

Propuesta para la gamificación de experimentos en los laboratorios virtuales Proposal for the gamification of experiments in virtual laboratories

G. A. Torres-Samperio ^{a,*}, M. J. Gutiérrez-Sánchez ^a, J. Sánchez-Espinoza ^b, A. Suárez-Navarrete ^a, D. Hernández-Sánchez ^a

^a Área Académica de Computación y Electrónica, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

^b Área Académica de Computación, Centro Universitario UAEM Villa de Teotihuacán, 33955, Sto. Domingo Azteca, Estado de México, México.

Resumen

Los laboratorios virtuales, se han venido utilizando de diversas maneras como apoyo al profesor para explicar, diferentes problemas o procedimientos en distintos ámbitos para simular una experiencia programada o diseñar la propia y, aunque su utilidad está comprobada, su diseño a veces dista de las necesidades educativas de los estudiantes. En este sentido, la gamificación puede aportar trasladando la mecánica de los juegos, una mejora en los resultados del proceso pues por sus características puede potenciar el aprendizaje significativo, mediante la recompensa y reconocimiento. El objetivo de este artículo, es presentar una propuesta para la gamificación de experimentos en los laboratorios virtuales con la Metodología para el Desarrollo de Entornos Educativos de Realidad Virtual (MEDEERV) y los resultados de una evaluación heurística del grado de usabilidad aplicada a la interfaz de un prototipo desarrollado en un motor de videojuegos con técnicas de modelado de realidad virtual, que será usado como material didáctico complementario para los alumnos de preparatoria.

Palabras Clave:

Gamificación, Laboratorio virtual, Usabilidad, Aprendizaje.

Abstract

Virtual laboratories have been used in different ways to support the teacher to explain different problems or procedures in different areas to simulate a programmed experience or design their own and, although their usefulness is proven, their design is sometimes far from the needs education of students. In this sense, gamification can contribute, by transferring the mechanics of the games, to an improvement in the results of the process, since due to its characteristics it can enhance meaningful learning, through reward and recognition. The objective of this article is to present a proposal for the gamification of experiments in virtual laboratories with the Methodology for the Development of Educational Environments of Virtual Reality (MEDEERV) and the results of a heuristic evaluation of the degree of usability applied to the interface of a prototype developed in a video game engine with virtual reality modeling techniques, which will be used as complementary teaching material for high school students.

Keywords:

Gamification, Virtual laboratory, Usability, Learning.

1. Introducción

Desde hace tiempo, la tecnología muestra un proceso de evolución acelerado en todos los ámbitos del quehacer humano y hoy más que nunca, las herramientas tecnológicas que se han convertido en parte fundamental de la vida diaria, permitiéndonos efectuar nuestras actividades y potenciar otras en la nueva normalidad que debemos afrontar desde la aparición del

virus SARS-COV2. Sin duda hoy, nos hacen más fáciles las actividades rutinarias que se realizan día con día y de algún modo, nos permiten continuar efectuando actividades de suma importancia para la economía y la sociedad, privilegiando la salud y la vida.

En ese sentido, es claro que las herramientas tecnológicas han resultado ser una pieza fundamental en muchos ámbitos, siendo de la educación en donde hoy en día todos los individuos

*Autor para la correspondencia: torres@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: torres@uaeh.edu.mx (Gonzalo Alberto Torres-Samperio), madejesus_gutierrez@uaeh.edu.mx (Ma. de Jesús Gutiérrez-Sánchez), jaquesanchez79@hotmail.com (Jacqueline Sánchez-Espinoza), asuarezn@uaeh.edu.mx (Alberto Suárez-Navarrete) y david_hernandez861@uaeh.edu.mx (David Hernández-Sánchez).

que participan en ella, se han visto forzados a innovar y a renovar los viejos paradigmas para adaptarse a los nuevos retos que se presentan.

Las aulas han sido sustituidas por dispositivos móviles, tabletas, computadoras e incluso aparatos de televisión y los cursos con contenidos prácticos, han tenido que adaptarse al uso de simuladores mediante programas de computadora que no terminan de convencer a los usuarios, como medio para potenciar el aprendizaje y promover las competencias que pudiesen adquirirse en las instalaciones de un taller o un laboratorio.

Lo anterior, muy probablemente se debe a que, aun cuando los programas de computadora utilizados son muy buenos para el propósito para el que han sido creados, en su diseño instruccional, no se considera de algún modo como no incentivar al alumno para potenciar la adquisición de conocimientos o bien, fortalecer sus habilidades mediante acciones concretas que se traduzcan en una sensación de identidad y dedicación con su propio aprendizaje. Así también, no han sido diseñados para atender las necesidades de hallar respuesta a las expectativas los educandos dentro del marco tecnológico en que se desenvuelven y que les produce un auténtico interés y compromiso por continuar aprendiendo.

Debe tomarse en cuenta que cualquier entorno en el que los alumnos se encuentren fuera de las aulas y laboratorios donde tradicionalmente toman sus clases y prácticas, puede ser en sí, un distractor que después de un tiempo termine con su interés por seguir aprendiendo y denote un marcado desinterés por su propia educación. Es ese sentido, explorar la aplicación de modelo de juego o gamificación durante el aprendizaje, puede constituir una forma de conseguir motivar a los estudiantes para propiciar en ellos una conducta de mayor compromiso que les incentive el ánimo de superación (Contreras, 2016). Cabe mencionar que, debido a su carácter lúdico, la gamificación facilita interiorizar el conocimiento de una forma divertida capaz de generar una experiencia positiva al mejorar o en su caso, recompensar acciones concretas que incentiven al usuario en función de los objetivos que se alcancen.

Es importante resaltar, que la idea de ludificar en la educación no consiste específicamente en crear un juego, sino más bien, aprovechar los sistemas de objetivo, puntuación y recompensa que son típicos de estos, con el fin de obtener mejores resultados ya sea para mejorar la forma en que las personas adquieren conocimientos, mejoran alguna habilidad o bien para recompensar su esfuerzo y desempeño (Torres, 2019). En tal sentido, la gamificación debe verse como una oportunidad educativa que, además, nos permite explorar diversas tecnologías que coadyuven al logro de los objetivos educativos (Contreras, Contreras y Eguía, 2016).

Al respecto cabe hacer mención que, cuando se habla de educación, es importante tener en cuenta el importante rol que juega el docente por que sin duda es el responsable directo del proceso enseñanza aprendizaje y quien debe seleccionar las estrategias cuidadosamente de manera que éstas permitan el desarrollo de las habilidades a la vez que se atiendan los estilos de aprendizaje de los alumnos (Contreras, 2016). Adicionalmente, debe tomarse en cuenta el acelerado avance en las tecnologías de información para la educación, es el motivo por el que los docentes deben entender su funcionamiento, utilizarlas y aprovecharlas al máximo (Ortiz, Jordán y Agredal, 2018).

Hoy en día existen muchas tecnologías que se utilizan recurrentemente y la realidad virtual es una de ellas. La realidad virtual, en la educación ayuda a los alumnos a despertar la curiosidad y el interés por asignaturas en las que generalmente

no lo harían o que son difíciles de comprender. La realidad virtual en un entorno ludificado, la hace especialmente útil en el ámbito educativo, pues mediante ella es posible simular situaciones y fenómenos en un ambiente controlado y totalmente visual, donde las personas pueden experimentar y aprender en un ambiente lúdico (Toala, Arteaga, Quintana y Santana, 2020). De esta tecnología se destaca su uso en los casos en donde la enseñanza en un entorno real es costosa, complicada de implementar en cuestión logística, peligrosa, inconveniente o bien en los casos donde el usuario pudiera cometer errores devastadores, como es el caso de un laboratorio (López, 2018).

El empleo de laboratorios virtuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje, brinda muchas ventajas entre las cuales se pueden destacar la flexibilidad, el fácil acceso, la atractiva presentación de contenidos, la posibilidad de contar con nuevos entornos y situaciones, así como la optimización de recursos y costos (Díaz, Tarango y Romo, 2020).

Este artículo se centra en la presentación de una propuesta para la gamificación de experimentos en los laboratorios virtuales con la Metodología para el Desarrollo de Entornos Educativos de Realidad Virtual (MEDEERV) y los resultados de una evaluación heurística del grado de usabilidad aplicada a la interfaz de un prototipo desarrollado en un motor de videojuegos con técnicas de modelado de realidad virtual, que será usado como material didáctico complementario para los alumnos de preparatoria.

1.1. Los laboratorios virtuales

Un laboratorio virtual es un sistema computacional diseñado para el adiestramiento y pruebas donde los experimentos se realizan paso a paso, siguiendo un procedimiento similar al de un laboratorio tradicional. Con este sistema es posible simular herramientas, instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos, imágenes o animaciones (Zaldibar, 2019). También son considerados como objetos de aprendizaje cuyos mecanismos permiten a los usuarios adoptar una actitud activa para variar los datos de entrada, hacer simulaciones numéricas y visualizar resultados en tiempo real. A estos sistemas se puede tener acceso mediante un navegador simple de una aplicación instalada en un dispositivo móvil o computadora de forma local y en su caso a través de la internet.

Existen distintos tipos de laboratorios virtuales, incluyendo aquellos llamados laboratorios virtuales colaborativos, los cuales están conectados en red, permitiendo que investigadores y universidades de diferentes países puedan trabajar en proyectos comunes y generar experimentos compartidos (Alvarez, 2020). En todo caso se debe ser cauteloso al seleccionar el modelo correcto como material educativo, pues no siempre se puede aplicar a cualquier experiencia real.

Una manera de garantizar la utilidad de esta tecnología es contar con un correcto diseño instruccional mediante el cual se lleve a cabo la planificación, preparación, diseño, evaluación y mantenimiento del material educativo. En este sentido debe tomarse en cuenta que Los laboratorios virtuales, pueden usarse como suplemento de un laboratorio tradicional para hacer experimentos que no son posibles de realizar de otra forma (Morales, Zozaya, Rojo y Torres, 2016). A diferencia de un laboratorio real, un laboratorio virtual puede manejar un concepto flexible de tiempo, es decir, un estudiante puede hacer que el tiempo "transcurra más lento" para observar detenidamente lo que de otra forma sería un evento rápido, hacer que el tiempo transcurra más rápido o repetir eventos.

planteados en el experimento virtual de la cinemática de los cuerpos en caída libre dentro del laboratorio virtual.

Objetivos de aprendizaje

Para asegurar el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje, se planteó una serie de habilidades subordinadas con las que el usuario debería contar para alcanzarlos, es este caso sobre la caída libre de los cuerpos con aceleración constante. En la Tabla 1, se presentan los objetivos de aprendizaje organizados en etapas y las habilidades necesarias que el alumno debió desarrollar para alcanzar cada objetivo. Cada etapa fue considerada como un nivel en el experimento virtual como si se tratase de un nivel de un videojuego.

Tabla 1: Objetivos de Aprendizaje y habilidades subordinadas

Etapa	Objetivos de aprendizaje	Habilidad subordinada
1	Identificar y asociar las principales características del fenómeno físico de la caída libre.	Identificar sus características principales, al menos con un 70% de certeza.
2	Identificar y asociar los principales parámetros que conforman al fenómeno físico de la caída libre.	Comprender e identificar todos los parámetros que intervienen en la caída libre de los cuerpos, al menos con un 70% de certeza.
3	Experimentar con los problemas típicos de caída libre, bajo las distintas situaciones que se presentan.	Responder correctamente al respecto de las características de este fenómeno y las variantes bajo distintas condiciones del fenómeno, con al menos con un 70% de certeza.

Con la información contenida en la Tabla 1 se construyó el diagrama de flujo de la instrucción y las habilidades subordinadas respectivas de cada etapa, correspondientes a cada objetivo de aprendizaje, como se muestra en la Figura 3.

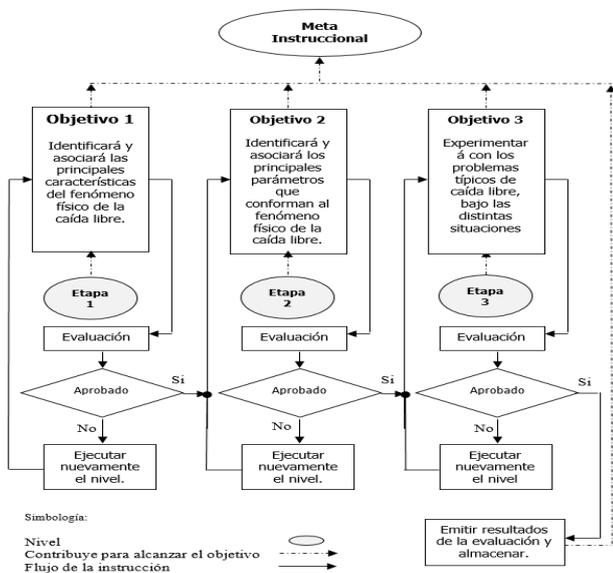


Figura 3: Diagrama de flujo de la instrucción.

Una vez determinados los objetivos de aprendizaje para cada etapa y construido el diagrama de flujo de la instrucción, se procedió a la descomposición de habilidades subordinadas. Este

proceso se repitió de forma continua e iterativa y se terminó cuando se llegó al nivel más elemental en el cual, ya no fue posible seguir descomponiendo en más habilidades subordinadas. Un ejemplo de ello se muestra en la Figura 4 para la etapa 1 de habilidades subordinadas necesarias para cumplir con el objetivo de aprendizaje 1 (ver Tabla 1).

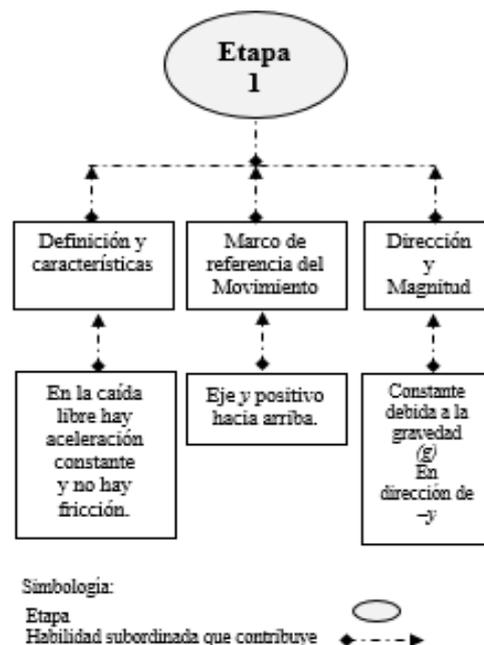


Figura 4: Habilidades subordinadas nivel 1.

Estrategias Instruccionales

Para obtener resultados favorables, las estrategias de instruccionales se diseñaron a nivel macro para establecer las características que tendría el sistema para hacer posible su implantación y a nivel micro para considerar qué clase de actividad habría de realizarse para alcanzar la meta instruccional. Dentro del ambiente virtual se buscó integrar recursos audiovisuales, texto, gráficos y modelos 3D interactivos para la solución de problemas y la ejecución de actividades que propiciasen el aprendizaje significativo para coadyuvar a lograr las metas instruccionales como puede verse en la Figura 5.



Figura 5: Elementos de la interfaz gráfica.

Se consideró que, bajo este esquema, el alumno o usuario no necesariamente debería asistir a clases a algún lugar y horario determinados, su aprendizaje se realizaría mediante la ejecución de actividades en una aplicación móvil, que bien pudiese usarse con inmersión en primera persona utilizando un visor de realidad virtual, en la pantalla de la computadora o bien en un dispositivo móvil. El profesor en el papel de facilitador, en lugar de atender directamente la enseñanza, tomó el papel de asesor y consejero en el proceso educativo individual, proponiendo actividades o retos al participante en el ambiente lúdico tales como proponer y variar los datos de entrada, hacer simulaciones numéricas y visualizar resultados en tiempo real.

Evaluación del aprendizaje

Para evaluar el aprendizaje del usuario dentro del entorno 3D, se aplicó un instrumento de evaluación simple que incluye la resolución de problemas sencillos con el cual pudo medirse el cumplimiento de los objetivos y la meta instruccional. Como puede observarse en la Figura 6, la evaluación es continua y es el mecanismo que permite al usuario ir subiendo de nivel o se verá obligado a repetirlo. Al finalizar todos los datos son almacenados y se le asigna una puntuación como si se tratase de un juego.



Figura 6: Pantalla de cuestionario.

2.2. Etapa de Diseño Funcional del Mundo Virtual

Esta etapa recibe como entrada los requerimientos necesarios planteados en la etapa de Diseño Sistemático de la Instrucción y es partir de ellos que se modelan las funciones componente del mundo virtual. Aquí se modeló conceptualmente a la interfaz y sus respectivos componentes para conformar la arquitectura conceptual del sistema y determinar el respectivo flujo de trabajo para la implementación. El esquema del modelo funcional se descompuso en tres subprocesos, que corresponden a las funciones del sistema. En la Figura 7, se muestran los niveles de abstracción del laboratorio, siendo el 0, la más alta abstracción. En nivel 1 se encuentran, las actividades que conforman a cada uno de los subprocesos.

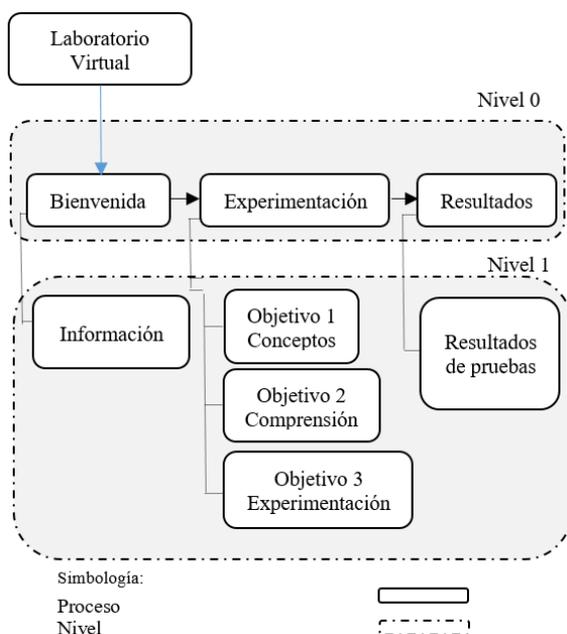


Figura 7: Modelo funcional de laboratorio virtual.

En la Figura 8, se muestra el caso de uso de la interacción entre el usuario y el laboratorio virtual. El usuario se considera como un actor externo, que interactúa con el laboratorio virtual,

el caso “Bienvenido” representa la acción ejecutada por parte del laboratorio virtual, para proporcionar al usuario información introductoria acerca de este, “Experimentación” son las acciones que el usuario realiza, dentro del ambiente virtual y “Resultados” es la acción ejecutada por la interfaz del ambiente virtual para proporcionar los resultados de una evaluación al usuario.

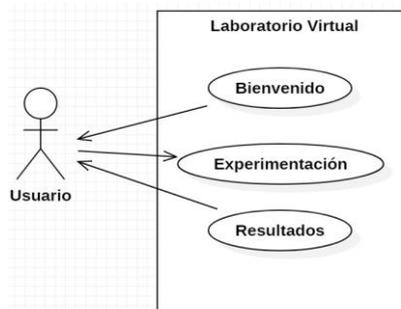


Figura 8: Caso de uso, interacción usuario-laboratorio virtual.

La interacción entre el usuario y los conceptos de física, cinemática y caída libre se esquematizan en el caso de uso de la Figura 9. La información es mostrada al usuario y este, pueda visualizarla y analizarla. Una vez hecho esto, se le permite avanzar al siguiente concepto y así sucesivamente.

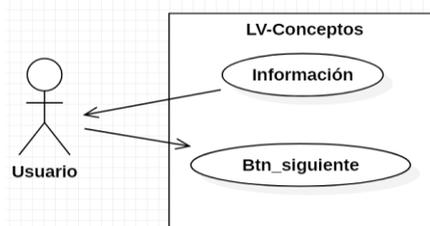


Figura 9: Caso de uso, interacción con usuario y los conceptos del laboratorio virtual.

Finalmente, en la Figura 10, se muestra el caso de uso de la interacción del usuario con un cuestionario que se manipula mediante botones.

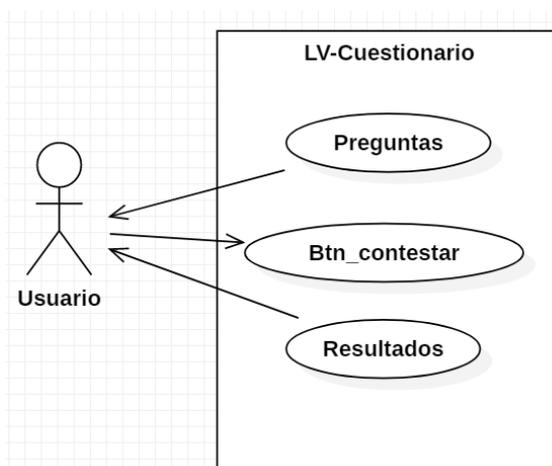


Figura 10: Caso de uso, interacción con usuario y los conceptos del Laboratorio virtual.

2.3. Etapa de Implementación

En ésta última etapa se desarrollaron con base en las especificaciones determinadas en las etapas anteriores, los algoritmos, programas y componentes de la interfaz del mundo virtual. Se consideraron las características y relaciones funcionales entre cada elemento, sin perder de vista lo que se planteó en el diseño sistemático de la instrucción y el diseño funcional. El resultado de esta etapa resultó en una arquitectura general del sistema donde se incluyó explícitamente la forma en que se integró el escenario de realidad Virtual, los recursos didácticos, las actividades educativas, los objetos multimedia, los comportamientos y los mecanismos de navegación e interacción con el ambiente 3D, como se muestra en la Figura 11.

Para garantizar que el ambiente tuviese un enfoque ludificado, además de usar el motor de videojuegos de Unity, se planteó el uso de distintas tecnologías que incluyen la inmersión visual y auditiva para la aplicación de dinámicas de juego como el reconocimiento de logros a través de la acumulación de puntos o la asignación de insignias. Con este enfoque ludificado se buscó facilitar el aprendizaje y mejorar el compromiso y la motivación de los estudiantes.

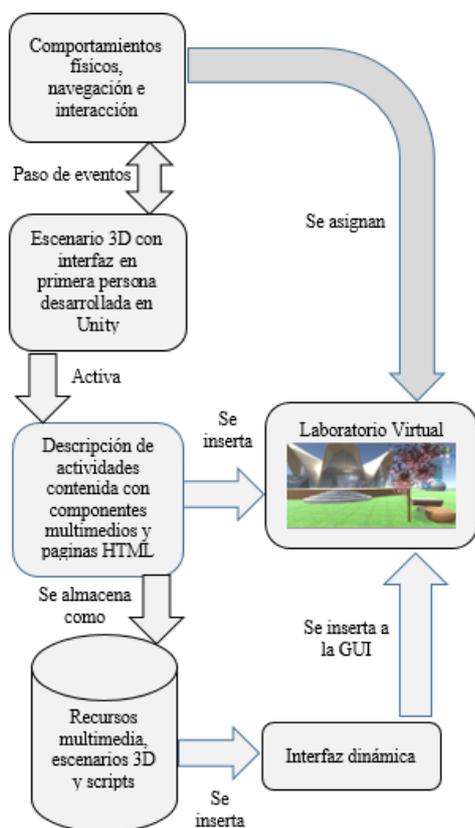


Figura 11: Arquitectura del sistema.

Modelado del Mundo Virtual

En el modelado 3D, los principales componentes son figuras geométricas deformadas y modeladas libremente, a estos modelos 3D se le realizaron operaciones geométricas como cortes, uniones y extracciones.

En la Figura 12, se muestra en un storyboard, una visión general de cómo se imaginó el Laboratorio virtual. El edificio se inspiró en los cascarones de Félix Candela un sello distintivo de sus obras, específicamente en el L'Oceanografic de Valencia España (Arellano, 2020).

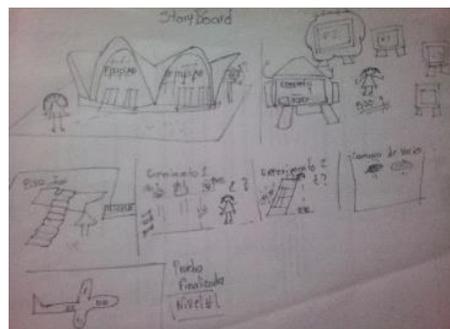


Figura 12: Story Board escenas Generales.

Modelado 3D

El modelado 3D se apoyó de software gráfico para su desarrollo y representación matemática de los objetos 3D. Se crearon modelos que pudiesen ser manejados algorítmicamente en una computadora. En las Figuras 13 y 14 se muestran algunos ejemplos de diseño del laboratorio virtual en 3D.

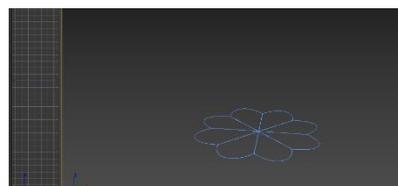


Figura 13: Plano de Laboratorio Virtual en 3ds Max.

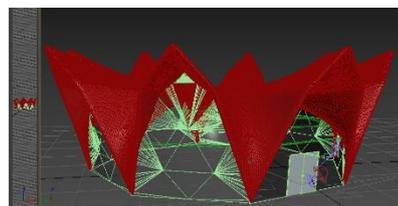


Figura 14: Laboratorio virtual 3D.

Materiales y texturas

Para la implementación de materiales y texturas se utilizaron las diferentes herramientas del software y sus propiedades, por ejemplo: Shader-Standard y Project View en el caso de las texturas se implementaron en formatos PNG, JPG y BMP (ver Figura 15).

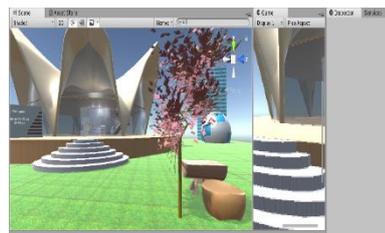


Figura 15: Texturas de los objetos.

Efectos de animación e interacción

Para crear efectos de animación se utilizó la programación de comportamientos complejos, por ejemplo: caminar, girar, presionar un botón, entre otras. El usuario puede interactuar con los objetos mediante botones, que se encuentran dentro del mundo virtual (ver Figura 16).

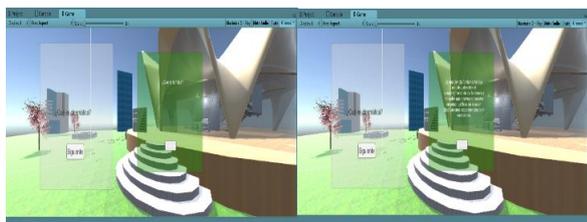


Figura 16: cambio de pantalla con un botón.

Iluminación

Para la iluminación dentro del mundo virtual se utilizó: point lights (puntos de luz), spot lights (dirección para emitir luz) y direccional lights (simular efectos de luz) ver Figura 17.



Figura 17: Aplicación de iluminación.

Comportamientos animación e interacción

Para la asignación de comportamientos se desarrolló un grafo de escena que sirvió como guía para la programación de comportamientos, la habilitación de la navegación y el control de las animaciones con base en los estándares de Unity Game Engine (Unity, Game Engine, 2021). En la Figura 18 se muestran los componentes computacionales que interactúan para la operación y representación de comportamientos de la interfaz gráfica.

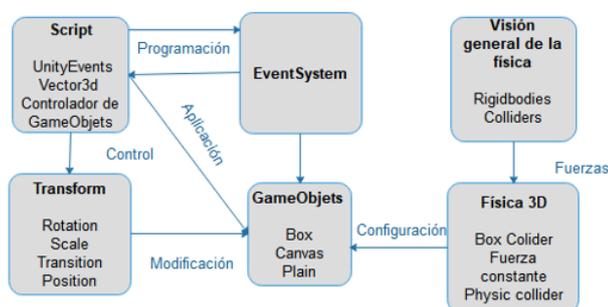


Figura 18: Aplicación de iluminación.

3. Resultados

Al prototipo se le aplicó una evaluación heurística en términos de su usabilidad para identificar básicamente la facilidad con la que los usuarios pueden utilizar la interfaz gráfica, para tener un parámetro de medición de si el producto puede ser utilizado por usuarios específicos para alcanzar metas específicas con efectividad, eficiencia y satisfacción en este contexto específico de uso (Colorado y Navarro, 2012). Formalmente, la definición más utilizada o reconocida de usabilidad es la que se expone en las normas ISO 9241-113 y ISO 92141-144, en las cuales se describe como el grado con el que un producto puede ser usado por usuarios específicos para

alcanzar objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción, en un contexto de uso específico (ISO, 2018). La norma también define como especificar y medir la usabilidad de productos y aquellos factores que tienen un efecto en la misma; también destaca que la usabilidad en terminales con pantalla de visualización es dependiente del contexto de uso y que el nivel de usabilidad alcanzado dependerá de las circunstancias específicas en las que se utiliza el producto.

El contexto de uso lo forman los usuarios, las tareas a realizar, el equipamiento (hardware, software y materiales), así como también los entornos físicos y sociales que pueden influir en la facilidad de uso de un producto (Ramirez, 2017). Mediante la usabilidad se puede medir la efectividad, la cual está relacionada con la precisión y completitud con la que los usuarios utilizan la aplicación para alcanzar objetivos específicos (Nielsen, 2005). La calidad de la solución y la tasa de errores son indicadores de efectividad. También es posible medir la eficiencia como una relación entre efectividad y el esfuerzo o los recursos empleados para lograr esta. Algunos indicadores de eficiencia, incluyen el tiempo de finalización de tareas y tiempo de aprendizaje. A menor cantidad de esfuerzo o recursos, mayor eficiencia. Un aspecto de importancia que se mide en una evaluación de usabilidad también es el grado de satisfacción con que el usuario se siente satisfecho, con actitudes positivas, al utilizar la aplicación para alcanzar objetivos específicos (García, 2019).

Según los estándares antes mencionados, entre 5 y 8 individuos que efectúan la prueba heurística de usabilidad, son suficientes para señalar más del 80% de problemas de usabilidad como puede observarse en la Figura 19. La población muestra se conformó por 20 individuos con base en los estándares antes mencionados, 5 profesores que imparten la asignatura de física, 10 alumnos y 5 profesores de otra disciplina. Mediante un cuestionario, se procedió a reunir información acerca de la facilidad de uso de la interfaz y su eficacia como herramienta de enseñanza.



Figura 19: Evaluación de Usabilidad.

Debido a que se requería compilar una opinión subjetiva, se utilizó un cuestionario con 15 preguntas con escalas de Likert para determinar la experiencia del usuario y su opinión sobre la eficiencia del material educativo y su eficacia como herramienta de aprendizaje. Se buscó conocer si con el uso de esta herramienta de aprendizaje tuvieron un nivel de productividad alto, si les resultó fácil de usar, si cometieron pocos errores y si se sintieron motivados para volver a utilizarla. Los participantes en la prueba efectuaron una evaluación heurística para ayudar a identificar la gravedad de cada uno de los posibles problemas de usabilidad identificados.

El diseño del cuestionario, se planteó de modo que se respetase el estándar y que fuese posible obtener información relevante sobre la eficacia de este material educativo como herramienta de aprendizaje, el grado de satisfacción del usuario y

la eficiencia del sistema para efectuar las tareas para las que fue diseñado. Los resultados de la evaluación de usabilidad pueden observarse en la Figura 20.

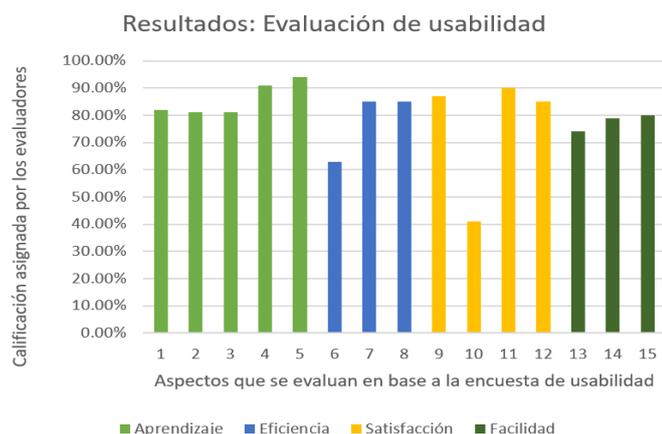


Figura 20: Resultados de la evaluación de usabilidad.

En el análisis de los resultados de las evaluaciones efectuadas sobre aspectos específicos de la interfaz, se estableció que entre 20% y 36% se mostraría un problema de usabilidad grave, entre 37% y 53%, un problema de usabilidad mayor, entre 54% y 70%, un problema de usabilidad menor, entre 71% y 80%, una usabilidad aceptable y finalmente entre 88% y 100%, no se considera la existencia de algún problema de usabilidad.

Los usuarios que conformaron del grupo muestran después de haber utilizado la interfaz calificaron con un 82% la facilidad de aprender a usar la interfaz, les pareció atractiva en un 74% y consideraron en un 85% que los diferentes elementos que conforman a la interfaz gráfica, contienen información sencilla y concreta, cumpliendo así, con uno de los objetivos primordiales del sistema. Coincidieron 82% en que el sistema es rápido y eficiente durante su uso y el 91% manifiesto haber cometido pocos errores. En un 45% coincidieron en que ignoraron las instrucciones para usarlo y les resultó frustrante, aunque navegar en la interfaz les fue placentero en un 90% pues consideran muy agradable e innovadora la forma de abordar ciertos temas. En cuanto a la interfaz gráfica consideraron en un 94% haber interactuado de forma óptima con ella y en un 87% haber distinguido con claridad los componentes representados en el ambiente 3D, permitiéndoles ejecutar con fluidez las actividades planteadas en un entorno agradable. El porcentaje en promedio de usabilidad obtenido después de este análisis se muestra en la Figura 21.

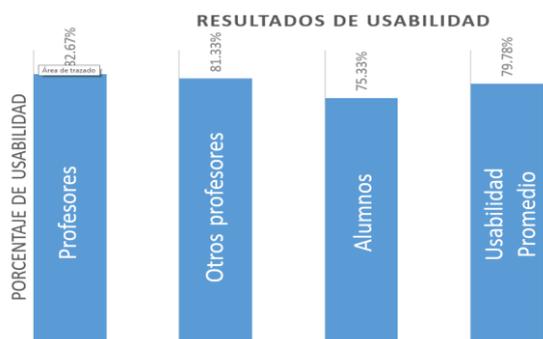


Figura 21: Resultados de la evaluación de usabilidad.

De manera general, se puede concluir a partir de los resultados obtenidos, que el grado de usabilidad promedio es del 79.78%, donde, como puede observarse, los profesores de la

asignatura consideran que existe 82.67%, otros profesores 81.33% y los alumnos con un 75.33% de grado de usabilidad respectivamente.

El uso de la gamificación para desarrollar experimentos de un laboratorio representa una oportunidad educativa que incentiva y desarrolla en los estudiantes un compromiso con su propia educación la cual, se refleja en un cambio de actitud con el trabajo. Este enfoque puede constituirse como una herramienta efectiva en el proceso educativo si se desarrollan correctamente los contenidos de modo que éstos estén implícitos en la mecánica de las actividades que se realizan en el material educativo. Es importante considerar que este tipo de herramientas por sí solas no garantizan el aprendizaje, también es necesario que profesor asuma su papel como facilitador en el proceso pues es su responsabilidad plantear con claridad los objetivos a alcanzar.

Finalmente, es de suma importancia contar con un método eficaz para plantear el diseño instruccional acorde a la mecánica de los experimentos virtuales planteados como una interfaz lúdica que motive a los estudiantes a participar activamente.

4. Conclusiones

Los laboratorios virtuales aportan una forma atractiva de presentación de contenidos, la posibilidad de contar con nuevos entornos de experimentación bajo un entorno controlado que además permite la optimización de recursos y costos. Ellos representan una opción creativa, moderna y económica para muchas instituciones en la modalidad de enseñanza presencial o a distancia. Así también, permite la realización de prácticas o experiencias de un mayor número de estudiantes aun cuando no coincidan en un mismo espacio físico. Bajo un esquema ludificado, es posible proveer a cada estudiante de un ambiente de aprendizaje propio donde puede explorar a su propio ritmo los contenidos y experimentar con conceptos abstractos. La gamificación aporta a los laboratorios virtuales las mecánicas de recompensa y reconocimiento, mismas que involucran aún más a los estudiantes y los impulsan a ser responsables de su propio aprendizaje. La Metodología para el Desarrollo de Entornos Educativos de Realidad Virtual (MEDEERV) facilita el diseño de contenidos y mejora el aprendizaje significativo. De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de usabilidad para este trabajo, el planteamiento de gamificar los experimentos de un laboratorio virtual, incrementa la efectividad, la eficiencia y la satisfacción de los estudiantes durante el proceso y los motiva para continuar aprendiendo.

Referencias

- Alvarez, A. (2020). Requerimientos para el diseño de la experiencia. *Revista KEPES*, 277-299. doi:<https://doi.org/10.17151/kepes.2020.17.22.11>.
- Arellano, M. (2020). *Oceanográfico* (arquitecto Félix Candela), Ciudad de las Artes y las Ciencias. Valencia, España. Arch Daily. Obtenido de <https://www.archdaily.mx/mx/tag/felix-candela>
- Colorado, B., y Navarro, R. (2012). La usabilidad de las TIC: una visión didáctica y tecnológica. *Investigación de Ciencias y Sustentabilidad (CICS)*. Obtenido de ISSN; ISSN 2169-6160
- Contreras, R. (2016). Juegos digitales y gamificación aplicados en el ámbito de la educación. *RIED Revista Iberoamericana de Educación a Distancias*, 19(2), 7-33. doi:<http://dx.doi.org/10.5944/ried.19.2.16143>
- Contreras, R., y Eguía, J. L. (2016). *Gamificación en aulas universitarias*. Barcelona: Institut de la Comunicació (InCom-UAB), Universitat Autònoma de Barcelona.
- Díaz, L., Tarango, J. y Romo, J. R. (2020). Realidad Virtual en procesos de aprendizaje en estudiantes universitarios: motivación e interés para despertar vocaciones científicas. *Cuadernos de Documentación Multimedia*, 31, e68958. <https://doi.org/10.5209/cdmu.68958>.

- García, G., Polvo, Y., Jose, H. J., María, S., Bautista, H., Collazos, C. y Julio, H. (2019). Medición de la usabilidad del diseño de interfaz de usuario con el método de evaluación heurística: dos casos de estudio. *Revista Colombiana de Computación*, 20(1), 23-40. doi:<https://doi.org/10.29375/25392115.3605>
- Gutiérrez, M. d. (2020). Diseño de un entorno virtual para el aprendizaje de la Ley de Gravitación de Newton en Física básica, Pachuca: *Pádi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 7(14), doi:<https://doi.org/10.29057/icbi.v7i14.4461>
- Guzmán, M. Á., Escudero, A. y Canchola, S. L. (2020). "Gamificación" de la enseñanza para ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas: cartografía conceptual. *Sinéctica*, Sinéctica, 654-655. doi:[https://doi.org/10.31391/s2007-7033\(2020\)0054-002](https://doi.org/10.31391/s2007-7033(2020)0054-002)
- ISO, 9.-1. (2018). Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts. International Standar Organization.
- Morales, C., Zozaya, R. G., Rojo, A. y Torres, A. (2016). Laboratorios virtuales como alternativa para el desarrollo de competencias profesionales. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y gestión Educativa*, 2(4), 101-112. Obtenido de <https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/376>
- Nielsen, J. (2005). *Usability Engineering*. San Francisco; ISBN 0-12-518406-9: Morgan Kaufman.
- Ortiz, A. M., Jordán, J. y Agredal, M. (2018). Gamificación en educación: una panorámica. *SciELO brasil Educação e Pesquisa*, 44. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-4634201844173773>
- Ramírez, K. (2017). Interfaz y experiencia de usuario: parámetros importantes para un diseño efectivo. *Revista Tecnología en Marcha*, 30(5), 49-54. doi:<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i5.3223>
- Toala, J., Arteaga, J., Quintana, J. y Santana, M. (2020). La Realidad Virtual como herramienta de innovación educativa. *Episteme Koinoia*, 3(5), 240-257. doi: DOI:10.35381/e.k.v3i5.835.
- Torres, G. A. (2019). La Gamificación en los ambientes de realidad virtual móvil. *Pistas Educativas*, 41(133), 671-699. Obtenido de <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/2054>
- Torres, G. A., Franco, A., Gutiérrez, M. d., y Suárez, A. (2017). Metodología para el modelado de sistemas de realidad virtual para el aprendizaje en dispositivos móviles. *Pistas educativas*, 519-532. Obtenido de <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1054/908>
- Unity, Game Engine. (2021). Plataforma para el desarrollo en tiempo real para video Juegos. Obtenido de https://store.unity.com/products/unity-pro?gclid=Cj0KCQjw16KFBhCgARIsALB0g8JXUCS5kTuHW9pMz4WsFkMbm5E5r_XJK_iTjAuBERHOeOonO_xsplQaAjrEALw_wcB
- Zaldibar, A. (2019). Laboratorios reales versus laboratorios virtuales en las carreras de ciencias de la computación. *IE Revista de investigación educativa de la REDIECH*, 10(18), 9-22. doi:https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v10i18.454