

# *La importancia de enseñar secuenciación en edades tempranas: una puerta al desarrollo de competencias STEM*

Daniel Macías Medina, Liliana Patricia Santacruz-Valencia, Javier Gómez

Universidad Rey Juan Carlos  
Calle Tulipán s/n. 28933 Móstoles, Madrid

d.maciasm@alumnos.urjc.es, {liliana.santacruz,javier.gomez}@urjc.es

**Resumen:** Ser capaz de observar, recordar y secuenciar eventos es una habilidad vital importante. Su desarrollo requiere práctica y su dominio tiempo. En el presente artículo se propone el uso de “El viaje de Daniela”, una aplicación basada en Realidad Aumentada a través de la cual se puede: (i) entender el concepto de secuencia, (ii) fijar el orden correcto de un elemento dentro de una secuencia establecida, (iii) proporcionar la solución a una situación determinada y/o (iv) trabajar la toma de decisiones. La aplicación ha sido probada con estudiantes de Segundo curso de Educación Infantil con edades comprendidas entre los 3 y 4 años. Los resultados muestran una diferencia significativa en algunas de las actividades realizadas por el grupo experimental. Este trabajo pone de manifiesto que el uso de la Realidad Aumentada puede considerarse como un enfoque novedoso y útil para lograr una comprensión más profunda del concepto de secuenciación.

**Palabras clave:** Secuenciación, STEM, Realidad Aumentada, Educación Infantil, Toma de decisiones.

**Abstract:** Being able to observe, remember and sequence events is an important vital skill. Its development requires practice and its mastery time. This article proposes the use of "The Journey of Daniela", an application based on augmented reality through which you can (i) understand the concept of sequence, (ii) set the correct order of an item within a set sequence, (iii) provide a solution to a given situation and/or (iv) work on decision-making. The application has been tested with students of Second Year of Early Childhood Education between 3 and 4 years. Results show a significant difference in some activities carried out by the pilot group. This work shows that the use of augmented reality can be a novel and useful approach to achieving a deeper understanding of sequencing.

**Key words:** sequencing, augmented reality, STEM, Early Childhood Education, decision making.

## 1. Introducción

La secuenciación es una habilidad que facilita la descomposición de eventos, imágenes, pensamientos y acciones en pasos simples que luego se ordenan lógicamente. Está presente en las rutinas diarias, pero también en actividades que permiten, por ejemplo, entender una historia, para lo cual es importante seguir lo que sucede al principio, en el medio y el final. Su desarrollo requiere de mucha práctica y tiempo para

dominarla, especialmente en edades tempranas. Al ser un concepto muy abstracto es imprescindible utilizar estrategias que refuercen su aprendizaje (Chen, 2021), como el uso de: (i) tarjetas para preguntar lo que sucede en una imagen o como recordatorio visual que permite aprender los pasos necesarios para completar una tarea (como por ejemplo, lavarse las manos, atarse los cordones de los zapatos, etc.) o de (ii) juegos de diversa índole, los cuales pueden servir para incentivar el uso de pasos adicionales que posibiliten el logro de

determinados objetivos. Es el caso del juego del robot, en el que un adulto puede hacer el papel de robot, el cual debe seguir una serie de instrucciones dadas por un niño. El adulto podría cometer errores, lo que llevará al niño a pensar en instrucciones más precisas. Observar cómo juega el niño puede dar una idea de sus habilidades para la secuenciación. Por ejemplo, si es capaz de realizar una secuencia de más de tres pasos, podría ser capaz de averiguar cómo funciona un juguete complejo o comunicarse a través de gestos. Cabe preguntarse ¿Por qué la secuenciación es importante? La habilidad para secuenciar eventos, imágenes, pensamientos o acciones requiere de un amplio abanico de habilidades de pensamiento de orden superior como el reconocimiento de patrones o determinar procesos de causa efecto, entre otros. En el contexto educativo, se puede decir que su dominio ayuda a los estudiantes a abordar su proceso de aprendizaje de forma más ordenada, así como a resolver problemas. Por ello, es importante su introducción en el aula a edades tempranas (Kazakoff, Sullivan y Bers, 2013; Kazakoff y Bers, 2014; Smith y Rayfield, 2019) , puesto que a medida que avancen en su adquisición podrán usarla de forma exitosa en tareas como: el reconocimiento de patrones, la realización de predicciones, la organización de objetos o eventos en un orden lógico, la comprensión de las palabras que denotan transición como primero, siguiente y último o el reconocimiento de los elementos de una frase y su significado. Gracias a la secuenciación, un individuo es capaz de hablar sobre algo que ha sucedido en el pasado y contarlo de una manera lógica, para hacer posible que otros puedan seguir la historia.

Además, representa una herramienta extremadamente útil en disciplinas necesarias para el estudio de las funciones, espacios y estructuras matemáticas (Stehr, He y Nguyen, 2018), mediante las propiedades de convergencia de las secuencias, que a su vez son la base de las series, fundamentales en la comprensión de las ecuaciones diferenciales y el análisis. De otra parte, la secuenciación contribuye a la capacidad de los estudiantes para comprender lo que leen, lo cual es básico en el proceso de aprendizaje (Fedorenko, Ivanova, Dhamala y Bers, 2019).

A pesar de la complejidad inicial, una vez comprendido el concepto de secuenciación, las posibilidades de reconocer patrones y con ello

entender mejor el mundo, los acontecimientos y su duración, sin duda pueden aumentar.

En este trabajo se presenta “El viaje de Daniela”, una aplicación visual e interactiva basada en Realidad Aumentada (RA), la cual permite reforzar el aprendizaje de la secuenciación y contribuir así al conjunto de estrategias dirigidas a asegurar el aprendizaje de este concepto en edades tempranas.

Como preguntas de investigación se plantean las siguientes: RQ1: ¿Es capaz de entender el concepto de secuencia?; RQ2: ¿Es capaz de fijar en el orden correcto un elemento dentro de una secuencia establecida? y RQ3: ¿Es capaz de razonar para tomar decisiones ante una ruta con diferentes caminos posibles?

El artículo se estructura de la siguiente manera: la sección 2 *Contexto*, describe el contexto en el que se enmarca el presente trabajo, ofreciendo una breve descripción de la importancia del aprendizaje de la secuenciación y el papel de la realidad aumentada en su enseñanza. En la sección 3 *El viaje de Daniela*, se describe la interfaz y el funcionamiento de la aplicación. En la sección 4 *Metodología*, se explica cómo se ha llevado a cabo el estudio de caso. En la sección 5 *Resultados*, se analizan los resultados obtenidos. En la sección 6 *Discusión*, se presenta una breve discusión sobre el papel de la RA en el aprendizaje del concepto de secuencia. Finalmente, en la sección 7 *Conclusiones*, se da respuesta a las preguntas de investigación planteadas inicialmente.

## 2. Contexto

Ser capaz de comprender el concepto de secuenciación abre las puertas para el desarrollo de múltiples competencias, muchas de las cuales se encuentran bajo el paraguas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) y, por ello, cuanto antes se introduzcan en el aula más pronto permitirán sentar las bases para promover un aprendizaje óptimo (La gran guía de STEM, 2019) y un desarrollo metacognitivo a través del cual es estudiante aprenderá a aprender, integrando aspectos como el aprendizaje significativo, la metamemoria, la metacompreensión, la metalectura y la metaescritura (Bautista-Vallejo y Hernández-Carrera, 2020).

De otra parte, la integración y uso efectivo de la tecnología es vital para mejorar el aprendizaje STEM, aunque se vea a veces limitada por aspectos como el coste mismo de la tecnología, la falta de herramientas hardware y software y, en algunos casos, por la falta de voluntad de los educadores para innovar en el aula o formarse.

A continuación, se aborda la importancia de fomentar los estudios STEM y la utilidad de tecnologías como la RA en su enseñanza.

### **2.1. Importancia de fomentar los estudios STEM**

La literatura muestra como las estadísticas y proyecciones de empleo tienen cada vez más en cuenta las ocupaciones con perfiles STEM (Fayer, Lacey y Watson, 2017). Muchos de ellos demandan personas con formación en ingeniería y matemáticas, capaces de desarrollar aplicaciones que automaticen determinadas tareas cotidianas. Sin embargo, al revisar las previsiones sobre el empleo en el próximo lustro, llama la atención que indican que habrá más puestos de trabajo en STEM que personas para cubrirlos.

Preocupa especialmente el hecho de que cada vez se reduce más el número de personas interesadas en adquirir este tipo de formación (El desafío de las vocaciones STEM, 2019). De ahí que informes como el de la *Real Academia de Ingeniería* (Cavero y Ruíz, 2017), aboguen por fomentar este tipo de estudios, mediante la puesta en marcha de iniciativas para la innovación educativa, que abarcan contextos tan diversos como: *el educativo*, para mejorar la adquisición de competencias STEM a nivel de conocimientos, habilidades y actitudes; *el psicológico*, para promocionar la implicación activa de estudiantes en la reflexión sobre sus competencias e intereses requeridos en STEM, así como de los profesores y la familia en el refuerzo de las capacidades científico-técnicas; *el formativo*, para dar a conocer las posibilidades laborales acordes a las necesidades del sector industrial; y, por último, *el social*, para mejorar la imagen de las carreras STEM en la sociedad en general.

Esto sugiere que es necesario cambiar la percepción sobre asignaturas como las Matemáticas o las TIC y apoyar iniciativas que fomenten la formación en estas materias (Verano-Garri, Santacruz-Valencia, Gomez,

2020) y una mejor orientación acerca de las oportunidades laborales. Para ello, se identifican dos puntos clave: (i) el acercamiento de la tecnología a los niños a través de la educación y (ii) la formación del profesorado en materias STEM. Recientemente han aparecido nuevas titulaciones de Grado y Máster con un itinerario formativo que abarca materias STEM, cuya acogida está siendo muy positiva, lo que se refleja en las altas notas de corte como consecuencia del incremento en la demanda.

### **2.2. La Realidad Aumentada en la enseñanza y el aprendizaje de la secuenciación**

La RA se ha convertido en una tecnología muy útil en el contexto educativo, ya que proporciona una amplia variedad de posibilidades de aplicación en prácticamente todas las asignaturas, ofreciendo contenido multimedia aumentado y una experiencia de aprendizaje enriquecida para el estudiante.

En la literatura actual son muchos los trabajos que avalan el uso de la RA para el aprendizaje STEM (Ibañez y Delgado, 2018; C. Muntean, Bogusevski y G. Muntean, 2019) y la comprensión efectiva y profunda de los temas gracias a que incrementa la motivación de los estudiantes y favorece un uso efectivo del contenido (Estepa y Nandolny, 2015; Gómez, Rodríguez y Marín, 2020).

El concepto de secuenciación puede resultar complejo de entender a los más pequeños. Por ello, el uso de herramientas visuales interactivas puede facilitar su comprensión porque permite una mejor visualización e interacción a través de la manipulación de contenidos aumentados (Coimbra, Cardoso y Mateus, 2015; P C, Dasgupta, Murthy y Joshi, 2019; Manisha y Mantri, 2019) y ayuda a adquirir competencias básicas STEM, competencias digitales (Fernández-Enríquez y Delgado-Martín, 2020; Fuentes, López y Pozo, 2019) y fomenta el trabajo colaborativo y la resolución de problemas (Fidan y Tuncel, 2019).

Con estas ideas en mente, se ha seleccionado la RA como tecnología de soporte para implementar una herramienta que permita trabajar el concepto de secuenciación en el aula y cuya funcionalidad se aborda a continuación, en la sección 3.

### 3. El viaje de Daniela

“El viaje de Daniela” es una aplicación basada en RA que permite trabajar la secuenciación. El estudiante puede seleccionar entre dos opciones diferentes correspondientes a los modos de juego disponibles: “Vestirse con Daniela” y “Viajar con Daniela”, pudiendo regresar a la pantalla anterior desde la opción “Casa”. Todo ello se explica de forma auditiva orientado a los estudiantes de Educación Infantil.

Al seleccionar el juego “Vestirse con Daniela”, el estudiante accede a la pantalla de niveles, que van del 1 al 3, siendo 1 el nivel de menor dificultad y 3 el de mayor dificultad. El objetivo de este juego consiste en que el estudiante debe seleccionar, en cada ocasión, la prenda correcta de la secuencia para ayudar a vestir al personaje. Los niveles se diferencian por el número de prendas que componen la secuencia a resolver:

- Nivel 1: Cuatro prendas (no se hace uso de la RA).
- Nivel 2: Seis prendas.
- Nivel 3: Nueve prendas.

En caso de que el estudiante haya seleccionado el nivel 1, aparecerá la pantalla de la Figura 1, en cuya parte superior se muestran tres botones: el botón “Casa”, para volver atrás; “Dialogo”, para reproducir las instrucciones del juego; y el botón de “Ayuda”, para facilitar la solución al estudiante. En este nivel no se hace uso de la RA.



Figura 1. Pantalla Nivel 1 Vestirse con Daniela

El estudiante selecciona la prenda que corresponde y así sucesivamente hasta completar la secuencia. Puede hacer uso de los botones “Retroceder” y “Avanzar”, situados en la parte inferior de la pantalla, para moverse entre las diferentes pantallas de selección de las prendas.

En el caso de que el nivel seleccionado sea, el nivel 2 o nivel 3, aparecerá la pantalla de la Figura 2, que hace uso de la RA. En este caso, después de seleccionar la respuesta correcta, se accederá a la siguiente pantalla, en la cual el estudiante debe enfocar con la cámara trasera del dispositivo móvil el marcador de dicha prenda y, a continuación, se mostrará un modelo tridimensional con la prenda, reforzando en el estudiante la secuencia de cada nivel.

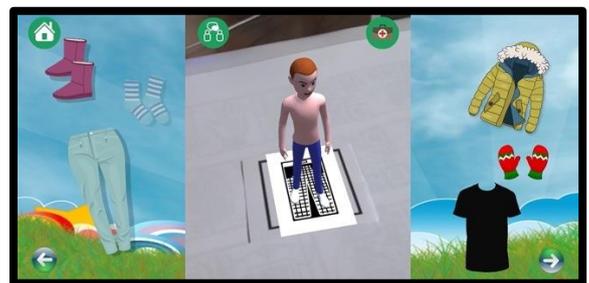


Figura 2. Pantalla Nivel 2 Vestirse con Daniela

Una vez que el estudiante ha seleccionado su respuesta, si esta es correcta, aparecerá una imagen con una “carita sonriendo” de color verde, acompañada de un sonido. En caso contrario, aparecerá una “carita triste” de color rojo y otro sonido diferente, como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Visualización de respuesta correcta (izq) y respuesta incorrecta (der)

El estudiante superará el nivel correspondiente cuando haya seleccionado correctamente el orden de todas las prendas. Al finalizar el Nivel 3, se muestra de nuevo la pantalla de selección de juego. En la pantalla de selección de juego, si el estudiante elige “Viajar con Daniela”, accede a la pantalla de niveles de este juego, que van del 1 al 6, siendo 1 el nivel de menor dificultad y 6 el de mayor dificultad. La finalidad de este juego consiste en que el estudiante debe seleccionar la secuencia de colores correcta que simula el camino que conduce al tren desde la salida hasta la estrella, que es el destino.

Los niveles se diferencian por el número de vías de colores que componen la secuencia a resolver:

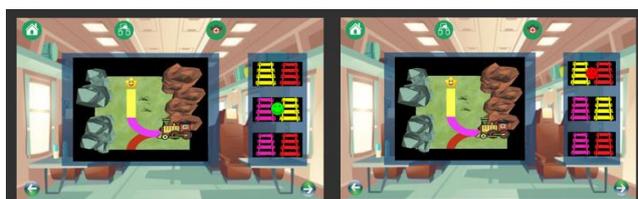
- Nivel 1: Dos vías.
- Nivel 2: Tres vías.
- Nivel 3: Cinco vías.
- Nivel 4: Siete vías.
- Nivel 5: Siete vías.
- Nivel 6: Nueve vías.

Después de seleccionar el nivel en el que se quiere jugar, aparecerá la pantalla de la Figura 4, en cuya parte superior se muestran los mismos tres botones que en el juego anterior: “Casa”, “Dialogo” y “Ayuda”. En la parte derecha de la pantalla se muestran las posibles soluciones del camino que tiene que recorrer el tren.



**Figura 4.** Nivel1 Viajar con Daniela

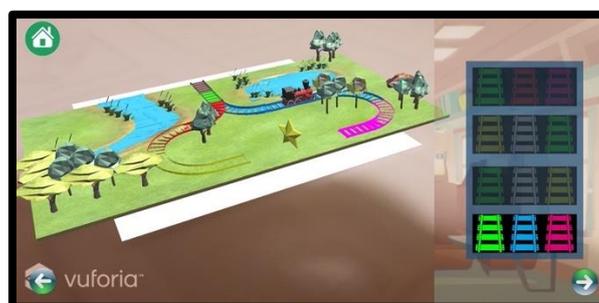
Una vez que el estudiante haya seleccionado su respuesta, si esta es correcta, aparecerá una imagen con una “carita sonriendo” de color verde, acompañada de un sonido. En caso contrario, aparecerá una “carita triste” de color rojo y otro sonido, como se muestra en la Figura 5.



**Figura 5.** Visualización de respuesta correcta (izq) y respuesta incorrecta (der)

Al seleccionar la respuesta correcta, se accede a la siguiente pantalla, en la cual el estudiante debe enfocar con la cámara trasera del dispositivo móvil el marcador de dicho nivel y, a continuación, se muestra un modelo tridimensional donde el tren realiza el trayecto correcto por las vías de colores, reforzando en

el estudiante la secuencia de cada nivel, como se ilustra en la Figura 6.



**Figura 6.** Nivel 2 Viajar con Daniela

En este juego el estudiante puede hacer uso de un tablero y fichas, como se muestra en la Figura 7, para poder ir realizando las posibles secuencias de caminos y así facilitar la resolución.



**Figura 7.** Tablero y fichas Viajar con Daniela

La aplicación se puede descargar desde la página web<sup>1</sup> asociada, en la que se explica la mecánica del juego y que contiene además los marcadores y tableros necesarios para cada juego.

## 4. Metodología

Con el fin de probar la aplicación, se ha llevado a cabo un estudio de caso cuya metodología aplicada se explica a continuación.

### 4.1. Contexto y participantes

Debido a las restricciones derivadas de la pandemia por Covid-19, ha sido imposible llevar a cabo el estudio de caso en un aula, pero se ha realizado un pequeño estudio entre los vecinos de una urbanización situada en el municipio de Getafe en la Comunidad de Madrid, en el que han participado un total de 10 estudiantes de Segundo Curso de Educación Infantil de entre 3 y 4 años.

<sup>1</sup> <https://elviajededaniela.blogspot.com/>

## 4.2. Diseño experimental

Se han conformado dos grupos de forma aleatoria: (i) el grupo de control que ha utilizado la metodología tradicional (cartón y papel) y (ii) el grupo experimental que ha utilizado “El viaje de Daniela” (aplicación basada en RA). Ambos grupos han tenido que resolver los mismos juegos de secuencias mediante sus respectivas metodologías.

## 4.3. Procedimiento

Una vez definidos los dos grupos, los estudiantes debían resolver los tres niveles del primer juego “Vestirse con Daniela” y los seis niveles del segundo juego “Viajar con Daniela”. En cada grupo se realizaron las siguientes acciones:

- Explicación sobre los conceptos de secuencia y Pre-test.
- Explicación de conceptos vistos en las preguntas de la prueba.
- Realización de una prueba Post-test.

Los estudiantes del grupo de control completaron los juegos, seleccionando la prenda física o el camino correcto (cartón y papel). La Figura 8, muestra a un estudiante realizando la actividad mediante la metodología tradicional.



Figura 8. Estudiantes resolviendo los juegos con el método tradicional

Por su parte, los estudiantes del grupo experimental utilizaron la aplicación “El viaje de Daniela”. Para resolver las secuencias, debían señalar la opción correcta en el dispositivo y, posteriormente, apuntar con la cámara al marcador correspondiente (código QR) para reforzar el aprendizaje, como se ha explicado en la sección 3. En la Figura 9, se muestran fotos de los estudiantes resolviendo los juegos mediante el uso de la aplicación “El viaje de Daniela” con la ayuda de los marcadores.

Para comprobar los resultados, se realizaron 20 preguntas, 10 por cada juego, haciendo una relación con las cinco variables cuantitativas discretas añadidas



Figura 9. Estudiantes resolviendo los juegos con la app El viaje de Daniela

al estudio, donde estas variables se evaluaron según una escala tipo Likert de 4 puntos: 1 = “Muy poco” y 4 = “Bastante”.

1. V1. ¿Es capaz de entender los juegos propuestos?
2. V2. ¿Es capaz de entender el concepto de una secuencia?
3. V3. ¿Es capaz de añadir en el orden correcto un elemento en una secuencia establecida?
4. V4. ¿Es capaz de apoyarse en el tablero para resolver la solución del camino?
5. V5. ¿Es capaz de entender la toma de decisiones de los diferentes caminos posibles en las vías, haciendo una simulación a la instrucción condicional *if*?

En ambos grupos el número de aciertos se obtuvo al observar a cada estudiante durante la resolución de los juegos planteados y registrando dicha información.

## 5. Resultados

En esta sección se analizan los resultados obtenidos por cada uno de los grupos del experimento en las pruebas Pre-test y Post-test. La Tabla 1, muestra la media, mediana, moda y desviación típica de los resultados obtenidos respecto a las cinco variables de interés, tanto para el grupo de control como para el experimental. Como se puede observar, los resultados obtenidos por ambos grupos en la prueba Pre-test fueron parecidos lo que sugiere que todos los estudiantes, independientemente del grupo al que pertenecían, tenían un nivel inicial bastante similar.

Las mayores diferencias se encuentran en las variables V3 y V5. En el caso de V3, los valores de la media y la mediana del grupo de control son superiores a los

valores obtenidos por los estudiantes del otro grupo. Además, el hecho de que la desviación típica del grupo experimental tenga un valor tan alto para esta variable sugiere que existe una gran variabilidad en los resultados. En relación con la variable V5, la media de las puntuaciones obtenida por los estudiantes del grupo de control, 1.6, es inferior que la media de puntuaciones del grupo experimental, 2.0. Además, la desviación típica de los resultados de este último grupo es igual a cero, lo que indica que todos los estudiantes obtuvieron la misma puntuación.

Tabla 1

*Estadísticos Descriptivos de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de cada grupo*

Test	Var.	Grupo	Media	Mediana	Moda	Des.
Pre	V1	Control	2.6	3	3	0.55
		Exp.	2.6	3	3	0.89
	V2	Control	2.6	3	3	0.58
		Exp.	2.8	3	2, 3	0.84
	V3	Control	2.8	3	2, 3	0.84
		Exp.	2.4	2	2	1.14
	V4	Control	2.6	3	3	0.58
		Exp.	2.6	3	3	0.89
	V5	Control	1.6	2	2	0.55
		Exp.	2.0	2	2	0.00
Post	V1	Control	3.2	3	3, 4	0.84
		Exp.	3.8	4	4	0.45
	V2	Control	3.6	4	4	0.55
		Exp.	3.6	4	4	0.55
	V3	Control	3.6	4	4	0.55
		Exp.	3.6	4	4	0.55
	V4	Control	2.8	3	2, 3	0.84
		Exp.	3.8	4	4	0.45
	V5	Control	2.8	2	2, 3	1.09
		Exp.	3.2	3	3, 4	0.84

Para poder confirmar que los estudiantes partían de un nivel inicial similar o si, por el contrario, existían diferencias significativas entre ambos grupos, se ha realizado la prueba no paramétrica de Wilcoxon, con una significación de 0.05. El resultado obtenido para la variable V1 es 0.796, para V2 tenemos 0.817 y para V3, V4, V5 los valores obtenidos son 0.584, 0.796 y 0.177, respectivamente. Como en todos los casos se supera el nivel de significación (0.05), se puede concluir que no existe una diferencia estadísticamente

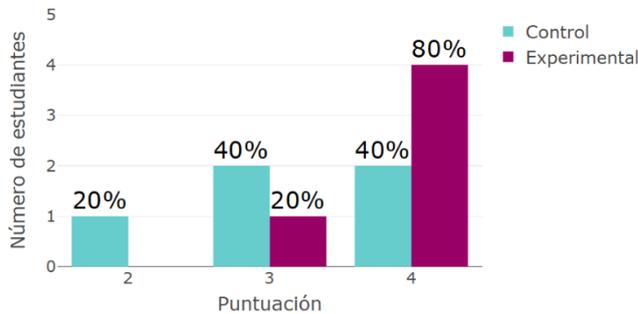
significativa entre los resultados obtenidos por ambos grupos.

Otro dato interesante que se puede observar en la Tabla 1, es que tanto los estudiantes del grupo de control como los del experimental obtuvieron mejores resultados en la prueba Post-test que en la prueba Pre-test, respecto a todas las variables de interés. Para determinar si la mejora producida en cada grupo es estadísticamente significativa se ha realizado una Prueba de Wilcoxon, con una significación de 0.05. Los resultados de esta prueba concluyen que las diferencias observadas entre la prueba Pre-test y Post-test en el grupo de control no son significativas. Sin embargo, en el grupo experimental, sí que se observa una diferencia estadísticamente significativa en las variables V1 y V4 con una significación de 0.0477, con  $r = 0.949$ , lo que indica la existencia de un efecto grande (Rosenthal, 1991).

Respecto a la prueba Post-test, en la Tabla 1 se puede observar que los resultados obtenidos por ambos grupos en las variables V2 y V3 fueron idénticos, mientras que en el resto de las variables los resultados obtenidos por los estudiantes del grupo experimental fueron mejores.

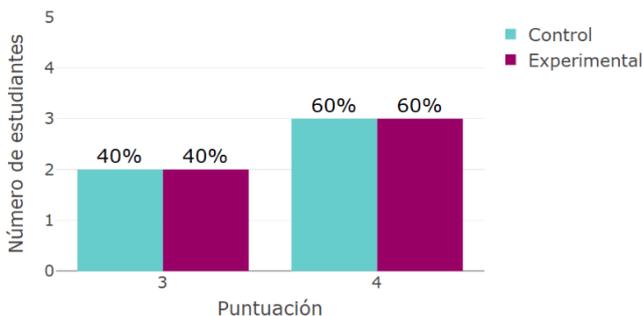
A continuación, se analiza detalladamente los resultados de la prueba Post-test. Además, para las variables en las que se han encontrado diferencias (V1, V4, V5) entre los dos grupos, se analiza si dicha diferencia es estadísticamente significativa. Para ello, se ha utilizado la prueba no paramétrica de Wilcoxon, con una significación de 0.05.

La Figura 10 ilustra los resultados obtenidos en la variable V1. Como se puede observar, todos los estudiantes del grupo experimental obtuvieron una puntuación igual o superior a 3 (el 80% obtuvieron la máxima puntuación y el resto obtuvieron 3 puntos). Respecto al grupo de control, el 40% obtuvieron la máxima puntuación, el 40% obtuvieron 3 puntos, mientras que un estudiante (20%) recibió una calificación de 2 puntos. El resultado de la prueba de Wilcoxon es 0.232, mayor que el nivel de significación (0.05), por lo que se concluye que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos por ambos grupos.



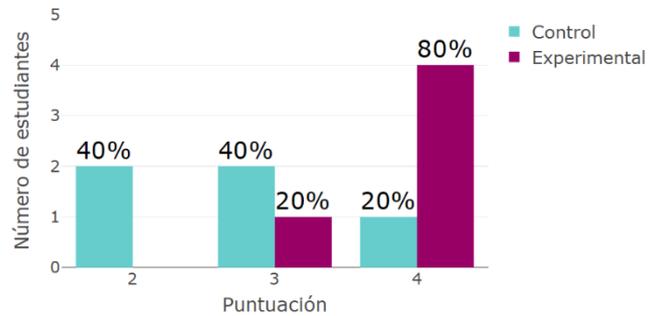
**Figura 10.** Resultados obtenidos en la variable V1 en el Post-test

Respecto a las variables V2 y V3, como se ha comentado previamente, los resultados obtenidos por ambos grupos en la prueba Post-test fueron idénticos. En este caso, como se puede observar en la Figura 11, el 60% de los estudiantes obtuvieron la máxima puntuación y el 40% restante fueron calificados con 3 puntos.



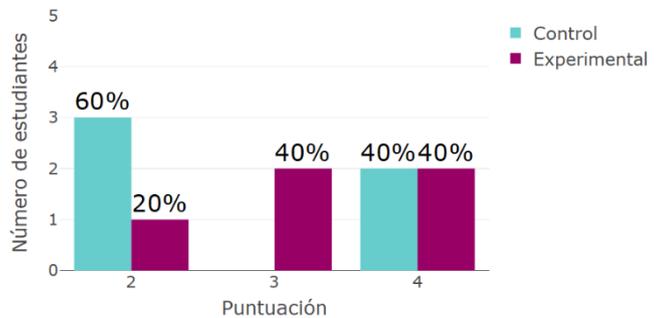
**Figura 11.** Resultados obtenidos en las variables V2 y V3 en el Post-test

En la Figura 12 se presentan los resultados obtenidos respecto a la variable V4. En este caso, cuatro estudiantes (80 %) del grupo experimental obtuvieron la máxima calificación, mientras que en el grupo de control solo un estudiante consiguió los 4 puntos (20%). El 80% restante del grupo de control no fueron capaces de obtener la máxima puntuación (dos estudiantes fueron calificados con un 3 y otros dos estudiantes obtuvieron una puntuación de 2), mientras que en el grupo experimental solo un estudiante fue incapaz de obtener la máxima puntuación. En este caso, la prueba de Wilcoxon devolvió un valor de 0.0696, por lo que se concluye que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos por ambos grupos.



**Figura 12.** Resultados obtenidos en la variable V4 en el Post-test

Respecto a la variable V5, analizando los resultados de la Figura 13, se puede observar que la mayoría de los estudiantes del grupo experimental (80%) obtuvieron una puntuación igual o superior a 3 (dos estudiantes fueron calificados con la máxima puntuación y otros dos estudiantes obtuvieron 3 puntos). Respecto al grupo de control, el 40% obtuvieron la máxima puntuación, mientras que el resto (tres estudiantes) recibieron una calificación de 2 puntos. En este caso, tampoco existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos por ambos grupos ya que la prueba de Wilcoxon devolvió un valor 0.576, superior al nivel de significancia.



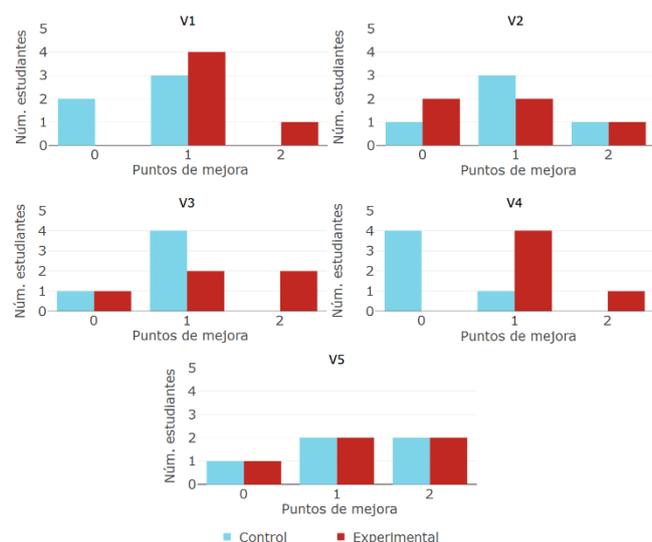
**Figura 13.** Resultados obtenidos en la variable V5 en el Post-test

Para finalizar esta sección, se comparan los resultados obtenidos por cada uno de los grupos respecto al incremento de puntuación entre las pruebas Pre-test y Post-test (Figura 14). Esto permitirá determinar si el uso de la aplicación de RA propuesta en este trabajo produce una mejora significativa en el aprendizaje de los estudiantes.

En primer lugar, cabe destacar que, tanto en el grupo de control como en el experimental, ningún estudiante empeoró sus resultados. Además, se puede observar que, en general, la mejora obtenida por los estudiantes

del grupo experimental fue superior que la del grupo de control. Por otra parte, los resultados más relevantes se observan en las variables V1 y V4. En este caso, todos los estudiantes que utilizaron la aplicación de RA experimentaron algún tipo de mejora. Destacan especialmente los resultados obtenidos en la variable V4, donde se puede observar que, mientras que todos los estudiantes del grupo experimental incrementaron sus puntuaciones, solo un estudiante del grupo de control fue capaz de mejorar.

Como se ha mencionado, en comparación con el grupo de control, los participantes del grupo experimental obtuvieron un mayor nivel de mejora en casi todas las variables de interés.



**Figura 14.** Diferencia de Puntuación entre las Pruebas Pre-test y Post-test Para Cada Uno de los Grupos

La única variable en la que el grupo de control mejoró los resultados del grupo experimental es V2. Por último, a partir de los resultados de la prueba de Wilcoxon, columna Significancia de la Tabla 2, se puede concluir que en la variable V4 la diferencia entre ambos grupos es estadísticamente significativa ( $p = 0.0209$ ), con  $r = 0.767$ , lo que indica la existencia de un efecto grande (Rosenthal, 1991). Para el resto de las variables no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos por ambos grupos.

Tabla 2

*Comparación de los resultados obtenidos por cada grupo respecto al incremento de puntuación entre las dos pruebas*

Var.	Grupo	Media	Desv.	Significancia
V1	Control	0.6	0.547	0.1210
	Experimental	1.2	0.447	
V2	Control	1.0	0.707	0.7340
	Experimental	0.8	0.836	
V3	Control	0.8	0.447	0.4060
	Experimental	1.2	0.836	
V4	Control	0.2	0.447	0.0209
	Experimental	1.2	0.447	
V5	Control	1.2	0.836	1.0000
	Experimental	1.2	0.836	

## 6. Discusión

La enseñanza de la secuenciación en edades tempranas responde a la necesidad actual de proporcionar una formación que prepare a los estudiantes para: (i) enfrentarse a los nuevos retos laborales que tienen que ver fundamentalmente con la demostración de competencias digitales y el enfoque STEM y (ii) ser competitivos en el mercado de trabajo venidero (La gran guía de STEM, 2019). Esto se refleja claramente en la literatura, en donde muchos autores consideran que es vital proporcionar actividades que faciliten y promuevan la adquisición de tales competencias (Bers, 2017; Lowrie y Logan, 2019), dada su importancia en procesos como la codificación (Pila, Aladé, Sheehan, Lauricella y Wartella, 2019; Bers, 2019; Sheehan, Pila, Lauricella y Wartella, 2019; Bers, 2019;).

Por su parte, el uso de la RA enriquece la experiencia de aprendizaje a través de la presentación de elementos tridimensionales que emulan situaciones de la vida real, como es el caso de la primera parte del juego “El viaje de Daniela”, en la que el estudiante pone en práctica su forma de seleccionar las prendas de vestir, a medida que refuerza su comprensión sobre la secuenciación, que en este caso tiene como objetivo vestir al personaje completamente. En la segunda parte del juego, el estudiante visualiza un entorno que le puede resultar familiar, pero que a la vez representa un reto que debe completar. De esta forma, trabaja aquellas competencias asociadas a la comprensión de la secuenciación, como son la capacidad para añadir en el orden correcto un elemento en una secuencia establecida o razonar la toma de decisiones frente a diferentes posibilidades. La experiencia para los niños que tuvieron la posibilidad de utilizar la aplicación fue

muy motivadora, lo cual se manifestó en el entusiasmo con el cual se enfrentaron a los retos planteados. Esto avala lo que muchos autores afirman acerca del efecto de la RA en la motivación de los estudiantes (Gómez et al., 2020; Fidan y Tuncel, 2019).

## 7. Conclusiones

Con el presente trabajo se ha querido contribuir al conjunto de estrategias dirigidas a asegurar el aprendizaje de la secuenciación en edades tempranas, a través de una aplicación visual e interactiva basada en el uso de la RA, llamada “El viaje de Daniela”.

Tras el estudio de caso llevado a cabo, con las limitaciones asociadas al estado actual de pandemia, se puede concluir que para la RQ1: ¿Es capaz de entender el concepto de secuencia? se ha podido comprobar en el análisis de resultados, que el uso de la RA ha facilitado la comprensión de dicho concepto, pero no hay una diferencia significativa entre ambos grupos. En cuanto a la RQ2: ¿Es capaz de fijar en el orden correcto un elemento dentro de una secuencia establecida? Ambos grupos han sido capaces de trabajar este aspecto sin mayores diferencias. Y por último, para la RQ3: ¿Es capaz de razonar para tomar decisiones ante una ruta con diferentes caminos posibles? la respuesta es más que llamativa, ya que el grupo experimental tuvo mejores resultados, habiendo mejorado su resultado solo un alumno del grupo de control. Es posible que al utilizar una temática que presenta situaciones en entornos conocidos haya facilitado la comprensión del concepto trabajado. En todo caso, la muestra es muy pequeña, por lo que se espera que el experimento se pueda replicar en el futuro en un aula con mayor número de estudiantes.

Finalmente, este trabajo aborda una temática de actualidad como es el interés por el fortalecimiento de las competencias STEM, para las que la comprensión del concepto de secuenciación es muy relevante. Se ha podido proporcionar una comprensión amplia de dicho concepto, mediante el uso de tecnologías como la RA, con la que se ha logrado involucrar al estudiante en su proceso de aprendizaje, de una manera dinámica e interactiva.

Esto refuerza también la idea de que los estudiantes del siglo 21 tienen diferentes objetivos de aprendizaje y, por tanto, requieren diferentes enfoques de enseñanza.

Por ello, la integración y uso efectivo de la tecnología es una alfabetización fundamental tanto para los estudiantes como para los profesores (Mishra y Mehta, 2017) y requiere, además de la creación de espacios donde se exponga a los estudiantes a los conceptos, vocabulario y experiencias que acompañan las actividades STEM, sentando así las bases para un aprendizaje STEM exitoso apoyado en la tecnología, cuyo acceso generalizado sea una realidad (Vahidy, 2019).

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido cofinanciado en parte por el Gobierno Regional de Madrid, a través del proyecto e-Madrid-CM, bajo la Beca P2018/TCS-4307, y en parte por los Fondos Estructurales (FSE y FEDER).

## Referencias

- Bautista-Vallejo, J.M., y Hernández-Carrera, R., M. (2020). Aprendizaje basado en el modelo STEM y la clave de la metacognición. *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation*, 6, 18-30. <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2020.v6i1.6719>
- Bers, M. U. (2017). *Why kids should code*. TuftsNow. <https://now.tufts.edu/articles/manifiesto-kids-code>
- Bers, M. U. (2019). Coding as another language: a pedagogical approach for teaching computer science in early childhood. *Journal of Computers in Education*. 6, 499-528. <https://doi.org/10.1007/s40692-019-00147-3>
- Cavero, J. M. y Quejido D. (2017). Educación para la innovación y el emprendimiento: una educación para el futuro. Recomendaciones para su impulso. [http://www.raing.es/sites/default/files/EDUCACION\\_PARA\\_INNOVACION\\_Web.pdf](http://www.raing.es/sites/default/files/EDUCACION_PARA_INNOVACION_Web.pdf)
- Chen, G. (23 de junio de 2021). What Happens Next?: Strategies for Teaching Your Child Sequencing Skills. *Stages Learning Materials*. <https://blog.stageslearning.com/blog/what-happens-next-strategies-for-teaching-your-child-sequencing-skills>
- Coimbra, T., Cardoso, T. y Mateus, A. (2015). *Augmented Reality: An Enhancer for Higher*

- Education Students in Math's Learning? *Procedia Computer Science. 6<sup>th</sup> International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Infoexclusion (DSAI 2015)*. 332-339. Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.277>
- El desafío de las vocaciones STEM. (2019). *DigitalES. Asociación Española para la Digitalización*.  
<https://www.digitales.es/wp-content/uploads/2019/09/Informe-EL-DESAFIO-DE-LAS-VOCACIONES-STEM-DIGITAL-AF-1.pdf>
- Estepa, A. y Nandolny, L. (2015). The effect of an Augmented Reality Enhanced Mathematics Lesson on Student Achievement and Motivation. *Journal of STEM Education*, 16(3), 40-48.
- Fayer, S., Lacey, A., y Watson, A. (2017). *STEM occupations: Past, present, and future*. Washington, D.C.: U.S. Bureau of Labor Statistics.  
<https://stats.bls.gov/spotlight/2017/science-technology-engineering-and-mathematics-stem-occupations-past-present-and-future/pdf/science-technology-engineering-and-mathematics-stem-occupations-past-present-and-future.pdf>
- Fedorenko, E., Ivanova, A., Dhamala, R., y Bers, M.U. (2019). The language of programming: A cognitive perspective. *Trends in Cognitive Sciences*, 23(7), 525-528.
- Fernández-Enríquez, R. y Delgado-Martín, L. (2020). Augmented Reality as a Didactic Resource for Teaching Mathematics. *Applied Science*, 10 (2560), 11-19. doi:10.3390/app10072560
- Fidan, M., y Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem-based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers & Education*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635>
- Fuentes, A., López J., y Pozo, S. (2019). Análisis de la Competencia Digital Docente: Factor Clave en el Desempeño de Pedagogías Activas con Realidad Aumentada. REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 17(2), 27-42. <https://doi.org/10.15366/reice2019.17.2.002>
- Gomez, G., Rodriguez, C. y Marín, J. (2020). La trascendencia de la realidad aumentada en la motivación estudiantil. Una revisión sistemática y meta-análisis. *Alteridad Revista de Educación*, 15(1), 36-46.  
<https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.03>
- Ibañez, M. y Delgado Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: a systemic review. *Computers & Education*, 123, 109-123.
- Kazakoff, E., Sullivan A., y Bers, M. (2013). The Effect of a Classroom-Based Intensive Robotics and Programming Workshop on Sequencing Ability in Early Childhood. *Early Childhood Education Journal*, (41), 245-255. <https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>
- Kazakoff, E., Bers, M. (2014). Put Your Robot in, Put Your Robot out: Sequencing through Programming Robots in Early Childhood. *Journal of Educational Computing Research*. 50(4), 553-573.  
<https://doi.org/10.2190/EC.50.4.f>
- La gran guía de STEM. (2019). *Euroguidance Centre Spain. Euroguidance España. Orientación Profesional a lo Largo de toda la Vida*. <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:44a0831d-c0c1-4496-896d-ad57f39f03ce/lagranguiadestem-bla.pdf>
- Lowrie, T., y Logan, T. (2019). Early Learning STEM Australia (ELSA): The Policy and Practice(s) of Engagement in the Early Years. Annual Meeting of the Mathematics Education Research Group of Australasia. Perth, Western Australia.
- Manisha & Mantri, A. (2019). An Augmented Reality Application for Basic Mathematics: Teaching and Assessing Kids' Learning Efficiency. *5<sup>th</sup> International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA)*. IEEE
- Muntean, C., Bogusevschi, D., y Muntean G. (2019). *Innovative Technology-based Solutions form Primary, Secondary and Tertiary STEM Education*. Paragon Publishing.
- Pila S., Aladé F., Sheehan K., Lauricella A., y Wartella E. (2019). Learning to code via tablet applications: An evaluation of *Daisy the Dinosaur* and *Kodable* as learning tools for young children. *Computers & Education*, 128, 52-62.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.006>

- P C. H, Dasgupta, C., Murthy, S. y Joshi, A. (2019). MathRealiy: A Bridge from Concrete to Abstract via an AR App form Mathematics Concepts of Exponents. *IEEE 19<sup>th</sup> International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*. IEEE
- Rosenthal, R. (1991). *Meta-analytic procedures for social research* (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage.
- Smith, K., y Rayfield, J. (2019). STEM Knowledge, Learning Disabilities and Experiential Learning: Influences of Sequencing Instruction *Journal of Agricultural Education*, 60(2), 222-236. <https://doi.org/10.5032/jae.2019.02222>
- Stehr, E., He, J., y Nguyen, H. (2018). Selecting, Sequencing, and Connecting: Using Technology to Support Area Measurement through Tasks, Strategies, and Discussion. *Proceedings of the Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference*. 2(4). 1-14. <https://doi.org/10.20429/stem.2018.020104>
- Sheehan K., Pila S., Lauricella A., y Wartella E. (2019). Parent-child interaction and children's learning from a coding application. *Computers & Education*. 140, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103601>
- Vahidy, J. (2019). Enhancing STEM Learning Through Technology. *Technology and the Curriculum: Summer 2019*. Pressbooks.
- Verano-Garri J., Santacruz-Valencia, L. y Gomez, J. (2020). *When Math is a Game*. CEUR Workshop Proceedings. SIIE 2020 International Symposium on Computers in Education 2020. <http://ceur-ws.org/Vol-2733>.