

Descripción del contenido de enseñanza inducción electromagnética en el videojuego “*SpaceEscape: The F. E. M.*”

Description of teaching content electromagnetic induction in the videogame “*SpaceEscape: The F. E. M.*”

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

María José Bouciguez¹, Bettina Bravo^{1,2}, Mariné Braunmüller¹, Graciela Santos³, y María José Abasolo⁴

¹Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Av. Del Valle 5737, CP7400, Olavarría, Buenos Aires. Argentina.

²CONICET

³Departamento de Formación Docente, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Campus Universitario, Paraje Arroyo Seco, CP 7000, Tandil, Buenos Aires. Argentina.

⁴CICPBA y Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, Calle 50 y 120, CP 1900, La Plata, Buenos Aires. Argentina.

E-mail: majo.bouciguez@gmail.com

Resumen

La enseñanza de las ciencias experimentales siempre ha sido un proceso complejo que motiva la incorporación de diferentes recursos didácticos digitales que contribuyen al proceso de enseñanza y aprendizaje. En este contexto, merecen un interés particular los entornos interactivos tales como simulaciones, mundos virtuales y videojuegos desarrollados con fines educativos que involucran al estudiante en un entendimiento, reflexión y toma de decisiones, pero que también utilizan códigos de comunicación y habilidades adquiridas por ellos desde temprana edad. El propósito de este artículo es describir, en particular, el contenido educativo incorporado en un videojuego desarrollado para una propuesta diseñada para la enseñanza y el aprendizaje del fenómeno de Inducción Electromagnética (IE) en un curso de Física II que pertenece al ciclo básico de carreras de la Facultad de Ingeniería de Olavarría (FIO) de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA).

Palabras clave: Juego serio educativo para ciencias experimentales; Propuesta de enseñanza; Enseñanza de la inducción electromagnética; Nivel universitario.

Abstract

The teaching of experimental sciences has always been a complex process that motivates the incorporation of different digital didactic resources that contribute to the teaching and learning process. In this context, deserve a particular interest interactive environments such as simulations, virtual worlds and video games developed for educational purposes that involve the student in an understanding, reflection and decision making, but that also use communication codes and skills acquired by them from early age. The purpose of this paper is to describe, in particular, the educational content incorporated in a video game developed for a proposal designed for the teaching and learning of the phenomenon of Electromagnetic Induction (EI) in a Physics II course belonging to the basic cycle of careers the Faculty of Engineering of Olavarría (FIO) of the National University of the Center of the Province of Buenos Aires (UNCPBA).

Keywords: Serious educational game for experimental sciences; Teaching proposal; Teaching electromagnetic induction; University level.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han irrumpido vertiginosamente en nuestras vidas y en la de nuestros alumnos y en consonancia con ello se han ido incorporando paulatinamente en la educación formal (Bohigas y otros, 2006).

En relación con la enseñanza de la Física, se destaca la potencialidad como recurso didáctico de los ambientes virtuales altamente interactivos (en inglés, *Highly Interactive Virtual Environments, HIVE*) (Aldrich, 2009), como las simulaciones, laboratorios virtuales y videojuegos, dado que permiten a los sujetos visualizar fenómenos y procesos físicos; interactuar, manipulando y transformando objetos en la interfaz de la aplicación y hasta realizar experiencias simuladas de difícil ejecución en el laboratorio (Bouciguez y Santos, 2008; Gómez Crespo, 2008; Domínguez, 2010; Cañizares Millán y de Pro Bueno, 2006; Pintó y otros, 2006; PontesPedrajas, 2005).

Especialmente los videojuegos permiten no sólo dar un mayor grado de realismo a lo que se está simulando sino también aumentar la implicación del jugador al proporcionarle una experiencia situada en la que debe realizar tareas de resolución de problemas complejos (Squire, 2008). El aprendizaje basado en juego digital (*Digital Game-Based Learning, DGBL*) busca incorporar contenidos educativos o principios de aprendizaje en los videojuegos, con el objetivo de involucrar a los estudiantes (Squire, 2008) y obtener beneficios del hecho que ellos poseen conocimientos, destrezas y habilidades desarrolladas de manera "natural" a través de la interacción diaria con interfaces del mundo digital, propio de la sociedad en la que viven y se desenvuelven. A pesar de sus muchas fortalezas, los videojuegos hoy en día se utilizan muy poco en la educación, principalmente por el costo y tiempo de producción asociadas a las dificultades que se encuentran a menudo en su diseño y desarrollo. Atendiendo a esto, en el contexto de la tesis de doctorado¹ de uno de los autores de este trabajo, se propone un marco conceptual de diseño y una especial metodología de desarrollo de Juegos Serios Educativos para Ciencias Experimentales (JSECEX) que parte de atender las características particulares de los contextos, muy diferentes a los industriales, en los que el interés de desarrollar estos entornos surge como una motivación de los docentes por aprovechar las potencialidades de los mismos e innovar en educación.

El videojuego que se presenta y describe en este trabajo, ha sido integrado a una propuesta de enseñanza (PE) diseñada especialmente² para favorecer el aprendizaje de conceptos y leyes asociadas al fenómeno de Inducción Electromagnética (IE) (como campo y flujo magnético y la ley Faraday-Lenz) y el desarrollo de habilidades inherentes a la resolución de problemas, en el ciclo básico de carreras de ingeniería (Braunmüller y otros, 2019). Se opta trabajar sobre IE dado que diversas investigaciones actuales, realizadas a nivel nacional e internacional, dejan en evidencia que los estudiantes, aún de nivel universitario, tienen serias dificultades para razonar en términos de las fuerzas que aparecen en la IE; tienden a asociar la IE con el campo magnético o flujo magnético (y no con la variación de flujo); no logran un aprendizaje comprensivo de la ley de Faraday; presentan dificultades para comprender entidades u objetos matemáticos que aparecen en la formalización de las leyes de IE y para aplicar lo aprendido para resolver problemas significativos (Braunmüller y otros, 2018; Guisasola y otros, 2008; 2010; Catalán y otros, 2010; Almodí y otros, 2013; Almodí y otros, 2016; Naizaque Aponte, 2013; Tecpan y otros, 2015).

II. LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

La propuesta de enseñanza (PE) se organizó siguiendo la secuencia de enseñanza IDAS (Bravo, 2008) que consta de cuatro momentos claves: iniciación, desarrollo, aplicación y síntesis – conclusión. Por razones de espacio se describen brevemente las instancias más relacionadas a la integración del JSECEX y el diseño del contenido de enseñanza en el mismo. La instancia de desarrollo tiene como propósito realizar el abordaje formal del saber y saber hacer de la ciencia que conlleva distintos niveles de análisis y profundización. En la propuesta durante esta instancia se abordó primero el concepto de flujo magnético, luego se analizó experimentalmente (a partir de laboratorios reales y virtuales) los procesos involucrados en la generación de una fuerza electromotriz (f.e.m.) en una espira (variación temporal del flujo magnético) y finalmente se sintetizó y formalizó lo analizado a partir de la Ley de Faraday (que permite calcular la intensidad de la f.e.m. inducida) y la de Lenz (que permite determinar su polaridad). La instancia de síntesis - conclusión intenta involucrar a los estudiantes en un proceso de concientización y

¹ Doctorado en Ciencias Informáticas (UNLP), tema de tesis: "Ambientes virtuales altamente interactivos basados en videojuegos y simulaciones para la educación en ciencias", en realización por el primer autor de este trabajo, docente-investigador FIO-UNCPBA.

² Este diseño se realiza en el marco del PI+D+i reconocido y financiado por la FIO, titulado "La enseñanza y el aprendizaje de la física en carreras de ingeniería. En búsqueda de la superación de obstáculos físicos y matemáticos"

explicitación de lo que aprendieron (y de lo que aún falta por aprender). Esta instancia consta de dos momentos. El primero intenta fomentar la autoevaluación del grupo de estudiantes planteando problemáticas similares a las ya abordadas, las cuales son resueltas luego por el docente y ante el gran grupo intentando evidenciar todo lo aprendido y lo que aún falta por aprender. El segundo momento implica la instancia de evaluación formal, final y con fines acreditativos.

El videojuego “SpaceEscape: The F. E. M.”, ha sido diseñado especialmente para ser incorporado en esta instancia de síntesis o conclusión. Considerado como instrumento mediador de la actividad mental constructiva de los alumnos y de los procesos de enseñanza (Vygotsky, 2000; Jonassen y otros, 1998; Jonassen y Carr, 2000), con este juego se busca propiciar una autoevaluación en los estudiantes. Se espera que al jugar ellos pongan a prueba sus conocimientos, reflexionen sobre qué aprendieron y que reconozcan lo que falta aún por aprender, para que luego de jugar, busquen resolver las dudas e imprecisiones que reconocieron que tienen sobre el tema IE, participen de la puesta en común y valoren los aportes de la misma.

III. EL VIDEOJUEGO

A. Aspectos Generales

En este trabajo se proponen los JSECEX como una forma de unificar las características de los HIVE, teniendo en cuenta las posibilidades y propósitos de cada uno de ellos. Entre las características que interesa conjugar a partir de los principios de aprendizaje constructivista son la optimización del sentido de lugar y presencia de los mundos virtuales, la participación y diversión por parte de los videojuegos, y el rigor y la transferencia de los aprendizajes para la resolución de nuevas situaciones de las simulaciones. De esta manera un JSECEX se define con las siguientes características:

- Divertido y entretenido.
- Proporciona inmersión, es interactivo, permite cambios constantes y gobernados por el estudiante entre la cognición y los objetos simbólicos que representan el conocimiento científico.
- Presenta desafíos significativos, para el estudiante y para la intencionalidad educativa.
- Permite una representación visual (estática y dinámica) que facilita la comprensión del contenido de estudio.
- Proporciona andamios para la resolución de los desafíos planteados, definibles por el docente, que conjugan distintas representaciones de análisis de un problema.
- Es configurable por parte del docente, de manera que se puede adaptar el JSECEX al grupo de estudiantes, al contenido y a la cursada sin necesidad de conocimientos de programación.

El videojuego desarrollado “SpaceEscape: The F. E. M.”, es un JSECEX basado en misiones, para un solo jugador (*single game*), en primera persona, en 3D, disponible para un sistema operativo Windows de 64 bits y con requerimientos mínimos de hardware y software. En un juego basado en misiones, como plantea Marfisi-Schottman (2012), el jugador pasa por varias etapas o “misiones”, sucesivas o en paralelo, no necesariamente obligatorias y que pueden ser de varios tipos, como una búsqueda, resolver un enigma, obtener una cierta puntuación, entre otras.

B. Descripción del contenido de enseñanza en el videojuego y del contexto de aplicación

La decisión de desarrollar un JSECEX para la PE surge luego de que, como resultado de una búsqueda realizada, no se ha encontrado ninguno para el tema en cuestión que sea acorde al abordaje deseado y para los objetivos que plantea la instancia en la que se desea incorporar.

El diseño y desarrollo del JSECEX basado en misiones “SpaceEscape: The F. E. M.” implicó integrar componentes lúdicos, tecnológicos y educativos por lo que requirió trabajar de manera iterativa y progresiva en un equipo interdisciplinar conformado por autores de este trabajo en el rol de diseñador/desarrollador y de expertos en contenidos que aportaron su pericia en aspectos como la especificación de los contenidos (secuenciación y abordaje), los objetivos educativos, el conocimiento previo requerido, las tareas y tiempos más adecuados teniendo en cuenta el grupo de estudiantes.

El videojuego busca que los alumnos, para superar los distintos retos que éste le plantea, pongan a prueba sus conocimientos. Para ello se propusieron dos misiones que involucran distintos desafíos. Éstos desafíos se diseñaron considerando que sean del mismo tipo de las situaciones problemáticas ya resueltas y además estén secuenciados en virtud del abordaje teórico realizado durante la fase de desarrollo de la PE (concepto de flujo de campo magnético, Ley de Faraday, Ley de Lenz).

La historia del juego, no está asociada directamente a los contenidos educativos, se usó para dar propósito, involucrar y generar compromiso, y su definición se vio influenciada por los activos tecnológicos disponibles cuya reutilización permitió reducir los tiempos de desarrollo. Así, “SpaceEscape: The F. E. M.” involucra al jugador en la situación de tener que escapar de una estación espacial que luego de colisionar con un meteorito se ve afectada por un desperfecto que genera un nivel de contaminación creciente del aire que se respira. Para poder escapar debe recorrer la estación pasando distintos desafíos hasta llegar al otro extremo donde al superar la última misión se encenderá una nave de escape y se destraba la puerta de salida. En la figura 1.a. se esquematiza el recorrido virtual.

Para las dos misiones que forman parte del juego se consideraron mecánicas de juegos diferentes pero conocidas por los jugadores-estudiantes: “Preguntado” y “simulación/ laboratorio virtual”.

La primera misión con la que el jugador – estudiante se encuentra durante el recorrido consiste en tres rondas de situaciones problemáticas a las cuales el jugador debe responder con verdadero o falso antes de destrabarse. Cada ronda está asociada a una puerta (figura 1.a.) del recorrido virtual.

Se busca que el jugador-estudiante no responda de manera azarosa, sino que realice jugadas inteligentes, intente responder correctamente poniendo en juego su conocimiento. Para esto, se recompensa con puntaje las respuestas correctas. Cada situación planteada tiene asociada una barra de herramientas de ayudas (andamios) que se ponen a disposición del jugador (figura 1.b.). Se propicia su utilización para responder correctamente haciendo que, durante el tiempo en que cada una de las ayudas está disponible la contaminación se detenga y, además, liberando al final de cada ronda un número de tubos de oxígeno proporcional al puntaje obtenido por respuestas correctas. El jugador, al recoger esos tubos logra disminuir la contaminación existente en ese momento en la estación espacial, ganando de esta manera más tiempo.

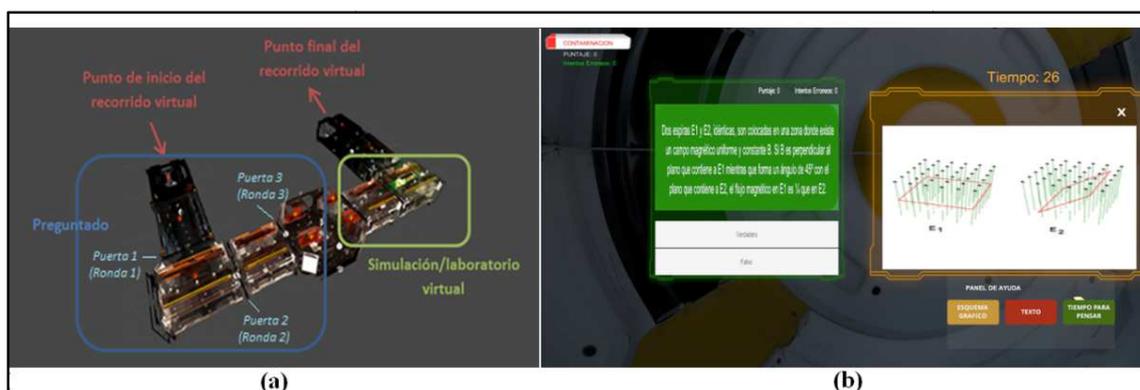


FIGURA 1.(a)Entorno virtual del JSECEX y las misiones asociadas a las ubicaciones visitables del recorrido virtual; (b)diseño de pantalla de cada situación problemática de la primera misión.

Atendiendo a la secuenciación de contenidos adoptada en la PE, en la primera puerta se plantean situaciones en relación con el concepto de flujo magnético, en la segunda puerta en relación con la Ley de Faraday y en la última a la Ley de Faraday-Lenz.

El juego está pensado para que los jugadores-estudiantes deban realizar dos jugadas antes de superar el desafío final de la segunda misión. En una segunda jugada, iniciada con la opción “Volver a jugar”, se desafía al jugador-estudiante a problemáticas diferentes a las que se enfrentó en la jugada anterior, por ello las mismas son seleccionadas aleatoriamente sin repetición de entre las disponibles.

A continuación se describen las posibles situaciones problemáticas y ayudas asociadas que quedaron determinadas por la configuración del juego realizada por los docentes para la PE utilizada en el segundo cuatrimestre de 2018. Para cada situación el panel de ayudas está compuesto de un “Tiempo para pensar” y otras ayudas afines a cada problemática (como pueden ser un “Esquema gráfico” que representa la situación planteada o un “Texto” que describe textualmente la Ley correspondiente en cada caso).

En la primera ronda, en cada jugada, el videojuego le plantea al jugador-estudiante una de las siguientes posibles situaciones sobre flujo magnético. El panel de ayuda presenta las tres ayudas y únicamente varía, para cada caso, la información mostrada en el “Esquema gráfico”.

1- Dos espiras idénticas E1 y E2 son colocadas en campos magnéticos de diferente intensidad (B_1 y B_2 , respectivamente). Si la magnitud de B_1 es el doble de B_2 , el flujo magnético en E1 será el doble que en E2.

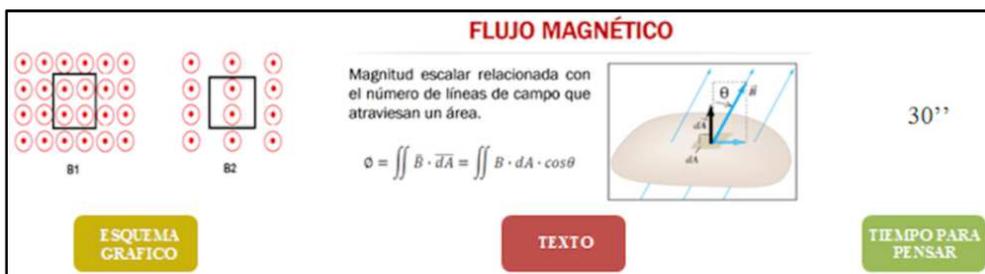


FIGURA 2. Panel de ayudas asociado a la situación problemática 1.

2- Dos espiras E1 y E2 son colocadas en una zona donde existe un campo magnético uniforme y constante B. Si el área de E1 es la mitad del área de E2, el flujo magnético en E1 es el doble que en E2.

3- Dos espiras E1 y E2, idénticas, son colocadas en una zona donde existe un campo magnético uniforme y constante B. Si B es perpendicular al plano que contiene a E1 mientras que forma un ángulo de 45° con el plano que contiene a E2, el flujo magnético en E1 es 1/4 que en E2.

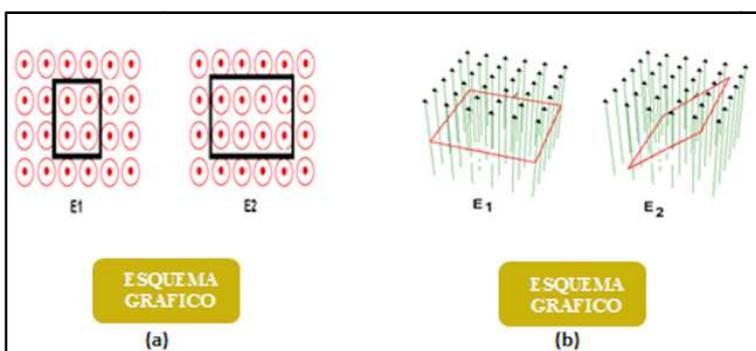


FIGURA 3. Ayuda "Esquema Gráfico": (a) asociada a la situación problemática 2; (b) a la situación problemática 3.

En la segunda ronda, en cada jugada, el videojuego le plantea al jugador-estudiante tres de las siguientes posibles situaciones en relación con lo visto sobre la Ley de Faraday.

1- La f.e.m. de un circuito es proporcional al flujo magnético que atraviesa el circuito.

2- Una espira conductora se mueve con una velocidad constante, en una región con campo magnético en dirección perpendicular al plano que contiene la espira. Se puede inducir una corriente en la espira haciéndola girar dentro de la región de campo.



FIGURA 4. Panel de ayudas asociado a las situaciones problemáticas 1 y 2, no incluye ayuda de "Esquema Gráfico"

3- Una espira conductora se mueve con una velocidad constante, en una región con campo magnético en dirección perpendicular al plano que contiene la espira. Se inducirá una corriente en la espira si el campo magnético es uniforme y estacionario y la espira permanece siempre dentro de la región donde hay campo.

4- Una espira conductora se mueve con una velocidad constante, en una región con campo magnético en dirección perpendicular al plano que contiene la espira. Se inducirá una corriente en la espira si el campo magnético es uniforme y cambia de sentido con el tiempo.

5- Una espira conductora se mueve con una velocidad constante, en una región con campo magnético en dirección perpendicular al plano que contiene la espira. Se inducirá una corriente en la espira si se duplica su área dentro de la región de campo.

6- Una espira conductora se mueve con una velocidad constante, en una región con campo magnético en dirección paralela al plano que contiene la espira. Se inducirá una corriente en la espira cuando esta esté saliendo de la región de campo.

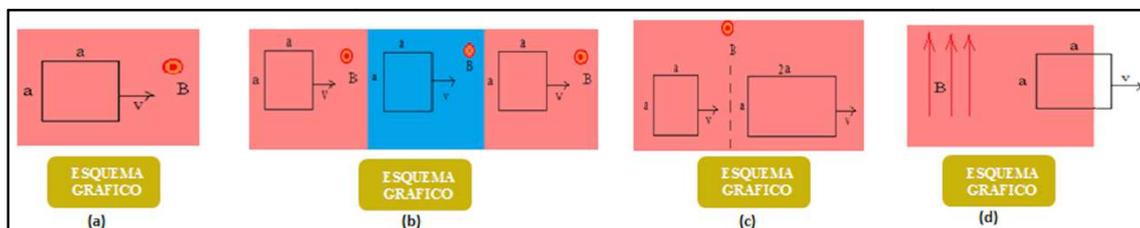


FIGURA 5. Ayuda “Esquema Gráfico”: (a) asociada a la situación problemática 3; (b) a la 4; (c) a la 5; (d) a la 6; que se agregan a las ayudas de la figura 4, para conformar el panel de ayuda asociado a cada una de esas situaciones problemáticas.

En la tercera ronda, en cada jugada, el videojuego le plantea al jugador-estudiante una de las siguientes posibles situaciones sobre la Ley de Faraday-Lenz. La situación 2 tiene asociada un panel de ayuda igual al mostrado en la figura 6, pero sin un “Esquema Gráfico”.

1- Una espira se mueve (en el plano XY) a velocidad constante hacia una región donde existe un campo magnético uniforme, cuya dirección y sentido es la del eje Z+. Conforme ingresa a la zona de campo se induce en ella una corriente en sentido anti horario. Cuando se halla totalmente inmersa en el campo no se genera corriente. Al comenzar a salir, se induce una corriente en sentido horario.

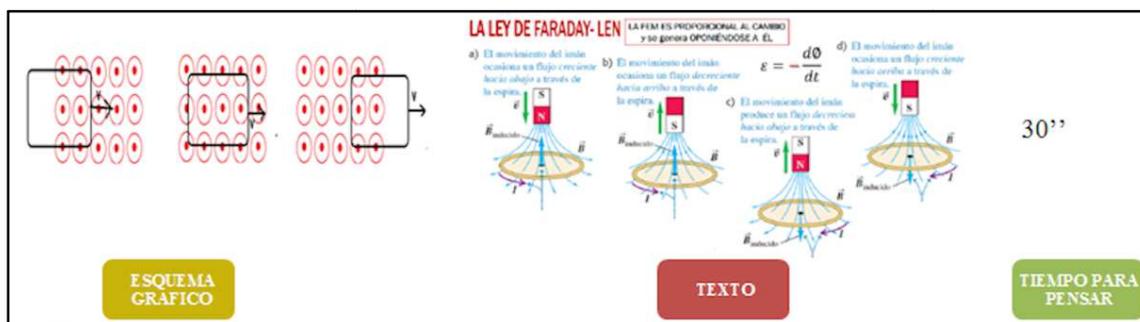


FIGURA 6. Panel de ayudas asociado a la situación problemática 1.

2- Cuando se genera un flujo en una espira conductora se induce en ella una f.e.m. que genera otro flujo opuesto al original.

En la segunda misión el jugador-estudiante debe utilizar un laboratorio virtual, compuesto por un holograma y su panel interactivo (figura 7). El objetivo de esta misión es generar la máxima f.e.m. posible que necesita un motor para poner en funcionamiento la nave espacial que permitirá escapar antes de que el nivel de contaminación del aire llegue al máximo. Para ello se debe seleccionar (entre los materiales disponibles) la espira con mayor número vueltas y el imán que genera el mayor campo magnético. Estos elementos se deberán ubicar perpendiculares entre sí y se debe animar (mover) uno de ellos a la máxima velocidad permitida (lo que conducirá a la máxima variación de flujo magnético y por ende máxima f.e.m. inducida) (figura 7.a).

Las ayudas planteadas en esta misión (figura 7.b) son una descripción de lo que hay que hacer (“Qué hacer”), dos ayudas visuales que consisten en dibujar los “Ejes de referencia” sobre el holograma y “Planos y Normales” de cada elemento proyectado en el holograma, una ayuda textual con la Ley correspondiente y por último un enlace a una simulación³.

³ Simulación disponible <https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/faraday>



FIGURA 7.(a)Desafío final, generar la máxima f.e.m. posible, para que se encienda la nave y se pueda escapar de la estación espacial; (b) diseño de pantalla de laboratorio virtual de la segunda misión del JSECEX.

IV. LA IMPLEMENTACIÓN

La propuesta de IE diseñada se implementó en un curso de Física II de la FIO conformado por 79 estudiantes inscriptos. Esta asignatura es cuatrimestral con una carga horaria de 120 horas (8 horas semanales). El desarrollo tradicional de esta materia implica tres momentos para el tratamiento de los temas: clases teórico-prácticas; instancias de resolución de problemas y prácticas de laboratorios (reales o virtuales). Respetando dicha organización se implementó la PE diseñada, involucrando un total de tres clases (de 4 h cada una). Durante lo que en el contexto de la cursada los estudiantes reconocen como “clase de consulta”, un grupo de 16 estudiantes utilizaron el JSECEX “SpaceEscape: The F. E. M.”⁴ en computadoras de docentes y estudiantes que cumplieran con los requerimientos técnicos. En las mismas también se instaló un software para captura de pantalla⁵ y en el salón se ubicaron estratégicamente dos filmadoras para registrar la expresión facial y corporal de los estudiantes mientras juegan.

En una única sesión de 30 minutos los estudiantes pudieron jugar más de una vez y responder un cuestionario, para luego continuar con las actividades de la clase de revisión de contenidos, donde se analizaron los desafíos y accionar adecuado para ganar el juego.

Durante y luego de esta instancia, los estudiantes han mostrado satisfacción y manifestado entusiasmo en la utilización de este tipo de materiales para poner en juego sus conocimientos y reconocer dudas e imprecisiones. Por su parte los docentes que participaron durante la cursada han evaluado satisfactoriamente la potencialidad del videojuego para favorecer en los estudiantes la autoevaluación del tema IE.

V. CONCLUSIONES

Numerosas investigaciones demuestran la potencialidad educativa y motivacional del uso de entornos virtuales interactivos como las simulaciones, mundos virtuales y videojuegos. Pero hace reflectiva esa potencialidad plantea importantes desafíos en la medida en que estas tecnologías, al ser seleccionadas/desarrolladas e integradas en una PE, guarden con la misma una coherencia en el contenido, en el abordaje que se hace del mismo y aporten al logro de los objetivos didácticos e intenciones educativas que la propuesta plantea.

El JSECEX “SpaceEscape: The F. E. M.” se desarrolló e integró como material didáctico de autoevaluación en la PE diseñada para favorecer el aprendizaje de conceptos y leyes asociadas al fenómeno de IE. Los resultados preliminares resultan alentadores en cuanto a la potencialidad del videojuego para favorecer el objetivo didáctico de permitir al estudiante autoevaluar sus logros y regular su proceso formativo (Sanmartí, 2011). Estos resultados podrán ser ampliados en futuras publicaciones a partir del análisis de los datos recogidos, que permitirán evaluar calidad de la experiencia interactiva del jugador-estudiante en el entorno de juego, cuyo objetivo es proporcionar diversión y aprendizaje, durante todo el tiempo dedicado a jugar (Padilla-Zea y otros, 2013).

⁴ Disponible online a partir de setiembre de 2019 para que pueda ser descargado libremente. Se proyecta para el año 2020 dejar disponible también el código fuente para que pueda ser modificado o adaptado.

⁵ Disponible en <https://www.atubecatcher.es/>, permite registrar en video las acciones en pantalla y comentarios orales del alumno.

A los fines de alcanzar las intenciones educativas buscadas, para la utilización del JSECEX "SpaceEscape: The F. E. M." fuera de horario de clase, se recomienda que el mismo sea integrado dentro de una actividad donde se plantee explícitamente la reflexión del estudiante, para lo cual se puede hacer uso del archivo con la información de la jugada que genera el juego.

REFERENCIAS

Aldrich, C.(2009).Virtual worlds, simulations, and games for education: A unifying view. *Innovate*, 5(5).

Almudí, J.M., Ceberio Garate, M., Zubimendi Herranz, J. (2013). Análisis de los argumentos elaborados por los estudiantes de cursos introductorios de física universitaria ante situaciones problemáticas pertenecientes al ámbito de la inducción electromagnética. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Girona.

Almudí, J. M., Zuza, K., Guisasola, J. (2016). Aprendizaje de la teoría de inducción electromagnética en cursos universitarios de física general. Una enseñanza por resolución guiada de problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 7-24.

Bohigas, X., Novell, M. y Jaén, X. (2006). Cómo, cuándo, dónde utilizar «applets» como ayuda al aprendizaje de las ciencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 50,31-38.

Bouciguez, M.J., Santos, G. (2008). Simulaciones con computadora: abordaje didáctico y conceptos asociados. *I Congreso Internacional de Didácticas Específicas*. Universidad Nacional de San Martín. Buenos Aires.

Bravo B. (2008). La enseñanza y el aprendizaje de la visión y el color en educación secundaria. Tesis de doctorado. <https://repositorio.uam.es/Sitio> consultado en junio de 2019.

Braunmüller, M., Bravo, B. y Tenaglia, M. (2018). ¡Este tema es más difícil! Alumnas y alumnos con problemas en física. *3º Jornadas de Enseñanza, Capacitación en Investigación en Ciencias Naturales y Matemática*, Bernal, Buenos Aires.

Braunmüller, M. Bravo, B. y Verucchi, C. (2019). Inducción Electromagnética y el desarrollo de competencias de resolución de problemas en el ciclo básico de carreras de ingeniería. Aceptado para su publicación en CONFEDI y UTN (Eds.)*El Enfoque por Competencias en la Ciencias Básicas: Casos y ejemplos en Educación en Ingeniería*.

Cañazares Millán, M. y de Pro Bueno, A. (2006). El uso de simulaciones en la enseñanza de la física. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 50,66-75.

Catalán, L., Caballero Sahelices, C.,y Moreira, M. A. (2010). Niveles de conceptualización en el campo conceptual de la Inducción electromagnética. Un estudio de caso. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 4(1), 126-142.

Domínguez, M.A. (2010). Algunas consideraciones teóricas para caracterizar el proceso de enseñanza y aprendizaje en Tecnología Educativa y Conceptualización en Física. En Santos, G. y Stipcich, S. (Eds.) *Tecnología educativa y conceptualización en física. Estudio sobre interacciones digitales, sociales y cognitivas*. Buenos Aires: Consejo Editorial-UNCPBA.

Gómez Crespo, M.A. (2008). *Aprendizaje e instrucción en Química. El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia*. Madrid: CIDE/MEPSD.

Guisasola, J., Almudí, J. M., Zuza, K. (2008). Explicaciones de los estudiantes de primer curso de ingeniería sobre los fenómenos de inducción electromagnética. *Revista de Enseñanza de la Física*. 21(2),33-47.

Guisasola, J., Almudí, J. M., Zuza, K. (2010). Dificultades de los estudiantes universitarios en el aprendizaje de la inducción electromagnética. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(1),1401-1/1041-9.

Jonassen, D., Carr, C., y Yueh, H.P. (1998). Computers as Mindtools for engaging learners in Critical Thinking. *Tech Trends*, 43(2),24-32.

Jonassen, D. y Carr, C. (2000). Mindtools: Affording Multiple Knowledge Representations for Learning. En S. P. Lajoie (Eds.). *Computer as cognitive tools*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Karmiloff-Smith, A. (1992). *Más allá de la modularidad*. Madrid: Alianza.

Marfisi-Schottman, I. (2012). *Méthodologie, modèles et out ils pour la conception de Learning Games*. Thèse de Doctorat en Informatique. Lyon, France: INSA de Lyon. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00762855v2/document> Consultado en Junio de 2017.

Naizaque Aponte, N. (2013). *Diseño de una estrategia didáctica para la enseñanza de la inducción electromagnética*. Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales Universidad Nacionalde Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia.

Padilla-Zea, N., López-Arcos, J. R., Sánchez, J. L. G., Vela, F. L. G. y Abad-Arranz, A. (2013). A Method to Evaluate Emotions in Educational Video Games for Children. *Journal of Universal Computer Science*,19(8),1066-1085.

Pintó, R., Couso, D. y Oro, J. (2006). A teaching approach about acoustics integrating different ICT and combining knowledge from different fields. En van den Berg, E, Ellermeijer, T. y Slooten, O. (Eds.), *Modeling in Physics and Physics Education, Proceedings GIREP Conference 2006*,350-356.

PontesPedrajas, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1),2-18.

Sanmartí, N. (2011).*Evaluar para aprender. Serie: 10 ideas claves*. Barcelona: Grao.

Squire, K.D. (2008). Game-based learning: An emerging paradigm for learning. *Performance Improvement Quarterly*, 21(2),7-36.

Tecpan, S., Benegas, J., Zabala, G. (2015). Entendimiento conceptual ydificultades del aprendizaje de electricidad y magnetismo identificadas por profesores. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 9, S1204-1/S1204-11.

Vygotsky, L. S. (2000), El desarrollo de los procesos psicológicos superiores, Buenos Aires: Biblioteca de Bolsillo(Título original: Mind in Society. The development of higher psycho-logical processes, Cambridge: Harvard University Press,1978.Originalmente publicado en Rusia en 1930).