



Interfaces tangibles y juegos serios para fomentar el razonamiento lógico-matemático y el pensamiento computacional en el estudiantado de Educación Superior

Juan Carlos **Sandí-Delgado**

Escuela de Informática, Sede del Atlántico - Universidad de Costa Rica
Costa Rica

juan.sandidelgado@ucr.ac.cr

Mainor Alberto **Cruz-Alvarado**

Escuela de Informática, Sede del Sur - Universidad de Costa Rica
Costa Rica

mainor.cruz@ucr.ac.cr

Mag. Roberto **Mesén-Hidalgo**

Escuela de Lenguas Modernas, Sede del Caribe - Universidad de Costa Rica
Costa Rica

roberto.mesen@ucr.ac.cr

Resumen

Este estudio analiza el impacto de los juegos serios y las interfaces tangibles en el desarrollo del razonamiento lógico-matemático y el pensamiento computacional en un contexto de estudiantes de primer año de educación superior. La investigación se centró en la implementación de objetos activos y distintos tipos de retroalimentación, el visual, auditivo y táctil, en cursos introductorios de la carrera Informática Empresarial en el Recinto de Guápiles de la Universidad de Costa Rica. Se aplicaron instrumentos de evaluación para medir la efectividad de estas herramientas en la adquisición de competencias clave. Los principales resultados revelan que la retroalimentación visual es la más efectiva para mejorar el aprendizaje, mientras que la retroalimentación auditiva ha brindado una mejor experiencia educativa. La retroalimentación táctil ha forjado interés, pero presentó dificultades en su interpretación. No obstante, este trabajo proporciona una base sólida para continuar con futuras investigaciones y optimizar las interfaces tangibles en entornos educativos.

Palabras clave: Costa Rica; Educación Superior; Juegos Serios; Interfaces Tangibles; Pensamiento Computacional; Razonamiento Lógico-Matemático.

Introducción

El desarrollo del pensamiento computacional y el razonamiento lógico-matemático es un pilar fundamental en la transformación de profesionales, especialmente en el ámbito de las tecnologías de la información. En este contexto, los juegos serios y las interfaces tangibles se presentan como herramientas pedagógicas innovadoras que fomentan un aprendizaje interactivo y dinámico (Gubaro et al., 2024; Sandi-Delgado & Bazán, 2024). Sin embargo, aún persisten vacíos significativos en la investigación a nivel nacional sobre la efectividad de la implementación de la retroalimentación en el proceso de adquisición de competencias por parte del estudiantado universitario. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el impacto de los objetos activos y la retroalimentación interactiva en la motivación y el rendimiento académico del estudiantado de primer ingreso en la carrera de Informática Empresarial de la Universidad de Costa Rica. Asimismo, este análisis se enfoca en analizar las fortalezas y limitaciones de estas herramientas con el propósito de optimizar su integración en los entornos educativos, maximizando así su potencial para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Antecedentes

En la actualidad, la Interacción Persona-Ordenador (IPO), ha sido un área destacada en el ámbito de las Ciencias de la Computación. En los últimos años, se ha incrementado la transición del modelo tradicional de Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), vinculante significativamente a las computadoras de escritorio, hacia otros modelos novedosos de interacción. Por ejemplo, el caso de las Interfaces de Usuario Tangible (TUIs, Tangible User Interface), la cual tiene como propósito generar en la persona una experiencia de interacción más natural e intuitiva (Sanz et al., 2019).

Las *tabletops* se consideran superficies interactivas, digitales, horizontales y aumentadas computacionalmente. Su tamaño equivale al de una mesa. Estas superficies proporcionan un espacio compartido y permiten a los usuarios participar en diversas tareas de forma individual y grupal. Se utilizan para generar, manipular y mostrar objetos que transmiten información, es decir, se enfoca en elaboración e interacción en lugar de la simple difusión. De esta forma los *tabletops* son el medio para el uso de objetos activos tangibles. La esencia de las *tabletops* radica en la apropiada combinación del uso del entorno físico junto con el virtual, donde se potencian actividades colaborativas, construcción de conocimiento, el aprendizaje basado en la investigación y la resolución de problemas (Cruz et al., 2019). Hacer una combinación de *tabletops* y objetos tangibles puede mejorar la presentación y manipulación de datos y ofrece nuevas experiencias de juego y aprendizaje (Valdés et al., 2014).

La retroalimentación es un componente crítico en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y su efectividad aumenta cuando se adapta a las necesidades del estudiantado (Sanz et al., 2019). Existen diferentes tipos de retroalimentación, como sobre la tarea, de procesamiento de tareas, de autorregulación y afectivo (Van Seters et al., 2012). En las actividades educativas basadas en TUIs, la retroalimentación puede ser mejorado por medio de canales sensoriales junto con actuadores como luces y vibradores (Cruz, Sanz, & Baldassarri, 2019).

A pesar de estos avances, no se han identificado, en Costa Rica, estudios que midan el impacto de integrar diferentes tipos de la retroalimentación en objetos activos dentro de actividades educativas. Este proyecto busca llenar ese vacío empleando juegos serios como herramientas pedagógicas. Los juegos serios, que están diseñados para fines educativos además del entretenimiento, pueden fomentar la adquisición de competencias tecnológicas y el pensamiento crítico (Michael & Chen, 2005).

En la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) en Argentina, se han utilizado juegos como "El Conquistador" y "AstroCódigo" para integrar temas educativos y desarrollar competencias digitales (Sanz et al., 2019). En España, el grupo AffectiveLab de la Universidad de Zaragoza ha diseñado el tabletop NIKVision, que se utiliza en aplicaciones educativas para niños y niñas con problemas cognitivos (Marco et al., 2013).

Este proyecto de investigación se enfocará en el uso de juegos serios basados en TUIs con objetos activos. Analizará el impacto de la retroalimentación en estos objetos para mejorar los procesos cognitivos y la adquisición de competencias del estudiantado de primer ingreso de la carrera de Informática Empresarial en la Universidad de Costa Rica.

Metodología

La investigación se desarrolló utilizando un enfoque cualitativo, en dos fases a lo largo de dos años. La población en estudio fue el estudiantado de primer año de la carrera Informática Empresarial. Se incluyeron cursos como Introducción a la computación e informática y Lógica para informáticos. Es importante indicar que el curso Lógica para Informáticos tiene componente matemático. Además, que es un curso antecesor de Estructuras de Matemáticas Discretas, Cálculo Diferencial e Integral, Álgebra lineal y Métodos Numéricos. Por lo tanto, es importancia trabajar desde las bases.

Durante la primera fase se realizó una revisión sistemática de la literatura. También se diseñaron los objetos activos en 3D con equipo tecnológico de impresión con material termoplástico y se realizaron pruebas de funcionalidad en entornos educativos.

La segunda fase consistió en la implementación de actividades prácticas en un estudio de caso con estudiantes de los cursos mencionados en párrafos anteriores. Se utilizaron cuestionarios tipo Likert para evaluar tanto la aceptación como la efectividad de los objetos activos y los distintos tipos de retroalimentación en el aprendizaje. Las actividades se centraron en la resolución de problemas mediante el juego serio AstroCódigo, y buscaron medir el impacto de los diferentes tipos de retroalimentación en el desarrollo de competencias.

Resultados obtenidos

Este apartado reúne los principales resultados obtenidos y se compone de dos subapartados clasificados en efectividad y la aceptación de los objetos activos. La evaluación fue realizada a 30 participantes matriculados en los cursos Lógica para Informáticos e Introducción a la Computación e Informática.

Efectividad de los objetos activos

En la Tabla 1, se observa que los promedios de las respuestas para la mayoría de las afirmaciones son bastante positivos. Esto indica una percepción favorable por parte del estudiantado hacia estos objetos.

La Tabla 1

Presenta los resultados de la Efectividad de los objetos activos

Afirmaciones sobre la efectividad de los objetos activos	Promedio	Desviación estándar
1. La claridad en el propósito de los objetos fue adecuada.	4.2	0.8
2. Los objetos facilitaron la realización de las tareas .	4.5	0.7
3. El uso de los objetos activos fueron útiles para alcanzar los objetivos de aprendizaje .	4.3	0.6
7. Experimenté dificultades al utilizar los objetos activos .	2.5	1.0
9. La interacción me motivó a participar más.	4.4	0.5

Específicamente, los resultados de la Tabla 1 indican que en cada afirmación se obtuvo:

- Claridad y utilidad de los objetos - En relación con la claridad en el propósito de los objetos activos se obtuvo un promedio de 4.2 con una desviación estándar de 0.8, lo que indica que el estudiantado percibe un propósito claro en el uso de estos recursos. Asimismo, la afirmación respecto a la utilidad para alcanzar los objetivos de aprendizaje (promedio 4.3, desviación estándar 0.6) refuerza esta percepción positiva. La coherencia en los valores altos y baja variabilidad sugiere un consenso entre las personas estudiantes sobre la efectividad de los objetos en estos aspectos.
- Facilidad para completar tareas y motivación - Con un promedio de 4.5 y desviación estándar de 0.7, el estudiantado indicó que los objetos activos facilitaron la realización de las tareas asignadas. Además, la motivación para participar (promedio 4.4, desviación estándar 0.5) refleja que la interacción con los objetos activos generó un mayor interés en la participación. Este hallazgo resulta relevante en entornos de aprendizaje donde la motivación sea crucial para el éxito del proceso formativo.
- Dificultades en el uso de los objetos activos - Aunque la mayoría de las afirmaciones reflejan una valoración positiva, la afirmación sobre las dificultades experimentadas al utilizar los objetos obtuvo un promedio de 2.5 y una desviación estándar de 1.0. Esto indica que, si bien algunas personas estudiantes encontraron desafíos, la alta variabilidad sugiere experiencias diversas. Esta disparidad podría deberse a factores individuales, como la familiaridad con la tecnología o el estilo de aprendizaje, lo cual sería valioso de explorar en estudios futuros.

Estos resultados podrían reflejar una aceptación generalizada de los objetos activos como herramientas útiles y motivadoras para el aprendizaje. Sin embargo, se recomienda considerar las dificultades experimentadas por algunos estudiantes para optimizar su implementación.

Aceptación de los objetos activos

En la Tabla 2, se observan respuestas que reflejan una alta satisfacción del estudiantado con respecto al diseño, la facilidad de uso e interacción que proporcionan estos objetos.

Tabla 2.

Resultados de la aceptación de los objetos activos

Afirmaciones sobre la aceptación de los objetos activos	Promedio	Desviación estándar
4. Me sentí satisfecho/a con los objetos activos utilizados, eran fáciles de utilizar .	4.3	0.6
5. Los objetos activos presentaron una interacción fácil y fluida .	4.4	0.4
6. El diseño de los objetos activos fue atractivo visualmente para las actividades desarrolladas.	4.5	0.5
8. Los objetos activos me motivaron a participar.	4.6	0.5
10. Me gustaría utilizar objetos activos similares en actividades educativas futuras .	4.5	0.6

Específicamente, los resultados de la Tabla 2 muestran que en cada afirmación se obtuvo:

- Satisfacción general y facilidad de uso – Se resalta una alta facilidad de uso, ya que se obtuvo un promedio de 4.3 y una desviación estándar de 0.6. Este valor indica que los objetos activos son percibidos como accesibles y convenientes, lo que podría fomentar su integración en futuras actividades educativas en el aprendizaje. La baja variabilidad en las respuestas es positiva en términos de la adopción de estos recursos.
- Interacción fluida y diseño atractivo - La afirmación sobre la facilidad y fluidez de la interacción, con un promedio de 4.4 y desviación estándar de 0.4, muestra que el estudiantado experimentó una interacción fácil de comprender o bien, un uso sencillo y comprensible. Además, el diseño visual de los objetos activos fue valorado con un promedio de 4.5 y una desviación estándar de 0.5, lo que indica que el atractivo visual contribuyó a la experiencia positiva de las personas estudiantes. Estos resultados son coherentes con la literatura que subraya la importancia de un diseño visual atractivo y una interfaz amigable para facilitar la aceptación y el uso efectivo de tecnologías educativas.
- Motivación y proyección hacia el futuro - La afirmación sobre la motivación inducida por los objetos activos (promedio de 4.6, desviación estándar de 0.5) refleja que estos objetos facilitaron la realización de tareas y fomentaron una participación activa, lo cual es de suma importancia para el aprendizaje significativo. Finalmente, el interés en utilizar objetos similares en el futuro (promedio de 4.5, desviación estándar de 0.6) sugiere que las personas estudiantes están abiertas a continuar interactuando con estos recursos. Este aspecto es relevante para los desarrolladores de contenidos educativos interactivos y las instituciones que buscan implementar herramientas innovadoras en sus prácticas pedagógicas.

Los resultados presentados en la Tabla 2 evidencian una alta aceptación de los objetos activos en términos de usabilidad, diseño y motivación. Estos hallazgos respaldan la continuidad y expansión del uso de objetos activos en entornos educativos, ya que facilitan la interacción. Además, promueven la participación sostenida en el aprendizaje.

Tipos de retroalimentación implementados

En relación con la retroalimentación visual, auditivo y táctil ha sido recibido con una variedad de niveles de aceptación entre el estudiantado. Esto permite evaluar la efectividad de cada tipo de retroalimentación para mejorar el compromiso y la comprensión de los contenidos en entornos educativos interactivos. Específicamente, se obtuvo en cada afirmación que:

- **Retroalimentación Visual** - La afirmación sobre la **claridad y utilidad** del feedback visual alcanzó un promedio de 4.6 con una desviación estándar de 0.4. Esto indica una aceptación alta y homogénea. Esto sugiere que la retroalimentación visual fue clara y efectiva para el entendimiento de las tareas, lo cual concuerda con la literatura mencionada en la justificación del proyecto en la cual se resalta la relevancia de los estímulos visuales en la retención de información.
- **Retroalimentación Auditivo** - Con un promedio de 4.3 y una desviación estándar de 0.6, la retroalimentación auditiva fue bien valorada por las personas estudiantes en cuanto a su **capacidad para mantener la atención**. Además, la variabilidad sugiere opiniones mixtas, posiblemente debido a factores como las preferencias de aprendizaje o la necesidad de ajustes en aspectos técnicos (por ejemplo, en cuanto a volumen o claridad). Este tipo de retroalimentación podría complementarse con otros estímulos para maximizar su efectividad en un público diverso.
- **Retroalimentación Táctil** - La retroalimentación táctil obtuvo un promedio más moderado de 3.9 con una desviación estándar de 0.8, lo que indica una **valoración menos uniforme y algo más baja** que los otros tipos de retroalimentación. Aunque generó curiosidad entre algunos estudiantes, la variabilidad sugiere que otros encontraron dificultades en su interpretación. Para mejorar la aceptación, sería útil optimizar la intensidad y claridad de las señales táctiles, de modo que ofrezcan una experiencia más intuitiva y accesible.
- **Motivación e Interés Aumentados por la retroalimentación** - La afirmación "me sentí más **motivado/a** con la retroalimentación" obtuvo un promedio de 4.5 (desviación estándar de 0.5), mientras que la afirmación sobre el **incremento en el interés** alcanzó un promedio de 4.4 (desviación estándar de 0.6). Esto demuestra que la retroalimentación, en general, tuvo un impacto positivo en la motivación y el interés del estudiantado, resaltando el papel de la retroalimentación bien diseñada en el fortalecimiento de la participación y disposición para el aprendizaje activo.

Los resultados de la **Tabla 3** indican que la **retroalimentación visual** es la más efectiva y ampliamente aceptada, seguido por la **auditiva**. En cambio, que la retroalimentación **táctil** requiere ajustes para mejorar su funcionalidad y accesibilidad. Por tanto, la retroalimentación visual y auditiva podrían implementarse como herramientas clave para fomentar el aprendizaje interactivo, con potencial para incorporar la retroalimentación táctil de manera optimizada en futuros diseños de objetos activos.

El estudiantado mostró una clara preferencia por la retroalimentación visual, seguida de la auditiva y, en menor medida, la táctil. Estos resultados reflejan tendencias en la elección de modalidades de retroalimentación en entornos educativos interactivos, destacando la relevancia de la modalidad visual en el proceso de aprendizaje. Es decir, en cada afirmación se obtuvo:

- **Preferencia por la Retroalimentación Visual** - El mayor número de estudiantes (20) seleccionó la retroalimentación visual como su favorita. Esta preferencia puede deberse a la claridad y accesibilidad de la retroalimentación visual, que facilita la comprensión rápida de la información y apoya el aprendizaje visual, una modalidad predominante en contextos educativos.
- **Retroalimentación Auditiva** - Ocho (8) estudiantes prefirieron la retroalimentación auditiva. Aunque esta preferencia es menor en comparación con la retroalimentación visual, esta elección sugiere que la retroalimentación auditiva es efectiva para captar la atención y puede ser valioso en combinación con otros tipos de retroalimentación, especialmente para estudiantes con estilos de aprendizaje auditivo.
- **Retroalimentación Táctil** - La retroalimentación táctil obtuvo solo dos (2) preferencias, lo que indica una menor aceptación de la modalidad. Esta baja aceptación podría estar relacionada con la novedad de la retroalimentación táctil en contextos educativos o con dificultades en su interpretación, como se mencionó anteriormente.

Por último, se evidencia una preferencia marcada hacia **la retroalimentación visual**, lo que indica que esta modalidad debería priorizarse en el diseño de herramientas de retroalimentación en entornos educativos. La retroalimentación auditiva, aunque menos popular, puede servir como complemento. Por otro lado, que la retroalimentación táctil, si bien tiene potencial, requiere ajustes para aumentar su efectividad y aceptación.

Apreciaciones y Mejoras Necesarias

En relación con los aspectos específicos valorados por las personas participantes en cada tipo de feedback (visual, auditivo y táctil), así como las áreas de mejora. Esto permitiría optimizar cada modalidad de retroalimentación y mejorar la experiencia de aprendizaje.

A. Retroalimentación Visual

- ✓ **Aspectos Apreciados** – Las personas participantes destacaron la **claridad y el soporte** de la retroalimentación visual en la realización de las tareas, lo cual refuerza su función como una herramienta accesible y directa en el proceso formativo.
- ✓ **Mejoras Necesarias** - Se recomienda **variar la presentación** de la retroalimentación visual para hacerlo más dinámico. Esto podría implicar el uso de diferentes estilos visuales, colores y formatos que mantengan el interés del estudiantado y eviten la monotonía.

B. Retroalimentación Auditiva

- ✓ **Aspectos Apreciados** – La retroalimentación auditiva fue valorado por su eficacia en captar la atención de las personas estudiantes. Esto coincide con la tendencia de que los estímulos auditivos pueden ser efectivos para dirigir la atención a información relevante.
- ✓ **Mejoras Necesarias** - Ajustar el volumen de la realimentación auditiva se identificó como una necesidad para garantizar una claridad óptima. Esto podría implicar personalizar el nivel de volumen según el entorno de aprendizaje del estudiantado para mejorar su experiencia auditiva.

C. Retroalimentación Táctil

- ✓ **Aspectos Apreciados** - Aunque fue menos preferido, la retroalimentación táctil **generó curiosidad** entre algunas personas estudiantes, lo que indica un potencial para despertar interés y explorar nuevas formas de interacción en entornos de aprendizaje.
- ✓ **Mejoras Necesarias** - Se recomienda optimizar la **intensidad y la diferenciación de las señales táctiles**, para que sean más intuitivas y fáciles de interpretar. Esto implica el uso de vibraciones de diferentes intensidades o patrones, que ayuden a comunicar información de forma más clara.

Por tanto, se destacan los elementos efectivos de cada tipo de feedback, así como las áreas específicas que requieren optimización. Estos ajustes pueden contribuir a que el estudiantado aprovecha mejor las distintas modalidades de retroalimentación y refuerzan su participación y comprensión en sus actividades educativas.

Conclusiones

El uso de interfaces tangibles y juegos serios en la enseñanza de informática y matemáticas puede potenciar el aprendizaje significativo. Por lo tanto, podría significar una base para realizar futuras investigaciones sobre la efectividad de los objetos activos y su impacto en diferentes contextos educativos, destacando la importancia de ajustar el diseño y soporte de acuerdo con las necesidades del estudiantado.

Existe una leve curva de aprendizaje detectada, dado que el estudiantado sugiere un proceso introductorio para conceptualizar y comprender el alcance de los objetos activos y los tipos de la retroalimentación. Es importante dar prioridad a la personalización de los objetos activos de acuerdo con las necesidades del estudiantado, esto con el fin de mejorar la usabilidad y accesibilidad. Para el juego serio AstroCódigo es necesario incorporar una diferencia significativa en los diferentes tipos de retroalimentación que provee, como lo puede ser la intensidad a la retroalimentación táctil y mejor claridad en la retroalimentación auditiva.

Referencias

- Gubaro, M., Sanz, C., Aires, B., & Aires, B. (2024). Juegos Serios Educativos Digitales Orientados a la Enseñanza de la Matemática en Educación Secundaria. Estado del Arte. *XXX Congreso Argentino de Ciencias de La Computación (CACIC)*, 379–389. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/176332>
- Cruz, M. A., Sanz, C. V., Baldassarri, S., & Artola, V. (2019). Diseño e implementación de juguetes interactivos para actividades educativas basadas en interacción tangible.
- Marco, J., Baldassarri, S., & Cerezo, E. (2013). NIKVision: Developing a Tangible Application for and with Children.
- Michael, D. R., & Chen, S. L. (2005). Serious games: Games that educate, train, and inform.
- Sandi-Delgado, J. C., & Bazán, P. A. (2024). INTEGRA+506: Una Metodología para el diseño y desarrollo de juegos serios. *XXIX Congreso Argentino de Ciencias de La Computación (CACIC)*, 730–743. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/163107>
- Sanz, C., Cruz, M., Nordio, M., Artola, V., & Baldassarri, S. (2019). The Conqueror: An Educational Game Based on Tangible Interaction.
- Valdés, C., Eastman, D., Grote, C., Thatte, S., Shaer, O., Mazalek, A., Ullmer, B., & Konkel, M. (2014). Exploring the design space of gestural interaction with active tokens through user-defined gestures.
- Van Seters, J. R., Ossevoort, M. A., Tramper, J., & Goedhart, M. J. (2012). The influence of student characteristics on the use of adaptive e-learning material.