructional Materials Motivation Survey: Measuring Student Motivation to Learn via Mixed Reality Nursing Education Simulation. *International Journal on E-Learning*, 19(1), 49-64.
- Huang, W., Huang, W., Diefes-Dux, H. e Imbrie, P.K. (2006). A preliminary validation of Attention, Relevance, Confidence and Satisfaction model-based Instructional Material Motivational Survey in a computer-based tutorial setting. *British Journal of Educational Technology*, 37(2), 243-259. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2005.00582.x>
- Jacobo-Galicia, G., Máynez-Guaderrama, A.I. y Cavazos-Arroyo, J. (2021). Miedo al Covid, agotamiento y cinismo: Su efecto en la intención de abandono universitario. *European Journal of Education and Psychology*, 14(1), 1-18. <https://doi.org/10.32457/ejep.v14i1.1432>
- Jeno, L.M., Vandvik, V., Eliassen, S. y Grytnes, J.-A. (2019). Testing the novelty effect of an m-learning tool on internalization and achievement: A Self-Determination Theory approach. *Computers & Education*, 128, 398-413. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.10.008>
- Johanson, G.A. y Brooks, G.P. (2010). Initial Scale Development: Sample Size for Pilot Studies. *Educational and Psychological Measurement*, 70(3), 394-400. <https://doi.org/10.1177/0013164409355692>
- Keller, J.M. (1987a). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of instructional development*, 10(3), 2.
- Keller, J.M. (1987b). Instructional materials motivation scale (IMMS). *Unpublished manuscript. The Florida State University*.
- Laurens-Arredondo, L. (2022). Mobile augmented reality adapted to the ARCS model of motivation: A case study during the COVID-19 pandemic. *Education and Information Technologies*, 27, 7927-7946. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10933-9>
- Laurens-Arredondo, L.A. (2019). Realidad Aumentada: Propuesta metodológica para la didáctica de diseño industrial en el ámbito universitario. *Revista científica electrónica de educación y comunicación en la sociedad del conocimiento*, 19(2), Article 2. <http://eticanet.org/revista/index.php/eticanet/article/view/186>
- Li, K. y Keller, J.M. (2018). Use of the ARCS model in education: A literature review. *Computers & Education*, 122, 54-62. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.019>

- Mella-Norambuena, J., Cobo-Rendon, R., Lobos, K., Sáez-Delgado, F. y Maldonado-Trapp, A. (2021). Smartphone Use among Undergraduate STEM Students during COVID-19: An Opportunity for Higher Education? *Education Sciences*, 11(8), 417.
<https://doi.org/10.3390/educsci11080417>
- Morales, P. (2012). Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos? *Estadística aplicada*, 24(1), 22-39.
- Mutambara, D. y Bayaga, A. (2021). Determinants of mobile learning acceptance for STEM education in rural areas. *Computers & Education*, 160, 104010.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104010>
- Pebriantika, L., Wibawa, B. y Paristiowati, M. (2021). Adoption of Mobile Learning: The Influence And Opportunities For Learning During The Covid-19 Pandemic. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 15, 222.
<https://doi.org/10.3991/ijim.v15i05.21067>
- Pisanty, A., Enríquez, L., Chaos-Cador, L. y Burgos, M.G. (2010). “M-Learning En Ciencia” - Introducción De Aprendizaje Móvil En Física. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 13(1), 129-155.
- Valeeva, N., Pavlova, E. y Zakirova, Y. (2019). M-learning in Teaching ESP: Case Study of Ecology Students. *European Journal of Contemporary Education*, 8(4), 920-930.
<https://doi.org/10.13187/ejced.2019.4.920>
- Zhonggen, Y. y Xiaozhi, Y. (2019). An extended technology acceptance model of a mobile learning technology. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(3), 721-732.
<https://doi.org/10.1002/cae.22111>