

**TecnoLógicas**  
ISSN-p 0123-7799  
ISSN-e 2256-5337  
Vol. 23, No. 49, pp. 83-111  
Sep-dic de 2020

Artículo de investigación/Research Article

**TecnoLógicas**

## **Videojuego para la enseñanza de la realización de diseños de iluminación siguiendo el RETILAP**

### **Videogame to teach how make lighting designs using the RETILAP regulation**

Edy Andrés Triana-Rojas <sup>1</sup> y  
Jorge E. Camargo-Mendoza <sup>2</sup>

Recibido: 5 de marzo de 2020  
Aceptado: 18 de mayo de 2020

---

Cómo citar / How to cite

E. A. Triana-Rojas; J. E. Camargo-Mendoza, “Videojuego para la enseñanza de la realización de diseños de iluminación siguiendo el Retilap”, *TecnoLógicas*, vol. 23, no. 49, pp. 83-111, 2020.  
<https://doi.org/10.22430/22565337.1611>

© Instituto Tecnológico Metropolitano  
Este trabajo está licenciado bajo una  
Licencia Internacional Creative  
Commons Atribución (CC BY-NC-SA)



- <sup>1</sup> MSc. en Ingeniería de Sistemas y Computación, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá-Colombia, [eatrianarf@unal.edu.co](mailto:eatrianarf@unal.edu.co)
- <sup>2</sup> PhD. en Ingeniería de Sistemas y Computación, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá-Colombia, [jecamargom@unal.edu.co](mailto:jecamargom@unal.edu.co)

## **Resumen**

En este documento se plantea el diseño de un videojuego, como herramienta alternativa de aprendizaje de las metodologías para realizar diseños de iluminación. El videojuego se ha diseñado bajo la plataforma Unity y consta de cinco niveles. Los tres primeros están basados en las metodologías de diseño de iluminación interior, el cuarto hace referencia a iluminación deportiva, mientras que el quinto nivel está dedicado a iluminación de emergencia, teniendo en cuenta la normatividad contemplada en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP). Realizar diseños de iluminación sin tener en cuenta lo contemplado en el RETILAP, acarrea consecuencias graves en la salud visual de las personas, y facilita el bajo rendimiento laboral por parte de los trabajadores en las organizaciones, como se verá más adelante. Por medio del videojuego, las personas vinculadas al gremio de la iluminación podrán conocer y aplicar la normatividad y metodologías de diseño vigente de una manera didáctica y fácil, con lo cual se busca minimizar los diseños de iluminación erróneos y mitigar sus consecuencias.

## **Palabras clave**

Iluminación deportiva, videojuegos serios, diseños de iluminación, salud visual.

## **Abstract**

The following thesis raises the educational video game design like a learning tool about lighting design methodologies. The video game has been designed by Unity platform and it has five levels. The first three levels are based in indoor lighting design, the four level is about sports lighting, while the last level is about emergency lighting, keeping in mind the current regulation into RETILAP. To make lighting designs without keeping in mind the RETILAP, has serious visual health consequences, and facilitates the low labor performance by workers in companies, as show it in the next chapter. Through the video game, the lighting guild people will know and apply the current normativity and the lighting design methodologies in an easy and didactic work.

## **Keywords**

Sports lighting, serious videogames, lighting design, visual health.

## 1. INTRODUCCIÓN

Aunque el hombre ha necesitado de la iluminación artificial desde el principio de los tiempos, fue hasta que Thomas Alba Edison patentó la lámpara incandescente cuando inició el desarrollo de la iluminación eléctrica [1]. Posteriormente a ello se masificó la aplicación de la iluminación al alumbrado interior y público, y se logró optimizar su uso con el desarrollo de nuevas tecnologías [2], [3].

La necesidad de la iluminación artificial se ha manifestado dada la existencia de industrias y entidades que también realizan actividades nocturnas, y debido a que existen algunos lugares en los cuales la iluminación natural es insuficiente y es necesario complementarla con iluminación de este tipo [4]. Para la realización de diversas tareas debe existir una adecuada iluminación con el fin de garantizar el rendimiento y la productividad en los empleados, y así evitar la generación de problemas de salud visual [5], [6].

Un estudio realizado en la Universidad de Tabriz, Irán, demostró que los efectos combinados de la temperatura del color e iluminación causan afectación de la percepción visual de las personas, influyendo en el rendimiento laboral [7].

En la ciudad de Shangai, China, se realizó un experimento cuyo resultado evidenció que la selección de la fuente de luz adecuada, y los ideales niveles de iluminación contribuyen a un mejor desempeño laboral y a la reducción de estrés y cefaleas en los trabajadores [8], [9], [10]. Así mismo, en los EE. UU. un estudio reveló que el hecho de no utilizar las fuentes de luz adecuadas y no hacer los diseños de manera correcta para entornos industriales, causa fatiga ocular en los trabajadores, y conlleva a baja productividad [11]. Un estudio realizado en Eslovaquia, reveló que el índice de reproducción cromática de las fuentes de luz está asociado a la sensación de

actividad o adormecimiento de los trabajadores causando alta o baja productividad en ellos [12].

Aunque en el mundo existe normatividad encargada de la regulación de las fuentes de luz, y niveles de iluminación requeridos en diferentes áreas de trabajo, el cumplimiento de estas normas se hace de manera parcial a pesar de los problemas que esto acarrea a trabajadores y ocupantes [13].

En Colombia, el Ministerio de Minas y Energía expidió el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), el cual entró en vigencia el pasado 01 de abril de 2010 [14]. Sin embargo, algunas empresas no cumplen esta reglamentación a pesar de contar con personal capacitado en estas áreas, y de la existencia de software que contribuye a realizar los diseños de iluminación [15], [16]. El objetivo principal del RETILAP es establecer los parámetros que deben cumplir los sistemas de iluminación en pro de minimizar los riesgos originados por la instalación y uso de este tipo de sistemas [17].

El software utilizado en los diseños de iluminación, en realidad procesa los datos que los usuarios ingresan, pero no necesariamente tienen en cuenta la reglamentación vigente para la realización adecuada de los mismos, ni los pasos que deben seguirse para realizar diseños de iluminación en diferentes ambientes [18].

Por otro lado, los videojuegos se han ido posicionando como una herramienta muy eficaz en el aprendizaje de diferentes temas, y se han explorado para estimular el aprendizaje en diferentes campos [19], [20]. La investigación en Inteligencia Computacional (IC) para fomentar la instrucción de usuarios de varias generaciones de manera sencilla y clara [21], la capacitación en la toma de decisiones [22] y la enseñanza en educación básica, han permitido que los videojuegos serios se convierten en una buena alternativa para facilitar el

aprendizaje de niños y adultos; debido a que responden de mejor manera a la interactividad en comparación con metodologías tradicionales de enseñanza [23].

Un videjuego con fines educativos se convierte en una herramienta alternativa para facilitar la enseñanza y el aprendizaje sobre temas específicos, cuya explicación por métodos tradicionales podría resultar dispendiosa [24], [25]. Con el fin de dar a conocer de una manera didáctica y sencilla las metodologías para realizar diseños de iluminación, y la reglamentación que se debe tenerse en cuenta para ello, se ha diseñado el videjuego **JATlux** como herramienta alternativa de enseñanza, cuyo desarrollo y evaluación se describirá a continuación.

## **2. ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 Iluminación interior**

La iluminación interior es un mercado potencial ya que la gente pasa la mayor parte de su tiempo en recintos cerrados [26]. Ciertos espacios requieren algún tipo de iluminación especial para aprovechar las condiciones del mismo, como es el caso de las viviendas, los restaurantes, los hospitales, las oficinas, las industrias, entre otros, los cuales utilizan algunas fuentes de luz que proporcionan cierto flujo luminoso.

### **2.2 Problemas por iluminación deficiente**

Un estudio publicado en 2011 donde se evaluaron 477 empleados en las ciudades de Kowalska y Varsovia [27], demostró que el trabajo frente a un computador está asociado con dolor y molestias oculares, pero una adecuada iluminación del recinto reduce ciertos síntomas manifestados.

En 2012 se realizó una prueba consistente en la evaluación de trabajadores ubicados en unidades de

visualización de video, encontrando que en 16 de las 18 estaciones de trabajo contaban con iluminación deficiente y que los trabajadores (de esas 16 estaciones) manifestaron sensibilidad a la luz, ardor, visión borrosa, y pesadez ocular; mientras que los dos trabajadores restantes no presentaron síntomas [28].

Teniendo en cuenta que hay estudios que han demostrado que la luz tiene influencias visuales y no visuales en las personas, es importante considerar en los diseños de recintos cerrados la incidencia de la iluminación natural; ya que esta puede mejorar inclusive el estado de ánimo subjetivo, la atención, el rendimiento cognitivo, la actividad física, la calidad del sueño y el estado de alerta en estudiantes y trabajadores [29], [30].

En el estudio de caso llevado a cabo en Holanda en 2018 [31], en el cual participaron 46 trabajadores de oficina en cuyo recinto se evaluó su iluminación y el estado de alerta de los trabajadores, se reveló que entre los efectos de la iluminación adecuada está el confort visual, y que este está ligado al cumplimiento de los niveles de iluminación exigidos en ambientes de oficina o educativos como aulas de clase.

En 2016 se realizó un experimento con 15 adultos jóvenes, quienes desarrollaron actividades de lectura frente a un computador durante 30 minutos en un recinto con condiciones de deslumbramiento. El experimento se repitió en un recinto con condiciones de iluminación adecuada. Como resultado se reportaron síntomas de cansancio ocular con aumento significativo después de 30 minutos de deslumbramiento, y dolor ocular con aumento aún mayor después de 10 minutos en la misma condición [32].

Así mismo, un estudio realizado en Irán con personal de enfermería, cuyo objetivo era demostrar la relación entre la intensidad de la luz con la fatiga ocular entre otras variables, concluyó que la fatiga ocular tiene una relación inversa con

la intensidad de la iluminación, lo cual implica que los individuos que presentan cansancio o fatiga ocular experimentarían condiciones desfavorables durante el sueño [33].

En los EE. UU. se apostó por el mejoramiento de los ambientes de un hospital, en pro de la salud de los pacientes por medio de la implementación de luminarias con fuentes de luz cálida.

Los resultados arrojaron que los pacientes que en las noches necesitan descansar para lograr una pronta recuperación, manifestaron muy bajos niveles de interrupciones circadianas, lo cual contribuyó significativamente a su recuperación [34].

### **2.3. Videojuegos educativos (serious game)**

Los videojuegos educativos, también llamados videojuegos serios, son aquellos cuya finalidad está basada en aportar conocimientos durante el desarrollo del mismo, con el fin de solucionar algún problema o reto planteado, combinando entretenimiento y aprendizaje. Mientras el jugador progresa en el juego, se va familiarizando con un tema específico y adquiriendo conocimientos acerca del mismo. Los videojuegos serios también se han enfocado en el aprendizaje de la ciencia para niños que se encuentran en los primeros años de educación, facilitando la enseñanza de diferentes temáticas [35].

Es posible destacar el impacto de los videojuegos para el desarrollo de habilidades en la resolución de problemas de concentración y competencia, y de lenguaje y matemáticas [36]. Algunos estudios plantean que los videojuegos pueden promover el aprendizaje e incrementar el diálogo entre personas, y describen aspectos significativos en ciertas habilidades sociales [37]. Así mismo, los videojuegos también promueven el compromiso y la motivación a cerca de algún tema tratado, aspectos relevantes

que ayudan a mejorar las actividades del aprendizaje [38].

Existen videojuegos educativos tipo shooter (videojuegos de disparos) para el aprendizaje de la ciencia, con lo cual se busca que el videojuego goce de varios niveles con el fin de construir simulaciones y visualizaciones de diversos procesos biológicos que se presentan en el mismo [39].

Un estudio desarrolló videojuegos para fomentar el aprendizaje de la matemática para alumnos invidentes. El componente más arraigado en este tipo de aplicativos es el sonido, y los jugadores pueden aprender varias operaciones como suma, resta, división, multiplicación, y otros conceptos matemáticos [40].

En un hospital de España se realizó un experimento cuya finalidad fue incidir en el plano emocional de los niños hospitalizados, con el fin de establecer emociones positivas que buscan a su vez, fomentar el aprendizaje a través del videojuego. Con lo anterior se logró que los pacientes olvidaran el entorno hospitalario y la enfermedad que padecían, facilitando que el cuerpo asimilara de mejor manera los tratamientos médicos indicados [41].

También existen videojuegos con contenido histórico mediante los cuales se fomenta el uso de las TIC, y el aprendizaje de historia y geografía universal [42].

Así mismo existen videojuegos que buscan ejercitar la comprensión lectora [43], y otros que buscan explicar los principios básicos de la programación, con lo cual se busca incentivar el área de desarrollo en ingeniería de sistemas y desarrollo de software [44].

La posibilidad de usar videojuegos educativos crea una alternativa para acercar la educación de los alumnos e incrementar su compromiso y motivación para aprender a cerca de cualquier tema que se pretenda abordar [45].

En Colombia, se han desarrollado videojuegos relacionados con el cuidado del agua, donde el jugador debe sortear

diferentes retos al encontrar en su entorno un río contaminado y, después de superar algunos de ellos, tiene la posibilidad de reunir elementos para construir una planta de tratamiento de agua. De la misma forma, el videojuego ofrece explicaciones que el jugador debe revisar para posteriormente resolver retos relacionados con la temática [46].

Por otro lado, existen varios postulados referentes a la construcción del conocimiento mediante los cuales ratifican que por medio de los videojuegos serios el jugador desarrolla habilidades para la resolución de problemas planteados, siendo este un buen comienzo para el aprendizaje [47].

Los videojuegos serios no solo se han desarrollado para enseñar acerca de un tema o como herramienta netamente académica, ya que por medio del sensor Kinect se ha planteado un sistema de rehabilitación para pacientes que han sufrido lesiones que han limitado el movimiento de sus extremidades. Lo anterior deja en claro que los videojuegos serios también pueden ser una

herramienta usada en áreas de la salud [48].

Por último, la incorporación de tecnología para abordar problemas complejos en diferentes contextos es cada vez más explorada. Por ejemplo, en [49] se plantea un sistema interactivo para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad visual. En [50] se presentan las tendencias tecnológicas en Internet de las Cosas para que sean tenidas en cuenta en los problemas del presente y del futuro.

Por lo tanto, este artículo presenta una contribución en el campo del uso de tecnología en campos poco explorados.

### 3. DISEÑO DEL VIDEOJUEGO

A continuación, se describen los pasos que se realizaron para lograr el videojuego, desde la concepción de la idea, hasta su implementación. La Tabla 1 ilustra la metodología empleada, en la cual se describe brevemente lo que se realizó en cada etapa.

Tabla 1. Metodología utilizada para el diseño del videojuego. Fuente: elaboración propia.

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>
1	Diseño del videojuego Diagrama de componentes Ver Fig. 1
2	Identificación de la necesidad ¿Por qué? ¿Para qué?
3	Etapa preliminar Requisitos funcionales. Requisitos no funcionales.
4	Etapa de diseño Diagramas de casos de uso, entidad relación, secuencia, estados, entre otros.
5	Etapa de construcción Selección herramientas de desarrollo, y lenguaje de programación.
6	Objetivo y jugabilidad Se plantea el objetivo del juego y la interacción con el usuario: botones, áreas de texto, imágenes.
7	Selección y creación de ambientes Se indica el recinto o lugar a iluminar y la metodología empleada.
8	Etapa de pruebas Verificación de los requisitos funcionales, por medio de los casos de prueba. Ver Fig. 22

### 3.1 Identificación de la necesidad

Teniendo en cuenta que los diseñadores de iluminación suelen omitir algunos parámetros importantes al momento de realizar los diseños de iluminación, tal como se indica en la introducción de este artículo, se ha planteado una herramienta alternativa para que, de manera didáctica, se facilite el aprendizaje sobre estos temas.

De acuerdo a lo anterior nace JATlux, un videojuego serio o educativo mediante el cual se pretende fomentar el correcto aprendizaje acerca de cómo hacer los diseños de iluminación de manera adecuada, siguiendo lo estipulado en el RETILAP.

### 3.2 Etapa preliminar

Utilizando algunas herramientas de UML (Unified Modeling Language), se implementaron las etapas preliminares y de diseño. En la etapa preliminar se

identificaron los requisitos funcionales y no funcionales, y la estructura general del videojuego, como se muestra en la Tabla 2.

### 3.3 Etapa de diseño

En la etapa de diseño se realizaron los diagramas de caso de uso para identificar los eventos en la interacción del videojuego, el diagrama de secuencia para resaltar las estructuras más importantes del videojuego donde se describen las acciones que pueden resultar; el diagrama de estados, donde se plantean los posibles estados que el videojuego tendrá a medida que el jugador avanza mientras interactúa con él; y el diagrama de componentes donde se muestra un resumen general de los componentes relacionados, entre otros.

Por su parte, la Fig. 1 ilustra el diagrama general del sistema, y la Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4 y Fig. 5, indican los diagramas antes mencionados.

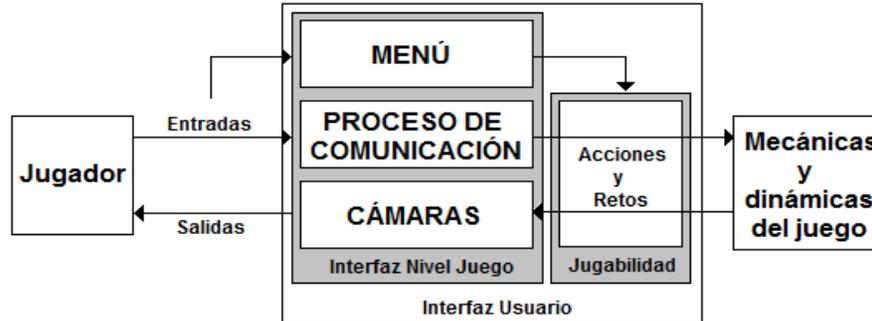


Fig. 1. Diagrama general del sistema. Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Estructura general del videojuego. Fuente: elaboración propia.

N	Alcance en el videojuego	Tema del RETILAP	Ubicación
N1	Metodología de diseño Recinto cerrado	Método europeo: aula de clase	RETILAP sección 430, p. 91 - 97
N2	Metodología de diseño Recinto cerrado	Método de las Cavidades Zonales: oficinas abiertas	RETILAP sección 430, p. 91 - 97
N3	Metodología de diseño Recinto cerrado	Método del Coeficiente de Utilización: bodega de almacenamiento	RETILAP sección 430, p. 91 - 97
N4	Metodología de diseño Iluminación depotiva	Cancha de minifútbol	RETILAP sección 560.3, p. 170 - 173
N5	Exigencias en diseños Iluminación de emergencia	Recinto cerrado: edificio	RETILAP sección 470, p. 103 - 106

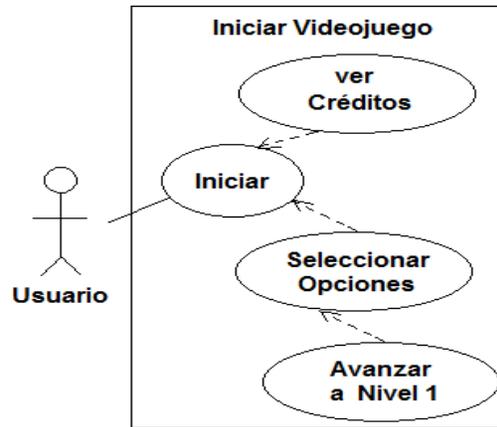


Fig. 2. Caso de uso *iniciar* videojuego. Fuente: elaboración propia.

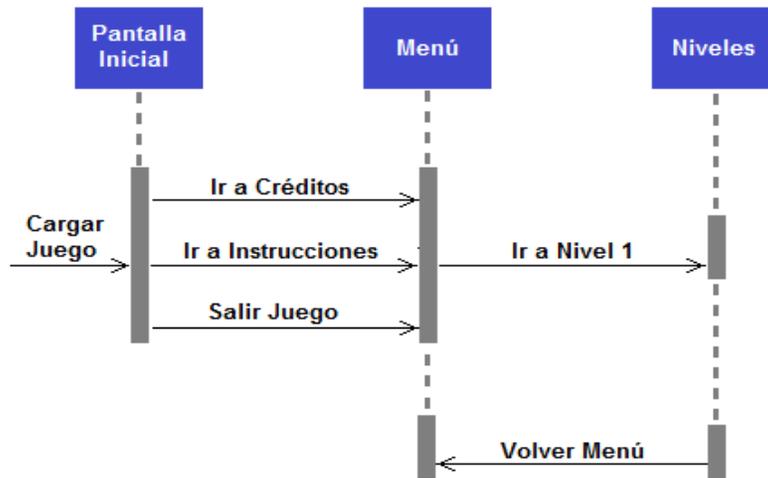


Fig. 3. Diagrama de secuencia iniciar videojuego. Fuente: elaboración propia.

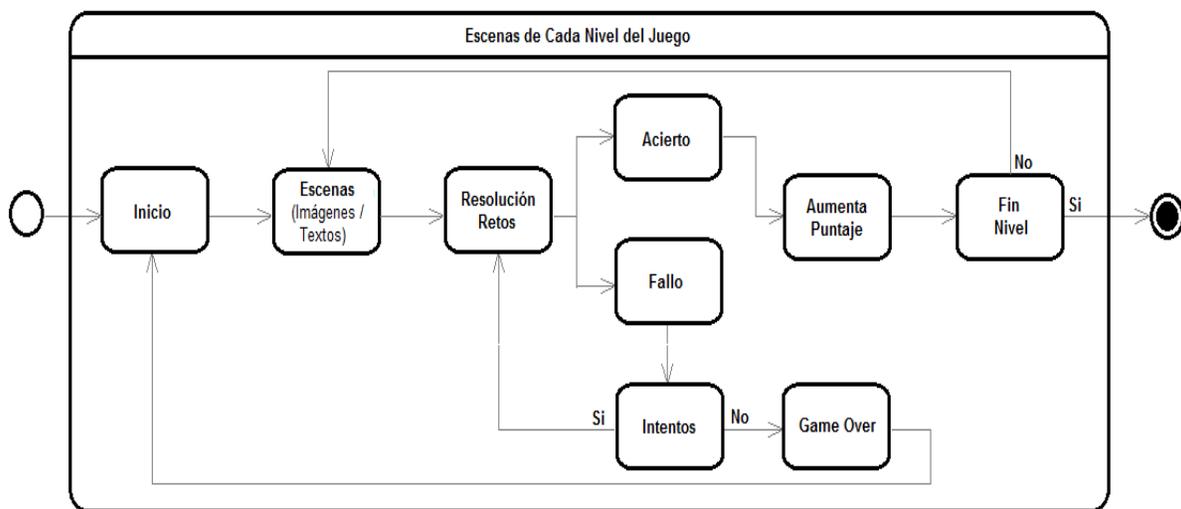


Fig. 4. Diagrama de estado del nivel. Fuente: elaboración propia.



Fig. 5. Diagrama de componentes. Fuente: elaboración propia.

### 3.4 Etapa de construcción

La plataforma de desarrollo Unity 5.5 fue seleccionada para la concepción del videojuego, por cuanto es un motor muy versátil que cuenta con la posibilidad de usarse junto a Blender, Photoshop, Corel Draw (entre otros) y adicionalmente tiene incorporado un entorno de desarrollo de scripts liviano y gratuito denominado MonoDevelop. Gracias a las licencias gratuitas, y al hecho de ser una multiplataforma ha ganado popularidad entre los desarrolladores de videojuegos.

Unity Copyright © 2005 Unity Technologies ha sido creado por la empresa Unity Technologies en 2005, y a lo largo de los años ha evolucionado llegando actualmente a la versión 2019, la cual posee mejoras relacionadas con realidad virtual, realidad aumentada, y también permite compatibilidad con sistemas operativos Microsoft, Linux © 2005, Microsoft Corporation, All rights reserved, Linux Copyright © 2006, y Android, entre otros.

### 3.5 Objetivo y jugabilidad

El objetivo del videojuego es fomentar el aprendizaje y ampliar el conocimiento acerca de cómo deben realizarse adecuadamente los diseños de iluminación, para lo cual el jugador debe contestar las

preguntas acertadamente hasta lograr el diseño solicitado. El aplicativo es un videojuego serio que está desarrollado casi en su totalidad en dos dimensiones, y su mecánica consisten en la interpretación de varios textos e ilustraciones para posteriormente responder las preguntas asociadas de manera acertada. Teniendo en cuenta lo estipulado en el RETILAP se plantearon cinco escenarios mediante los cuales se explican las tres metodologías para diseños de iluminación interior, un escenario para explicar una metodología para el diseño de iluminación deportiva, y un escenario donde se explica lo referente a la iluminación de emergencia. Cada uno de ellos representa un nivel dentro del videojuego, el cual pretende ilustrar de manera didáctica y alterna cómo se deben realizar los diseños de iluminación. La pantalla inicial donde se muestran los botones de “créditos” e “inicio”, se muestra en la Fig. 6.

### 3.6 Selección y creación de ambientes de los cinco niveles

En el primer nivel el jugador deberá realizar el diseño de iluminación de un aula de clase, donde inicialmente se plantean algunas condiciones del entorno como: las reflectancias de piso, techo, y pared; y las dimensiones del recinto a iluminar. También se hace hincapié en que

el valor de la iluminancia de diseño es la iluminancia media indicada en el RETILAP. La Fig. 7 advierte al jugador que iniciará el nivel 1, y que el diseño a realizar será el de un aula de clase.

Posteriormente, el jugador puede explorar el área a iluminar en un entorno

3D en primera persona como se muestra en la Fig. 8, con apariencia similar a los videojuegos FPS (First Person Shooter): "vemos lo que el personaje ve, pero no vemos al personaje".



Fig. 6. Pantalla inicial (al pulsar el botón créditos se muestra información referente al videojuego, mientras que el botón inicio permite acceder al primer nivel)  
Fuente: elaboración propia.



Fig. 7. Inicio nivel 1, cuyo diseño de iluminación se realizará por el Método Europeo  
Fuente: elaboración propia.



Fig. 8. Entorno 3D en primera persona para explorar el recinto  
Fuente: elaboración propia.

Una vez explorada el área, el videojuego vuelve a entorno en dos dimensiones, y el jugador debe responder las preguntas relacionadas con el diseño en cuestión, interpretando la información brindada en cada parte de la pantalla hasta solucionar el reto planteado, como se muestra en la Fig. 9.

El nivel finaliza en un entorno 3D en primera persona, donde el jugador puede observar las luminarias instaladas en el techo, tal como se ilustra en la Fig. 10.

Los pasos descritos anteriormente se repiten en los niveles 2 y 3, en los cuales se

explican las metodologías de las Cavidades Zonales, y Coeficiente de Utilización para oficinas abiertas y bodega de almacenamiento, respectivamente. En la Fig. 11 se advierte al jugador que se encuentra en el segundo nivel.

La Fig. 12 ilustra el entorno 3D de las oficinas abiertas a iluminar.

En la Fig. 13 se plantea un nuevo reto para el cálculo del Coeficiente de Utilización (CU), el cual debe calcularse teniendo en cuenta la información hasta ese momento suministrada por el videojuego.

Puntaje: 0 Nivel: 1

### Relación del Local (RL)

La relación del local está dada por  $RL = \frac{(a \times l)}{Hm(a + l)}$  donde  $a$  y  $l$  son el ancho y el largo del local, y  $Hm$  es la altura del montaje.

Calcule la relación del local

$a =$    $l =$

$Hm =$    $RL =$

Fig. 9. Reto para hallar RL en el nivel 1. Fuente: elaboración propia.



Fig. 10. Entorno 3D fin del nivel 1. Fuente: elaboración propia.



Fig. 11. Pantalla inicial nivel 2. Fuente: elaboración propia.



Fig. 12. Entorno 3D en primera persona para explorar el área a iluminar en el nivel 2  
Fuente: elaboración propia.

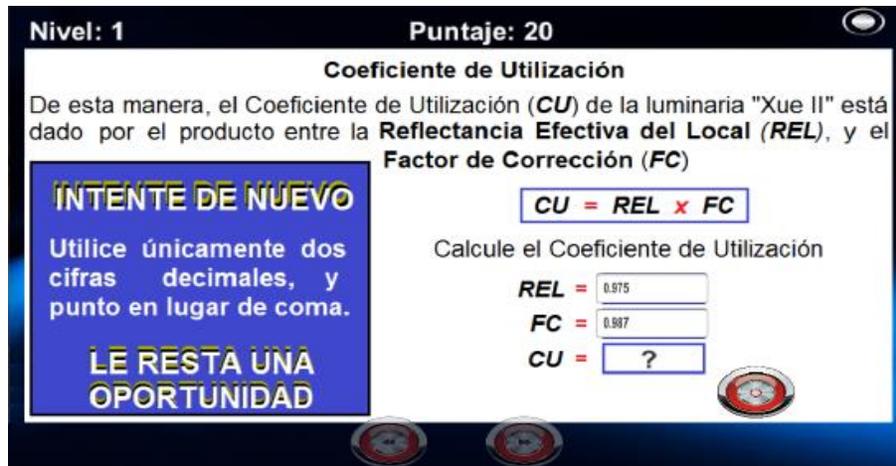


Fig. 13. Reto para hallar el CU en el nivel 2 (en el recuadro se muestra que el videojuego advierte de errores cometidos y de las oportunidades que le restan al jugador)  
Fuente: elaboración propia.

En la Fig. 14 se muestra nuevamente el entorno 3D de las oficinas abiertas con las luminarias suspendidas, lo cual indica el fin del nivel 2.

La Fig. 15 ilustra la pantalla inicial del nivel 3, donde se debe realizar el diseño de iluminación de una bodega, por el Método del Coeficiente de Utilización.

La Fig. 16 ilustra el entorno 3D de la bodega a iluminar, donde el jugador puede moverse libremente para explorar el área.

En la Fig. 17 se hace una explicación referente a la gráfica del Coeficiente de

Utilización, dato clave para el diseño a realizar.

Tal como se ha mostrado hasta este punto, el videojuego nuevamente llega al entorno 3D donde el jugador puede explorar la bodega con las luminarias instaladas, tal como se indica en la Fig. 18.

El cuarto nivel por su parte ilustra la metodología para iluminar una cancha de minifútbol.

En la Fig. 19 se ilustra el inicio del nivel 4.



Fig. 14. Entorno 3D en primera persona donde se muestran las luminarias instaladas al finalizar el nivel 2. Fuente: elaboración propia.

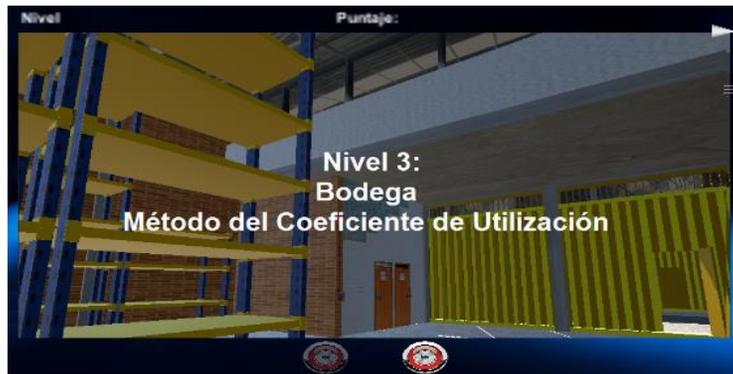


Fig. 15. Pantalla inicial nivel 3. Fuente: elaboración propia.



Fig. 16. Entorno 3D de la bodega en el nivel 3. Fuente: elaboración propia.

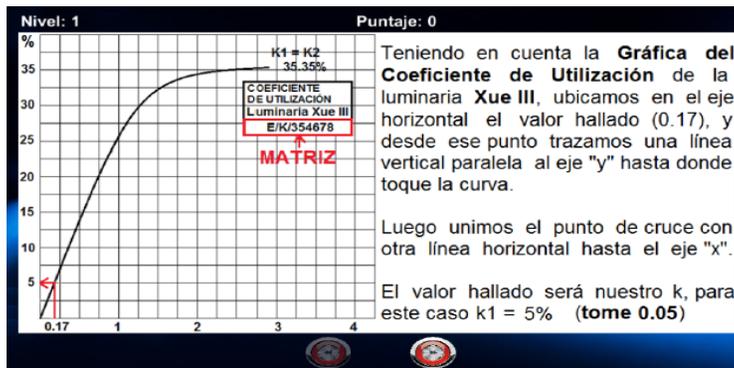


Fig. 17. Explicación del cómo utilizar la gráfica del Coeficiente de Utilización de las luminarias, en el nivel 3. Fuente: elaboración propia.

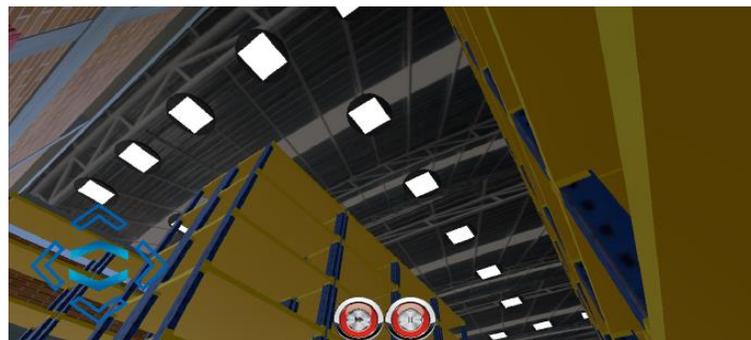


Fig. 18. Entorno 3D en primera persona final nivel 3. Fuente: elaboración propia.



Fig. 19. Pantalla inicial nivel 4. Fuente: elaboración propia.

En la Fig. 20 se plantea un nuevo reto para hallar un parámetro requerido para determinar la altura del mástil que soportará las luminarias.

Una vez hecho el diseño, el jugador puede explorar la cancha de minifútbol, donde se muestran las luminarias instaladas como se muestra en la Fig. 21.

El quinto y último nivel hace hincapié en la iluminación de emergencia de acuerdo a la importancia que demanda este tipo de diseño en recintos cerrados.

La Fig. 22 indica el inicio del nivel 5.

La Fig. 23 explica los niveles de iluminación que deben tener los pasillos del recinto a iluminar, tal como está indicado en el RETILAP.

Cuando el jugador inicia la exploración del recinto a iluminar en entrono 3D, la iluminación se apaga, y entra en funcionamiento la iluminación de emergencia. En esta parte el jugador debe buscar la salida del edificio, mientras verifica los puntos críticos que deben ser iluminados en caso de emergencia, tal como se muestra en la Fig. 24.

Nivel: 1 Puntaje: 0

**Calculo distancia D**

El área del campo de juego mide 100m X 50m, y para realizar el diseño se instalará un mástil en cada esquina, a una distancia de 7 y 5 metros de acuerdo a las dimensiones del terreno. Para lograrlo, debemos calcular la distancia D.

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$X^2 = ((100/2) + 7)^2 = 3249$$

$$X^2 = \text{[3249]} \quad Y^2 = \text{[ ]}$$

$$D = \text{[?]}$$

Fig. 20. Reto para hallar la distancia D, en el nivel 4. Fuente: elaboración propia.



Fig. 21. Entorno 3D en primera persona al finalizar el nivel 4  
Fuente: elaboración propia.



Fig. 22. Inicio del nivel 5. Fuente: elaboración propia.

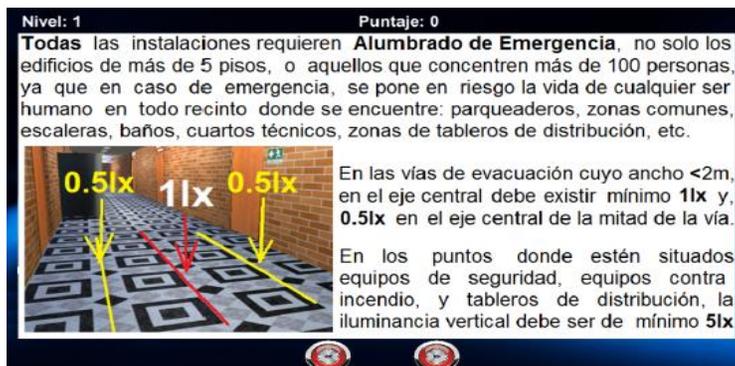


Fig. 23. Explicación de los niveles de iluminación que el RETILAP exige, nivel 5. Fuente: elaboración propia.



Fig. 24. Entorno 3D en primera persona donde el jugador debe encontrar la salida  
Fuente: elaboración propia.

### 3.7 Etapa de pruebas

Para corroborar los requerimientos funcionales se realizaron pruebas de las escenas de cada nivel, que consistieron en la manipulación de los botones garantizando que cada uno de ellos cumple con la función asignada. Así mismo, se

hicieron las verificaciones de la correcta instalación y funcionamiento en dispositivos móviles y en computadores, y no se encontraron anomalías. En la Fig. 25 se ilustran los componentes que existen en las escenas del videojuego, y en la Tabla 3 se incluyen los casos de prueba.

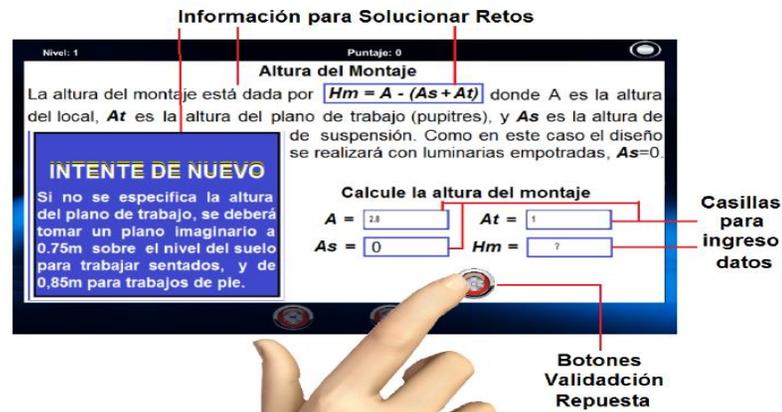


Fig. 25. Jugabilidad conforme a los requisitos funcionales. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Verificación casos de prueba. Fuente: elaboración propia.

Requerimiento	Comportamiento	Resultado	
		Si	No
RF1: Tipo de videojuego	¿El videojuego se instala correctamente en computador con sistema operativo Windows 7, Windows 8 o Windows 10?	X	
	¿El videojuego se instala correctamente en dispositivo móvil con sistema operativo Androir superios a 5.0?	X	
	¿Es necesario conectarse a internet para su funcionamiento?		X
RF2: Requisitos básicos	¿El videojuego cuenta ilustra adecuadamente los requisitos para un buen diseño?	X	
	¿El videojuego cuenta con la información necesaria para resolver los retos planteados?	X	
RF3: Respuestas del videojuego	¿El videojuego cuenta con una respuesta verdadera para cada una de las preguntas formuladas?	X	
RF4: Ingreso de respuestas	¿El videojuego cuenta con casillas para ingresar las respuestas del jugador?	X	
RF5: Acumulación de puntos	¿El videojuego asigna el puntaje adecuado para el primer, segundo y tercer intento?	X	
RF6: Alertas	¿El videojuego informa si la respuesta es correcta o no?	X	
RF7: No hay límite de tiempo	¿El videojuego cuenta con un cronómetro para resolución de retos?		X

Para la última etapa se realizó un experimento con 25 personas quienes respondieron a un cuestionario pre-test, jugaron el videojuego, y posteriormente respondieron un cuestionario post-test; información que fue organizada para evaluar el resultado obtenido.

#### 4. EVALUACIÓN

En este aparte se describe el experimento realizado para evaluar si el videojuego tiene aceptación o rechazo por parte del público objetivo, y si cumple con el objetivo planteado.

##### 4.1 Diseño del experimento

En primera instancia ha sido válido considerar que, según el planteamiento del artículo, que el público objetivo del videojuego son las personas vinculadas al gremio de la iluminación, por cuanto a pesar de los conocimientos que deben tener acerca del tema, se cometen errores por el desconocimiento de la normatividad, ocasionando algunos problemas descritos previamente en la introducción.

##### 4.2 Descripción del experimento

A continuación, se explican las actividades realizadas durante el experimento.

##### 4.2.1 Herramientas

A cada persona se le pidió que llevara un computador portátil, y en cada uno de ellos se procedió a instalarle el archivo .exe (archivo ejecutable), ya que el archivo .apk (paquete de datos) para el sistema operativo android no es compatible con todas las versiones de los dispositivos móviles de los colaboradores. Esta labor tomó aproximadamente 20 minutos de la primera sesión, y 10 minutos la segunda sesión. Posteriormente se verificó la conexión a internet de todos los equipos ya que se iba a necesitar en el diligenciamiento del pre-test.

##### 4.2.2 Consideraciones previas

Se realizó sensibilización a los participantes referente al objetivo de la prueba, explicando brevemente cómo se iba a desarrollar, la mecánica del videojuego, y algunas consideraciones previas referentes al mismo. Una vez terminada la explicación se indicó que se debía diligenciar el consentimiento informado, y que posteriormente a ello se enviará un pre-test vía e-mail para posteriormente iniciar con la prueba del videojuego. Acto seguido se indicó que al analizar la prueba se enviaría un post-test vía e-mail que debía ser enviado para la evaluación final.

En la Fig. 26 se muestran algunos estudiantes realizando las pruebas.



Fig. 26. Grupo de participantes de Ingeniería Eléctrica realizando la prueba del videojuego JATlux. Fuente: elaboración propia.

## 5. DISCUSIÓN

Como se indicó anteriormente, a los participantes se les solicitó diligenciar una encuesta antes de jugar el videojuego, por medio de la cual se pretendía conocer si había tenido contacto con videojuegos educativos, y si se poseían los conocimientos mínimos que se deben tener para realizar diseños de iluminación, teniendo en cuenta que el público objetivo eran estudiantes de luminotecnia, Ingeniería Eléctrica, Diseñadores de Iluminación, docentes del área de iluminación, y asesores comerciales, entre otros. El fundamento de las preguntas tanto del pre-test como del post-test estaba orientado a una investigación cualitativa, teniendo en cuenta que en el experimento no se midieron tiempos para resolución de retos o aprobación de niveles, eficiencia del

videojuego, ni ergonomía. El objetivo era verificar si el videojuego fomenta el aprendizaje de la adecuada realización de diseños de iluminación en diferentes ambientes, aún para lo cual el jugador podría jugar el juego varias veces, como sucede en los videojuegos de entretenimiento.

### 5.1 Pre-test

A continuación, se muestran los resultados de las preguntas más relevantes del pre-test, por medio de las cuales se recopiló la información que revela los conocimientos que el público objetivo tiene para realizar los diseños de iluminación, como se puede ver en las Fig. 27, Fig. 28, Fig. 29, Fig. 30 y Fig. 31.

Resultados pregunta 1 (numerada 1 en el cuestionario):

1. ¿Alguna vez ha usado un video juego serio para aprendizaje de algún tema?  
25 Respuestas

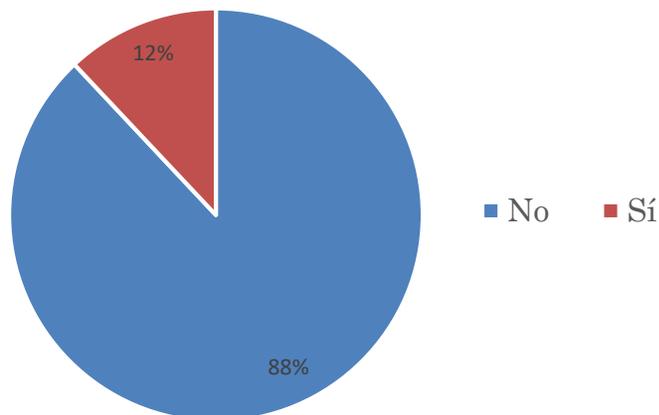


Fig. 27. Se evidencia que la gran mayoría de participantes del experimento no han tenido contacto con videojuegos serios. Fuente: elaboración propia.

## 2. ¿Sabe usted qué es el Coeficiente de Utilización? 25 Respuestas

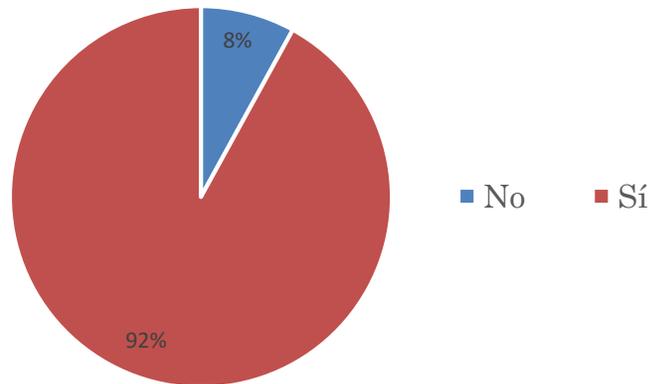


Fig. 28. Se evidencia que la mayoría de los participantes argumenta conocer qué es el Coeficiente de Utilización  
Fuente: elaboración propia.

## 3. El Coeficiente de Utilización es:

25 Respuestas

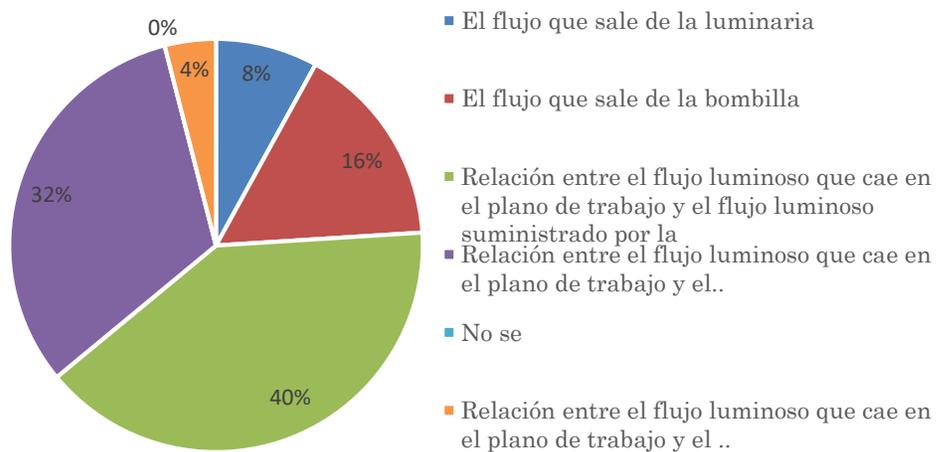


Fig. 29. Respuestas a la definición de CU. Fuente: elaboración propia.

**7. ¿Conoce usted las Tablas de Reflectancia Efectivas que están en el RETILAP y sabe para qué se usan?**  
25 Respuestas

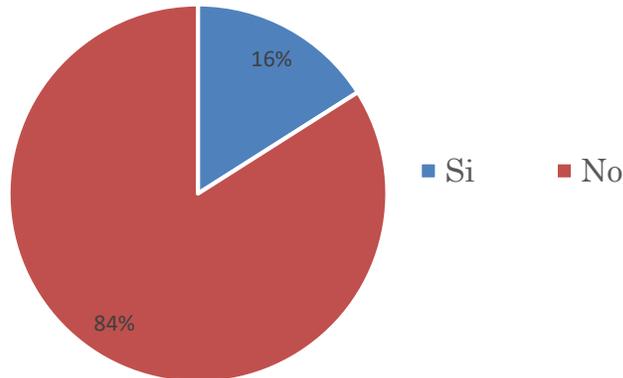


Fig. 30. Conocimiento de los participantes sobre las Tablas de Reflectancias  
Fuente: elaboración propia.

**8. Las Tablas de Reflectancias Efectivas según el RETILAP se usan en el método de diseño:**  
25 Preguntas

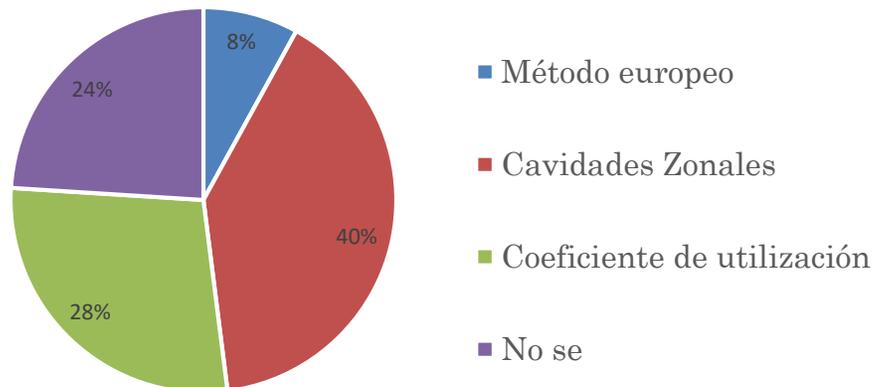


Fig. 31. Conocimiento sobre el uso de las Tablas de Reflectancias  
Fuente: elaboración propia.

## 5.2 Post-test

Después de realizar la prueba del videojuego, mediante el cual los participantes describen la experiencia de su contenido y jugabilidad, fue diligenciado el siguiente post-test, donde se encontraron

los datos que se presentan a continuación. Ver en las Fig. 32, Fig. 33, Fig. 34, Fig. 35, Fig. 36 y Fig. 37.

Resultados pregunta 1 (numerada 10 en el cuestionario):

### 10. Según el video juego, el coeficiente de utilización

es:

25 Preguntas



Fig. 32. Resultados a la definición del CU. Fuente: elaboración propia.

Resultados pregunta 2 (numerada 12 en el cuestionario):

### 12. Las Tablas de Reflectancia Efectivas según el RETILAP se usan en el método de diseño:

25 Respuestas

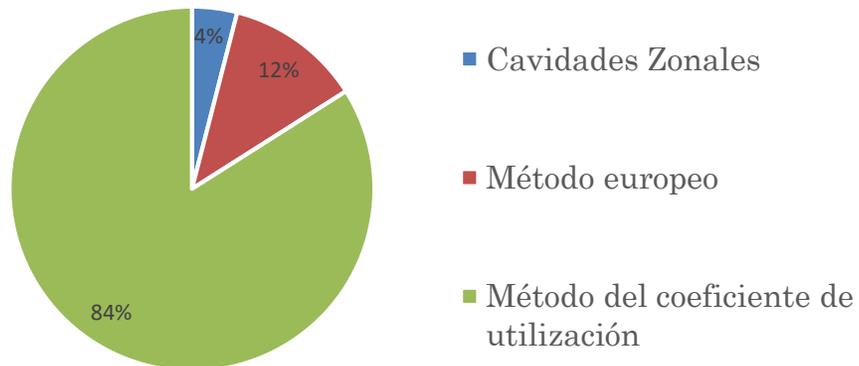


Fig. 33. Resultados aplicabilidad de las Tablas de Reflectancias. Fuente: elaboración propia.

Resultados pregunta 3 (numerada 14 en el cuestionario):

**14. Las Tablas de Factores de Corrección se usan cuando un diseño de iluminación la reflectancia del piso:  
25 Respuestas**

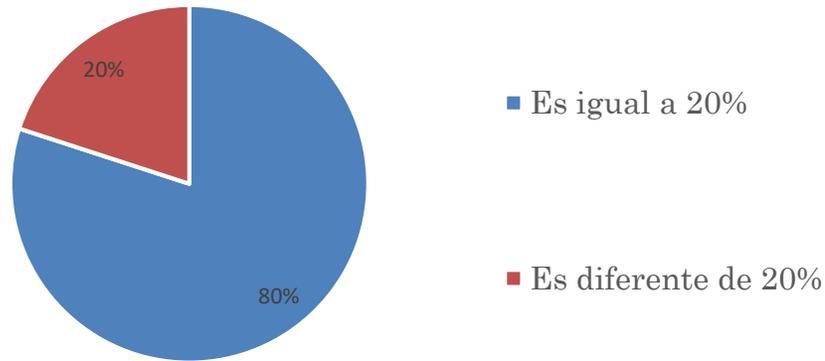


Fig. 34. Resultados sobre el uso de los Factores de Corrección  
Fuente: elaboración propia.

Resultados pregunta 4 (numerada 16 en el cuestionario):

**16. ¿Usted considera que con el VideoJuego aprendió las metodologías para diseños de iluminación, y podría hacer un diseño más detallado?  
25 Respuestas**

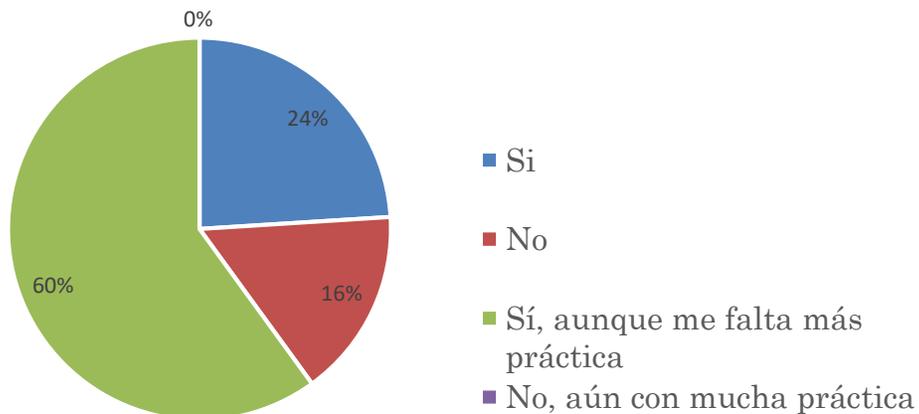


Fig. 35. Resultados evaluación el aprendizaje  
Fuente: elaboración propia.

Resultados pregunta 2 (numerada 17 en el cuestionario):

**17. Considera usted que el vídeo juego  
25 Respuestas**

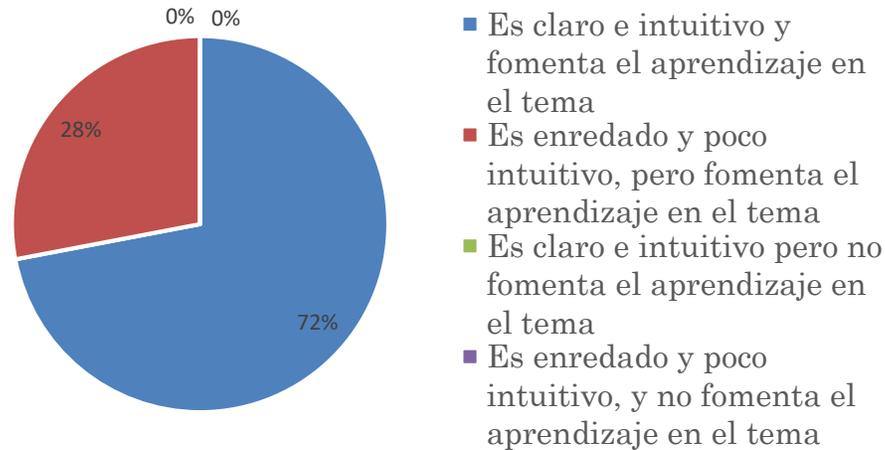


Fig. 36. Resultado característico del videojuego. Fuente: elaboración propia.

Resultados pregunta 6 (numerada 18 en el cuestionario), donde se evidencia que el 72 % de los participantes indica que el videojuego es una buena herramienta para aprender a cerca del RETILAP, y el 16 % de ellos indica que es preferible tomando un curso relacionado, pero utilizando el videojuego:

### 5.3 Análisis de resultados

Teniendo en cuenta que el público objetivo del videojuego desarrollado son los Diseñadores de Iluminación, y docentes y estudiantes de luminotecnia; se puede establecer que JATlux puede utilizarse como herramienta alternativa para la enseñanza de cómo hacer adecuadamente diseños de iluminación, por cuanto el público aclaró conceptos importantes que erróneamente aplicaban al momento de diseñar. Lo anterior es a causa de las

explicaciones y advertencias que el videojuego hace al jugador en partes del diseño donde habitualmente se cometen errores.

Así mismo, teniendo en cuenta que el 72 % de la población indicó que el videojuego es claro e intuitivo, se puede ampliar el público objetivo a personas interesadas en el tema de la iluminación pero que no necesariamente tengan conocimientos previos; dado que el uso de las TIC en la educación tiene buena acogida en el momento de tratar diferentes temas por cuanto se rompe con el esquema tradicional del docente y el aula de clase.

Así mismo, la población indica que el videojuego es una buena alternativa para aprender, aun cuando un curso relacionado ayudaría mucho en el proceso de aprendizaje de las personas que se inician en el campo de la iluminación.

**18. Considera usted que aprender a cerca del RETILAP:  
25 Respuestas**



Fig. 37. Resultados preferencia del método de aprendizaje  
Fuente: elaboración propia.

Aunque el RETILAP avala tres metodologías para realizar diseños de iluminación, únicamente explica dos de ellas. Los resultados muestran que, a través del videojuego, el público conoció cómo realizar adecuadamente los diseños y ahora puede realizarlos usando las tres alternativas.

El videojuego fomenta la adecuada forma de implementar las tres metodologías de diseño minimizando errores comúnmente cometidos, lo cual puede contribuir a que no existan los problemas de salud visual, y accidentes causados por iluminación deficiente e inadecuada. Cuanto más conocido sea el videojuego entre la comunidad de luminotecnía, menos errores se cometerán en los diseños realizados. Con este objeto el videojuego incorpora en el quinto nivel los requisitos mínimos para la realización de diseños de iluminación de emergencia (dejando en claro al jugador que todo recinto debe tener este tipo de iluminación, y no solo aquellas edificaciones donde existan más de 50 personas según indicaciones del RETILAP). Con base en lo anterior se pueden promover mejoras en el reglamento que podrían tenerse en cuenta en nuevas ediciones.

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo con que el resultado del pretest realizado al público objetivo arrojó baja claridad en los conceptos y en las metodologías utilizadas para realizar diseños de iluminación, el videojuego JATLux ofrece una propuesta de valor consistente en el fomento del aprendizaje de la correcta realización de diseños de iluminación, de manera clara y didáctica, con lo cual el jugador aprende mientras se divierte, y aplica la normatividad colombiana vigente, evitando realizar diseños erróneos que conllevan a los problemas de salud visual, y bajo rendimiento académico o laboral, descritos anteriormente.

El resultado del post-test evidencia que la falta de claridad en conceptos clave y en las metodologías evaluadas, fueron corregidas y aclaradas una vez los usuarios jugaron el videojuego, lo cual indica que el aplicativo es una herramienta alternativa que encamina al usuario al correcto aprendizaje de la realización de los diseños de iluminación.

La propuesta del videojuego JATLux, consiste en la mitigación de los problemas descritos a causa de los diseños de

iluminación que se realizan sin tener en cuenta la normatividad vigente en Colombia, y lo que los videojuegos serios pueden lograr referente al aprendizaje de un tema particular. El videojuego plantea varios escenarios en los cuales se explican paso a paso las metodologías empleadas en los diseños, y la aplicación del RETILAP en cada uno de ellos.

El videojuego es una propuesta en la innovación tecnológica para el aprendizaje en lo relacionado con el área de luminotecnia, al poner al alcance del público objetivo y de cualquier persona interesada en el tema, una herramienta interactiva y didáctica que permite aprender a realizar diseños de iluminación de manera correcta abordando las tres metodologías para realizar diseños de iluminación; con lo cual se ofrece una solución para conocer el RETILAP, y mitigar los errores en los diseños y sus negativas consecuencias.

Por último, la experiencia que ha dejado la realización de este documento, pone en evidencia las características académicas que poseen los videojuegos serios, razón por la cual se considera viable su implementación en otras temáticas y áreas del conocimiento.

## 7. RECONOCIMIENTOS

Este documento no se hubiese podido realizar sin la ayuda del ingeniero Edgar Alfonso Prada, docente del Diplomado en Iluminación ofrecido por la Universidad Nacional de Colombia, quien contribuyó con sus conocimientos en el área de la iluminación a la solución de inquietudes en cada uno de los diseños que plantea el videojuego. Así mismo, agradezco al ingeniero Jorge Eliecer Camargo Mendoza, por sus contribuciones en el campo del desarrollo de software, análisis, metodología, validación, y supervisión del proyecto, con lo cual fue posible conceptualizar ésta idea, plasmarla en

notas de clase, posteriormente convertirla en un videojuego, adquirir datos, y documentarla para compartirla con las personas interesadas.

## 8. CONFLICTOS DE INTERÉS DE LOS AUTORES

No se declaran conflictos de intereses por ninguno de los autores.

## 9. REFERENCES

- [1] M. Guarnieri, "The rise of light," *2015 ICOHTEC/IEEE International History of High-Technologies and their Socio-Cultural Contexts Conference (HISTELCON)*, Tel-Aviv-Israel, 2015, pp. 1-14.  
<https://doi.org/10.1109/HISTELCON.2015.7307311>
- [2] Y. Chen; Q. Sun, "Artificial intelligent control for indoor lighting basing on person number in classroom," *9th Asian Control Conference (ASCC)*, Istanbul, 2013, pp. 1-4.  
<https://doi.org/10.1109/ASCC.2013.6606030>
- [3] A Borisuit; F Linhart; J-L Scartezzini; M Münch, "Effects of realistic office daylighting and electric lighting conditions on visual comfort, alertness and mood" *Lighting Research & Technology*, vol. 47, no. 2, Apr. 2015.  
<https://doi.org/10.1177/1477153514531518>
- [4] Ji-Hyun Lee; J. W. Moon; S. Kim, "Analysis of Occupants Visual Perception to Refine Indoor Lighting Environment for Office Tasks". *Energies* vol. 7, no. 7, Jun. 2014.  
<https://doi.org/10.3390/en7074116>
- [5] J. Van Duijnhoven; M. P. J. Aarts; M. B. C. Aries; A. L. P. Rosemann; H. S. M. Kort, "Systematic review on the interaction between office light conditions and occupational health: Elucidating gaps and methodological issues". *Indoor and Built Environment*, vol. 28, no. 2, pp. 152- 174, Oct. 2017.  
<https://doi.org/10.1177/1420326X17735162>
- [6] R. Kralikova, "Influence of Lighting Quality on Productivity and Human Health" *Journal of environmental protection, safety, education and Management*, vol. 3, no. 5, pp. 42- 48, Jun. 2015. Disponible: [URL](#)
- [7] A. Vahedi; I Dianat, "Employees' Perception of Lighting Conditions in Manufacturing Plants: Associations with Illuminance Measurements" *Journal of Research in Health Sciences*, vol. 14, no. 1, 2014. [URL](#)

- [8] A. Jayawardena; D. Duffy; J. Manahan, "Impact of light on safety in industrial environments," en *2015 IEEE Petroleum and Chemical Industry Committee Conference (PCIC)*, Houston, TX, 2015, pp. 1-9. <https://doi.org/10.1109/PCICON.2015.7435087>
- [9] A. Serrano-Tierz; A. Martínez Iturbe; Ó. Guarddon Muñoz; J. L. Santolaya Sáenz "Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso", *DYNA*, vol. 82, no. 191, pp. 231-239. Apr. 2015. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v82n191.45442>
- [10] L. F. Robles Machuca, "Confort Visual: Estrategias para el Diseño de Iluminación Natural en Aulas del Sistema de Educación Básica Primaria en El AMM Nuevo León", (Tesis maestría), Universidad de Nuevo León, México, 2014. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/4497/1/1080253695.pdf>
- [11] B. L. Morrow; S. M. Kanakri, "The impact of fluorescent and led lighting on students' attitudes and behavior in the classroom". *Advances in pediatric research*, vol. 5, no. 15, pp. 1- 12, 2018. <https://doi.org/10.24105/apr.2018.5.15>
- [12] D. Katunský; E. Dolníková; S. Doroudiani. "Integrated Lighting Efficiency Analysis in Large Industrial Buildings to Enhance Indoor Environmental Quality" *Buildings*, vol. 7, no. 2, Jun. 2017. <https://doi.org/10.3390/buildings7020047>
- [13] Ministerio de Minas y energía, Resolución No. 180540 de marzo 30 de 2010. Disponible: <URL>
- [14] Ministerio de Minas y energía, Resolución No. 40122 de febrero 08 de 2016. Disponible en: <URL>
- [15] J. J. Beltrán Molina; C.E. Merchán Arévalo, "Niveles de Iluminación y su Relación con los Posibles Efectos Visuales en los Empleados de una IPS en Bogotá". *Mov.cient.*, vol. 7, no. 1, pp. 31-37. Jan. 2013. Disponible: <URL>
- [16] A. Yasukouchi; N. Toda; H. Noguchi, "Optimal Lighting Conditions for Office Workers from the Perspective of Non-visual Effects". in *International Conference of Occupational Health and Safety (ICOHS-2017), KnE Life Sciences*, vol. 3, no. 2, pp. 451-461, Jun. 2018. <https://doi.org/10.18502/kls.v4i5.2576>
- [17] Ministerio de Minas y Energía, Anexo general del Reglamento de iluminación y alumbrado público. RESOLUCIÓN No. 180540, Mar. 2010, Bogotá, Colombia. Disponible en: <URL>
- [18] A.F.C. Vizeu da Silva; A. Oliveira; C. I. Faustino Agreira; M. M. Travassos Valdez, "An educational approach to a lighting design simulation using DIALux evo software" *2016 51st International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, Coimbra, Portugal, 2016. pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/UPEC.2016.8114127>
- [19] D. B Clark; Sengupa, C. E Brady; M. M. Martinez-Garza; S. S Killingsworth, "Disciplinary integration of digital games for science learning", *International Journal of STEM Education*, vol. 2, no. 2, Feb 2015. <https://doi.org/10.1186/s40594-014-0014-4>
- [20] J. Madrigal Pana; J. Gómez-Figueroa; J. Moncada-Jiménez, "Adult Perception Toward Videogames and Physical Activity Using Pokémon Go". *Games for Health Journal*, vol. 8, no. 3, Jun. 2019. <https://doi.org/10.1089/g4h.2018.0100>
- [21] T. Schaul, "A video game description language for model-based or interactive learning," *2013 IEEE Conference on Computational Intelligence in Games (CIG)*, Niagara Falls, 2013, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1109/CIG.2013.6633610>
- [22] E. S. Veinott et al., "Is more information better? Examining the effects of visual and cognitive fidelity on learning in a serious video game," *2014 IEEE Games Media Entertainment*, Toronto, 2014, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/GEM.2014.7048105>
- [23] F. Gottschalk, "Impacts of Technology use on Children: Exploring Literature on the Brain, Cognition and WellBeing", *OECD Education Working Papers*, no. 195, pp. 195, Feb. 2019. <https://doi.org/10.1787/8296464e-en>
- [24] A. del Blanco; J. Torrente; P. Moreno-Ger; B. Fernández Manjón, "Towards the Generalization of Game based Learning Integrating Educational Video Games in LAMS", en *2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, Sousse, Tunisia, 2010. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2010.183>
- [25] S. Matei, "Digital Cultures of Commemoration: Learning and Unlearning History through Video Games," en *2015 20th International Conference on Control Systems and Computer Science*, Bucharest, 2015, pp. 777-782. <https://doi.org/10.1109/CSCS.2015.128>
- [26] H. K Falkenberg; T. M. Kvikstad; G. Eilertsen "Improved indoor lighting improved healthy aging at home – an intervention study in 77-year-old Norwegians" *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, no. 12, Sep. 2019. Disponible en: <URL>
- [27] M. Zalesinska; S. Szwedek; A. Pawlak, "Evaluation of Lighting Parameters at the Workplace with the use Replacements for Incandescent Lamps," *2018 VII. Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4)*, Trebic, 2018, pp. 1-5. <https://doi.org/10.1109/LUMENV.2018.8521106>
- [28] C. E. B. Tebboune; B. Mebarki, "VDU workstations and vision in post office and bank operators", *Work*, vol. 41, no. 1, pp. 3563-3567, 2012. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0635-3563>

- [29] N. Shishegar; M. Boubekri, "Natural Light and Productivity: Analyzing the Impacts of Daylighting on Students' and Workers' Health and Alertness", *Int'l Journal of Advances in Chemical Engg., & Biological Sciences (IJACEBS)*, vol. 3, no. 1, pp. 73-77, 2016. <http://dx.doi.org/10.15242/IJACEBS.AE041610472>
- [30] E. Pennings, "Hospital lighting and patient's health: The influence of daylight and artificial light on the circadian rhythm, length of stay and pain levels of hospital patients". pp. 2- 32, Jun. 2018. Disponible: <https://edepot.wur.nl/454641>
- [31] J. van Duijnhoven; M. P. J. Aarts; A. L. P. Rosemann; H. S. M. Kort, "Ambiguities regarding the relationship between office lighting and subjective alertness: An exploratory field study in a Dutch office landscape", *Building and Environment.*, vol. 142, Sep. 2018, pp. 130-138 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.011>
- [32] R. Mork; J. R. Bruenech; H. M. Schiøtz Thorud, "Effect of Direct Glare on Orbicularis Oculi and Trapezius During Computer Reading" *Optom Vis Sci.*, vol. 93, no. 7, pp. 738-749, Jul. 2016. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000855>
- [33] H. Azmoon; H. Dehghan; J. Akbari; S. & Sour, "The Relationship between Thermal Comfort and Light Intensity with Sleep Quality and Eye Tiredness in Shift Work Nurses" *Journal of Environmental and Public Health*, Feb. 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/639184>
- [34] L. Albala et al., "Effect on nurse and patient experience: overnight use of blue-depleted illumination" *BMJ Journals open Quality*, vol. 8, Sep. 2019. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj-oq-2019-000692>
- [35] R. Casañ Pitarch, "Videojuegos en la Enseñanza de las Lenguas Extranjeras: Actividades y Recursos para el Aprendizaje". pp. 1- 28, May. 2017. Disponible: <URL>
- [36] M. Herrero Vázquez; A. Torralba Burrial; M. E Moral Perez, "Revisión de investigaciones sobre el uso de juegos digitales en la enseñanza de las ciencias de la vida en primaria y secundaria" *Enseñanzas de las ciencias*, vol. 38, no. 2, Jun. 2020. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2806>
- [37] J. Sánchez; A. Pascual- Leone; M. Saenz; L. Merabet, "Desarrollo de habilidades de navegación a través de videojuegos basados en audio". Santiago, Chile, and Cambridge, USA: Universidad de Chile and Harvard Medical School, 2014. Disponible: <URL>
- [38] L. Vázquez; A. Martínez; G. López, "Videojuego serio como apoyo a la estimulación temprana del pensamiento matemático" *Revista FAZ*, no. 9, pp. 13- 31. Jul. 2016. Disponible: <URL>
- [39] M. Cvetkovska, "Level up! Gaming as a Tool to Support Science Education". *Teaching Innovation Projects.*, vol.6, no. 1. Mar. 2016. Disponible: <URL>
- [40] J. Sánchez; M. Elías, "Blind Children Learning Science through Audio-Based Interactive Software". en *Proceedings of VII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador, Interacción*, 2009. pp. 13-17 Disponible: <URL>
- [41] J. Guerra Antequera; F. I. Revuelta Domínguez, "Videojuegos precursores de emociones positivas: propuesta metodológica con Minecraft en el aula hospitalaria" *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, no. 3, pp. 105-120. Jun. 2015. Disponible: <URL>
- [42] J. M. Martínez Soto; A. Egea Vivancos; L. Arias Ferrer, "Evaluación de un videojuego educativo de contenido histórico. la opinión de los estudiantes" *Relatec*, vol. 1, Jul. 2018. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.17.1.61>
- [43] A. E. Castro de Castro, "Maximum Consecuencia, "Un Videojuego para ejercitar la comprensión lectora". *Innovación Educativa*, no. 25, Dec. 2015. <https://doi.org/10.15304/ie.25.1919>
- [44] A. C. Ticante Hernández; C. M. Herrera Orduña; P. Arguijo, R. Á. Meléndez Armenta; Antonio Hiram Vázquez López, "Videojuego educativo para ayudar a comprender los principios básicos de la programación y desarrollar la habilidad lógica en niños de educación básica" *Research in Computing Science*, vol. 148, no. 7. 2019. Disponible: <URL>
- [45] V. Krstic; I. Mekterović, "Using unity to study properties of a two-dimensional ideal gas" en *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, Opatija, Croatia, 2018. <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2018.8400107>
- [46] J. Moreno Cadavid; S. V. Vahos-Mesa; C. D. Mazo-Muñoz, "Videojuego para la enseñanza del cuidado del agua" *TecnoLógicas*, vol. 22, no. 45, pp. 59-72. May. 2019. <https://doi.org/10.22430/22565337.1091>
- [47] D. Guerrero-Peña; H. Trefftz Gómez; R. Anaya, "Juegos en la Enseñanza de la Ingeniería del Software". *TecnoLógicas*, no. 22, pp. 43-60, Jun. 2009. <https://doi.org/10.22430/22565337.228>
- [48] J. E. Muñoz-Cardona; O. A. Henao-Gallo; J. F. López-Herrera, "Sistema de Rehabilitación basado en el Uso de Análisis Biomecánico y Videojuegos mediante el Sensor Kinect". *TecnoLógicas*, pp. 43-54, Nov. 2013. <https://doi.org/10.22430/22565337.386>
- [49] A. L. Esparza-Maldonado; L. Y. Margain-Fuentes; F. J. Álvarez-Rodríguez; E. I. Benítez-Guerrero, "Desarrollo y evaluación de un

sistema interactivo para personas con discapacidad visual”, *TecnoLógicas.*, vol. 21, no. 41, pp. 149-157, Jan. 2018.  
<https://doi.org/10.22430/22565337.733>

- [50] J. Botero Valencia; L. Castaño Londoño; D. Márquez Viloría, Avances en “Internet de las Cosas”. *TecnoLógicas*, vol. 22, no. 44, pp. 1-2, Jan. 2019.  
<https://doi.org/10.22430/22565337.1241>

## 10. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

<sup>1</sup> Desarrollo y definición de la metodología, adquisición de los datos, construcción de los modelos, evaluación y

prueba de los mismos al igual que el desarrollo del prototipo a utilizar. Coordinación y gestión del equipo de personas que ayudaron a construir el repositorio de imágenes correspondientes.

<sup>2</sup> Apoyo en la conceptualización de la problemática, definición y evaluación de la metodología. Revisión de la escritura y correcciones técnicas correspondientes con el desarrollo de los modelos a desarrollar, así como sugerir técnicas para la mejora de imágenes y datos adquirir. Apoyo en las correcciones de metodología, presentación y estilo en el manuscrito.