



EpAA: Entorno para el Aprendizaje de Algoritmos. Una experiencia educativa desde la perspectiva del aprendizaje flexible

EpAA: Environment for Learning Algorithms. A flexible educational learning experience

 J. Jesús Arellano Pimentel; jjap@sandunga.unistmo.edu.mx

Universidad del Istmo (México)

 Sabrina Patricia Canedo Ibarra; spcanedo@univim.edu.mx

Universidad Virtual del Estado de Michoacán (México)

Resumen

El aprendizaje flexible requiere de herramientas tecnológicas apropiadas que le permitan al estudiante aprender cuándo y dónde lo desee, con materiales didácticos acordes a su perfil. El objetivo del presente artículo es analizar el grado de aceptación, motivación e impacto académico de un entorno para el aprendizaje de algoritmos denominado EpAA, el cual está constituido principalmente por una aplicación Web y diversos materiales didácticos, disponibles a través de un sistema de gestión del aprendizaje, orientados a favorecer una experiencia de aprendizaje flexible. Para el grado de aceptación se aplicó el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), en lo que respecta a la motivación se utilizó la versión reducida del Cuestionario de Materiales Instruccionales para la Motivación (RIMS), y el impacto académico de la experiencia educativa se analiza a través de pruebas *t-student* con calificaciones de ciclos escolares previos. Los resultados mostraron un grado alto de aceptación tecnológica y motivación en el uso de los materiales didácticos, así como un impacto académico positivo en un contexto de aprendizaje flexible.

Palabras clave: Aprendizaje flexible, Aplicación informática, medios de enseñanza, programación informática.

Abstract

Flexible learning requires appropriate technological tools that allow the student to learn when and where they want, with teaching materials according to their profile. The objective of this paper is to analyze the degree of acceptance, motivation, and academic impact of an environment for learning algorithms called EpAA, which is mainly made up of a Web application and various didactic materials, available through a Learning Management System, oriented to favor a flexible learning experience. For the degree of acceptance, the Technological Acceptance Model (TAM) was applied, regarding motivation, the reduced version of the Questionnaire of Instructional Materials for Motivation (RIMS) was used, and the academic impact of the educational experience is analyzed through t-student tests with grades from previous school cycles. The results showed a high degree of technological acceptance and motivation in the use of teaching materials, as well as a positive academic impact in a flexible learning context.

Keywords: Flexible learning, Computer application, teaching aid, computer programming



1. INTRODUCCIÓN

A raíz de la pandemia derivada por la Covid-19 las instituciones de educación superior con modalidad únicamente presencial tuvieron que migrar de un día para otro al formato totalmente virtual, esto provocó desde reflexiones que plantean repensar el sentido de la educación superior (Díaz-Barriga, 2021), hasta nuevas experiencias educativas que propiciaron la innovación y mejora de la práctica docente con la incorporación de recursos digitales (Morales *et al.*, 2021). En este contexto de confinamiento y clases a distancia por la pandemia el concepto de aprendizaje flexible ha retomado un papel preponderante en el ámbito educativo, pues el estudiante ya no está físicamente en el centro educativo, ahora con mucha frecuencia el escenario de aprendizaje ocurre en casa o en el espacio del negocio familiar, donde la dinámica no siempre permite cubrir un horario fijo de estudio.

Para Salinas (2004) en un escenario de aprendizaje flexible la disponibilidad tecnológica es necesaria pero no es lo fundamental, el estudiante sí lo es; cada generación de estudiantes tiene rasgos que definen sus motivaciones, preferencias, condiciones, etc., que constituyen su contexto como grupo en lo general, y como individuos en lo particular. Si el aprendizaje ha de ser flexible, entonces debe adaptarse al contexto del grupo y de cada estudiante, luego entonces es imprescindible conocer su perfil para proveerles de los materiales didácticos apropiados. De acuerdo con Bertuzzi (2021) el perfil de los estudiantes universitarios ahora corresponde a la llamada generación Centennials o generación Z, los cuales nacieron en la era del internet y en un mundo lleno de dispositivos electrónicos donde sobresalen los teléfonos inteligentes y los equipos de cómputo personal.

Actualmente la tecnología de uso común entre la generación Centennials provee un gran potencial para desarrollar escenarios de aprendizaje flexible, sobre todo en lo que respecta a la flexibilidad relativa al tiempo, lugar, medios y ritmo para el estudio. Sí en estos potenciales escenarios de aprendizaje el enfoque de enseñanza aprendizaje se centra en el alumno, entonces de cierta forma se alude al ideal de aprendizaje flexible mencionado por Moran y Mylinger (1999), citados por Salinas (2013). Precisamente una de las estrategias pedagógicas que coloca al estudiante en el centro del proceso y fomenta la singularidad de flexibilizar el aprendizaje en cuanto a tiempo y lugar es la denominada aula invertida (Gaviria *et al.*, 2019).

No obstante, no siempre es posible contar con una herramienta en línea que cubra los requerimientos para configurar un escenario de aprendizaje acorde a los objetivos de aprendizaje de un curso formal, y que además propicie un escenario flexible. Por lo tanto, es factible crear o reconstruir herramientas y materiales didácticos ad-hoc que respondan tanto al perfil del estudiante como a los aprendizajes esperados. Así, el objetivo del presente artículo es analizar el grado de aceptación, motivación e impacto académico de un entrono para el aprendizaje de algoritmos denominado EpAA, el cual está constituido principalmente por una aplicación Web y diversos materiales didácticos creados ad-hoc, disponibles a través de un sistema de gestión del aprendizaje, orientados a favorecer una experiencia de aprendizaje flexible enmarcada en el contexto del confinamiento por la pandemia de la Covid-19.

2. MÉTODO

2.1. Descripción del contexto la intervención educativa

La intervención educativa del presente trabajo se enmarca en la situación atípica del confinamiento derivado por la pandemia de la COVID-19. Tal situación obligó a replantear cuáles modelos, perspectivas y recursos de aprendizaje e instruccionales eran los más apropiados para llevar a cabo el curso propedéutico de algoritmos, con duración de 8 semanas, durante el ciclo escolar 2020-2021B en la Universidad del Istmo, campus Tehuantepec. Se tomó la decisión de aplicar el modelo de diseño instruccional ADDIE (acrónimo del inglés Analysis, Design, Develop, Implement, Evaluate) para el desarrollo del curso, ya que es uno de los más utilizados por su sencillez y flexibilidad (Morales *et al.*, 2014).

La perspectiva didáctica para el diseño y ejecución de las actividades de aprendizaje está inspirada en el modelo de aula invertida, ya que, según Prieto, Barbarroja, Álvarez y Correll (2021) dicho modelo provoca efectos positivos sobre el proceso educativo a nivel universitario. Además, el aula invertida promueve los espacios de aprendizaje flexibles y abiertos al permitirle al estudiante consultar los materiales didácticos disponibles en línea dónde, cuándo y las veces que quiera, así está aprendiendo previo a una sesión presencial o síncrona por videoconferencia durante la cual el docente puede profundizar sobre los temas aplicando metodologías activas y participativas, logrando así una construcción del conocimiento con gran capacidad de análisis, síntesis y creatividad (Gavira *et al.*, 2019).

2.2. Participantes de la investigación

Participaron los estudiantes inscritos en el curso propedéutico 2020-2021B de la carrera de Ingeniería en Computación de la Universidad del Istmo, campus Tehuantepec. El curso propedéutico lo iniciaron 27 estudiantes activos de 30 inscritos, de los cuales el 85% (23/27) son hombres y el 15% son mujeres (4/27), con una edad promedio de 18.11 años.

En coherencia con la fase de análisis del modelo ADDIE y los principios del aprendizaje flexible, se procedió a conocer el perfil de los estudiantes. El 100% (27/27) disponía de un teléfono inteligente de uso personal; solo el 11% (3/27) comentaron que ocasionalmente lo compartían con algún familiar. Respecto al uso de equipo de cómputo disponible en casa, el 70% (19/27) dispone de una Laptop, mientras que el 44% (12/27) también dispone de una computadora de escritorio. En cuanto al acceso a Internet, el 85% (23/27) tiene conexión en casa, el 15% (4/27) accede en algún otro lugar o compra fichas para su teléfono.

Otros datos interesantes fueron el uso de las redes sociales y la preferencia de la presentación de los contenidos. Respecto del uso de las redes sociales y de mensajería que más se utilizan en el grupo, sobresalen tres: WhatsApp es utilizado por el 96% (26/27), YouTube por el 89% (24/27) y Facebook por el 85% (23/27). En relación con la preferencia en la presentación de contenidos, el 70% (19/27) mencionan los videos.

Referente a la muestra, ésta fue de tipo no probabilístico intencionado, dado que finalmente su representatividad quedó determinada por el perfil individual de los participantes (Otzen y Manterola, 2017). Para finales de la cuarta semana del curso propedéutico, de los 27 alumnos

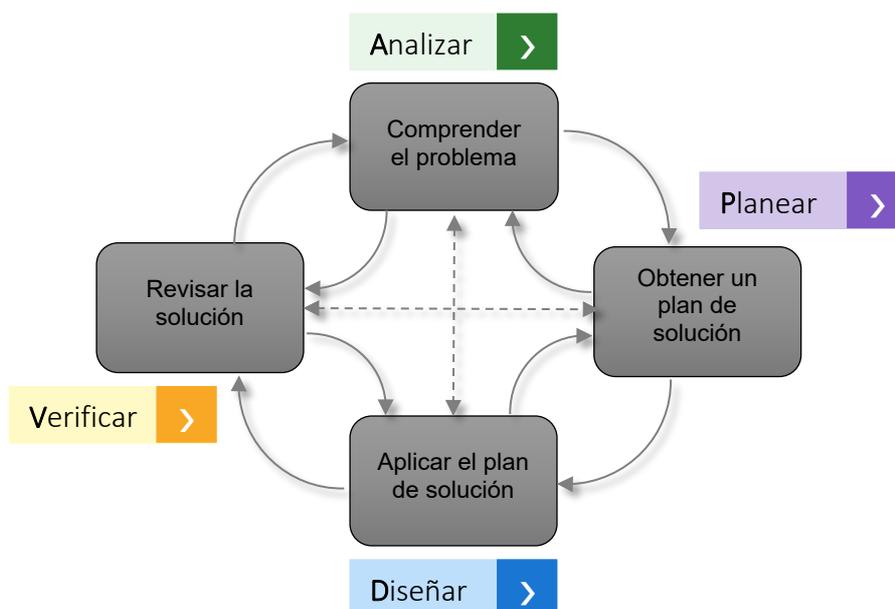
solo se mantenían 24 activos, finalmente solo 22 llenaron los instrumentos de recolección de datos. Por otra parte, el diseño de la investigación se puede enmarcar como un estudio descriptivo *expo facto* tipo pre-experimento (Hernández *et al*, 2014), debido a que, una vez concluida la intervención educativa (estímulo), se aplica la medición de datos para conocer el grado de aceptación y motivación que provoca el uso de los recursos didácticos (materiales instruccionales) suministrados a través de internet.

2.3. Materiales didácticos suministrados

El principal recurso didáctico es la aplicación web denominada EpAA, la cual es producto de la ejecución del modelo de proceso de reingeniería de software, en conjunto con el método de diseño de hipermedios orientado a objetos (Pressman, 2010), sobre una aplicación de escritorio previa llamada Software para la Asistencia en el Aprendizaje de Algoritmos (Arellano *et al*, 2012). Una de las principales características en el diseño de interfaz de navegación de EpAA es la articulación de las etapas de la heurística de resolución de problemas de Polya (Figura 1). Esto permite hacer frente a algunas de las dificultades de aprendizaje señaladas por Jiménez, Collazo y Revelo (2019), como son: a) no comprensión de los enunciados a resolver (etapa de analizar), b) debilidad para la resolución de problemas (etapas de planear y diseñar), y c) dificultad para comprobar los resultados de forma inmediata (etapa verificar).

Figura 1

Heurística de resolución de problemas de Polya y elementos de interfaz en la aplicación web.



Para ejemplificar de forma general el uso y principales funcionalidades de la aplicación web, a continuación, se presenta la solución al problema de determinar si un número entero positivo mayor a uno es primo o no. En la etapa de Analizar (Figura 2) se formulan una serie de 8 preguntas tendientes a lograr una mejor comprensión del enunciado inicial del problema. Con las respuestas obtenidas se debe escribir un enunciado final del problema denotando una comprensión más a profundidad del enunciado inicial. En la etapa de Planear (Figura 3) se

tabulan los elementos identificados durante el análisis, clasificándolos como de entrada, salida y/o auxiliares. A cada elemento se le asocia un tipo de dato (entero, real o carácter), un identificador, un tipo de identificador (variable o constante), y de manera opcional un valor inicial. En la etapa de diseño (Figura 4) se construye el diagrama de flujo insertando, a través de menús flotantes, símbolos gráficos consistentes con la notación ANSI para dar solución al problema. Finalmente, en la etapa de Verificar (Figura 5) es posible generar una corrida de escritorio paso a paso de cada elemento del diagrama para corroborar que la solución sea la correcta.

Figura 2

Interfaz de la etapa Analizar de la aplicación web EpAA.

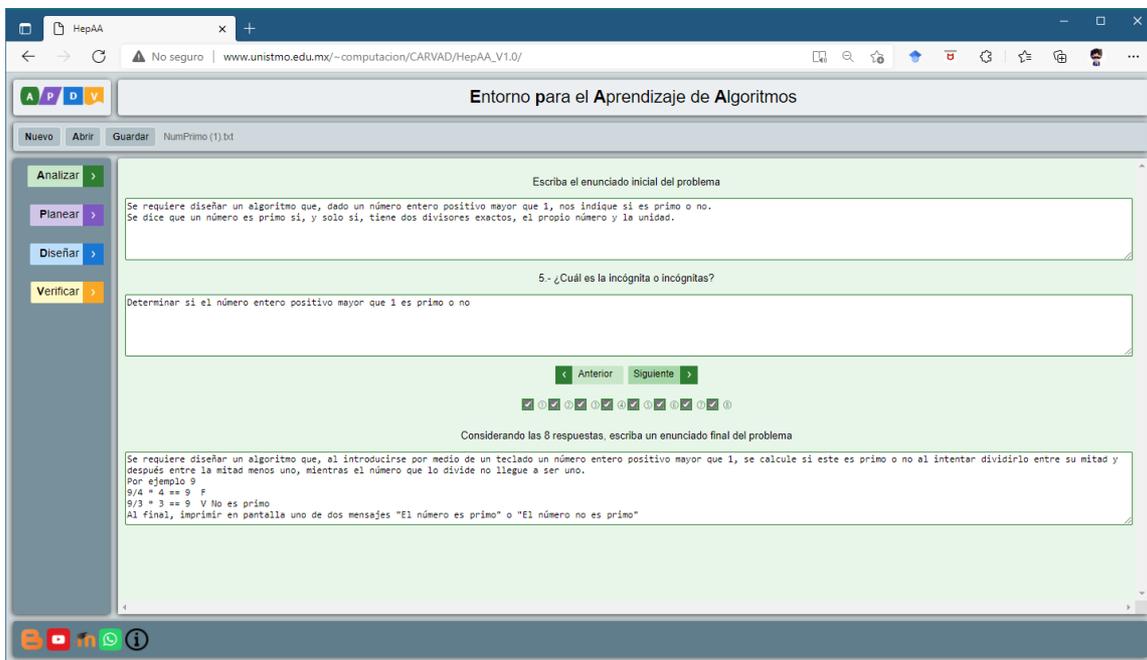


Figura 3

Interfaz de la etapa Planear de la aplicación web EpAA.

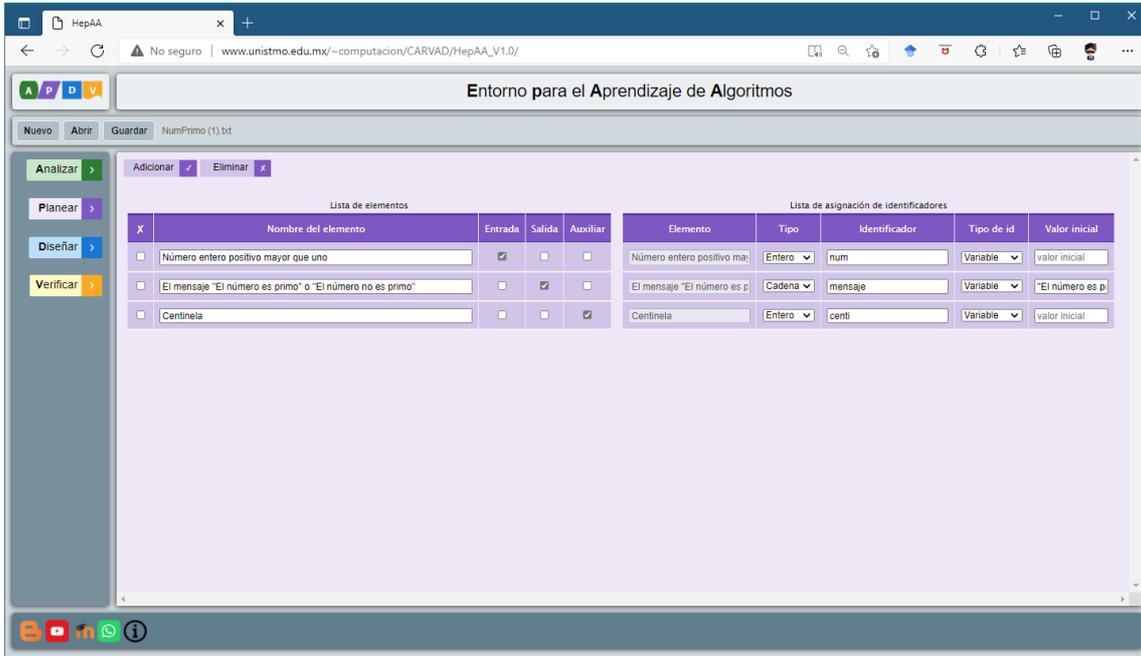


Figura 4

Interfaz de la etapa Diseñar de la aplicación web EpAA.

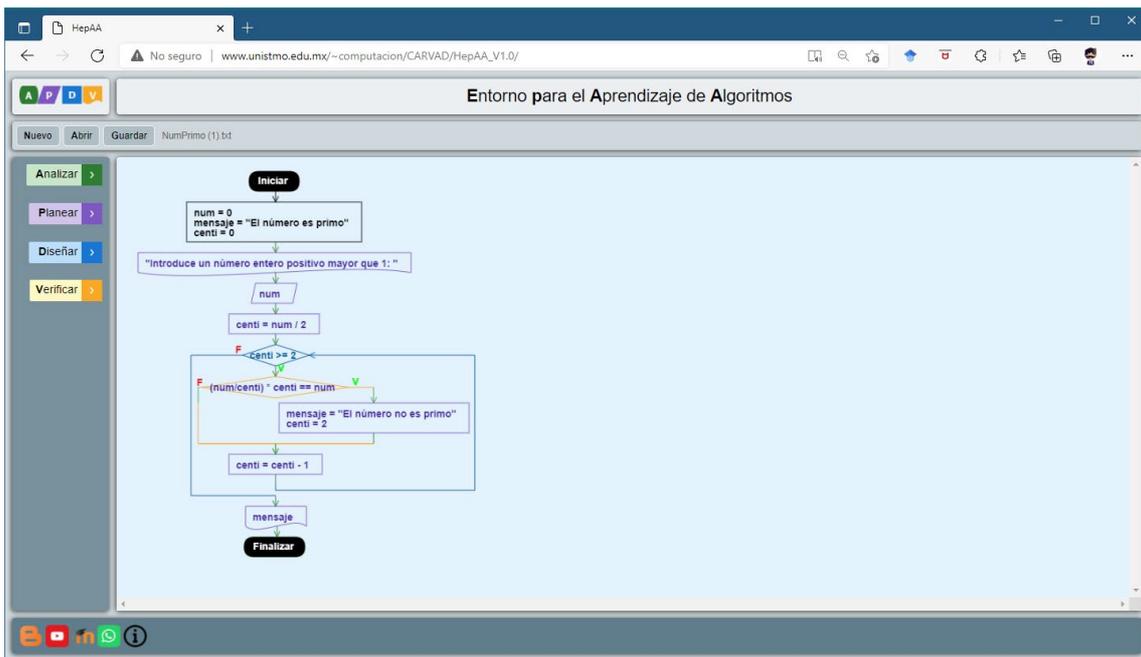
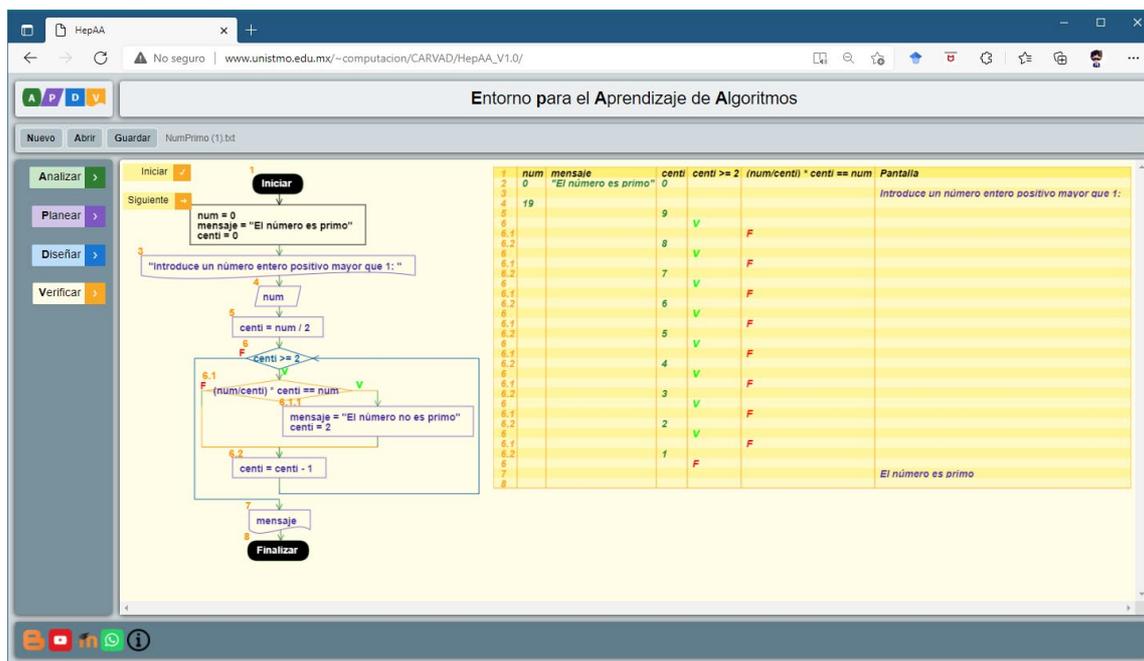


Figura 5

Interfaz de la etapa Verificar de la aplicación web EpAA.



En la interfaz de la aplicación están presentes enlaces a otras plataformas en línea que contienen o enlazan a los recursos en video (YouTube y Blogger) y videos interactivos Educaplay (MilAulas y Blogger) desarrollados con y para la aplicación web, con ello se diversifica la variedad de recursos disponibles para los estudiantes sobre un mismo tema. La secuencia didáctica de las actividades de aprendizaje está inspirada en la perspectiva de aula invertida. En una semana de trabajo los estudiantes debían realizar la actividad observar los videos con la explicación de la teoría, así como reproducir el ejemplo de los videos interactivos previo a la sesión virtual síncrona mediante Google Meet. La sesión de videoconferencia iniciaba atendiendo dudas, posteriormente se resolvían ejercicios del tema con la participación de los estudiantes.

También, acorde al perfil de los estudiantes y al uso de redes para fomentar el aprendizaje flexible, se utilizó un grupo de WhatsApp para compartir y discutir posibles soluciones alternativas de los estudiantes durante o posterior a la sesión virtual. Para cerrar la semana se desarrollaba una última actividad donde los estudiantes resolvían problemas del tema tratado, de forma individual o en equipo. La plataforma MilAulas se utilizó para presentar y programar las fechas límite de entrega de las actividades de aprendizaje, con sus correspondientes rúbricas de evaluación, y también para que los estudiantes subieran sus evidencias y recibir su retroalimentación correspondiente durante la misma semana de trabajo.

2.4. Instrumentos de recolección de datos utilizados

El modelo de aceptación de la tecnología (Davis, 1989), abreviado con las siglas TAM (acrónimo del inglés Technology Acceptance Model), es uno de los más utilizados para tratar de cuantificar la probabilidad de aceptación que las personas tienen hacia el uso de una tecnología en particular. La versión original del TAM toma como base dos constructos: la utilidad percibida

(UP), y la facilidad de uso percibida (FUP). La UP se refiere a la probabilidad subjetiva de que una persona cree que, usando un determinado sistema (tecnología), mejorará su desempeño en el trabajo. Mientras que la FUP alude al grado en que una persona cree que usar un determinado sistema (tecnología) le representa estar libre de esfuerzo al utilizarlo. El instrumento original del TAM tiene 12 ítems, 6 para cada constructo con un formato de respuesta en escala de Likert con 7 posibles valores, desde “Extremadamente probable” hasta “Extremadamente improbable”.

De acuerdo con Lewis (2019), el formato original del TAM puede ser manipulado ligeramente para medir tanto la experiencia del usuario como la probabilidad de aceptación de la tecnología. Los hallazgos de su estudio sugieren mantener los ítems de los constructos originales, pero utilizar un formato de etiquetas numéricas para la escala de Likert organizadas de izquierda a derecha. El formato sugerido por Lewis (2019) es el utilizado en el presente trabajo ya que ha sido utilizado en contextos educativos satisfactoriamente, por ejemplo, en el análisis de la aceptación del entorno de programación visual de Scratch por parte de estudiantes en ingeniería en informática (Arpaci *et al*, 2019).

Además, resulta de interés analizar el grado de motivación que el uso de los materiales didácticos suministrados provoca en los estudiantes. Rosales y González (2019) señalan que uno de los modelos más empleados en contextos de aprendizaje a nivel internacional para valorar la motivación hacia los materiales instruccionales es el propuesto por Keller (2010) denominado ARCS (acrónimo del inglés Attention, Relevance, Confidence, Satisfaction). Por citar un ejemplo, Nel y Nel (2018) emplean este modelo para valorar el componente motivacional de los tutoriales de Code Studio de la plataforma Code.org en un curso de programación de pregrado, sus resultados confirman un valor motivacional alto por parte de los tutoriales.

Los cuatro constructos del modelo ARCS sugieren que la motivación de una persona por aprender estará en función de la atención que le generen los materiales instruccionales relacionados con su aprendizaje, la relevancia que le implique el aprender los contenidos tratados, la confianza que le generen los materiales a manera de andamiaje para lograr sus metas de aprendizaje y, por último, la satisfacción que le provoquen las metas de aprendizaje logradas. Uno de los instrumentos planteados por Keller (2010) es el IMMS (acrónimo del inglés Instructional Materials Motivation Scale), con un total de 36 ítems, con 5 respuestas en escala de Likert. Sin embargo, como mencionan Rosales y González (2019), diversos estudios sobre el IMMS argumentan un posible sesgo por fatiga, de ahí que surge la versión reducida y validada por Loorbach *et al*. (2015) denominada RIMMS (acrónimo del inglés Reduced Instructional Materials Motivation Survey) con solo 12 ítems, 3 por cada constructo del modelo ARCS.

3. RESULTADOS

3.1. Escala de fiabilidad de los instrumentos

Para la obtención de la fiabilidad de los instrumentos respecto a la muestra de estudiantes se calculó el coeficiente alfa de Cronbach (Cronbach, 1951) empleando el software estadístico libre y abierto Jamovi versión 1.6 (The jamovi project, 2021). Dicho software está construido

sobre el lenguaje estadístico R y provee una interfaz gráfica fácil de usar y útil para la investigación científica social, incluido el campo educativo (Şahin y Aybek, 2020). La Tabla 1 presenta los resultados obtenidos para el instrumento del TAM, de manera similar, la Tabla 2 presenta los resultados para el instrumento RIMMS. Comúnmente las reglas generales aceptadas para los valores del coeficiente del alfa de Cronbach establecen que un valor mayor a 0.7 es aceptable, mayor a 0.8 es bueno y mayor a 0.9 es excelente (George y Mallery, 2003, como se citó en Gliem y Gliem, 2003). No obstante, hay autores que sugieren que valores arriba de 0.9 pueden ser evidencia de ítems redundantes, por lo tanto, se suelen recomendar valores a partir de 0.8 y máximo 0.9 (Oviedo y Campo, 2005; Tavakol y Dennick, 2011). Acorde a lo anterior, ambos instrumentos no tienen evidencia de ítems redundantes y cumplen con una fiabilidad buena (TAM) y aceptable (RIMS). En cuanto al alfa de Cronbach para los constructos del instrumento TAM son valores de alfa aceptable (UP) y bueno (FUP). Respecto al instrumento RIMS los constructos de Atención, Confianza y Satisfacción tienen valores de alfa buenos, y el de Relevancia tiene un valor de alfa de aceptable.

Tabla 1

Fiabilidad por constructo del instrumento TAM para n = 22

	#de ítems	Media	Alfa de Cronbach
UP	6	6.47	0.797
FUP	6	6.01	0.878
TAM total	12	6.24	0.890

Tabla 2

Fiabilidad por constructo del instrumento RIMMS para n = 22

	#de ítems	Media	Alfa de Cronbach
Atención	3	4.56	0.804
Relevancia	3	4.44	0.716
Confianza	3	4.42	0.806
Satisfacción	3	4.44	0.808
RIMMS total	12	4.45	0.796

3.2. Grado de aceptación de la tecnología por parte de los estudiantes

La Tabla 3 muestra la media, mediana, desviación estándar, así como los valores mínimo y máximo por cada ítem, por constructo y total del instrumento TAM. Se observa que las puntuaciones medias obtenidas tanto para la totalidad del instrumento, por constructo y para la mayoría de los ítems, están más cerca del valor máximo (7.0) que del valor medio (4.0) de la escala. Por lo tanto, se puede decir que, en promedio, los estudiantes perciben a la aplicación web EpAA con un grado alto de utilidad (6.47) y con un grado alto en la facilidad de uso (6.01), lo que al final resulta en un grado alto de aceptación de la tecnología (6.24).

Tabla 3

Puntajes obtenidos con el instrumento TAM respecto a la aplicación web EpAA (n = 22)

	Media	Mediana	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
UP1	6.32	6.50	0.616	5	7
UP2	6.41	7.00	0.618	5	7
UP3	6.27	6.00	0.686	5	7
UP4	6.36	7.00	0.705	5	7
UP5	6.68	7.00	0.575	5	7
UP6	6.77	7.00	0.548	5	7
Utilidad Percibida	6.47	7.00	0.682	5	7
FUP1	6.05	6.00	1.080	4	7
FUP2	5.82	6.00	0.802	4	7
FUP3	6.27	7.00	0.840	5	7
FUP4	6.27	7.00	0.856	4	7
FUP5	5.32	5.50	1.200	3	7
FUP6	6.32	7.00	0.856	4	7
Facilidad de uso percibida	6.01	6.00	1.000	3	7
TAM total	6.24	6.00	0.885	3	7

3.3. Grado de motivación de los estudiantes

La Tabla 4 muestra la media, mediana, desviación estándar, así como los valores mínimo y máximo por cada ítem, por constructo y total del instrumento RIMMS. Se observa que las medias obtenidas tanto para la totalidad del instrumento, por constructo y por ítem, están más cerca del valor máximo (5.0) que del valor medio (3.0) de la escala. Por lo tanto, se puede decir que, en promedio, la Atención, Relevancia, Confianza y Satisfacción que provocan los materiales instruccionales (aplicación web EpAA, videos y videos interactivos) es de un grado alto, lo que al final resulta en un grado alto de motivación (4.47).

Tabla 4

Puntajes obtenidos con el instrumento RIMMS respecto a los materiales didácticos (n = 22)

	Media	Mediana	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
A1	4.50	4.50	0.512	4	5
A2	4.59	5.00	0.503	4	5
A3	4.59	4.50	0.503	4	5
Atención	4.56	5.00	0.500	4	5
R1	4.14	4.50	1.040	2	5
R2	4.50	5.00	0.802	2	5
R3	4.68	5.00	0.716	2	5

	Media	Mediana	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Relevancia	4.44	5.00	0.879	2	5
C1	4.41	5.00	0.734	3	5
C2	4.27	4.00	0.631	3	5
C3	4.59	5.00	0.590	3	5
Confianza	4.42	5.00	0.658	3	5
S1	4.18	4.50	0.853	3	5
S2	4.50	5.00	0.598	3	5
S3	4.64	5.00	0.581	3	5
Satisfacción	4.44	5.00	0.704	3	5
RIMMS total	4.47	5.00	0.697	2	5

3.4. Posible impacto académico del uso de EpAA

Para cuantificar el posible impacto académico del uso de EpAA se consideraron dos cursos propedéuticos de la asignatura de algoritmos de ciclos escolares previos, los ciclos 2018-2019B y 2019-2020B, uno desarrollado de manera presencial y otro a distancia (virtual) por el confinamiento derivado de la pandemia por la COVID-19. En los cursos previos se utilizó como principal herramienta didáctica el Software para la Asistencia en el Aprendizaje de Algoritmos, abreviada como SAAA (Arellano, Nieva, Solar y Arista, 2012), la cual está diseñada para ejecutarse solo en computadoras de escritorio, a diferencia de EpAA que se ejecuta desde un navegador Web, lo que le da la funcionalidad de desplegarse tanto en computadoras de escritorio como en teléfonos inteligentes en cualquier momento y en cualquier lugar, siempre y cuando se tenga conexión a internet.

La Tabla 5 resume las características generales de cada curso, se observa que el índice de reprobación de los alumnos que concluyen el curso propedéutico durante el ciclo escolar 2020-2021B utilizando EpAA se redujo en un 11%, respecto al ciclo escolar 2018-2019B, y en un 24% respecto al ciclo escolar 2019-2020B. Además, el promedio general del grupo, considerando aprobados y no aprobados, también mejoró. Cabe mencionar que en todos los cursos de algoritmos se impartieron los mismos contenidos temáticos y se desarrollaron los mismos ejemplos, los exámenes parciales, así como los criterios de evaluación para la modalidad a distancia también fueron iguales: 50% exámenes, 35% actividades de aprendizaje, y 15% de participación.

Tabla 5

Contraste de datos con ciclos escolares previos de la asignatura de algoritmos

Ciclo Escolar	Modalidad	Software utilizado	# A. I.	# A. C.	# A. A.	Promedio del grupo	Índice de reprobación
2018-2019B	Presencial	SAAA	40	34	23	6.1	32%
2019-2020B	A distancia	SAAA	23	22	12	5.9	45%
2020-2021B	A distancia	EpAA	30	24	19	7.2	21%

A. I.: Número de alumnos inscritos en el curso propedéutico.

A. C.: Número de alumnos que concluyen el curso propedéutico.

A. A.: Número de alumnos aprobados en la asignatura de algoritmos.

Para cuantificar si existen diferencias estadísticas significativas entre las calificaciones del ciclo escolar 2020-2021B, respecto a las calificaciones de los otros dos ciclos escolares, se aplicó la prueba t-student para muestras independientes; asumiendo como hipótesis de prueba $H_0 = \mu_{EpAA} > \mu_{SAAA}$, es decir, el empleo de la aplicación web EpAA presenta un mayor impacto académico que usar la aplicación de escritorio SAAA, ya sea en modo presencial o virtual. Utilizando el software Jamovi se obtuvo que, entre las muestras de los ciclos escolares 2020-2021B (EpAA) y 2018-2019B (SAAA), la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk produce valores $W = 0.965$ y $p = 0.093$, confirmado el supuesto de normalidad. En la prueba de Levene se obtienen valores de $F = 1.60$ y $p = 0.211$, por lo tanto, se confirma la suposición de homogeneidad de varianzas. La Tabla 6 muestra los resultados de la prueba t-student correspondiente; se observa una diferencia estadísticamente significativa, pues el valor de $p = 0.012$ es inferior a 0.05, y la magnitud de esta diferencia en términos de la d de Cohen (Sawilowsky, 2009) es mediana (0.618).

Tabla 6

Prueba t-student entre EpAA (virtual) y SAAA (presencial) para un intervalo de confianza al 95%

	Estadística valor de t	gl	p	Diferencia de Medias	Diferencia del error estándar	Magnitud del efecto (d de Cohen)
t-student	2.32	56.0	0.012	1.10	0.475	0.618

Nota: $H_0 = \mu_{EpAA} > \mu_{SAAA}$

En el caso de las muestras de los ciclos escolares 2020-2021B (EpAA) y 2019-2020B (SAAA), la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk produce valores $W = 0.942$ y $p = 0.024$, y en la prueba de Levene se obtienen valores de $F = 4.68$ y $p = 0.036$, por lo tanto, no se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Dado lo anterior, se recurrió al cálculo de la t-welch. La Tabla 7 muestra los resultados de la prueba t-welch, se observa una diferencia estadísticamente significativa, pues el valor de $p = 0.013$ es inferior a 0.05, y la magnitud de esta diferencia en términos de la d de Cohen (Sawilowsky, 2009) es mediana (0.692). Entonces, en ambas pruebas t las hipótesis se aceptan, lo cual quiere decir que, para este caso en particular, el uso de la aplicación web EpAA en la modalidad a distancia sí provocó un impacto académico estadísticamente positivo, con una significación del 5%, en comparación a utilizar la aplicación de escritorio SAAA, ya sea en modalidad presencial o a distancia.

Tabla 7

Prueba t-welch entre EpAA (virtual) y SAAA (virtual) para un intervalo de confianza al 95%

	Estadística valor de t	gl	p	Diferencia de Medias	Diferencia del error estándar	Magnitud del efecto (d de Cohen)
t-welch	2.32	33.5	0.013	1.35	0.581	0.692

Nota: $H_0 = \mu_{EpAA} > \mu_{SAAA}$

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos son satisfactorios para la experiencia educativa de aprendizaje flexible desarrollada tomando como eje la aplicación Web EpAA. Sin embargo, cabe aclarar que las

aplicaciones de software no son suficientes per se cuando se pretende lograr un impacto académico positivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la lógica de la programación; la simple sustitución de lápiz y papel por aplicaciones no basta (Sánchez *et al.*, 2020). Si bien es altamente didáctico contar con aplicaciones que permitan visualizar paso a paso la ejecución de un algoritmo para comprender su lógica (Shivacheva y Ruseva, 2021; Zaretska *et al.*, 2019), también es imprescindible contar con estrategias pedagógicas articuladas al plan de estudios de la asignatura (Rahman *et al.*, 2020), así como con un sólido diseño instruccional para poder enfrentar el desafiante proceso de enseñanza-aprendizaje de la lógica de programación, tanto para quien aprende como para quien enseña.

Desde la perspectiva del aprendizaje flexible potenciado por herramientas tecnológicas Salinas (2002) enfatiza que tanto o más allá del grado de sofisticación y potencialidad técnica, lo que realmente importa para lograr resultados positivos es la óptica pedagógica para entender el proceso de enseñanza. En este sentido el uso de los principios de la estrategia pedagógica del aula invertida permitió una sinergia entre los materiales didácticos suministrados a través de diversos medios en línea (MilAulas, YouTube, Educaplay y Blogger), configurando lo que Salinas (2004) denomina “paquete didáctico” integrado por la herramienta EpAA, videos, videos interactivos, diapositivas, texto e imágenes, los cuales resultan útiles para modalidades de enseñanza totalmente en línea, mixtas o totalmente presenciales.

Además, en el caso particular de la experiencia educativa aquí descrita están presentes rasgos de las tres bases del aprendizaje flexible (Salinas, 2002). Estas bases y sus rasgos son: la educación a distancia, con una estrategia de aprendizaje centrado en el alumno (aula invertida), la producción de materiales de aprendizaje (EpAA, videos, videos interactivos, entre otros), la elección y utilización de tecnologías apropiadas para los propósitos de aprendizaje (MilAulas, Educaplay, Blogger, YouTube); de la educación en el campus, con la interacción entre el profesor y el alumno a través de videoconferencias (Google Meet), retroalimentación en plataforma (MilAulas), y por la interacción con mensajería instantánea (WhatsApp); y en general de las tecnologías de la información que permitieron gestar diversas situaciones didácticas.

Acorde al objetivo planteado, la aplicación web para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la lógica de programación (EpAA) se analizó desde las perspectivas tecnológica, pedagógica y académica. Estas tres perspectivas tienen sentido vistas como parte de los elementos necesarios en los entornos virtuales de formación (Salinas, 2004), en particular con los relacionados con el componente tecnológico, el componente didáctico y el componente institucional. Desde la perspectiva tecnológica se empleó el modelo TAM (Davis, 1989) obteniendo un grado alto de aceptación de la tecnología (6.24). En cuanto a la perspectiva pedagógica se empleó el modelo ARCS (Keller, 2010) obteniéndose también un grado alto de motivación (4.45) provocado por los materiales instruccionales suministrados. En la perspectiva académica se ha recurrido a pruebas t-student para contrastar el uso de EpAA en la modalidad virtual respecto con dos ciclos escolares previos empleando la aplicación de escritorio SAAA, en modalidad presencial y virtual; los resultados sugieren un impacto estadístico positivo de magnitud media (Sawilowsky, 2009), con una significancia del 5%.

También es importante resaltar que los resultados satisfactorios se pueden atribuir en gran medida a la consideración del perfil del estudiante para seleccionar, adapta, crear y utilizar los materiales didácticos ad-hoc, esto permitió que al final percibieran la aplicación web EpAA útil

y fácil de usar, contribuyendo a tener una actitud positiva hacia el uso de la tecnología, un resultado similar al encontrado en (Arpaci *et al.*, 2019); y que los materiales instruccionales (EpAA, videos y videos interactivos) atraerán su atención, los considerarán relevantes, les generarán confianza para aprender con ellos y satisfacción de las metas de aprendizaje logradas, es decir, se tuvo una incorporación exitosa del modelo ARCS semejante a la realizada en (Nel y Nel, 2018). Sin lugar a duda, todo lo anterior contribuyó al impacto académico positivo, pero también pueden existir otras variables no consideradas, como el hecho de que la generación del ciclo escolar 2020-2021B ya estaba más adaptada a las clases en modalidad virtual que su predecesora.

Por el momento, la experiencia educativa con EpAA mostró un gran potencial para hacer frente diversas dificultades de aprendizaje e inconvenientes de la enseñanza de la programación detectados en el estado del arte (Jiménez *et al.*, 2019), e incluso como un recurso de gran valía en tiempos de confinamiento por la pandemia derivada de la COVID19. No obstante, las estrategias, plataformas, herramientas y materiales didácticos también pueden ser utilizados en tanto en modalidades híbridas como en presenciales.

En cuanto a las limitantes de esta investigación están, en primer lugar, el tamaño de la muestra es pequeño y solo considera un grupo de estudiantes de una misma institución, por lo tanto, los resultados no pueden generalizarse, aunque sí tienen el potencial de ser replicados en otros contextos. En segundo lugar, no se ha realizado un pre-test para valorar la homogeneidad de los grupos de los distintos ciclos escolares y así tener mayor certeza en la valoración del impacto académico. En parte, los trabajos a futuro van orientados a cubrir precisamente estas dos limitantes, incrementar el número de la muestra y realizar exámenes pre-test. Además, también se considera como trabajo a futuro valorar el impacto de la aplicación web EpAA en modalidad presencial, bajo un esquema similar de diseño instruccional ADDIE con una perspectiva pedagógica inspirada en el aula invertida.

5. REFERENCIAS

- Arellano, J. J., Nieva, O. S., Solar, R., y Arista, G. (2012). Software para la enseñanza-aprendizaje de algoritmos estructurados. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (8), 23-33. <https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/article/view/253>
- Arpaci, I., Durdu, P. O. y Mutlu, A. (2019). The Role of Self-Efficacy and Perceived Enjoyment in Predicting Computer Engineering Students' Continuous Use Intention of Scratch. *International Journal of E-Adoption (IJE)*, 11(2), 1-12. <http://doi.org/10.4018/IJE.2019070101>
- Bertuzzi, M. F. (2021). Centenials en la universidad: prosumidores de contenido en el aula. En Veneziani, M., de la Sotta, P. (Coord), *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación* No 134 (págs. 161-173). Buenos Aires, Argentina: Universidad de Palermo. <https://dspace.palermo.edu/ojs/index.php/cdc/article/view/5020/6682>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient Alpha and the internal structure of test. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.

- Davis, D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(2), 319–339. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Díaz-Barriga, Á. (2021). Repensar la universidad: la didáctica, una opción para ir más allá de la inclusión de tecnologías digitales. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 12(34)
- Gaviria, D., Arango, J., Valencia, A., y Bran, L. (2019). Percepción de la estrategia de aula invertida en escenarios universitarios. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 24(81), 593-614. <https://www.comie.org.mx/revista/v2018/rmie/index.php/nrmie/article/view/1280>
- Gliem, J. A. y Gliem, R. R. (2003). Calculating, Interpreting, And Reporting Cronbach's Alpha Reliability Coefficient For Likert-Type Scales. *Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education*, Columbus, Ohio. <https://hdl.handle.net/1805/344>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Education.
- Jiménez, J. A., Collazos, C. y Revelo, O. (2019). Consideraciones en los procesos de enseñanza-aprendizaje para un primer curso de programación de computadores: una revisión sistemática de la literatura. *TecnoLógicas*, 22, 83-117. <https://doi.org/10.22430/22565337.1520>
- Keller, J. M. (2010). *Motivational Design for Learning and Performance. The ARCS Model Approach*. Springer.
- Lewis, J. R. (2019). Comparison of Four TAM Item Formats: Effect of Response Option Labels and Order. *Journal of Usability Studies*, 14(4), 224-236. <https://uxpajournal.org/tam-formats-effect-response-labels-order/>
- Loorbach, N., Peters, O., Karreman, J. y Steehouder, M. (2015). Validation of the Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) in a self-directed instructional setting aimed at working with technology. *British Journal of Educational Technology (BJET)*, 46(1), 204-2018. <https://doi.org/10.1111/bjet.12138>
- Morales, B., Edel, R. y Aguirre, G. (2014). Modelo ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación): Su aplicación en ambientes educativos. Esquivel (Eds.), *Los Modelos Tecno-Educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XIX* (pp. 33-46). Universidad Veracruzana. https://www.uv.mx/personal/iesquivel/files/2015/03/los_modelos_tecno_educativos_revolucionando_el_aprendizaje_del_siglo_xxi-4.pdf
- Morales, M., Bárzaga, J., Morales, Y., Cárdenas, M. P., y Campos, D. S. (2021). Entornos virtuales desde la ontología de los nuevos saberes de la educación superior en tiempos de pandemia Covid-19. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(3), 301-307. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2100>

- Nel, G. y Nel, L. (18, Jun., 2018). Motivational Value of Code.org's Code Studio Tutorials in an Undergraduate Programming Course. ICT Education. SACLA 2018. Gordon's Bay, South Africa. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05813-5_12
- Otzen, T. y Materola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población de Estudio. International Journal of Morphology, 35(1), 227-232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Oviedo, C. y Campo, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente de Cronbach. Revista Colombiana de Psiquiatría, 34(4), 572-580. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80634409>
- Polya, G. (2005). Como plantear y resolver los problemas. Trillas.
- Prieto, A., Barbarroja, J., Álvarez, S. y Corell, A. (2021). Eficacia del modelo aula invertida (flipped classroom) en la enseñanza universitaria: una síntesis de las mejores evidencias. Revista de Educación, (391), 149-177. <https://www.educacionyfp.gob.es/revista-de-educacion/numeros-revista-educacion/numeros-anteriores/2021/391/391-6.html>
- Pressman, R. S. (2010). Ingeniería de Software. Un enfoque práctico. McGraw Hill Educación
- Rahman, M. M., Sharker, M. H. y Paudel, R. (21, Oct., 2020). An Effective Approach to Teach an Introductory Computer Science Course with Computational Thinking and Flow-Chart Based Visual Programming. 2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Uppsala, Sweden. doi: 10.1109/FIE44824.2020.9273930.
- Rosales, M. P. y González, B. L. (2020). Midiendo la motivación de los estudiantes en un curso de estadística basado en web aplicando la encuesta reducida de materiales instruccionales para la motivación. International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC), 7(1), 79-89. <http://www.uajournals.com/ijisebc/images/papers/2020/7/1/5.pdf>
- Salinas, J. M. (2002). Modelos flexibles como respuesta de las universidades a la sociedad de la información. Acción Pedagógica, 11(1), 4-13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2973024>
- Salinas, J. M. (2004). Entornos virtuales y formación flexible. Revista Tecnología En Marcha, 17(3), pág. 69–80. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1446
- Salinas, J. M. (2013). Enseñanza flexible y aprendizaje abierto, fundamentos clave de los PLEs. En Castañeda, L. y Adell, J. (Eds.), Entornos personales de aprendizaje: claves para el ecosistema educativo en red (pp. 53-70). Alcoy: Marfil. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2973024>
- Sawilowsky, S. S. (2009). New effect size rules of thumb. Journal of Modern Applied Statistical Methods, 8(2), 597-599. https://digitalcommons.wayne.edu/coe_tbf/4/
- Sánchez, M., Valderrama, E. y de Clunie, G. T. (25, Nov., 2020). Use of PSeInt in teaching programming: a case study. EATIS '20: Proceedings of the 10th Euro-American

Conference on Telematics and Information Systems, Aveiro Portugal.
<https://doi.org/10.1145/3401895.3402083>

Shivacheva, G. I. y Ruseva, N. R. (4, Nov., 2021). Training in Programming using Innovative Means. International Conference on Technics, Technologies and Education 2020. Yambol, Bulgaria. Retrieved from

<https://robots.iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1031/1/012124>

Şahin, M. y Aybek, E. (2020). Jamovi: An Easy to Use Statistical Software for the Social Scientists. International Journal of Assessment Tools in Education, 6(4), 670-692.
<https://doi.org/10.21449/ijate.661803>

Tavakol, M., y Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. International journal of medical education, 2, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>

The jamovi project (2021). jamovi. (Version 1.6) [Computer Software]. <https://www.jamovi.org>

Zaretska, I., Zholtkevych, G., Radchenko, A. y Minayev, A. (12, Jun., 2019). Algorithms Constructor. ICT in Education, Research and Industrial Applications 2019. Kherson, Ukraine. <http://ceur-ws.org/Vol-2387/20190501.pdf>

Para citar este artículo:

Arellano Pimentel, J. J. y Canedo Ibarra, S. P. (2022). EpAA: Entorno para el Aprendizaje de Algoritmos. Una experiencia educativa desde la perspectiva del aprendizaje flexible. *Edutec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (79), 63-79.
<https://doi.org/10.21556/edutec.2022.79.2451>