

EXPERIENCIAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE FEEDBACK EN JUEGOS SERIOS CON OBJETOS ACTIVOS EN ACTIVIDADES EDUCATIVAS BASADAS EN IT

Juan Carlos Sandí-Delgado¹ [0000-0003-3932-3045] and Mainor Alberto Cruz-Alvarado²
[0000-0001-8736-0209]

¹Recinto de Guápiles - Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica, Costa Rica
juan.sandidelgado@ucr.ac.cr

²Sede del Sur, Universidad de Costa Rica, Costa Rica
mainor.cruz@ucr.ac.cr

Resumen. Este trabajo presenta la experiencia del desarrollo de un proyecto de investigación orientado a trabajar con juegos serios basados en IT con objetos activos y analizar el impacto de la integración del feedback sobre estos objetos, para potenciar los procesos cognitivos de apropiación del conocimiento a través de la formación de competencias tales como el razonamiento lógico-matemático y pensamiento computacional del estudiantado de primer ingreso de la Carrera de Informática Empresarial del Recinto de Guápiles, Universidad de Costa Rica. Los juegos serios mejoran la participación del estudiantado, motivan, y entretienen mientras aprenden. Además, la interacción tangible es una tecnología que facilita las actividades colaborativas, y combina la riqueza de las manipulaciones físicas de objetos del contexto con la multimodalidad propia del mundo digital. La combinación de juegos serios basado en IT puede ser de gran aporte, aún más si se incluyen objetos físicos activos con capacidad de actuación. La profundización en la investigación sobre estos tres ejes convergentes en este proyecto: juegos serios, interacción tangible y objetos activos con diferentes tipos de feedback, resulta un tema de interés tanto para el ámbito de las Ciencias de la Computación, como para su aplicación en la Educación. Por ello, se describen los avances y logros obtenidos hasta el momento.

PALABRAS CLAVE: Juegos serios; objetos activos; interacción tangible; integración de feedback; innovación educativa.

EXPERIENCES IN IMPLEMENTING FEEDBACK IN SERIOUS GAMES WITH ACTIVE OBJECTS IN IT- BASED EDUCATIONAL ACTIVITIES

Abstract. This paper presents the experience of the development of a research project aimed at working with IT-based serious games with active objects and analyzing the impact of the integration of feedback on these objects to enhance the cognitive processes of knowledge appropriation through the formation of skills such as logical-mathematical reasoning and computational thinking of first-year students of the Business Informatics program at the Guápiles Campus, University of Costa Rica. Serious games improve students' participation and motivate and entertain participants while learning. In addition, tangible interaction is a technology that facilitates collaborative activities, and it combines the richness of physical manipulations of contextual objects with the multimodality of the digital world. The combination of IT-based serious games can be of great value, even more so if active physical objects with the ability to act are included. The deepening of research on these three converging axes in this project, serious games, tangible interaction, and active objects with different types of feedback, is a topic of interest in Computer Science and its application in Education. Therefore, the progress and achievements obtained so far are described.

KEYWORDS: Serious games; active objects; tangible interaction; feedback integration; educational innovation

1. Introducción

Este trabajo presenta los objetivos de un proyecto de investigación el cual se orientara a trabajar con juegos serios basados en IT con objetos activos y en analizar el impacto de la integración del feedback sobre estos objetos, para potenciar una mejora en los procesos cognitivos de apropiación del conocimiento a través de la formación o adquisición de competencias tales como el razonamiento lógico-matemático y pensamiento computacional por parte de estudiantes de primer ingreso de la Carrera de Informática Empresarial del Recinto de Guápiles-Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica. Los juegos serios mejoran la participación del estudiantado, los motivan, y entretienen mientras aprenden (Abt, 1970; Kwon & Lee, 2016; Udjaja & Ramdhan, 2023). Por otro lado, la interacción tangible es una tecnología en auge que facilita las actividades colaborativas, y combina la riqueza de las manipulaciones físicas de objetos del contexto con la multimodalidad propia del mundo digital (Cruz Alvarado et al., 2020). La combinación de juegos serios basado en interacción tangible puede ser de gran aporte y, aún más si se incluyen objetos físicos activos con capacidad de actuación. La profundización en la investigación sobre estos tres ejes convergentes en este proyecto: juegos serios, interacción tangible y objetos activos con diferentes tipos de feedback, resulta un tema de interés tanto para el ámbito de las Ciencias de la Computación, como para su aplicación en la Educación.

2. Antecedentes

En la actualidad, la Interacción Persona-Ordenador (IPO) o bien, *Human-Computer Interaction* (HCI), ha sido un área destacada en el ámbito de las Ciencias de la Computación. Desde hace algunos años, ha incrementado la transición del modelo tradicional de Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) (vinculado mayormente a las computadoras de escritorio) a otros modelos novedosos de interacción, tal es 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., 2018).

Las TUIs presentan una mayor relación con el mundo físico, acoplando información digital a los objetos físicos, la manipulación de estos objetos representa la esencia para el desarrollo de los sistemas de interfaces tangibles (Ullmer & Ishii, 1997). Para este estudio, se investigará la interacción basada en objetos activos como parte fundamental de las TUIs en actividades educativas basadas en este paradigma.

Los objetos activos son los responsables de generar interacciones tangibles activas con alguna automatización robótica o locomoción (Inami et al., 2010; Richter et al., 2007). Del mismo modo, los autores (Marshall et al., 2012) indican que los objetos activos contienen actuadores y sistemas de control que pueden conceder al objeto diferentes acciones, por ejemplo, un desplazamiento encima de una *tabletop*.

Por su parte, East et al., (2016) definen a los objetos activos como “dispositivos físicos de retroalimentación de entrada que se pueden usar de manera independiente o en conjunto con otro hardware o software para aumentar de forma tangible la interacción con pantallas integradas, sensores o capacidades de actuación” (p. 470).

Las *tabletops* se consideran como superficies interactivas, digitales, horizontales y aumentadas computacionalmente. Su tamaño es como el de una mesa, 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 son portadores de información, es decir, no se utilizan principalmente para difundir información, por el contrario, se usan para elaborar e interactuar (en otras palabras, los *tabletops* serán el medio de uso de los objetos activos tangibles).

La esencia de las *tabletops* se basa 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, el juego interactivo y la resolución de problemas (Bonillo et al., 2020; Cruz Alvarado et al., 2019).

Valdés et al. (2014) exponen que los objetos tangibles tienen la capacidad de reconfigurarse a lo largo del tiempo, permitir modificar sus asociaciones con conjuntos de datos, por tanto, en combinación con *tabletops* podría facilitar la presentación y manipulación de los datos. Los juguetes interactivos son considerados objetos activos, con capacidades de actuación y respuesta según las acciones del usuario (Cruz Alvarado et al., 2020). En este sentido, los objetos activos presentan características que permiten por medio de actividades educativas: generar representaciones directas a través de procesos sensoriales

y motores, integrar tangibles de la vida real para fomentar la participación y proveer un contexto a la actividad educativa, brindar nuevas experiencias de juego y aprendizaje, estimular la actividad social, apoyar la interacción exploratoria y expresiva, y persuadir a los alumnos para que desarrollen aún más las habilidades y conocimientos, a partir del feedback en los propios objetos (Cruz Alvarado et al., 2020).

Según (Ghaderi & Farrell, 2022) el feedback es un elemento esencial de cualquier aprendizaje que podría entenderse como el proceso en el cual el profesorado informa al estudiantado acerca de su progreso de aprendizaje y el avance en sus respectivas tareas (Noor et al., 2010). Es decir, el feedback se puede utilizar como una técnica pedagógica por parte del personal docente para llamar la atención del estudiantado en relación con enunciados que podrían estar con algún tipo de error o que se deberían mejorar, lo cual podría resultar en una salida modificada del estudiantado ((Esther) Lee, 2013) .

En este sentido, el feedback es un componente crítico de la instrucción en el aula y puede ejercer poderosas influencias en el aprendizaje y en el rendimiento (Yu et al., 2018). El feedback puede ser implementado a través de diferentes tecnologías digitales (Wang et al., 2019). Sin embargo, diferentes autores (Cunningham, 2019a, 2019b; Wang et al., 2019) indican que el profesorado debe ser consciente de la forma en que transmite sus comentarios, así como de la manera en que utiliza e integra las tecnologías para crear y entregar esos comentarios, principalmente, velar por el impacto que el feedback podría causar en el mensaje que se desea entregar.

Según (Brookhart, 2008) el feedback es más efectivo cuando se adapta al estudiantado. Por consiguiente, se han generado diferentes clasificaciones de feedback. En (van Seters et al., 2012) se realiza la siguiente clasificación:

- Sobre la tarea (FT). El FT es la más común y suele llamarse feedback correctivo o conocimiento de resultados. Este feedback indica al estudiante si las respuestas que proporcionó son correctas o incorrectas.
- Procesamiento de la tarea (FP). El FP es más específico de los pasos de aprendizaje que se necesitan para realizar una tarea. Es decir, especifica los pasos que son necesarios para resolver tareas (aspectos procedimentales y metodológicos).
- Autorregulación (FR). El FR consiste en el feedback que los alumnos crean para sí mismos. Es el feedback que puede contribuir a la autorregulación de los estudiantes. Por ejemplo, para incitar a los estudiantes a buscar información extra sin instrucciones previas, a gestionar su tiempo, a reflexionar sobre la efectividad de sus estrategias.
- Afectivo (FS). El FS Expresa evaluaciones positivas y negativas, por ejemplo: “Bien hecho”. En algunos casos, busca que, a pesar de los errores, se mantenga la motivación de la persona. Contienen poca información relacionada con la tarea.

Según investigaciones realizadas (Brookhart, 2008; Cruz Alvarado et al., 2020) los tipos de feedback más utilizados en actividades educativas basadas en IT, son el feedback sobre la tarea, debido a que indica al estudiante si las acciones realizadas son correctas o incorrectas, donde este tipo de feedback se puede presentar de distintas modalidades, ya sea mediante texto, sonidos, luces o vibraciones. Luego, el segundo más utilizado es el de autorregulación (mensajes de cualquier índole revelando si las respuestas que brindó son

correctas o incorrectas y, se incita al estudiantado a buscar información extra y reflexionar sobre las acciones realizadas).

Ahora bien, el uso de objetos tangibles activos en actividades educativas brinda posibilidades para enriquecer los diferentes tipos de feedback presentados, a través de diferentes canales sensoriales, utilizando actuadores como leds, vibradores, pantallas, entre otros. Las posibilidades de los objetos activos han sido demostradas en diferentes experiencias previas:

- En Estados Unidos se desarrollaron experiencias a nivel de educación superior con el uso de Eugenie (Grote et al., 2015) y SynFlo (Okerlund et al., 2016), tecnologías que tienen como objetivo brindar apoyo a biólogos por medio de una tabletop en conjunto con objetos activos y pasivos tangibles para realizar tareas de biodiseño a través de un proceso colaborativo.
- En Suiza se desarrolló una experiencia a nivel de primaria a través de Knight's Castle (Lampe & Hinske, 2007), el cual consiste en un parque con temática de la Edad Media que contiene tecnologías de computación móviles integradas en entornos de juguetes tradicionales, tiene como objetivo enriquecer un juego de simulación para niños/as a través de música, efectos de sonido, comentarios verbales y diferentes formas de interacción táctil y visual. Se usa para enseñar canciones, poemas o brindar información de la edad media.
- En Alemania se utilizó TAOs (*Tangible Active Objects*) (Riedenklaus et al., 2010), el cual combina objetos activos tangibles con el uso de sonidos y permite a las personas con discapacidad visual explorar datos multivariantes, a través de diagramas de dispersión. Por tanto, TAOs se encarga de convertir o traducir la experiencia visual de los diagramas de dispersión en un dominio basado en audio y manifestaciones hápticas.

Sí bien, existen trabajos a nivel internacional en relación con la utilización de objetos activos en actividades educativas basadas en IT (Cruz Alvarado et al., 2020; Merrill et al., 2012), no se evidencian estudios realizados vinculados a medir el impacto que se produce en estudiantes al integrarse distintos tipos de feedback en estos objetos.

Por lo anterior, el proyecto de investigación “510-C2-321 Juegos Serios Basados en Interfaces Tangibles con Objetos Activos”, inicialmente propone realizar una serie de sesiones con estudiantes donde se utilicen los entornos de trabajo con los objetos activos para promover el desarrollo de competencias vinculadas con el razonamiento lógico-matemático y del pensamiento computacional (razonamiento y resolución de problemas de forma algorítmica y matemática), competencias que permitirían a los estudiantes apropiarse de una mejor forma de los conocimientos y avanzar con éxito en la carrera. Dichas competencias se abordarán a través de la interacción con escenarios previamente diseñados en los juegos serios a utilizar, en este caso, El Conquistador y AstroCódigo.

La interacción con los objetos activos podría incidir en el desarrollo personal y pedagógico de la población meta participante, debido a que posibilita la articulación del conocimiento adquirido con su formación académica y profesional, a través de nuevas herramientas tecnológicas e innovadoras.

3. Temas de investigación

A través de este proyecto de investigación se tiene en primer instancia analizar diferentes tipos de feedback en la implementación de juegos serios con objetos activos en actividades educativas basadas en interacción tangible para identificar cuales resultan más efectivos en la formación y/o adquisición de competencias que permitan la apropiación del conocimiento por parte del estudiantado de primer ingreso de la Carrera de Informática Empresarial del Recinto de Guápiles - Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica.

Así mismo, a partir de ello se despejan otras líneas de investigación como lo son:

- Evaluación de la efectividad de juegos serios basados en interfaces tangibles con objetos activos: Este tema de investigación se enfocaría en medir el impacto que tienen los juegos serios basados en interfaces tangibles en el aprendizaje y la motivación de los estudiantes.
- Desarrollo de tecnologías de objetos activos para juegos serios: Esta línea de investigación se enfocaría en el diseño y desarrollo de tecnologías que permitan la creación de objetos físicos que puedan interactuar con sistemas de juego digitales.
- Análisis de la interacción en juegos serios basados en interfaces tangibles con objetos activos y no activos: Este tema de investigación se enfocaría en el estudio de cómo los usuarios interactúan con los objetos físicos y cómo esta interacción puede influir en el aprendizaje y la motivación en los juegos serios.
- Diseño de juegos serios basados en interfaces tangibles con objetos activos para terapia ocupacional: Este tema de investigación se enfocaría en el desarrollo de juegos serios que utilicen objetos físicos para ayudar a personas en procesos de rehabilitación y terapia ocupacional.

4. Desarrollo del talento humano

En este proyecto de investigación, dos estudiantes de la carrera de Informática Empresarial de la Universidad de Costa Rica, Recinto de Guápiles, han participado de forma activa por medio del programa de horas asistente. Durante su participación en el proyecto, han tenido la oportunidad de trabajar en una investigación relacionado con el diseño y desarrollo de objetos activos.

Además de participar en la investigación, estos estudiantes han asistido a sesiones de capacitación y han trabajado en colaboración con investigadores experimentados. A través de su participación en este proyecto, han adquirido habilidades y conocimientos especializados en el uso de tecnologías para su formación en investigación e innovación.

La participación de estudiantes en este tipo de proyectos ha permitido a estos estudiantes de la carrera de Informática Empresarial obtener experiencia en investigación e innovación en el campo de la tecnología educativa, lo que les brinda una ventaja competitiva en su formación académica y profesional.

5. Metodología

Para llevar adelante esta investigación aplicada de desarrollo tecnológico, se trabajará en dos fases: **Fase I** (2022 - 2023), relacionada con la construcción de dos entornos de trabajo y la impresión de pruebas de objetos 3D (fase a la que corresponde este primer avance de investigación). Donde se describirá en detalle el proceso realizado, el cual involucra aciertos y desaciertos del proceso. **Fase II** (2023 - 2024), se realizará mediante un diseño de investigación experimental, en la cual la recogida de datos y análisis de resultados se abordarán desde un enfoque cuanti-cualitativo. Para hacer dicha validación de resultados, se trabajará con el enfoque experimental a través de un estudio de caso (sesiones de trabajo experimental con estudiantes mayores de edad), específicamente, estudiantes de primer ingreso de la Carrera de Informática Empresaria del Recinto de Guápiles – Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica, en particular, los matriculados en los cursos IF-1400 Lógica para Informáticos, IF-1300 Introducción a la Computación e Informática, IF-2000 Programación I y MA0320 Estructura de Matemáticas Discretas, donde se evaluará la opinión de la población meta (aproximadamente entre 60 a 90 personas), a través de diferentes tipos de encuestas, entrevistas, la observación participante y la resolución de una serie de problemas previamente definidos. La experiencia a desarrollar permitirá dar cuenta de resultados vinculados con las fortalezas y debilidades de los objetos activos diseñados y, principalmente, la identificación del nivel de aceptación de los objetos activos, así como la determinación de la efectividad de los diferentes tipos de feedback implementados en dichos objetos, los cuales buscarán el desarrollo o adquisición de competencias que permitan potenciar la apropiación del conocimiento a través de los juegos serios que los incluye.

Para el trabajo experimental con estudiantes, se hará uso del entorno (mesa tangible) así como los objetos activos 3D diseñados en esta **Fase I**, a los cuales se les habrá implementado al menos un tipo de feedback con diferentes modalidades (mensajes de texto, sonidos, luces, vibraciones), mismos, verificados a través de una serie de pruebas previas de funcionalidad y compatibilidad. El trabajo experimental buscará potenciar la formación o desarrollo de 2 competencias: el razonamiento lógico-matemático y, el pensamiento computacional (vinculado con el pensamiento lógico y crítico que favorecen el razonamiento y resolución de problemas de forma algorítmica y matemática).

En la próxima sección, se describe en detalle los resultados obtenidos en la Fase I, relacionada con la construcción de dos entornos de trabajo y la impresión de pruebas de objetos 3D.

6. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de este proyecto durante el 2022 e inicios del 2023.

Durante el 2022 la investigación brindó sus esfuerzos en dos áreas, las cuales consisten en la construcción de dos entornos de trabajo y la impresión de pruebas de objetos 3D.

6.1. Construcción de los entornos de trabajo

En relación con el entorno de trabajo, para su diseño y construcción se utilizó como referencia el “Manual de Construcción de una Mesa Tangible” elaborado en el 2018 por el Grupo TEIAS/UFRGS, Universidad de Zaragoza, España (TEIAS/UFRGS, 2018). Para este proyecto, se diseñaron dos entornos de trabajo, cada uno con dos objetos activos.

Ahora bien, a pesar de existir un manual previo (TEIAS/UFRGS, 2018), hubo que realizar una serie de ajustes en los entornos de trabajo debido a las particularidades específicas de algunos materiales por utilizar, ya que, por ser una guía previa elaborada en España, no se contaba con los materiales exactos sugeridos ya sea porque no existían en Costa Rica o bien, porque ya están fuera del mercado. El proceso de obtención de los materiales fue largo y complejo, involucrando la cotización, aprobación (a nivel de la gestión universitaria) y envío de los mismos.

Después de adquirir los materiales, se debió reconsiderar el tipo de material y protección de este (resguardo de las superficies por desgastes, manchas, humedad, ataques de insectos y hongos), por estar en el trópico húmedo (altas temperaturas y humedad elevada), lo que resultó en la selección de un material más grueso con una capa de sellante y barniz.

En consecuencia, se está diseñando un nuevo manual adaptado de Construcción de una Mesa Tangible adaptado a las condiciones geográficas, climáticas y tecnológicas del país a partir de la experiencia obtenida durante la elaboración de los entornos de trabajo.

6.2. Impresión de pruebas de los objetos 3D

Se llevaron a cabo diversas pruebas de impresión de objetos tridimensionales, específicamente cuatro figuras que representan personajes animados, a saber: Capitán América, Capitana Marvel, Viuda Negra y Spider-Man. La elección de estos personajes se basó en su vinculación con las temáticas abordadas en los juegos serios utilizados (El Conquistador y AstroCódigo), así como en su popularidad, lo que permitiría que los estudiantes estuvieran familiarizados con ellos.

El proceso de impresión de prueba de los objetos activos en tres dimensiones consistió en tres fases: a) la fase de investigación, b) la fase de prueba y resolución de problemas, y c) la fase de resultados de impresión.

a) Fase de investigación - Esta fase se realizó con el propósito de mejorar parámetros de Impresión, ajustes de diseño, recolección de datos sobre el equipo utilizado para el proyecto y para determinar la causa del problema de adherencia en la primera capa de impresión.

- **Reconocimiento del equipo utilizado** - Impresora modelo PRUSAi3 MK3s, Placa calefactable de acero con textura para facilitar adherencia. Ejes de movimiento X, Y, Z.

Boquilla de 4.0mm. Filamento PLA "Material de impresión" de 335mm y 1.75mm de grosor.

- **Ambiente de impresión** - Local con ambiente de temperatura controlada., Uso de aire acondicionado normalmente por debajo de los 21°C., Muebles de madera con poco espacio para la comodidad de la manipulación del equipo., posibilidad de que haya movimientos bruscos durante una impresión en curso a causa de los factores como el paso de personas o condiciones adversas como pérdida de corriente, apagones, etc.
- **Fallos en los primeros intentos de impresión** - Durante los primeros intentos de uso de la impresora 3D, se presentan fallos en la adherencia de la primera capa. Los resultados finales terminan siendo rugosos y sin buena calidad. La figura se desprende de la base y se arruina el material. El material se dobla debido a las temperaturas incorrectas. La primera capa no se adhiere debido a la falta de calibración en la boquilla y de la impresión de la primera capa (Figura 1).
- **Investigación sobre el problema de adherencia y cómo solucionarlo** - Recopilación de información sobre problemas relacionados a la adherencia según el testeo de parámetros relacionados con la primera capa de impresión.

b) Fase de testeo y resolución - Esta fase se realizó con el propósito de aplicar mejoras en los parámetros de impresión, en los diseños de figuras 3D con la aplicación de soportes, ajustar el acercamiento de boquilla, controlar temperaturas de impresión y, solucionar el problema de adherencia de la primera capa (Figura 2 a la Figura 6).

- **Reconocimiento de la impresora 3D** - Se prueba calibrar la impresora manualmente por ejes de impresión (X, Y, Z)., Se ajusta el eje Z por debajo de los 0mm, a partir de los -174mm se presentan mejoras., Se verifica la temperatura de uso adecuada para el material de impresión, a partir de los 220°C grados de temperatura en boquilla se presentan mejoras., Se ajusta la temperatura de la primera capa en la base calefactable, a partir de los 230°C se presentan mejoras.
- **Cambios en el ambiente de impresión** - Se probó subir la temperatura de la oficina de trabajo, a partir de los (21°C) se presentan mejoras., Se controla el acceso a la oficina y se regula la transición de personas que entran y salen de ella., Se mueve la impresora a un ambiente de trabajo más controlado en dónde se reduce la posibilidad de que alguien pueda manipularla una vez comenzada la impresión.
- **Aplicación de soportes de estructuras en los diseños 3D** - Se corrige el ángulo a de inclinación obligatorio para la aplicación de soportes, a partir de los 50° en el umbral de voladizos se notan mejoras. Se ajusta la distancia de separación de patrón de interfaz en 0.2mm para evitar que los soportes quiebren la figura principal al despegarlos. Se limita la aplicación de soportes solamente en áreas específicas. Se hace uso de la herramienta de brocha para la aplicación manual de los soportes en las áreas del diseño 3D.
- **Uso de adhesivos externos para mejorar los detalles de impresión** - Para disminuir la posibilidad de fallo en una impresión, se utilizaron adhesivos externos a la placa base

que se estaba utilizando, en el caso del proyecto, se usó laca convencional de la mejor calidad para recubrir la placa base y conseguir una mayor posibilidad de adherencia.

- **Uso de relleno en figuras** – Para mantener una relación entre durabilidad y peso de las figuras, se utilizó un relleno de tipo giroide a partir del 5% de material total de la figura, así se consigue una mejor calidad en la figura y no se excede el peso de esta (Figura 3).
- c) **Fase de resultados de impresión** – Esta fase se realizó con el propósito de imprimir las figuras de prueba con mejoras significativas, implementar diseños de volúmenes negativos, imprimir piezas montables con acoplamientos negativos.

En la Figura 1, se pueden observar algunos de los fallos presentados en las primeras impresiones, tales como daños por soportes sin adherencia o falta de relleno.



Fig.1. Fallos presentados en las primeras impresiones.

En la Figura 2, se pueden observar los resultados parciales de la aplicación de ajustes en parámetros de impresión, tal como inconvenientes con el peso, calidad de los soportes, daños por la separación de la interfaz, entre otros.

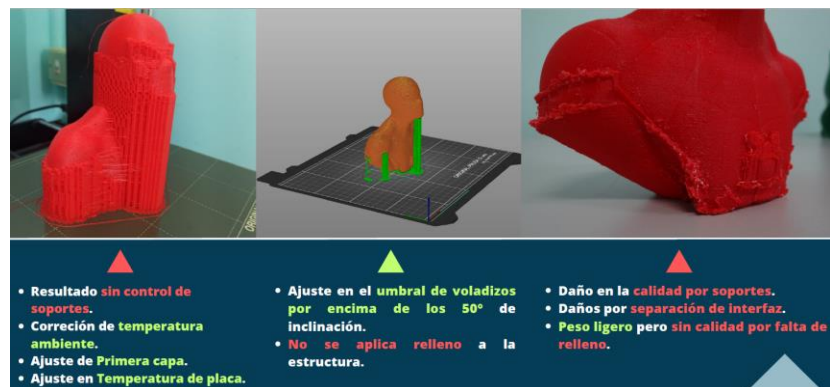


Fig.2. Resultados parciales de la aplicación de ajustes en parámetros de impresión.

En la Figura 3, se pueden observar los resultados favorables de la aplicación de ajustes en los parámetros de diseño; umbral de voladizos, distancia de separación de interfaz, tipo de relleno, calidad y adherencia.



Fig.3. Resultados de la aplicación de ajustes en los parámetros de diseño

La Figura 4, se pueden observar los resultados de la aplicación de volúmenes negativos y correcciones del diseño inicial, resultando más atractivo y llamativo.

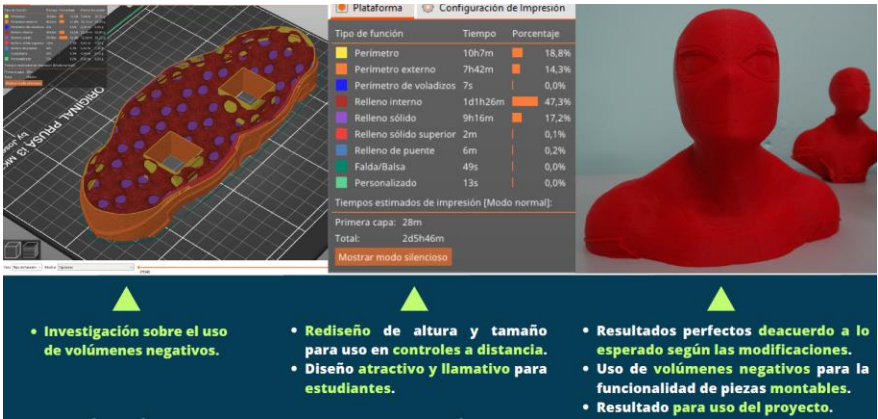


Fig.4. Resultados de la aplicación de volúmenes negativos y correcciones del diseño.

La Figura 5, presenta los resultados obtenidos en relación con los cambios de color, donde se determina la importancia de la limpieza de las boquillas tras el cambio de material.

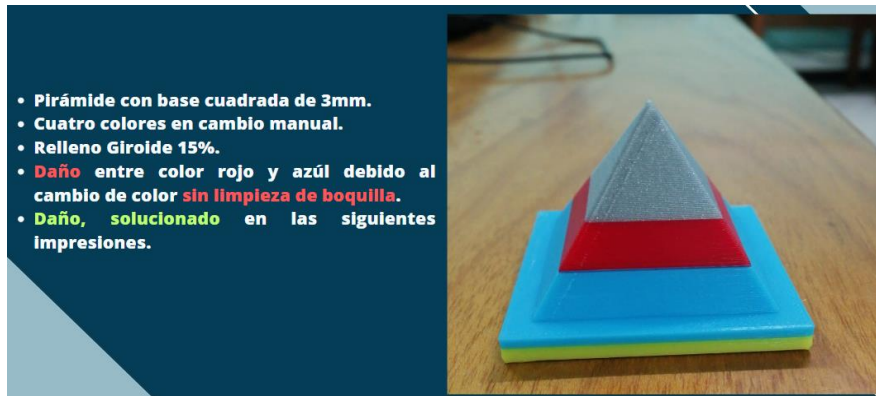


Fig.5. Resultados obtenidos en relación con los cambios de color.

La Figura 6, presenta los daños en objetos activos al imprimirse sin ajustes previos y, el resultado final tras aplicarse las correcciones necesarias. Igualmente, muestra los ejemplos de las piezas ensamblables diseñadas.



Fig.6. Resultados a partir de ajustes previos y piezas ensamblables.

Durante el 2023 el proyecto continúa realizando las impresiones de los 4 objetos activos. Posteriormente, se realizará el trabajo experimental con estudiantes y, a su vez se presentará el debido informe de resultados.

7. Conclusiones

El uso de juegos serios basados en IT, combinados con objetos físicos activos y la integración de *feedback*, puede mejorar el aprendizaje y la formación de competencias en el estudiantado de primer ingreso en la carrera de Informática Empresarial del Recinto de Guápiles – Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica. La interacción tangible y la combinación de elementos físicos con el mundo digital pueden facilitar las actividades colaborativas y mejorar la motivación y participación del estudiantado. La investigación sobre estos temas puede ser de gran interés tanto para la informática como para la educación.

En particular, la experiencia obtenida durante la **Fase I** del proceso de diseño y construcción de entornos de trabajo para la implementación de juegos serios basados en IT puede servir para generar conocimiento y desarrollar manuales de construcción adaptados a las condiciones geográficas, climáticas y tecnológicas específicas de un lugar.

Además, la impresión 3D de figuras de personajes animados puede ser una herramienta educativa útil, especialmente cuando se relaciona con temas que interesan al estudiantado. En este proyecto, los personajes elegidos (Capitán América, Capitana Marvel, Viuda Negra y Spider-Man) son populares entre los y las estudiantes, lo que facilitó su conexión con el proyecto. No obstante, el equipo enfrentó varios desafíos en el desarrollo de los personajes en 3D, como problemas de adherencia en la primera capa de impresión, resultados de baja calidad, y problemas con la calibración de la boquilla. Sin embargo, a través de la fase de investigación y pruebas, el equipo pudo identificar los problemas y aplicar mejoras en los parámetros de impresión, diseños de figuras en 3D, aplicación de estructuras de soporte, proximidad de la boquilla, y control de temperatura durante la impresión, lo que condujo a mejores resultados.

Por consiguiente, la aplicación de técnicas de impresión 3D puede generar ahorro de tiempo y materiales. En la fase de resultados del proyecto, el equipo encontró que sus mejoras permitieron reducir los tiempos de impresión y los desechos de material. Esto es importante porque puede reducir los costos de producción y hacer que la impresión 3D sea una opción más accesible y sostenible para una variedad de aplicaciones.

Como trabajo futuro, se realizarán las pruebas de comprobación de funcionalidad, compatibilidad y comunicación entre los objetos activos desarrollados, y testeos entre el entorno de trabajo implementado con los objetos activos. Una vez que se cuente con la integración y funcionalidad de los objetos activos con su entorno de trabajo, se procederá a implementar los distintos *feedback* en dichos objetos y, se efectuará las respectivas pruebas de funcionalidad. De igual forma, se diseñará y validará los instrumentos de evaluación que permitirán identificar fortalezas y debilidades de los objetos activos diseñados, así como para medir el impacto de la implementación del *feedback* en estos objetos. Llegado a este punto, se dará inicio con una serie de sesiones de trabajo o experiencias con estudiantes.

Referencias

- Abt. C. C. (1970). *Serious Games*. Viking Press.
- Bonillo, C., Marco, J., Baldassarri, S., & Cerezo, E. (2020). KitVision toolkit: supporting the creation of cognitive activities for tangible tabletop devices. *Universal Access in the Information Society*, 19(2), 361-389. <https://doi.org/10.1007/s10209-019-00644-3>
- Brookhart, S. (2008). *How to Give Effective Feedback to Your Students*. Alexandria: Quest Ebook Central.
- Cruz Alvarado, M., Sanz, C., & Baldassarri, S. (2020). Análisis de experiencias con objetos activos en actividades educativas basadas en. *Revista Digital AIPO*, 1(1). <https://revista.aipo.es/index.php/INTERACCION/article/view/7>
- Cruz Alvarado, M., Sanz, C., Baldassarri, S., & Artola, V. (2019). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE JUGUETES INTERACTIVOS PARA ACTIVIDADES EDUCATIVAS BASADAS EN INTERACCIÓN TANGIBLE*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/87674>
- Cunningham, K. J. (2019a). Student Perceptions and Use of Technology-Mediated Text and Screencast Feedback in ESL Writing. *Computers and Composition*, 52, 222-241. <https://doi.org/10.1016/j.compcom.2019.02.003>
- Cunningham, K. J. (2019b). How language choices in feedback change with technology: Engagement in text and screencast feedback on ESL writing. *Computers & Education*, 135, 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.002>
- East, B., DeLong, S., Manshaei, R., Arif, A., & Mazalek, A. (2016). Actibles: Open Source Active Tangibles. *Proceedings of the 2016 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces*, 469-472. <https://doi.org/10.1145/2992154.2996874>
- (Esther) Lee, E. J. (2013). Corrective feedback preferences and learner repair among advanced ESL students. *System*, 41(2), 217-230. <https://doi.org/10.1016/j.system.2013.01.022>
- Ghaderi, I., & Farrell, T. (2022). Toward effective feedback: From concept to practice. *Surgery*, 167(4), 685-688. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2019.06.014>
- Grote, C., Segreto, E., Okerlund, J., Kincaid, R., & Shaer, O. (2015). Eugenie: Multi-Touch and Tangible Interaction for Bio-Design. *Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 217-224. <https://doi.org/10.1145/2677199.2680605>
- Inami, M., Sugimoto, M., Thomas, B. H., & Richter, J. (2010). Chapter 8: Active Tangible Interactions. En C. Müller-Tomfelde (Ed.), *Tabletops - Horizontal Interactive Displays* (pp. 171-187). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-113-4>
- Kwon, J., & Lee, Y. (2016). Serious games for the job training of persons with developmental disabilities. *Computers & Education*, 95(April), 328-339. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.001>
- Lampe, M., & Hinske, S. (2007). *The Augmented Knight's Castle – Integrating Mobile and Pervasive Computing Technologies into Traditional Toy Environments*.
- Marshall, M., Carter, T., Alexander, J., & Subramanian, S. (2012). Ultra-tangibles: creating movable tangible objects on interactive tables. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2185-2188. <https://doi.org/10.1145/2207676.2208370>
- Merrill, D., Sun, E., & Kalanithi, J. (2012). Sifteo cubes. *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 1015-1018. <https://doi.org/10.1145/2212776.2212374>
- Noor, N. Mohd., Aman, I., Mustaffa, R., & Seong, T. K. (2010). Teacher's Verbal Feedback on Students' Response: A Malaysian ESL Classroom Discourse Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 7(2), 398-405. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.10.054>

- Okerlund, J., Segreto, E., Grote, C., Westendorf, L., Scholze, A., Littrell, R., & Shaer, O. (2016). SynFlo: A Tangible Museum Exhibit for Exploring Bio-Design. *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 141-149. <https://doi.org/10.1145/2839462.2839488>
- Richter, J., Thomas, B. H., Sugimoto, M., & Inami, M. (2007). Remote active tangible interactions. *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, 39-42. <https://doi.org/10.1145/1226969.1226977>
- Riedenklaus, E., Hermann, T., & Ritter, H. J. (2010). TANGIBLE ACTIVE OBJECTS AND INTERACTIVE SONIFICATION AS A SCATTER PLOT ALTERNATIVE FOR THE VISUALLY IMPAIRED. *International Conference on Auditory Display*.
- Sanz, C. V., Nordio, M., & Artola, V. (2018). FraccionAR. Un juego para aprender sobre fracciones basado en Interacción Tangible. *XIII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 84-92.
- TEIAS/UFRGS (2018). *Manual de Construcción de una Mesa Tangible*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España. Recuperado de <http://giga.cps.unizar.es/affectivelab/wp-content/uploads/2018/07/Manual-Construccion-Mesav2-espanhol.pdf>
- Udjaja, Y., & Ramdhan, D. (2023). Experiential game learning design framework: mechanical content of serious game. *Procedia Computer Science*, 216, 415-423. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.153>
- Ullmer, B., & Ishii, H. (1997). The metaDESK. *The 10th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 223-232. <https://doi.org/10.1145/263407.263551>
- 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. *Computers & Education*, 58(3), 942-952. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.11.002>
- Wang, Z., Gong, S.-Y., Xu, S., & Hu, X.-E. (2019). Elaborated feedback and learning: Examining cognitive and motivational influences. *Computers & Education*, 136, 130-140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.003>
- Yu, S., Wang, B., & Teo, T. (2018). Understanding linguistic, individual, and contextual factors in oral feedback research: A review of empirical studies in L2 classrooms. *Educational Research Review*, 24, 181-192. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.06.001>