



**UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN DESARROLLO DE  
VIDEOJUEGOS Y REALIDAD VIRTUAL**

**“ElectroSim”: herramienta de apoyo y atención en  
educación online**

**IVÁN RICARDO POBLETE MANRÍQUEZ**

Profesor Guía: MARCO GONZÁLEZ NUÑEZ

Memoria para optar al título de  
Ingeniero en Desarrollo de Videojuegos y Realidad Virtual

Talca – Chile  
Junio, 2021

## CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2021

*Dedicado a mi madre, quien siempre ha estado presente cada vez que lo he necesitado. A mi familia, que siempre ha sido unida en los buenos y malos momentos. A mis amigos, los cuales siempre me han brindado su apoyo y cariño.*

## AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer a mis compañeros, sin los cuales, no podría estar donde estoy actualmente.

Debo agradecer de igual manera a mis profes de técnico profesional, los que sin saberlo, me inspiraron a seleccionar el contenido a trabajar dentro del simulador.

Finalmente, dar gracias a todos mis profesores dentro de mis años en la universidad, los que me han orientado y ayudado, tanto en el ámbito profesional como personal.

## TABLA DE CONTENIDOS

	página
<b>Dedicatoria</b>	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>II</b>
<b>Tabla de Contenidos</b>	<b>III</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>X</b>
<b>Resumen</b>	<b>XI</b>
<b>Abstract</b>	<b>XIII</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Hipótesis y objetivos . . . . .	3
1.2. Objetivo principal . . . . .	3
1.3. Objetivos secundarios . . . . .	5
1.3.1. Identificación de usuarios . . . . .	5
1.3.2. Adaptación de los estudiantes al aprendizaje online . . . . .	6
1.4. Plan del documento . . . . .	6
<b>2. Estado del arte</b>	<b>7</b>
2.1. Serious games a través del tiempo . . . . .	7
2.2. Estudios previos en otras áreas . . . . .	9
2.3. Herramientas relacionadas . . . . .	11
<b>3. Marco teórico</b>	<b>15</b>
3.1. Componentes básicos de electrónica. . . . .	15
3.1.1. Voltaje . . . . .	15
3.1.2. Corriente . . . . .	15
3.1.3. Resistencia . . . . .	16
3.1.4. Diodos emisores de luz . . . . .	16

3.1.5. Potencia eléctrica . . . . .	17
3.2. Ley de Ohm . . . . .	17
3.3. Tipos de circuitos . . . . .	18
3.3.1. Circuitos en serie . . . . .	18
3.3.2. Circuitos en paralelo . . . . .	18
3.3.3. Propiedades dentro del circuito . . . . .	19
<b>4. Herramientas de desarrollo</b>	<b>20</b>
4.1. Características de aprendizaje de los potenciales usuarios . . . . .	20
4.1.1. Beneficios de los videojuegos . . . . .	20
4.1.2. Metodología de diseño instruccional . . . . .	21
4.1.3. Creación de un serious game . . . . .	24
4.2. Software a utilizar . . . . .	25
4.2.1. Motor de desarrollo . . . . .	25
4.2.2. Herramienta de modelado . . . . .	25
4.2.3. Control de versiones . . . . .	26
<b>5. Desarrollo del simulador</b>	<b>27</b>
5.1. Preguntas a responder . . . . .	27
5.2. Contenido del simulador . . . . .	27
5.2.1. Sección teórica . . . . .	27
5.2.2. Sección práctica . . . . .	28
5.3. Código del simulador . . . . .	30
5.3.1. Objetos . . . . .	30
5.3.2. Widgets . . . . .	33
5.3.3. Armado de circuitos . . . . .	35
<b>6. Documento de diseño</b>	<b>40</b>
6.1. Datos generales . . . . .	40
6.1.1. Objetivos . . . . .	40
6.1.2. Software a utilizar . . . . .	40
6.2. Diseño . . . . .	40
6.2.1. Gameplay . . . . .	40
6.2.2. Mecánicas . . . . .	41
6.2.3. Avance o reinicio . . . . .	42

6.3.	Flow de juego . . . . .	42
6.4.	Arte . . . . .	43
6.4.1.	General . . . . .	43
6.4.2.	Arte 2D . . . . .	44
6.4.3.	Arte 3D . . . . .	44
6.5.	Interfaz de usuario . . . . .	44
6.5.1.	Menú principal . . . . .	44
6.5.2.	Selector de niveles . . . . .	45
6.5.3.	Sección teórica (Conceptos y materia) . . . . .	46
6.5.4.	Sección teórica (Ejercicios) . . . . .	46
6.5.5.	Pantalla sección práctica . . . . .	47
6.6.	Música . . . . .	47
6.6.1.	General . . . . .	47
6.6.2.	Sonidos . . . . .	48
<b>7.</b>	<b>Planificación</b>	<b>49</b>
7.1.	Metodología ágil . . . . .	49
7.2.	Carta Gantt . . . . .	51
<b>8.</b>	<b>Experimentación</b>	<b>54</b>
8.1.	Metodología de evaluación . . . . .	55
8.2.	Cuestionario . . . . .	55
8.3.	Implementación con simulador . . . . .	56
8.3.1.	Manual de instalación . . . . .	57
8.3.2.	Pruebas con usuarios . . . . .	58
8.4.	Intervención . . . . .	58
<b>9.</b>	<b>Resultados obtenidos</b>	<b>60</b>
9.1.	Resultados del cuestionario de pruebas . . . . .	60
9.2.	Resultados de la intervención . . . . .	65
9.2.1.	Calificaciones obtenidas . . . . .	66
9.2.2.	Resultados del cuestionario de usuarios . . . . .	67
<b>10.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>75</b>
10.1.	Objetivos . . . . .	75

10.1.1. Objetivo principal . . . . .	75
10.2. Objetivos secundarios . . . . .	76
10.2.1. Identificación de usuarios . . . . .	76
10.2.2. Adaptación de los estudiantes al aprendizaje online . . . . .	76
10.3. Trabajos a futuro . . . . .	77
10.4. Anexos . . . . .	77
<b>Bibliografía</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	página
2.1. Interfaz principal de Livewire. . . . .	12
2.2. Interfaz principal de Proteus. . . . .	13
2.3. Interfaz simulador Eagle. . . . .	13
2.4. Interfaz simulador icircuit. . . . .	14
2.5. Imagen de gameplay Circuit Breaker. . . . .	14
3.1. Comportamiento de las ondas de corrientes. . . . .	16
3.2. Forma física de una resistencia. . . . .	17
3.3. Forma física de un diodo Led. . . . .	17
3.4. Representación de la Ley de Ohm. . . . .	18
3.5. Representación básica de circuitos en serie y paralelo. . . . .	19
3.6. Ley de Ohm aplicada en circuitos. . . . .	19
4.1. Flujo de trabajo de ADDIE. . . . .	23
5.1. Ejercicio matemático relacionado a la ley de Ohm. . . . .	28
5.2. Ejercicio matemático relacionado a la potencia eléctrica. . . . .	28
5.3. Ejemplo de circuito en serie. . . . .	29
5.4. Ejemplo de circuito en paralelo. . . . .	30
5.5. Variables del objeto Componentes. . . . .	31
5.6. Función posición original. . . . .	32
5.7. Función set Mesh del componente. . . . .	32
5.8. Variables del objeto Socket. . . . .	33
5.9. Funciones de colisión del socket. . . . .	33
5.10. Variables widget del material teórico. . . . .	34
5.11. Funcionamiento botones widget teórico. . . . .	34
5.12. Variables widget del material práctico. . . . .	35
5.13. Funcionamiento de respuestas. . . . .	35
5.14. Código del ajuste de Trace y UI. . . . .	36
5.15. Código de selección de objetos con tracer. . . . .	36
5.16. Código de movimiento de los componentes hacia los Sockets. . . . .	37
5.17. Código de bloqueo de circuito y comienzo de cálculos. . . . .	37

5.18. Diferenciación del tipo de circuito que se arma. . . . .	38
5.19. Parámetros del circuito en serie. . . . .	38
5.20. Parámetros del circuito en paralelo. . . . .	38
5.21. Cálculo de circuito y resultados. . . . .	39
6.1. Flujo de dificultad dentro del simulador. . . . .	42
6.2. Diodo Led apagado. . . . .	43
6.3. Diodo Led prendido. . . . .	43
6.4. Pizarra correspondiente a la pantalla principal dentro del juego y menú principal. . . . .	44
6.5. UI del menú principal. . . . .	45
6.6. UI Selector de nivel. . . . .	46
6.7. UI Contenido teórico. . . . .	46
6.8. UI Preguntas teóricas. . . . .	47
6.9. Sección práctica de circuitos. . . . .	47
7.1. Ejemplo de la metodología Scrum . . . . .	51
7.2. Planeación general de actividades en carta Gantt. . . . .	52
9.1. Rango de edades y frecuencia de los usuarios que hicieron pruebas. . . . .	60
9.2. Gráfico de conocimiento del contenido a estudiar previamente. . . . .	61
9.3. Gráfico de entendimiento de la materia luego de usar el simulador. . . . .	62
9.4. Gráfico de utilización del simulador. . . . .	62
9.5. Gráfico de utilización del simulador. . . . .	63
9.6. Identificación de usuarios al realizar tareas. . . . .	63
9.7. Porcentaje de usuarios que encontraron fallas. . . . .	64
9.8. Porcentaje de usuarios que encontraron fallas. . . . .	64
9.9. Calificaciones estudiantes que usaron simulador. . . . .	66
9.10. Calificaciones estudiantes que no usaron simulador. . . . .	66
9.11. Porcentaje de aprendizaje de los estudiantes con simulador. . . . .	67
9.12. Porcentaje de aprendizaje de los estudiantes sin simulador. . . . .	68
9.13. Porcentaje de entendimiento de los estudiantes con simulador. . . . .	68
9.14. Porcentaje de entendimiento de los estudiantes sin simulador. . . . .	69
9.15. Porcentaje de manejo del contenido de los estudiantes con simulador. . . . .	69
9.16. Porcentaje de manejo del contenido de los estudiantes sin simulador. . . . .	70

9.17. Satisfacción con la forma que se enseñó con simulador. . . . .	71
9.18. Satisfacción con la forma que se enseñó materia sin simulador. . . . .	71
9.19. Interés de aprender más en estudiantes con simulador. . . . .	72
9.20. Interés de aprender más en estudiantes sin simulador. . . . .	72
9.21. Interés en la materia de estudiantes con simulador. . . . .	73
9.22. Interés en la materia de estudiantes con simulador. . . . .	73
9.23. Percepción de adaptación de metodología online de estudiantes con el simulador. . . . .	74
9.24. Percepción de adaptación de metodología online de estudiantes sin el simulador. . . . .	74

## ÍNDICE DE TABLAS

	página
7.1. Planificación de reuniones con establecimiento educativo. . . . .	52
7.2. Planificación de avance del documento. . . . .	52
7.3. Planificación detalla de actividades. . . . .	53
8.1. Cuestionario para usuarios. . . . .	57
8.2. Cuestionario de testeo. . . . .	58
9.1. Porcentaje de participación por sexo. . . . .	60
9.2. Porcentaje de participación por sexo. . . . .	65
9.3. Porcentajes de uso y no uso del simulador. . . . .	65
9.4. Facilidad de los estudiantes para estudiar online. . . . .	65
9.5. Promedio de notas de ambos grupos. . . . .	67

## RESUMEN

Actualmente el mundo enfrenta uno de sus mayores desafíos, los cuales nos han cambiado tanto en forma de pensar y de actuar. El COVID-19 ha provocado un cambio en nuestro estilo de vida, costumbres y cuidados. Debido a esto, sectores se han visto perjudicados. Pero uno de los más afectados es la educación, la cual ha cambiado su metodología debido a los efectos de esta nueva crisis. El por ello que el uso de nuevas tecnologías se ha vuelto necesario para la enseñanza, pero esto no asegura que los estudiantes aprendan de forma eficiente.

Los videojuegos, han sido vistos por gran parte de la sociedad como fuente de ocio y socialización. Sin embargo, el campo de la educación puede ser expandido gracias a esto. Los serious games, también llamados juegos serios, están enfocados en la enseñanza de distintas áreas, como lo es la salud, ingeniería, ciencias sociales y tecnológicas, la cual puede ser una herramienta muy poderosa en la situación mundial. Estos simuladores pueden cumplir con un papel de apoyo a la enseñanza, es decir, deben proporcionar a los estudiantes nuevas herramientas de apoyo con el fin de mejorar sus condiciones académicas. Los simuladores, al ser interactivos, deben despertar un mayor interés en el estudio de área en cuestión, o al menos generar un cambio positivo entre el antes y el después al usar estos videojuegos. Teniendo en cuenta esto, y buscando explotar estos dos puntos, se deben generar nuevas instancias de aprendizaje y generar mayor interés en los estudiantes. Con este proyecto, se espera ilustrar la utilidad de los serious games en la actualidad, y como estos se adecuan a metodologías de enseñanza, haciendo de este tipo de videojuegos una opción válida y llamativa al momento de aprender. A largo plazo, se espera que estos simuladores puedan ser enseñado de manera usual en planes educativos, ya sean de colegios, institutos o universidades, en un ambiente seguro, en dónde se puede fallar sin comprometer equipamientos y al personal humano.

Para poder validar esta hipótesis, se desarrolló un simulador de una materia en específica para estudiantes de colegios. Se seleccionó un grupo de estudiantes y se sometieron a un estudio, en el cual, un grupo de estudiantes tuvo acceso continuo a este y otro solamente estudió con las metodologías actuales de enseñanza. Con el fin de obtener respuestas, se analizaron los resultados pedagógicos gracias a la prueba correspondiente al material estudiado y se aplicó un cuestionario a ambos grupos

para obtener sus pensamientos y opiniones respecto al material estudiado, el uso del simulador, la metodología usada y si esta llamativa y eficiente para ellos.

Finalmente, al obtener los resultados de las pruebas se llegó a la conclusión que el simulador aporta positivamente a los estudiantes y su inserción en la metodología de estudio fue exitosa. Además se debe mencionar que el simulador por si solo no es la única clave que afecta en el rendimiento pedagógico de los estudiantes, sino que se hay más factores que influyen (como el tipo estudiante, la facilidad que se le dio entender el contenido y la forma en la que el profesor hizo la clase), sin embargo, si se pudo demostrar que los estudiantes estuvieron más cómodos usando el simulador, el cual, despertó interés en los estudiantes tanto en contenido y la percepción completa relacionada con los aspectos evaluados en el cuestionario. Se pudo demostrar que ambos grupos presentan opiniones positivas relacionadas al proceso de aprendizaje, pero los estudiantes que utilizaron el simulador mostraron una satisfacción superior en comparación al otro grupo de estudio.

## ABSTRACT

Currently, the world faces one of its greatest challenges yet, which has changed us both in the way we think and act. COVID-19 has caused a transformation in our lifestyle, habits, and self-care. This is why several scopes have been negatively affected (health, economy, etc). But one of the most affected by it is education, which has changed its methodology due to the effects of this new crisis. Therefore the use of new technologies has become necessary for teaching, but this does not ensure that students learn efficiently.

Video games have been perceived by a large part of society as a source of leisure and socialization. However, the field of education is able to expand because of them. Serious Games, also called serious games or simulators, are focused on teaching different areas, such as health, engineering, social sciences, and technology; this last one can be a very powerful tool in the world situation. These simulators can fulfill a support role in teaching and learning, that is, they must provide students with new tools to improve their academic conditions.

Simulators, being interactive, should awaken a greater interest in the area of study in question, or at least generate a positive change between the before and after when using these programs. Taking this into account and seeking to exploit these two points, new learning instances and greater interest from students should emerge. This project will hopefully illustrate the usefulness of Serious Games and how they can be adapted to teaching methodologies, making this type of video game a valid and attractive option when learning. In the long term, it is expected that these simulators can be used in the same way educational plans are used in schools, institutes, or universities, in a safe environment and where they could fail without compromising equipment and human personnel.

Finally, when obtaining the results of the tests, it was concluded that the simulator have a positive results in students perceptions. But, by itself is not the factor that affects the pedagogical performance of the students, but that more factors influence it (such as the student type, the ease of understanding the subject, and the way the teacher did the class), however, if it could be shown that the students were more comfortable using the simulator, which increased interest students both in content and complete perception, related to the aspects evaluated in the questionnaire. This

way, it could be shown that both groups present positive opinions related to the learning process, but the students who use the simulator show higher satisfaction compared to other study groups.

# 1. Introducción

---

Chile enfrenta una de las peores crisis de los últimos años. Luego de un año 2020 marcado por la pandemia, el ámbito educacional se ha visto duramente afectado. En la transición estudiantil de 2020 a 2021 [1] se ha notado un déficit en el aprendizaje en estudiantes de sexto básico a cuarto medio. Obteniendo entre los estudiantes un 60 % de reprobación en las pruebas de diagnóstico del mes de Marzo de 2021. Esta prueba fue realizada en más de 7 mil colegios y en un total aproximado de 1.8 millones de estudiantes. Esto demuestra que la metodología online que se ha aplicado en clases no es lo suficientemente eficiente, por lo tanto necesita un gran refuerzo.

Los videojuegos han cumplido un rol fundamental en la sociedad [2], han pasado de ser un objeto exclusivo de entretener a cumplir funciones en distintas áreas [3], desde procesos apuntados al ocio y diversión, hasta soluciones en áreas sociales, como salud y educación. Es por esto que nuestro deber como ingenieros desarrolladores de software es mostrarle al mundo la gran utilidad de los videojuegos y sus múltiples beneficios en esta área. En esta investigación se plantea poner en evidencia si los simuladores junto a la metodología de aprendizaje aplicados son de interés, cumpliendo con enseñar efectivamente a estudiantes y adolescentes contenido avanzado, como lo es la electrónica.

Existen muchos estudios que apoyan el uso de simuladores en la educación. Pero, esto no confirma que existe una sola manera en la que debe hacerse un simulador y el como aplicarlo. La finalidad de este documento es ilustrar una manera de enseñar contenido propio del ciclo escolar de una manera atrayente para los estudiantes y que puedan entender la aplicación de lo estudiado.

El ciclo de estudio de una materia en concreto, se llevará a cabo en cuatro fases de estudio.

- La primera, es el estudio del material teórico a evaluar, dicho contenido es enseñado por el profesor en horario de clase. En esta instancia se presentan los contenidos, dudas y actividades a desarrollar.
- La segunda contempla el estudio y práctica de la materia con guías y ejercicios. En este punto se eligen al azar a un grupo de estudiantes que tendrán acceso a un simulador, el cual debe adaptarse al contenido y servir de apoyo para el estudio. El otro grupo, en cambio, seguirá estudiando el contenido según el plan de clase.
- La tercera parte de este estudio, contempla la evaluación del contenido con el fin de contrastar los resultados entre los estudiantes que usaron el simulador y los que no.
- Como último paso, todos los estudiantes que participaron (independientemente si utilizaron el simulador o no) accederán a un cuestionario con la finalidad de tener conocimiento acerca de cómo ellos perciben el material estudiado. Esto incluye sus percepciones del contenido aprendido, metodología de estudio y características adquiridas en todo este ciclo.

En cuanto a la aplicación del contenido, se necesita establecer un proceso cognitivo detallado para estos estudiantes, con el fin de respaldar y validar la hipótesis que se plantea.

Para ilustrar los resultados de esta incógnita, se necesita, como se mencionó, aplicar pruebas, cuestionarios y un simulador, con el fin de obtener los datos de los estudiantes que participarán en la intervención. Una vez obtenidas las respuestas, se puede verificar si, con las condiciones actuales que enfrenta el mundo, se vuelven una de las mejores opciones para aprender mediante el procedimiento mencionado.

El uso de software es una de las formas más seguras de aprender, previene problemas de seguridad para el estudiante, no comprometiendo integridad ni equipamiento. Además, al hacerse la simulación dentro de un computador no se necesita asistir físicamente a algún taller, lo que previene posibles contagios.

## 1.1. Hipótesis y objetivos

Es de conocimiento público el hecho de que la sociedad actual se ha hecho dependiente de la tecnología a pasos acelerados y mucho más en estos años 2020 y 2021 debido al Covid. La educación se ha visto sometida a cambios radicales en su forma y en su actuar, es por ello que es necesario evaluar metodologías distintas y en las cuales los serious games puedan cumplir un rol formativo.

Bajo esta premisa, nace la duda si es que estas herramientas pueden complementar el aprendizaje online. La hipótesis busca evaluar si el contenido se aprende de manera efectiva y si el simulador es de interés para estudiantes, esto contempla qué tan dispuestos están para usar este tipo de herramientas.

Teniendo en consideración lo mencionado se plantean dos hipótesis, las cuales deberían mostrar las siguientes afirmaciones:

- Complemento: Los estudiantes de octavo año básico de Chile tienen un mejor desempeño en sus evaluaciones luego de la intervención con el simulador y la metodología planteada en comparación al uso de la metodología online actual.
- Actitud positiva: Los estudiantes del nivel de estudio mencionado muestran mayor interés en estudiar la materia enseñada en la intervención con el simulador en comparación a los estudiantes que no participaron en ella y no lo utilizaron.

La comprobación de estas hipótesis pueden demostrar la efectividad del simulador dentro del ciclo de estudio y el interés por parte de los estudiantes por aprender de esta manera.

## 1.2. Objetivo principal

Los objetivos principales deben ser resueltos con las hipótesis planteadas. Estas, a su vez, se pueden responder con la creación e implementación del simulador dentro de la metodología de aprendizaje a utilizar y ser un aporte positivo para el grupo objetivo de esta investigación.

Para responder a las hipótesis, es necesario crear un método de enseñanza y factibilidad del estudio con estas herramientas, tanto como material de apoyo con el fin de captar la atención de futuros estudiantes y su eficiencia en el aprendizaje.

En cuanto al contenido, se propone la idea del uso de un cuestionario, una prueba de contenidos y crear un simulador que estudie el contenido de electrónica. El uso de estas herramienta puede establecer una comparativa e ilustrar, si gracias a un simulador se pueden responder las preguntas planteadas. La idea es que el simulador trabaje la base de la electrónica, guiándose por su literatura [4] y aplicándose dentro del simulador de forma práctica.

En cuanto al cuestionario que se utilizará, este se aplica luego de la prueba de contenidos. Éste, contempla preguntas de carácter personal, que evalúan el interés producido en el ciclo de aprendizaje y la facilidad de entendimiento de la materia en conjunto a sus percepciones relacionadas a la metodología usada.

La prueba, en cambio, es de carácter personalizada, ya que debe evaluar de manera igualitaria al grupo que usó el simulador y el que no, apuntando a una comparación lo más completa posible. Todo material evaluado en esta prueba debe ser, por exigencia, estudiado por los dos grupos.

En relación al contenido a estudiar, ¿por qué se trabajará el contenido de electrónica? La electrónica o electricidad según el establecimiento en dónde se enseñe el contenido, era una asignatura que se cursaba sólo teóricamente en cuarto medio científico humanista y de manera práctica en colegios técnicos. Desde el año 2020, este contenido fue insertado en el plan de estudio de niños de octavo básico. Esto contempla una menor profundidad de estudio dentro y por lo tanto, menos interés puede despertar debido a la cantidad limitada de términos de estudio. Debido a esto, el simulador utilizará este contenido y lo transformará en ejercicios prácticos para los estudiantes, acercándolos al aprendizaje que, actualmente, sólo se imparte en colegios técnicos

En cuanto al contenido que se enseñará, la primera sección desarrollada dentro del simulador contempla el estudio de la ley de Ohm y potencia, lo que incluyen las definiciones de voltaje, resistencia y corriente. Todos estos términos están asociados a sus fuentes de información respectivas, por ejemplo, baterías de 12v., resistencias y diodos Led, este último cumple la labor de ser quien recibe la corriente y voltaje que entra.

La segunda sección aborda los tipos de circuitos más conocidos, como lo son los circuitos en serie y paralelo. Se describirán sus características y su armado.

### 1.3. Objetivos secundarios

Los objetivos secundarios, u objetivos anexos, abarcan todas las conclusiones que se pueden obtener dentro del proceso de esta investigación, o que influyen dentro de la investigación pero como desarrolladores no podemos ejercer influencia.

#### 1.3.1. Identificación de usuarios

Es necesario tener conocimiento del grupo objetivo de esta investigación, el cual, debe cumplir con características propias de sus edades y etapas educativas. En cada año de estudio, se asumen nuevos desafíos y el simulador debe ser lo suficientemente adaptado para presentar un reto para este grupo. En relación al grupo de estudio, se remarcan tres tipos de usuarios, los cuales se definen a continuación.

Los usuarios principales son adolescentes entre las edades de 13 a 16 años. Esto se debe a que al finalizar este rango de edad, estos estudiantes pueden acceder por primera vez a estos estudios en colegios técnicos. Esta edad está contemplada debido a que el simulador va apuntado a servir como método introductorio y llamar la atención de los estudiantes con el fin de motivarlos a estudiar esta área. Cabe mencionar que la materia de electrónica, según los planes de educación se enseña actualmente en octavo básico [5] en la unidad de “Electricidad y calor”, lo que correspondería a estudiantes entre las edades recién mencionadas.

Los usuarios secundarios son los estudiantes entre 16 y 18 años. Este rango está contemplado por dos razones: la primera, es para los estudiantes que enfrentan por primera vez (en su mayoría) el proceso de selección universitaria. Existen diversas carreras universitarias relacionadas a la electrónica (por ejemplo, la robótica), siendo esta la segunda instancia para promocionar el estudio de esta área. El segundo foco de este simulador, en este rango etario, va enfocado en los estudiantes que ya se encuentran estudiando carreras técnicas relacionadas con lo mismo, con la finalidad de complementar sus estudios y reforzar la base de esta.

Finalmente, los usuarios terciarios, corresponde a todas las personas que están interesadas en aprender electrónica sin discriminar edad, estudios previos y aspiraciones en esta área.

### 1.3.2. Adaptación de los estudiantes al aprendizaje online

Uno de los grandes problemas para los estudiantes actualmente es no poder hacer uso de todas las dependencias del establecimiento educativo. En un salón de clases se pueden dar garantías tanto de infraestructura como un ambiente propicio para aprender. En cambio, en casa no se pueden garantizar ninguno de los dos puntos. Por este motivo, se necesita entrar en conocimiento de las condiciones actuales de cada estudiante que participa en este estudio. Dentro de esta investigación no se plantea una solución a sus posibles problemas, pero si esto puede ser un aporte a trabajos futuros.

## 1.4. Plan del documento

Luego de lo mencionado anteriormente, se revisarán trabajos previos y relacionados con el área de los serious games, junto a los simuladores actuales. Se buscarán aspectos relevantes que puedan guiar el desarrollo con el fin de resaltar los mejores aspectos de éste.

Seguido a esto, continúa el marco teórico, el cual se separa en dos puntos principales, los cuales forman el orden de la investigación. Este orden se seguirá para el marco teórico y el desarrollo del simulador. El primero corresponde al estudio de la electrónica, internalizando las definiciones y conceptos teóricos, siguiendo lo estipulado en el contenido de libros de electrónica. El segundo, es el armado de circuitos simples con el fin de poner en práctica lo aprendido en el punto uno.

Una vez analizado el marco teórico se resolverá una solución del tema, siendo esta detallada en su construcción e implementación bajo lo estudiado en el marco teórico y la metodología ADDIE.

Finalmente, se realizarán experimentos para comprobar la factibilidad del simulador y si es que cumple con las hipótesis realizadas en un inicio, guiando a resultados concretos y conclusiones que decidirán el final de esta investigación y que se espera en trabajos e investigaciones futuras.

## 2. Estado del arte

---

Este apartado se divide en tres secciones. La primera, estudia como los serious games se han inmerso en la educación a través del tiempo. En el segundo punto, se estudian características el estado del arte de otros simuladores, a partir de los cuales se han hecho investigaciones y estudios, o evalúan su factibilidad en caso de no existir uno. Finalmente, se detallan las herramientas de software relacionados con el aprendizaje de electrónica más usados en la actualidad con la finalidad de encontrar debilidades que pueden ser potenciadas en el simulador a desarrollar.

### 2.1. Serious games a través del tiempo

A finales del siglo 20 [6], cuando aún no se les daba este nombre a los serious games, comenzaron las primeras producciones y ventas de este tipo de videojuego. Sin embargo, estos tuvieron una mala rentabilidad principalmente debido a la falta de tecnologías y capacidades técnicas para el desarrollo de los mismos. Ésto, finalmente llevó a definir nuevas bases para el desarrollo de los mismos gracias a una nueva examinación del concepto de los estos y una regulación en su diseño. Luego de este punto de inflexión, muchos investigadores comenzaron a realizar estudios con el fin de emplear los serious games en diversos proyectos. A modo de ejemplo, tenemos el vídeojuego desarrollado por Atari “Army Battlezone” [7], el cual se centraba en entrenamientos militares. Aun así, a través del tiempo entidades gubernamentales han seguido trabajando este tipo de simuladores ya que el desarrollo implica un bajo costo para ellos en comparación a los beneficios que pueden conllevar.

Ya en el año 2002, se creó la “serious games Initiative” [8] con el propósito de fomentar el desarrollo de este tipo de videojuego. Dos años después nacieron grupos

especializados en estas áreas, centrados en estudios sociales, de salud, entre otros. Cuatro años después, la industria de los serious games presentaba ganancias por sobre los 10 billones de dólares, lo que presentaba un mercado altamente rentable y explotable. Tiempo después, nacieron subgrupos dentro de los serious games, enfocados principalmente al tipo de contenido y finalidad que este mismo entregaba, haciendo distinciones en los siguientes:

- **Eduainment:** Término asociado a serious games que mezclan tanto el aprendizaje como el entretenimiento.
- **Educational:** Este tipo de serious game se enfoca principalmente en reforzar conceptos mezclando el contenido a estudiar con la jugabilidad, la cual va enfocada principalmente en ayudar a retener el contenido y generar asociaciones de los mismos.
- **News Games:** Serious games enfocados en noticias y acontecimientos importantes.
- **Simulation:** Busca practicar y desarrollar habilidades relacionadas con un contenido en particular. Estos son usados no solo en la industria de los serious games, sino que abarcan también el sentido particular de un videojuego. Es decir, existen simuladores destinados tanto al aprendizaje como para entregar entretenimiento.
- **Games for health:** Serious games enfocados en asistencia terapéutica y reforzamiento en procesos cognitivos y físicos.
- **Art Games:** Enfocados a expresar ideas artísticas basadas en videojuegos.
- **Military:** Videojuegos enfocados en el aprendizaje y entretenimiento de procesos militares. Esto abarca desde el manejo y conocimiento de armas hasta operaciones altamente detalladas.
- **Exergaming:** Se enfocan principalmente en videojuegos o simuladores deportivos apegándose a sus reglas y formas.

A finales de la década el mercado de serious games ya tenía un valor de 1.5 Billones de Euros [9] y ya al año 2010 se presentaba una tasa de crecimiento del

100% anual. Esto quiere decir, que en ese año los serious games presentaban una ganancia del 10% del total de ganancias de todos los años anteriores. Lo que es claramente un crecimiento positivo.

## 2.2. Estudios previos en otras áreas

En el área de la salud se hizo un estudio, en el cual se evalúa el uso de serious games enfocado en el esta área [10]. La investigación demuestra que, del total de investigadores interesados en desarrollar y validar un serious game, casi la mitad (42.8%) encontró válido el uso de la mecánica point and click, seguido de juegos de tablero y quiz. Cabe destacar que las áreas a las cuales fueron enfocadas las investigaciones fueron Neonatología, salud infantil, seguridad de pacientes, cuidado dental, entre otros.

Otra área en la cual se evaluó el uso de serious games fue en el área matemática en 2018 [11], en este caso el uso de esta tecnología se enfocaba en la operación de signos dirigido a adolescentes de 13 a 15 años. El modelo ADDIE [12] se adecua a la metodología de enseñanza en un serious game, ya que las cinco fases se dividen en el análisis del problema, el diseño de la solución, el desarrollo de la aplicación (puede ser para computador, celular, tablet, etc.), la implementación de ésta y finalmente, su evaluación. Esta metodología puede ser bastante útil de guía para el desarrollo del simulador y la metodología de aprendizaje a aplicar.

En Colombia se utilizó un pequeño simulador relacionado con Matemáticas [13] en una escuela rural. Éste, contempló el uso de las operaciones básicas matemáticas acompañados de una temática rescatista, en la cual se debían resolver los ejercicios que venían anexados a meteoritos que se dirigían a iglúes con pingüinos dentro de ellos. El jugador, al resolverlos, eliminaba los meteoritos y salvaba a dichos animales. Los resultados enlazados al simulador y a la implementación del mismo en el grupo de estudio obtuvo un fortalecimiento en sus aprendizajes, lo cual es altamente positivo.

Otro punto que apoya el uso de simuladores es la comparación entre el aprendizaje actual y el que incluye el uso de estos simuladores. Un estudio [14], comparó el uso de la pedagogía de historia con el aprendizaje de esta materia por parte de los estudiantes incluyendo serious games. Se dividió a los grupos de estudios en tres partes, la primera estudiaba historia con clases teóricas y uso del simulador, la segunda solo recibió clases teóricas y la tercera solo hizo uso del simulador. A

todos los grupos se les realizó pruebas teóricas antes y después de la intervención, obteniendo los siguientes resultados:

1. El primer grupo fue el que tuvo el mayor aumento en las calificaciones en comparación a la prueba inicial.
2. El segundo grupo no logró destacarse en comparación a los otros grupos, sin embargo obtuvieron calificaciones positivas. Este punto se destaca ya que demuestra que si bien el uso de un simulador aumenta el aprendizaje, no es totalmente necesario su uso y el simulador por si mismo no puede garantizar el aprendizaje.
3. El tercer grupo fue el que obtuvo las mejores calificaciones luego de la intervención.

En relación a este tipo de videojuego, estos pueden ir enfocados en cualquier tipo de público, incluyendo niños pequeños. En España se utilizó un simulador [15] enfocado en estudiantes de primaria. En este estudio, se diseñó y desarrollo un simulador enfocado en la usabilidad y gamificación. Utilizaron cuestionarios de usabilidad para evaluar el desempeño del videojuego con el grupo de usuarios principal.

Los simuladores también se pueden encontrar en el estudios de carreras técnicas y universitarias relacionadas, por ejemplo, con la simulación mecánica, tal como se evaluó en la simulación virtual [16]. El punto de esta simulación 3D, es centrarse en el ensayo de tracción, ejercicios interactivos y análisis de datos. Esta simulación destacó en los siguientes puntos:

- Facilidad de uso.
- Realismo.
- Calidad de entorno.
- Calidad y aplicación didáctica.

Se debe destacar que cada categoría obtuvo, al menos, una calificación 9 de 10.

Los simuladores no sólo se destacan por la aplicación en materias y asuntos escolares o universitarios, también cumplen un rol en la enseñanza de buenas costumbres o comportamientos éticamente correctos, en específico, en el análisis y prevención

del bullying [17], en el cual el jugador asume la posición de una víctima (o persona cercana a ésta), con el fin de identificarse con dicho personaje. Concretamente, este simulador estimula aspectos analíticos, cognitivos y sociales del jugador, además de identificar conductas relacionadas a esto, tales como ciberbullying, amenazas, chantajes, etc. Con esto, se puede demostrar que los simuladores no sólo cumplen un rol educativo enfocado netamente en estudio, sino también en educación ciudadana y ética.

La importancia e influencia de este tipo de videojuegos también puede encontrarse en áreas que abordan grandes problemáticas mundiales, tal como el calentamiento global, del cual si no se toman medidas para combatirla puede traer consecuencias severas al planeta. Para comprobar lo mencionado, se dispuso a grupo de estudiantes para experimentar con videojuegos enfocados en esto, con el fin de verificar la influencia de este en las actitudes de los estudiantes [18]. Para ello, se dispuso de un grupo que ocuparía el simulador y otro que no.

En cuanto al procedimiento, a los estudiantes se les entregó un test previo a la interacción de estudio y otro después de esta. Al final del estudio, se demostró una diferencia poco significativa dentro de ambos grupos de estudios. Es decir, el simulador no tuvo los resultados esperados (mejorar en gran medida las actitudes de prevención sobre el cambio climático), pero si hubo un cambio importante en como los estudiantes afrontaban esta situación, afirmando que no es tan difícil (en comparación al test previo) reducir los efectos que el cambio climático puede impactar sobre el planeta.

### 2.3. Herramientas relacionadas

Es necesario identificar simuladores de circuitos electrónicos que se usen en la actualidad, analizarlos y buscar problemas u oportunidades para el desarrollo de nuestra aplicación.

- Una de las herramientas más populares es “Livewire”, la cual permite hacer simulaciones eléctricas y electrónicas en múltiples áreas. Sin embargo, este programa está dirigido a usuarios con conocimientos previos del sector. Por lo tanto, este simulador no es eficiente con nuestro público objetivo. Sin embargo, se han desarrollado simulaciones de calidad, como por ejemplo, en trabajos

relacionados con la corriente alterna [19]. La figura 2.1 muestra la interfaz principal de Livewire y el uso de sus componentes.

Comparando lo que deseamos lograr, livewire cumple con lo necesario para hacer simulaciones, pero carece de material teórico y no es práctico para los nuevos usuarios, ya que, la simbología de componentes corresponde a una representación técnica y no a la real.

En conclusión, tenemos un punto en el que podemos innovar.

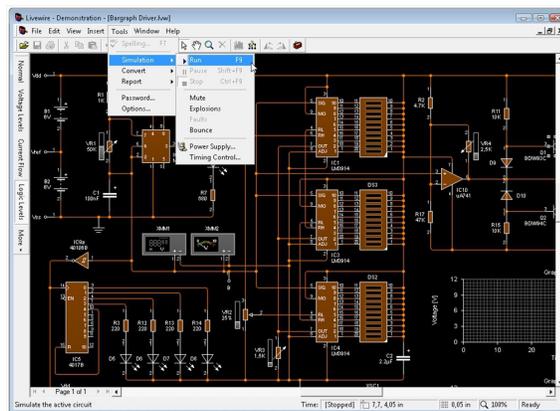


Figura 2.1: Interfaz principal de Livewire [20].

- Otra herramienta bastante utilizada en el área de electrónica es el software “Proteus” [21] utilizado para diseñar placas de cobre, las cuales se utilizan para crear circuitos. Para usarlo, hay que tener un mínimo de conocimiento, ya que un error de diseño puede ocasionar que el circuito no funcione o que este explote. Proteus al igual que Livewire es un simulador de circuitos electrónicos, la diferencia es que el primero va orientado a la construcción real de un circuito y el segundo sólo a simulaciones dentro del software. Ambos se encuentran de manera gratuita en Internet [22] y es de acceso público para todos los usuarios. En cuanto a los saberes requeridos, es necesario tener conocimientos en el área debido a mencionado anteriormente. La figura 2.2 representa la interfaz principal del programa.
- Autodesk Eagle [24] es otro software gratuito de la compañía Autodesk enfocado en diseño de circuitos y PCB (placas de circuitos) y una gran cantidad de componentes que se pueden añadir y buscar en Internet. Este software permite

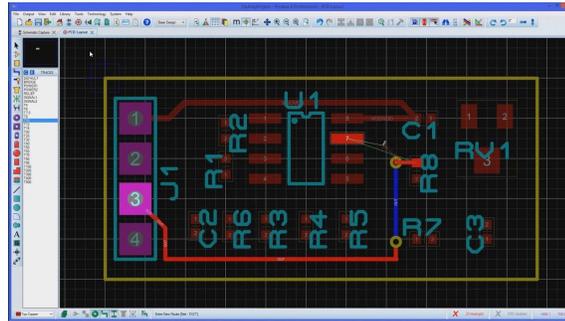


Figura 2.2: Interfaz principal de Proteus [23].

tanto diagramar circuitos electrónicos y placas, además, utilizan su propio lenguaje de programación para circuitos integrados más complejos. Entre todos los programas mencionados, Eagle es el más diverso y completo. La figura 2.3 muestra la interfaz de la sección de simulador de circuitos.

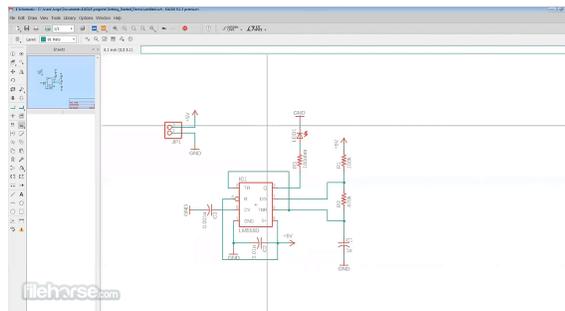


Figura 2.3: Interfaz simulador Eagle [25].

- Iccircuit [26] es un software de armado de circuitos que cuenta con simulación de circuitos digitales (usados con compuertas lógicas y álgebra booleana). Tiene versiones para Windows, Mac y Android, haciéndolo más accesible a todo el mundo. En la figura 2.4 se puede observar una simulación con compuertas lógicas en Iphone.
- Finalmente tenemos a Circuit Breaker [27]. Entre todos los simuladores analizados es el más fácil de entender. Cuenta con los componentes básicos de un circuito, destinados al armado de circuitos básicos. Este simulador se destaca por la simplicidad de su interfaz, iconografía y la ayuda de Charlotte, personaje que ayuda al usuario en el armado de los circuitos. La única desventaja

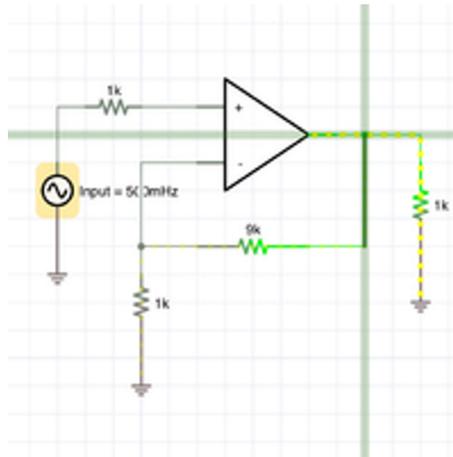


Figura 2.4: Interfaz simulador icircuit [26].

radica en el hecho que el usuario sólo puede armar el circuito correctamente, es decir, no es posible equivocarse, lo que vuelve a este simulador lineal y sin variaciones en su dificultad.

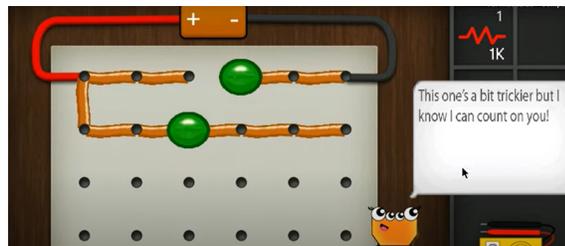


Figura 2.5: Imagen de gameplay Circuit Breaker [27].

Sin embargo, entre todos los programas estudiados y vistos, Circuit Breaker es el más apto para un público sin conocimientos en el área. Es atractivo visualmente, cuenta con ayudas y material asociado al tema del simulador.

## 3. Marco teórico

---

En esta sección se plantea todo el material didáctico que se incluirá en el simulador. Una vez teniendo claridad de la teoría se especificará las características de los potenciales usuarios con el fin de, finalmente, definir los atributos que tendrá el simulador gracias a metodologías existentes (ADDIE).

### 3.1. Componentes básicos de electrónica.

En esta sección se definen los principales componentes de la ley de Ohm, según la sus definiciones técnicas [28] [29].

#### 3.1.1. Voltaje

El voltaje se define como tensión eléctrica y su unidad de medida es el Voltio (o volt). Estos pueden venir desde baterías (Corriente continua) o de la red eléctrica del hogar (corriente alterna).

#### 3.1.2. Corriente

Para esta definición abarcaremos dos conceptos diferentes, la corriente continua y corriente alterna. [28].

- Corriente alterna: Corresponde a la corriente con intensidad variable y con característica senoidal. Es decir, su corriente varía entre positivo y negativo, pasando dos veces en cada circuito por el 0 (0 amperios). Una de las características es su seguridad, ya que al pasar por el 0 por un instante esta es neutra. Por lo que si alguien se electrocuta puede romper con la conexión de forma segura.

- Corriente continua: A diferencia de la corriente alterna, esta tiene un valor fijo en todo momento y se pueden encontrar en pilas y baterías. En el simulador se usarán baterías, las cuales con sus factores de corriente no son dañinas para el ser humano. Una batería (o pila) se encuentra polarizada, es decir, tiene un polo positivo y uno negativo. Característica que comparte con la corriente alterna.

La figura 3.1, ejemplifica el flujo de corriente de ambos tipos de corrientes en un lapso de tiempo.

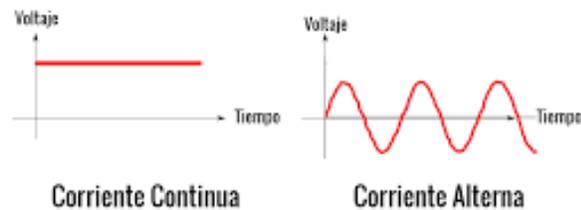


Figura 3.1: Comportamiento de las ondas de corrientes [30].

### 3.1.3. Resistencia

Corresponde a la fuerza opositora al voltaje y la corriente. Es la unidad que se encarga de regular el paso de estas, evitando que los componentes se sobrecarguen y quemen. Cada resistencia tiene un código de colores, que representa su valor, el cual tiene como unidad de medida el Ohm. La figura 3.2 representa la forma física de una resistencia, remarcando los diferentes tipos de códigos de colores.

### 3.1.4. Diodos emisores de luz

El conocido “Diodo Led” o simplemente “Led”, corresponde a un diodo emisor de luz cuando le llega energía. Este tiene un lado positivo y uno negativo, es decir, se encuentra polarizado. Esto último hace referencia a que el Led debe ser conectado de una forma en específico. Físicamente, un Led tiene dos terminales, siendo la más larga positiva (llamada Ánodo) y la corta negativa (llamada Cátodo) representado



Figura 3.2: Forma física de una resistencia [31].

en la figura 3.3. El terminal positivo debe conectarse al voltaje positivo emitido por la batería para que funcione, si este se conecta al revés no funcionará.

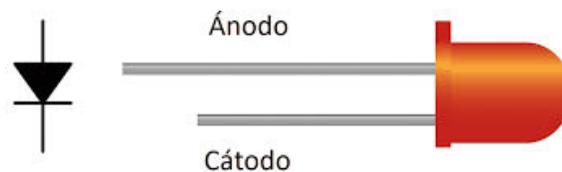


Figura 3.3: Forma física de un diodo Led [32].

### 3.1.5. Potencia eléctrica

La potencia eléctrica se define como la proporción de corriente eléctrica que pasa por un circuito eléctrico. Esta definición contempla tanto a la energía entregada y la energía absorbida. Su unidad de medida es el Watt (W). Esta unidad depende del voltaje que pasa y de la corriente, siendo proporcional a ambos.

## 3.2. Ley de Ohm

El postulado de la ley de ohm propone según el diccionario de física [28] que el voltaje es directamente proporcional a la intensidad dentro de un circuito. Mientras que inversamente proporcional se encuentra la resistencia. La estructura de la ley de Ohm se puede representar tal como en la figura 3.4. Dónde para obtener cada dato se necesita realizar la operación matemática descrita en su sección. Cabe mencionar que

en este proyecto no se profundizará en la definición de potencia, pero si se explicara lo básico.

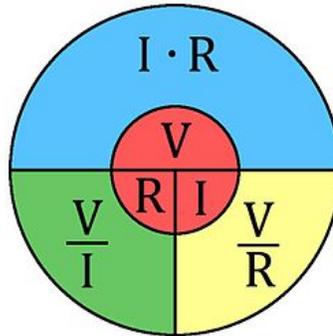


Figura 3.4: Representación de la Ley de Ohm [33].

### 3.3. Tipos de circuitos

En este apartado se analizan los circuitos conocidos y los comportamientos de las variables en la ley de Ohm.

#### 3.3.1. Circuitos en serie

Un circuito en serie, cumple con la característica que la corriente fluye en un solo sentido, estando todos sus elementos conectados en una sola dirección. La corriente y resistencia es igual en todas las secciones del circuito mientras que la corriente se mantiene igual en el paso de cada elemento. Dentro de un circuito el voltaje y resistencia se representa como la suma de todas las fuentes de su unidad de medida mientras que la corriente es la misma en todo el circuito.

#### 3.3.2. Circuitos en paralelo

En un circuito en paralelo, en el cual todos los terminales de entrada y salida están conectados entre si, la corriente y voltaje ya no fluye en un solo sentido, sino que va directamente a todos los elementos individualmente. En este tipo de circuitos el voltaje es igual para cada elemento, la intensidad se representa como la suma de todas sus fuentes de corriente y la resistencia es el resultado del inverso multiplicativo de la suma de todos los inversos multiplicativos de cada resistencia.

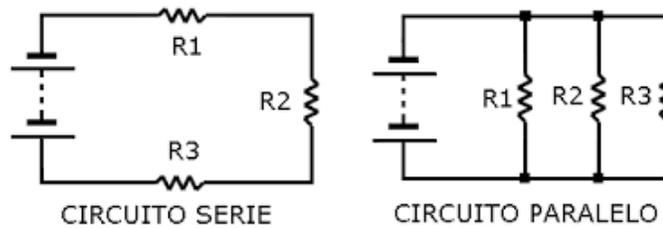


Figura 3.5: Representación básica de circuitos en serie y paralelo [34].

En la figura 3.5 se pueden observar un circuito en serie y paralelo. Ambos cuentan con una batería y tres resistencias, ubicadas de tal manera con el fin de representar el armado de cada uno.

### 3.3.3. Propiedades dentro del circuito

Si bien se conoce la relación entre voltaje, resistencia y corriente, el calculo de cada variable por separado difiere entre ambos tipos de circuitos. La figura 3.6 muestra como calcular cada componente individualmente en su respectivo circuito, lo cual fue mencionado en las subsecciones anteriores.

	Serie	Paralelo
<b>Intensidad total</b>	$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = \dots = I_n$	$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots + I_n$
<b>Voltaje final</b>	$V_F = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \dots + V_n$	$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = \dots = V_n$
<b>Resistencia equivalente</b>	$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots + R_n$	$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \dots + \frac{1}{R_n}$

Figura 3.6: Ley de Ohm aplicada en circuitos [35].

## 4. Herramientas de desarrollo

---

Esta sección tiene la finalidad de señalar algunos aspectos relevantes acerca de la interacción de los estudiantes con el simulador. Esto incluye características del rango de edad de los potenciales usuarios, beneficios que pueden obtener al utilizar simuladores y que metodología se seguirá para la intervención.

### 4.1. Características de aprendizaje de los potenciales usuarios

Los adolescentes difieren mucho en procesos cognitivos en comparación a los niños [36], en este punto de desarrollo los adolescentes aumentan su velocidad cognitiva, pueden responder a problemáticas más complejas, desarrollan su moral y se reflejan sus intereses vocacionales y profesionales.

Al momento de querer enseñar por medio de nuevas tecnologías (como lo son los simuladores), se deben establecer distintos parámetros con el fin de darle sentido a la instancia. Una forma [37] de metodología usada para el aprendizaje es enseñar mediante juegos y actividades didácticas, siempre relacionadas con el área de estudio.

#### 4.1.1. Beneficios de los videojuegos

Son numerosos los estudios que demuestran los beneficios de los videojuegos para los estudiantes, en especial para su desarrollo cognitivo y social [38]. Estos pueden incluirse como herramienta de aprendizaje bajo los siguientes parámetros:

- Instrumento didáctico: El propósito del videojuego es obtener reflexiones y valores de enseñanza.

- Actividad espontánea: Los estudiantes deben jugar en un espacio de relaxo y supervisado.
- Técnica grupal: Ayuda a resolver problemáticas sociales y de interacción, no estipuladas para este estudio.

#### 4.1.2. Metodología de diseño instruccional

Esta sección involucra los pasos, orden y elementos a desarrollar [38]. La idea de definir esto previamente es lograr que el usuario encuentre un sentido al desarrollo y desglosar el juego en unidades, formando en su conjunto un sistema complejo, pero de fácil entendimiento. Algunas metodologías de diseño de serious games se encuentran descritas a continuación:

Modelo Dick y Carey: Este modelo es uno de los más conocidos en el área [39]. Engloba todo el proceso dentro de un conjunto de partes que se relacionan entre si. La unión de todas estas apuntan a un resultado en común y todas las fases de desarrollo son vitales para su funcionamiento. Entre estas fases tenemos:

- Identificación de la meta.
- Análisis de instrucciones.
- Análisis del contexto y estudiantes.
- Definición de objetivos.
- Desarrollo de instrumentos de evaluación.
- Generación de estrategia instruccional.
- Desarrollo de materiales de instrucción.
- Diseño y desarrollo de la evaluación formativa.
- Revisión.

Este modelo se enfoca principalmente en la evaluación de las necesidades del grupo, que se espera de ellos, definición de sus objetivos y procedimientos. En contraste, este modelo presenta debilidades. Principalmente, su modelo secuencial no está diseñado para recuperarse tras fallas dentro de alguno de los procesos. Por lo tanto,

una falla en estos detiene todo el procedimiento de ejecución, dando como resultados perdidas de recursos y tiempos. Además su efectividad no puede demostrarse hasta el momento de ejecutar el proceso completamente.

Modelo AASURE: El modelo [38] cumple con el rol de guía para diseñar y conducir instrucciones, incorporando medios y tecnologías informáticas, en conjunto a la comunicación en el aprendizaje. Además, promueve la interacción de estudiantes con el medio de forma activa, evitando que sólo se queden con la información entregada. Esta metodología se basa en 6 etapas, en las cuales, el estudiante se ve involucrado desde el principio. Entre estas fases se obtienen las siguientes:

- Análisis del estudiante (antecedentes escolares, sociales, familiares, etc).
- Establecimiento de objetivos. Esto incluye definir objetivos generales del procedimiento y el estudiante.
- Objetivos: Definir que aspectos son los que se van a evaluar, en conjunto a las competencias que el estudiante deberá obtener luego del estudio.
- Elección de medios y materiales: responde al “cómo” y “dónde” se va a desarrollar la actividad.
- Utilización de medios: Uso correcto de los medios utilizados para la actividad. Estos pueden ser aplicaciones de software, libros, canciones, entre otros.
- Incentivar la participación: Los estudiantes deben ser partícipes activos de las actividades.
- Evaluación: Obtener los resultados y avances del grupo.

EMERGO: Corresponde a una guía de desarrollo en base a escenarios de tareas relacionado a la vida real [40], incluye la toma de decisiones, resolución de problemas, razonamiento y habilidades cognitivas complejas dentro de un entorno simulado, como por ejemplo, un salón de clases.

Esta metodología se desarrolla bajo la metodología ADDIE, la cual fue nombrada anteriormente. ADDIE [12] contempla cinco etapas de desarrollo, las cuales se describen de la siguiente forma:

1. **Análisis:** Corresponde al estudio de la problemática, aborda contextos y datos actuales. Finalmente, se generan hipótesis. Una vez desarrollado esto se estudian los aspectos que tendrán el juego y las respuestas que este traerá.
2. **Diseño:** Se diseña una posible solución, contemplando los problemas mencionados en la primera fase. Normalmente, corresponde a un documento o GDD. Describe actividades que se podrán ejecutar dentro del simulador, desglosar actividades y las interacciones que tendrán los potenciales usuarios.
3. **Desarrollo:** Desarrollo de la solución encontrada en el paso anterior.
4. **Implementación:** Una vez listo, se inserta en el área de estudio con el fin de refutar o validar la hipótesis planteada. Se ejecutan pruebas, estudia y recibe datos.
5. **Evaluación:** Se analizan los datos obtenidos obteniendo conclusiones de la problemática.

Se puede observar el flujo de esta metodología en la figura 4.1.



Figura 4.1: Flujo de trabajo de ADDIE [41].

### Selección de metodología a utilizar

Luego de analizar los modelos instruccionales más conocidos, se decidió trabajar con las metodologías ADDIE y EMERGO, ya que estas cumplen con los criterios

necesarios para el tipo de evaluación que se va a hacer y tiene un enfoque a la participación dentro del proceso de intervención. Dick y Carey presentan un modelo que puede presentar problemas dentro de la intervención, a diferencia de ADDIE que, tiene fases de desarrollo muy similares, pero pueden hacerse los cambios necesarios dentro de la fase de implementación. A su vez, el modelo AASURE implica una participación activa en todo momento con los estudiantes, y el único que puede ejecutar esa tarea es el profesor del colegio, por lo tanto, este modelo no se puede llevar a cabo dentro de la misma investigación.

#### 4.1.3. Creación de un serious game

Al momento de crear un serious game hay que tener en cuenta varios puntos [42], primero que es lo que se desea experimentar con los potenciales usuarios. Luego, regirse por los parámetros estipulados por la empresa contratista o por quién esté al mando del proyecto, en este caso lo solicitado por el lugar de intervención. Para ello es ideal para el desarrollador estar en constante conversación con alguien que tenga conocimientos en esta área. Finalmente, y antes de comenzar a desarrollar el simulador, se necesita ejecutar una planificación con el fin de guiar a todas las partes involucradas y evitar problemas. Una vez la planificación está completa se organiza el contenido, teniendo claro que hacer, en que momento hacerlo y quien es el responsable. Es importante en estos simuladores, desarrollar las mecánicas de forma atrayente, personajes con características familiares con el área de estudio y ambientes similares (como podría ser, por ejemplo, el uso de un taller o componentes característicos). Teniendo todo esto claro, el jugador podrá sentirse más motivado cuando, por ejemplo, el mismo se vea plasmado en un personaje, que realiza acciones dentro de la simulación.

Una vez se ha creado el simulador viene la fase de pruebas. En esta sección tanto el programador como la parte pedagógica prueban el juego para inspeccionar jugabilidad, probar funcionalidades, encontrar errores y evaluar cambios. Es ideal también experimentar con usuarios ajenos a la investigación y al grupo de intervención. Estos pueden ser, por ejemplo, usuarios secundarios y terciarios del simulador.

## 4.2. Software a utilizar

Esta sección analiza algunos programas enfocados en el desarrollo de aplicaciones y videojuegos. Finalmente, se elegirán las herramientas de desarrollo más adecuadas para la construcción del simulador.

### 4.2.1. Motor de desarrollo

- Unity: Es un motor de videojuegos [43] disponibles para múltiples sistemas operativos. Utiliza el lenguaje de programación C# y tiene herramientas enfocadas en el desarrollo de software. Al ser gratuito, permite fácil accesibilidad a todos sus usuarios. Una de sus fortalezas a destacar es el manejo de objetos dentro del desarrollo, lo que permite al programador organizarse y trabajar de manera eficiente.
- Gamemaker Studio: Gamemaker [44] es de fácil entendimiento y es uno de los mejores candidatos al momento de iniciar trabajos de programación. Su fortaleza son los juegos 2D. Sin embargo, no se enfoca en trabajos 3D, lo que limita su uso.
- Unreal Engine 4: Unreal Engine 4 [45] es un motor de desarrollo creado por la compañía Epic Games. Es un motor de desarrollo que cuenta con múltiples herramientas que facilitan el trabajo del programador, por ejemplo, los “Blueprints”. Estas herramientas se pueden definir como bloques de códigos ensamblables de fácil uso, logrando reducir los tiempos de programación eficientemente.

### 4.2.2. Herramienta de modelado

- Blender: Blender [46] es un programa de modelado 3D gratuito. Contiene herramientas para modelar, generar UV, texturizar, animar, entre otros. Además, es un programa de código libre, es decir, este es accesible para que nuevos programadores incorporen mejoras, lo que ha destacado a Blender en los últimos años. Finalmente, cuenta con dos motores de renderizado, lo que optimiza los tiempos en estas tareas. La gran desventaja, es que su interfaz no está enfocada en ser intuitiva para el usuario. Además, esto produce que la curva de aprendizaje sea muy lenta y sea difícil de usar para nuevos usuarios. Finalmente,

otra desventaja que contrasta una de sus grandes ventajas, radica en el punto de que, si bien en Blender se pueden ejecutar todos los procesos dentro de la creación de un modelo, ninguno de estos presenta una especialidad dentro del programa, es decir, en Blender se pueden hacer todos los procesos, pero no hechos en detalle o pulidos.

- **Maya:** Es un programa [47] enfocado en la creación 3D de objetos, efectos y, principalmente, animaciones. Es de pago o, se pueden adquirir licencias de estudiante en caso de serlo. Su interfaz es mucho más usable para el usuario en comparación a Blender. Además, Maya a obtenido múltiples reconocimientos gracias a su aporte en artes como el cine y videojuegos. Maya tiene la gran ventaja de generar UV de forma automática. Una gran desventaja, es la poca estabilidad del programa, falla con facilidad y obliga al usuario a guardar continuamente sus avances.
- **3Ds Max:** Este software [48] sigue los mismos lineamientos de Maya, siendo su gran potencia su uso en videojuegos. La gran característica de 3Ds Max que lo diferencia de Maya, se enfoca en que Maya se especializa en animación, y 3Ds Max en el modelado, siendo ambos muy buenos en ambas áreas. Una gran desventaja, es que 3Ds Max tiene una mala adaptación a usar proyectos provenientes de otros programas de modelado, provocando que el modelo falle o se “rompa”. Y, al igual que Maya, sus precios son muy elevados si no se tiene una licencia de estudiante.

#### 4.2.3. Control de versiones

Para administrar las versiones y respaldar todo lo relacionado a la investigación, se utilizó “GitHub” a modo de repositorio, debido a las siguientes características:

- Se enfoca en el control de versiones tanto de archivos comunes como de código de programación, lo que es ideal para mantener seguro el simulador.
- Es un programa de acceso gratuito.
- Permite mantener un historial de versiones, esto permite volver a versiones anteriores del proyecto en caso de conflictos graves.

## 5. Desarrollo del simulador

---

### 5.1. Preguntas a responder

Como se describió en secciones anteriores, es necesario evaluar el uso de los videojuegos en la educación y un serious game cumple el rol formativo en esta área. Se espera que con el uso de un simulador los estudiantes generen un mayor interés en esta área, a diferencia de quienes no tienen el acceso a estas. Es importante también evaluar, aparte de su efectividad, el rendimiento tanto en los estudiantes que utilicen el simulador y los que no lo usen.

### 5.2. Contenido del simulador

En esta sección se describe generalmente como se desarrolla el simulador y sus componentes.

#### 5.2.1. Sección teórica

El simulador debe contar con una sección teórica, que explique tanto con texto e imágenes los fundamentos básicos que aborda el simulador. La teoría que debe incluir fue detallada en secciones anteriores.

Esta información debe ser precisa y resumida, ya que el incluir todo el texto pedagógico puede causar aburrimiento y desinterés por parte de los estudiantes. Además, el simulador al cumplir un rol de apoyo, debe proporcionar contenido resumido y con utilidad de recordatorio.

### 5.2.2. Sección práctica

Corresponde a la parte principal del simulador, en ella se evalúa el uso práctico de la teoría explicada en la sección teórica. Después de cada parte teórica existirán pruebas prácticas, que evalúen el contenido aprendido.

En los siguientes puntos, se describen las actividades dentro del simulador.

#### Unidad 1: Ley de Ohm

Ejercicios de ley de Ohm: Ejercicios matemáticos de ley de Ohm para encontrar voltaje, corriente y resistencia. Entre estos también se necesitan ejercicios de potencia eléctrica, término asociado a la Ley de Ohm.

En la figura 5.1 se puede observar un ejercicio de ley de Ohm. En el cual, se encuentra una pista de como resolverlo. Algo similar ocurre en la figura 5.2, con un ejercicio relacionado a la potencia eléctrica.

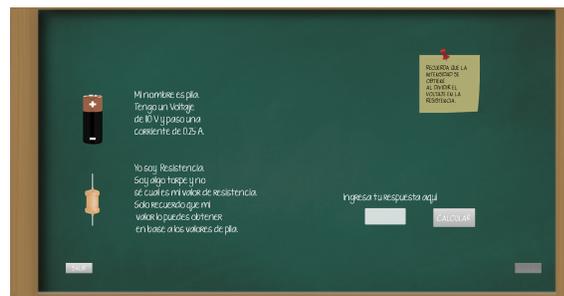


Figura 5.1: Ejercicio matemático relacionado a la ley de Ohm.



Figura 5.2: Ejercicio matemático relacionado a la potencia eléctrica.

## Unidad 2: Circuitos en serie y paralelos

En las pruebas de armado de circuitos, los espacios negros (llamados sockets) representan componentes faltantes, en el caso de circuitos paralelos, los espacios en rojo representan los espacios que son exclusivos para leds. Los componentes deberán ser seleccionados del menú de objetos en la parte inferior, los cuales deberán ser ubicado en estos espacios. Finalmente, el resultado del ejercicio dependerá de los componentes que se eligieron para su uso en el circuito.

A continuación, se muestran los dos tipos de circuitos disponibles dentro de la simulación.

1. Circuito en serie: El estudiante deberá ubicar los componentes dentro del circuito con el fin de entregar la corriente necesaria para el circuito, tal como se muestra en la figura 5.3. Este armado al ser finalizado comenzará la etapa de cálculo de corriente, lo que influye directamente en la aprobación del nivel o el fallo del mismo. Se debe mencionar que esta característica se ajusta a cada parámetro y propiedades de circuitos tanto en serie como en paralelo.

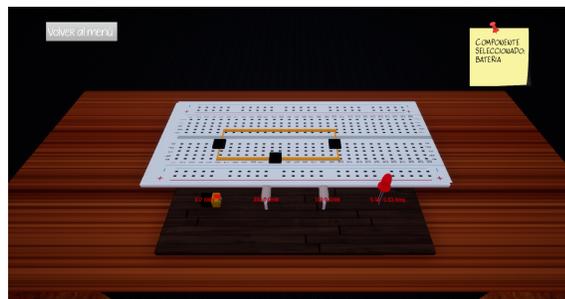


Figura 5.3: Ejemplo de circuito en serie.

2. Circuito en paralelo: Finalmente, el estudiante deberá armar correctamente circuitos paralelo. Esto contempla la mayor dificultad de armado y funcionamiento. Esto se debe a que el armado de este circuito debe tener un orden específico, a diferencia del circuito en serie, en el cual, cada componente puede ser ubicado en cualquier orden dentro del circuito. Un ejemplo de circuito en paralelo se puede observar en la figura 5.4.

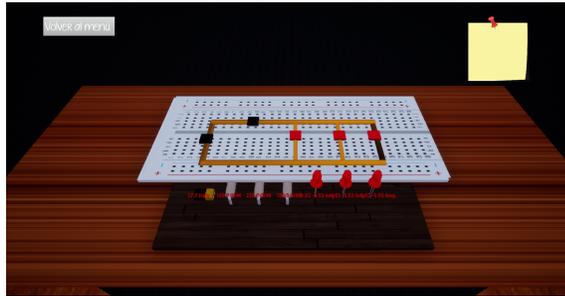


Figura 5.4: Ejemplo de circuito en paralelo.

### 5.3. Código del simulador

Esta sección ilustra bloques de código importantes para el desarrollo del simulador, distribuidos según sus funciones, desde la más básica hasta códigos más complejos. El código será agrupado para su fácil comprensión.

#### 5.3.1. Objetos

Los objetos corresponden a la definición de objetos en programación. Es decir, estos objetos definen parámetros para su uso en otras secciones de códigos. Entre estos tenemos:

- **Componente:** Este objeto comprende las variables que definen a cada componente. Las variables utilizadas se pueden ver en la figura 5.5.

Las variables usadas se distribuyen en 3 grupos, los cuales tienen las siguientes funciones:

- **Outline:** Corresponden a todas las variables que resaltan el objeto que el usuario selecciona en los circuitos. Estos generan un contorno en dicho objeto que sirve de feedback para el usuario.
- **Object:** Variables propias para el uso y trabajo del componente dentro del circuito.
- **Position:** Estas variables almacenan las posiciones que el objeto puede utilizar. Estas son usadas para el movimiento del componente.

En cuanto a sus variables, se definen de la siguiente manera:

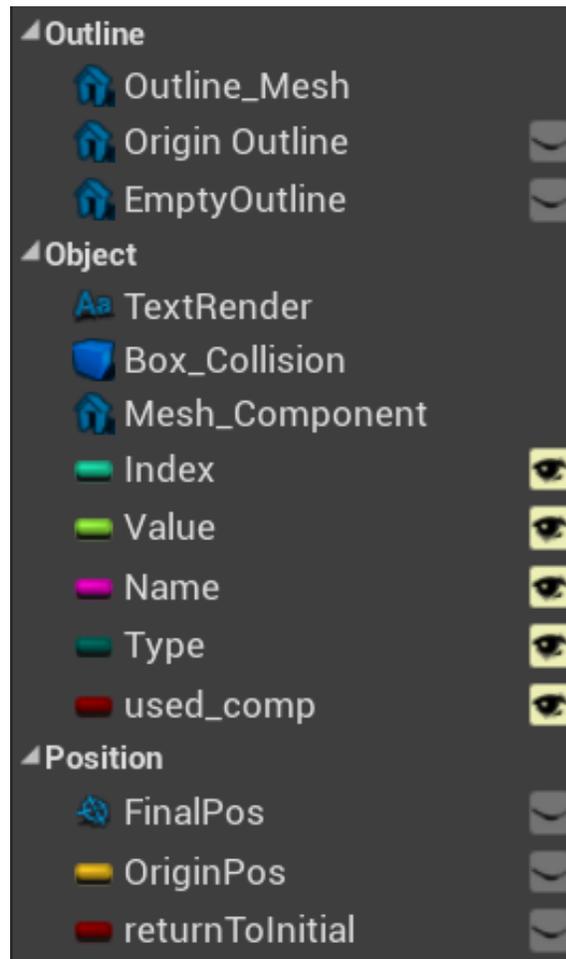


Figura 5.5: Variables del objeto Componentes.

- SetOriginPos: Guarda la posición inicial del componente al iniciar el programa. Tal como muestra la figura 5.6.
- SetMesh: Según sus parámetros, establece si el componente en pantalla es una pila, resistencia o diodo Led. La función se puede observar en la figura 5.7.
- Socket: El socket, es la ranura del circuito en el cual se deben ubicar los componentes. Cada Socket tiene sus propiedades básicas y su estado dentro del circuito, lo que se puede ilustrar en las variables vistas en la figura 5.8.

El funcionamiento del socket es más simple en comparación a los componentes. Este cuenta con funciones que detectan cuando inician y cuando terminan

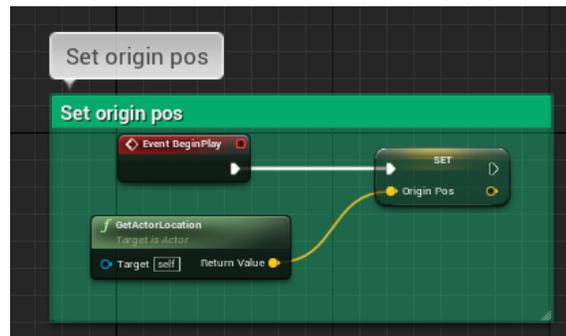


Figura 5.6: Función posición original.

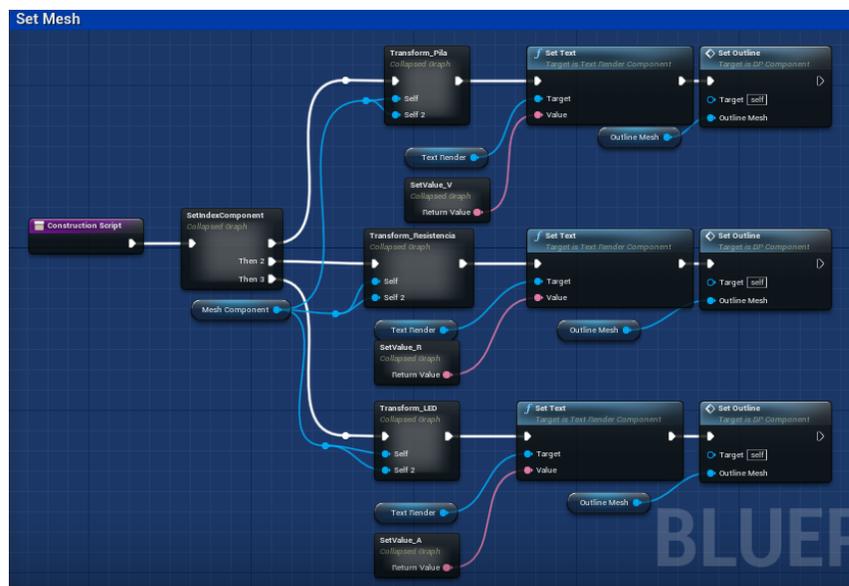


Figura 5.7: Función set Mesh del componente.

las colisiones. En base a esto, el socket tiene 4 estados dependiendo de las situaciones que ocurran. Estas se describen en la figura 5.9, que evalúa los 4 casos.

- Sin Overlap y sin uso: El componente se define como “No utilizado”.
- Con Overlap y sin uso: El socket queda en uso. Si el componente sale del socket, pasa a estar fuera de uso.
- Sin Overlap y con uso: El componente se define como “Utilizado”.
- Con Overlap y con uso: El componente ya está en uso, por lo que el componente que entra en colisión es ignorado.

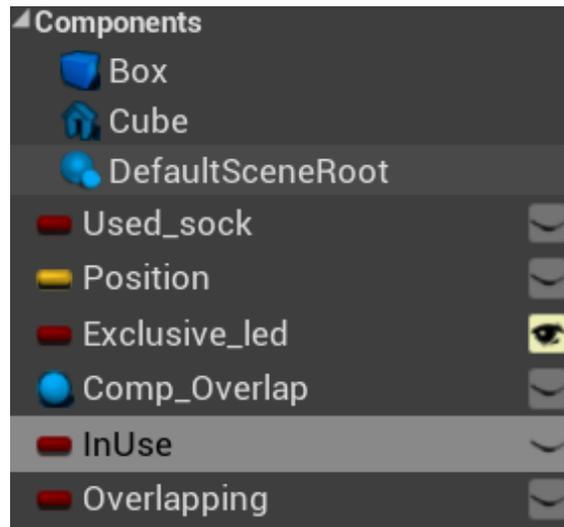


Figura 5.8: Variables del objeto Socket.

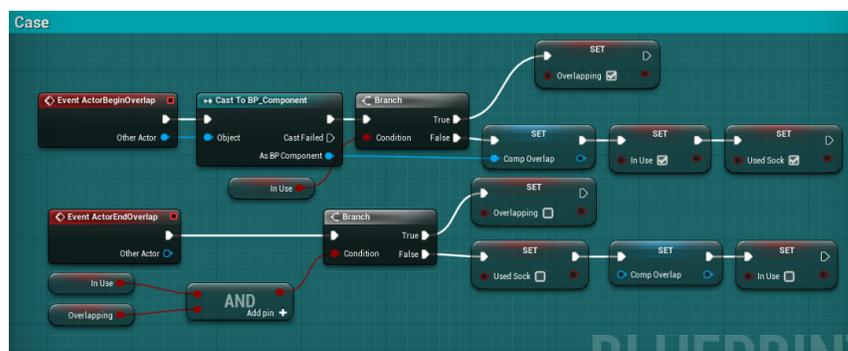


Figura 5.9: Funciones de colisión del socket.

### 5.3.2. Widgets

Los widgets corresponden a la información que se entrega mediante la UI. Estos widgets se utilizaron para ilustrar el contenido y los problemas matemáticos de la sección práctica.

#### Sección teórica

La sección teórica se muestra en pantalla y muestra tanto el contenido como las animaciones relacionadas a la misma. El widget cuenta con las variables mostradas en la figura 5.10 y se desglosan entre elementos de UI (imágenes, animaciones y botones) y variables para su funcionamiento.

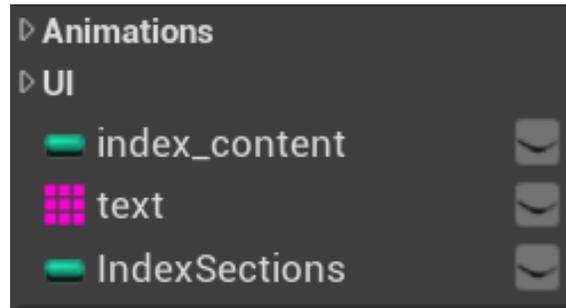


Figura 5.10: Variables widget del material teórico.

El contenido se muestra en pantalla gracias a los botones, los cuales suman o restan el index del array “Text”, el cual tiene guardado el contenido a mostrar y el orden de las animaciones. El funcionamiento se puede observar en la figura 5.11.

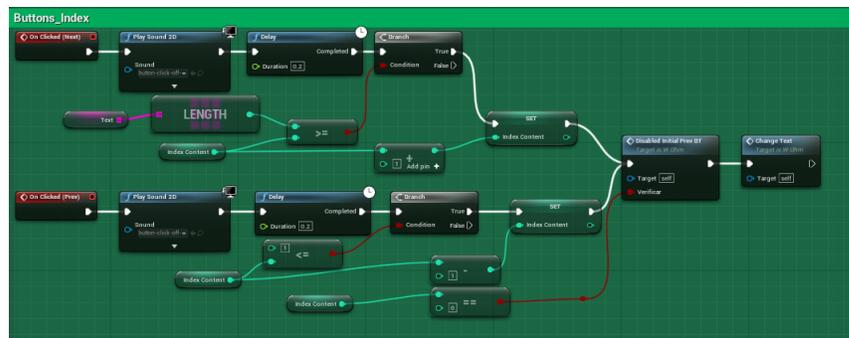


Figura 5.11: Funcionamiento botones widget teórico.

### Sección práctica

En la sección práctica los widgets funcionan de manera similar a la sección práctica. Cuentan con animaciones y variables de UI que trabajan en conjunto a variables destinadas al funcionamiento del mismo. El uso de las funciones es igual a la sección teórica, esto contempla el uso de botones y el como estos influyen en el contenido, imágenes y animaciones mostradas en el nivel. La diferencia entre ambos, radica en el uso de respuestas en los ejercicios prácticos. En la figura 5.12 se pueden ver los tipos de variables usadas en este widget. Las categorizadas como “Practice 1” son los elementos de UI que son utilizados para responder los ejercicios.

Como se mencionó, la categoría de “Practice 1” marca la diferencia con el widget teórico. En la figura 5.13 se ejemplifica el funcionamiento de las respuestas entregadas

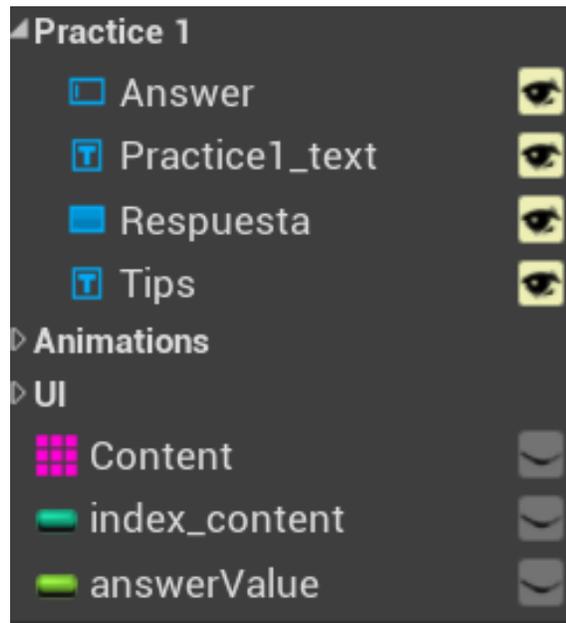


Figura 5.12: Variables widget del material práctico.

por el usuario y como afectan en el ejercicio.

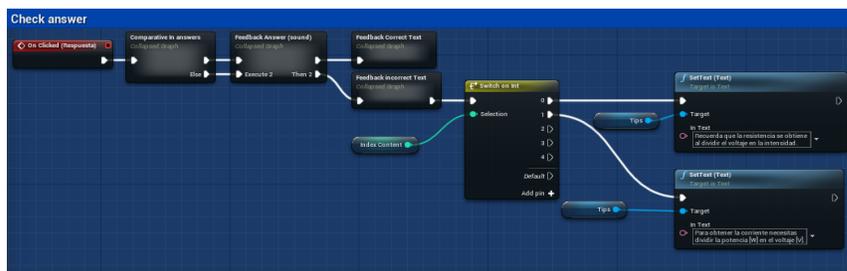


Figura 5.13: Funcionamiento de respuestas.

### 5.3.3. Armado de circuitos

En la siguiente subsección, se describe a detalle el funcionamiento de la simulación del armado de circuitos. Desde la selección de elementos hasta el cálculo de corriente, finalmente, se describirá como se ejecuta el feedback dentro de determinadas acciones.

1. Establecer tracer: El tracer se encarga de marcar objetos desde el punto de vista del jugador. Esto se utiliza en muchos juegos para establecer interacciones entre jugador y ambiente. Este bloque de código establece los parámetros iniciales,

los cuales son el ajuste de distancia de interacción del tracer y el agregar la UI a la pantalla, tal como ilustra la figura 5.14.

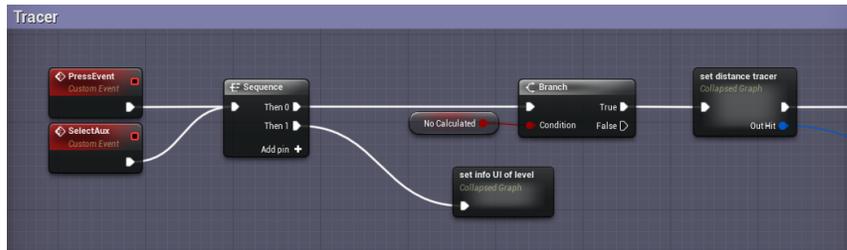


Figura 5.14: Código del ajuste de Trace y UI.

2. Selección de objetos: Luego de tener los ajustes iniciales se debe especificar que tipos de objetos son interactivables para el tracer. Como se ha mencionado anteriormente, estos son los componentes y los sockets. En la figura 5.15 se puede notar que el tracer al interactuar con algún objeto intenta hacer un cast de un componente. Si el objeto no es un componente el cast falla, e intenta hacer cast del Socket. Si uno de estos objetos es casteado correctamente, se designa como “objeto seleccionado”. Esto es útil para saber en cada momento con que objeto se está interactuando. Finalmente, si el tracer selecciona otro objeto, el objeto seleccionado queda en estado nulo y no se cuenta como un objeto válido.

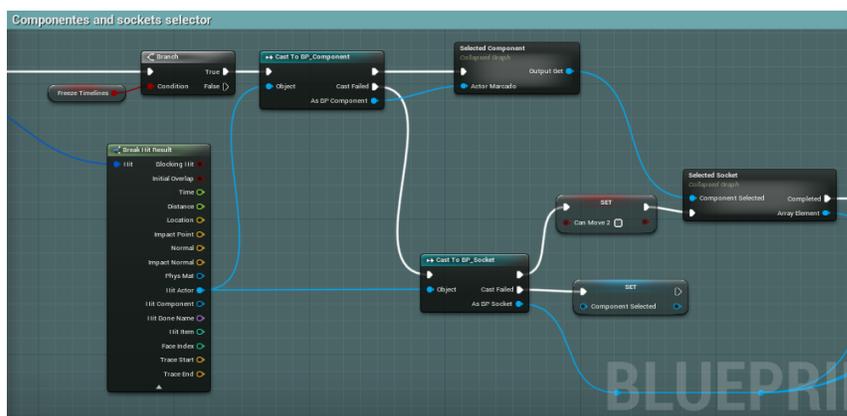


Figura 5.15: Código de selección de objetos con tracer.

3. Movimiento de objetos: Una vez seleccionado el componente y el socket de destino se ejecuta la timeline que mueve el componente de su posición hasta



5. Verificar el tipo de circuito: Antes del cálculo de circuito se necesita saber que tipo de circuito es el que se está armando. La figura 5.18 divide el tipo de circuito en circuitos en serie y paralelos.

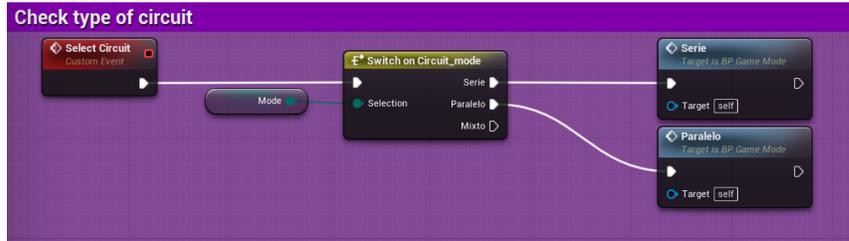


Figura 5.18: Diferenciación del tipo de circuito que se arma.

6. Cálculo de variables: Este punto se divide en dos partes. Si el circuito es en serie se establecen los valores de corriente mínima y máxima soportados de manera manual ya que no varía, tal como muestra la figura 5.19.



Figura 5.19: Parámetros del circuito en serie.

En cambio en el circuito paralelo, se debe establecer previamente cuantos Leds van dentro del circuito y en base a esto establecer la corriente mínima y máxima dentro del mismo. La figura 5.20 muestra un ejemplo de ello. Además, la resistencia se obtiene con los inversos multiplicativos.

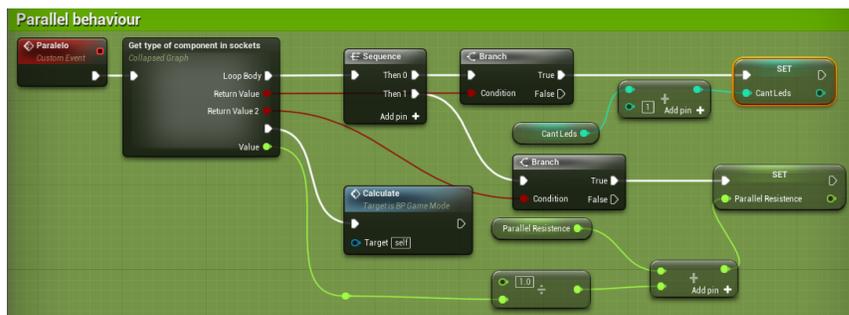


Figura 5.20: Parámetros del circuito en paralelo.

7. Cálculo de circuito: Finalmente se calcula la corriente que lleva el circuito. Una vez obtenido este resultado se compara con los valores que soporta el circuito y se resuelve. El estudiante recibe feedback tanto por hacer el ejercicio correctamente o incorrectamente. La figura 5.21 demuestra los pasos a seguir para calcular el circuito.

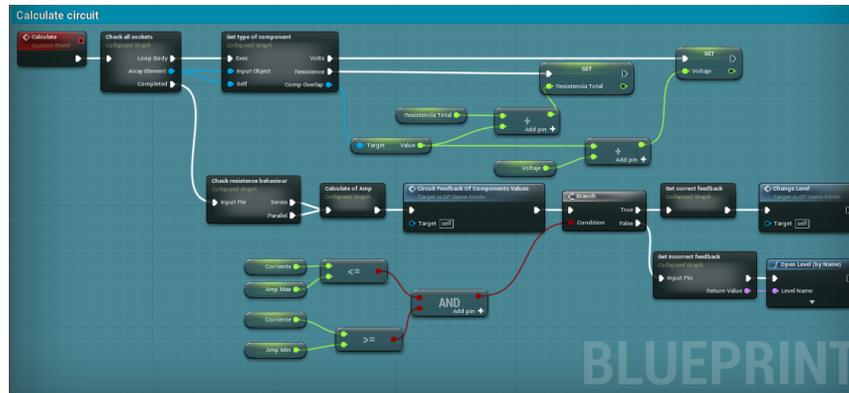


Figura 5.21: Cálculo de circuito y resultados.

Finalmente, si el circuito es aprobado pasará al siguiente nivel, si falla, el nivel se reiniciará.

## 6. Documento de diseño

---

### 6.1. Datos generales

#### 6.1.1. Objetivos

Objetivo: El objetivo principal del simulador es reforzar el contenido relacionado con la electrónica básica, tanto teoría (información necesaria) como práctica (aplicación de teoría en armado de circuitos).

#### 6.1.2. Software a utilizar

Software a utilizar: Para desarrollar este simulador se utilizará el motor Unreal Engine 4, el arte 2D se hará con Photoshop e Illustrator y el arte 3D en Autodesk Maya.

### 6.2. Diseño

#### 6.2.1. Gameplay

Como se ha mencionado, el simulador cuenta con dos unidades, siendo la primera la ley de Ohm. En esta unidad se presentarán los componentes de esta ley (Voltaje, resistencia, corriente y potencia) para luego realizar problemas matemáticos asociados a los términos estudiados. La segunda corresponde a la identificación de los tipos de circuitos y sus propiedades, para finalmente hacer ejercicios de armado de circuitos.

### 6.2.2. Mecánicas

#### Problemas matemáticos

El estudiante se enfrenta a problemas relacionados a las variables propias de la ley de Ohm. En estos ejercicios se entregarán algunos datos útiles dentro del problema con el fin de que el estudiante use esta información para encontrar los valores faltantes.

#### Point and Click

La principal mecánica de este simulador corresponde a esta. En dónde el estudiante deberá seleccionar entre una cantidad limitada de componentes los que serán útiles dentro del circuito, estos deberán irse ubicando en el sector correspondiente para armar el circuito. Cabe mencionar que si el estudiante se equivoca al ubicar un componente lo puede mover y puede retirarlo del circuito. Entre los componentes que puede usar el estudiante están los siguientes:

- Batería.
- Resistencias.
- Diodos Led.

#### Ajuste de valores

Dentro del circuito, el estudiante encontrará componentes con distintos valores dentro de su respectivas unidades de medidas. Estos valores variarán dependiendo de cuales componentes fueron ingresados dentro del circuito.

#### Cálculo de corriente

Una vez todos los espacios vacíos dentro del circuitos son cubiertos por algún componente, este procederá a calcular la corriente dentro del mismo. Utilizará todas las fuentes de voltaje y resistencias incluidas para llevar a cabo este proceso. Una vez resuelto, dependiendo del resultados se sabrá si este fue armado correctamente o no.

### 6.2.3. Avance o reinicio

Si el circuito es armado correctamente el estudiante podrá resolver el siguiente circuito, al contrario, si falla, deberá armar el circuito nuevamente e intentándolo otra vez.

### 6.3. Flow de juego

La curva de dificultad es ascendente. Los ejercicios del simulador inician con los más fáciles dando paso luego a los circuitos

Luego el estudiante deberá armar su primer circuito. En este ejercicio deberán encontrar los componentes necesarios para su armado correcto. Existen diez niveles de circuitos, mientras que cada nivel cuenta con tres circuitos.

Cada circuito dentro del nivel tiene una dificultad similar. Esto cambia cuando se completa el nivel, ya que pasar un nivel implica una mayor cantidad de componentes dentro del circuito y más componentes disponibles.

Los seis primeros niveles de circuitos contemplan circuitos en serie, mientras los cuatro últimos son de circuitos paralelos, los cuales como ya se ha mencionado, tienen una dificultad mayor en comparación a los circuitos en serie. En conclusión, la gráfica de dificultad queda de la siguiente manera:

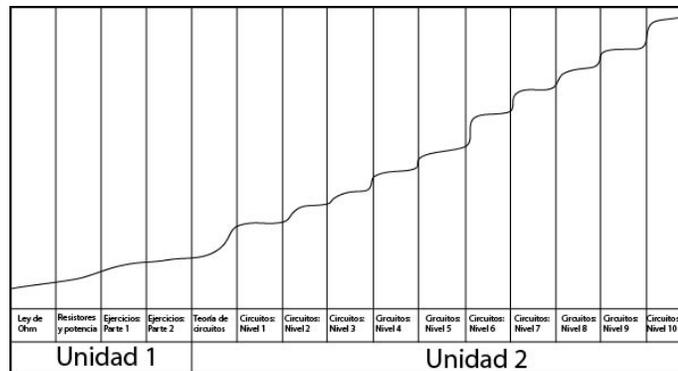


Figura 6.1: Flujo de dificultad dentro del simulador.

## 6.4. Arte

### 6.4.1. General

Los recursos usados para el general de las actividades corresponden a los componentes que ya se han descrito en secciones anteriores. El arte relacionada a estos componentes es lo mejor posible adaptado a la realidad, dando, por ejemplo, los siguientes assets:

- Diodos Led: Los diodos Led son representados en la figuras 6.2 y 6.3.



Figura 6.2: Diodo Led apagado.



Figura 6.3: Diodo Led prendido.

Cabe mencionar que este es el estilo definitivo del simulador, por lo que estos assets estarán dentro del simulador.

- Pizarra: La pizarra verde corresponde a la pantalla principal de la UI (descrita en la sección Interfaz de usuario). En esta se entregarán los contenidos y se desarrollará el circuito correspondiente a cada sección práctica.



Figura 6.4: Pizarra correspondiente a la pantalla principal dentro del juego y menú principal.

#### 6.4.2. Arte 2D

El arte 2D del juego va implementado principalmente a la sección teórica y los ejercicios matemáticos/teóricos del simulador. Junto a esto, también contempla el fondo de pizarra, assets de ayuda para el estudiante y animaciones, con el fin de hacer la experiencia dentro del simulador más agradable.

#### 6.4.3. Arte 3D

Los assets 3D corresponden a todos los componentes que se encuentran en la sección práctica. Contempla los componentes a usar en el circuito más las ranuras donde se deben ubicar los mismos.

### 6.5. Interfaz de usuario

La Interfaz de usuario simula una pizarra y en ella se cargan los widgets necesarios para cada etapa correspondiente. En el armado de circuitos, en cambio, se utilizan solo widgets de ayuda y no cubren toda la pantalla.

#### 6.5.1. Menú principal

Esta sección se divide en tres partes, como muestra la figura 6.5, la superior (seleccionar nivel) conecta el menú principal con la interfaz del selector de nivel. La

segunda, conecta directamente con el cuestionario alojado en Internet. La tercera, finalmente, es la opción de salir del simulador.

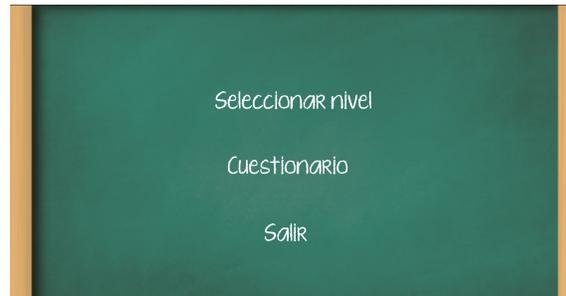


Figura 6.5: UI del menú principal.

### 6.5.2. Selector de niveles

El selector de niveles es una subsección de la UI del menú. Esta sección conecta el menú principal con la sección teórica con la sección práctica. El simulador cuenta con quince niveles diferentes, de los cuales, los cinco primeros corresponden a la sección teórica. Estos cuentan con:

1. Ley de Ohm: Presenta los componentes de la ley de Ohm con sus respectivas variables y como estas se influyen entre si.
2. Resistores: Explica como funciona la resistencia natural de algunos elementos de la tabla periódica. Adicional a esto, se introduce el tema de potencia y su relación con voltaje e intensidad.
3. Ejercicios 1: Pone en práctica algunos ejercicios básicos relacionado a la materia recién estudiada.
4. Ejercicio 2: Pone en práctica algunos ejercicios más complejos de la materia recién estudiada.
5. Circuitos: Estudia los circuitos en serie y paralelo, las propiedades de sus variables y la diferencia entre ambos circuitos. Finalmente, se explica el funcionamiento de la sección práctica y como resolver los ejercicios.
6. Desde la opción Circuitos 1 a Circuitos 10 se ejecutan los ejercicios prácticos de los mismos, aumentando en dificultad según el flow del juego.



Figura 6.6: UI Selector de nivel.

### 6.5.3. Sección teórica (Conceptos y materia)

La UI dedicada a entregar el contenido teórico entrega cada concepto de forma precisa, de acuerdo al mismo contenido entregado por el profesor del grupo participante de la actividad. Con cada concepto, existe un componente, tabla o icono asociado a dicho concepto, principalmente para que el estudiante pueda asociar los componentes con todos los conceptos.

Se debe mencionar que el contenido e imágenes tienen animaciones que hacen de la entrega de conceptos más didáctica y llamativa.



Figura 6.7: UI Contenido teórico.

### 6.5.4. Sección teórica (Ejercicios)

Los ejercicios plantean un problema, el cual debe ser resuelto con el resultado apropiado. El estudiante cuenta con pistas dentro del ejercicio para resolverlos y si falla, debe intentarlo hasta dar con el resultado correcto.



Figura 6.8: UI Preguntas teóricas.

### 6.5.5. Pantalla sección práctica

La pantalla de juego se divide en cuatro partes. La primera (parte inferior de la figura 6.9 muestra los componentes disponibles para armar el circuito. La parte central corresponde al circuito mismo, el cual debe ser armado con los componentes. La tercera se encuentra en la parte superior derecha la cual entrega el feedback de lo que va pasando en el momento de armado del circuito. Finalmente, se encuentra el botón para regresar al menú principal.

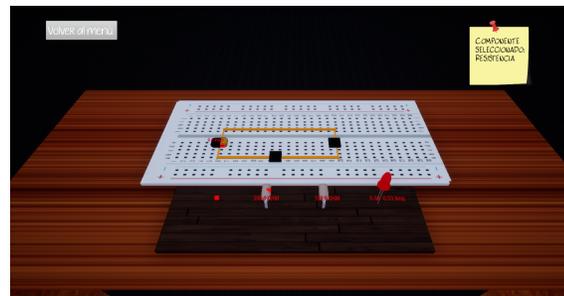


Figura 6.9: Sección práctica de circuitos.

## 6.6. Música

Toda señal auditiva dentro del simulador debe tener una función específica y no debe interferir con el estudio del contenido.

### 6.6.1. General

El simulador lleva música tranquila y relajante [49], lo que ayudará al estudiante a relajarse y estudiar tranquilamente.

### 6.6.2. Sonidos

Los sonidos se implementarán en la sección práctica, a modo de feedback cada vez que el jugador realice acciones. Los sonidos que se utilizarán cumplen con las siguientes características:

- Botones: Cada vez que el estudiante pulse un botón, junto a su acción recibirá el sonido correspondiente, sabiendo así que este se utilizó.
- Respuesta correcta: Cuando el estudiante responda correctamente un problema, ya sea de los ejercicios teóricos o prácticos se escuchará este sonido, entregando así el feedback correspondiente.
- Respuesta incorrecta: En cambio, cuando el estudiante comete un error al responder, este sonido le marcará su error.

## 7. Planificación

---

Esta sección describe los procesos de trabajo dentro de toda la investigación. Esto incluye la metodología de trabajo y la planificación de cada actividad (ciclos de desarrollo, reuniones e hitos importantes).

### 7.1. Metodología ágil

Se seleccionó utilizar una metodología ágil [50] por sobre una metodología tradicional. Dentro de un proyecto de desarrollo de software, es eficiente trabajar en conjunto al equipo de trabajo y el cliente. La utilidad de una constante comunicación conlleva a un software acabado de manera profesional y con iteraciones del producto dentro del ciclo de trabajo, con el fin de evitar errores y que ambas partes (cliente y desarrolladores) se enfoquen en un producto del gusto de ambos. Además, la planificación puede sufrir alteraciones, lo que puede traer muchos problemas dentro de las metodologías tradicionales de desarrollo. En conclusión, se utilizará una de las siguientes metodologías ágiles:

- Extreme Programig o “XP”: Esta metodología [50] es ideal cuando se trabaja con más de un programador, desarrolla pruebas unitarias y repeticiones dentro de cada fase del proyecto. Al estar constantemente en iteración, es fácil identificar y solucionar errores. Una desventaja que se puede asociar a esta metodología, es que el código de desarrollo es de carácter compartido, esto se debe a que existe más de un programador dentro del simulador. Por lo tanto, esta metodología no se puede adecuar correctamente al desarrollo de esta investigación. A su vez, otra desventaja se enfoca en sus programadores, los

cuales, deben tener la capacidad de desarrollar el código de una forma en que todos los involucrados entiendan, normalmente, se trabajan en parejas.

- Kanban: Kanban [51] es una metodología ágil enfocada en mantener visualmente el estado del proyecto, centrándose en el avance de cada tarea. Estas tareas contemplan los estados de:
  1. Abierta: Tarea creada y en espera de desarrollo.
  2. En desarrollo: La tarea ya se inició.
  3. Validación: La tarea fue realizada, pero necesita revisiones antes de ser completada. Si se encuentran fallos y/o problemas, vuelve a la fase de desarrollo.
  4. Completada: Tarea completada en su totalidad.

Una de sus ventajas radica en su control, en todo momento se sabe quién desarrolla una tarea, cuánto tiempo le toma y que fechas abarca la misma. En adición, se mantiene un control de la duración de las tareas y como estas se adecuan a la planificación original. En contraste, Kanban no presenta iteraciones fijas en el proyecto, sino que estas se ejecutan dependiendo de las tareas y las necesidades del cliente o empresa. A su vez, es fácil caer en un “cuello de botella”, que consta un atasco dentro de las tareas que pueden perjudicar las tareas siguientes y los tiempos de entrega al final del proyecto, los cuales en este caso, no pueden alterarse.

- Teniendo en consideración la duración de esta tesis y la cantidad limitada de personas involucradas, se decidió seguir, de base, la metodología SCRUM [52], en la cual se desglosa el ciclo de trabajo en secciones, las cuales terminan en “Hitos”. Estos marcan el final de un conjunto de tareas propias del tiempo de ejecución.

Mediante se desarrollaba el prototipo muchas cosas se debieron cambiar. Principalmente, debido a los cambios curriculares de la materia de electricidad y electrónica. Estos cambios se llevaron a cambio en mutuo acuerdo con el profesor del colegio. Que, si se adapta a la metodología SCRUM, cumple el rol de “el cliente”. Los ciclos de trabajo del prototipo fueron supervisados por el

profesor guía, con el cual se acordaron iteraciones y el pulido de este mismo. A modo de ejemplo del ciclo de trabajo, se ilustra la siguiente imagen 7.1.

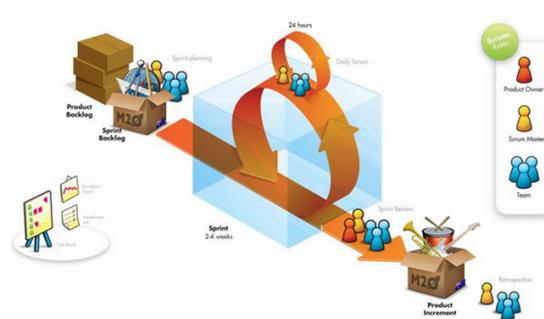


Figura 7.1: Ejemplo de la metodología Scrum [52].

## 7.2. Carta Gantt

Esta sección describe la planificación de desarrollo de la actividad, contemplando desde su inicio hasta el final de esta tesis. Esta planificación contempla tres itinerarios distintos. La imagen 7.2 describe las actividades ligadas a la resolución de la hipótesis. Esto incluye las reuniones con el establecimiento educativo, la planificación de este documento y el ciclo de trabajo ligado a la intervención. En cuanto a los hitos, estos son cuatro, ligados al finalizado de la pre producción, del prototipo, del proceso de intervención y del finalizado de tesis.

En cuanto al desglose de actividades detallado, se describe en las tablas 7.1, 7.2 y 7.3. Las cuales presentan tanto las planificaciones como los hitos dentro del desarrollo.

Las tablas tienen cinco secciones: Índice (que marcan las tareas y subtareas) y duración (ligadas al inicio y término de la actividad).

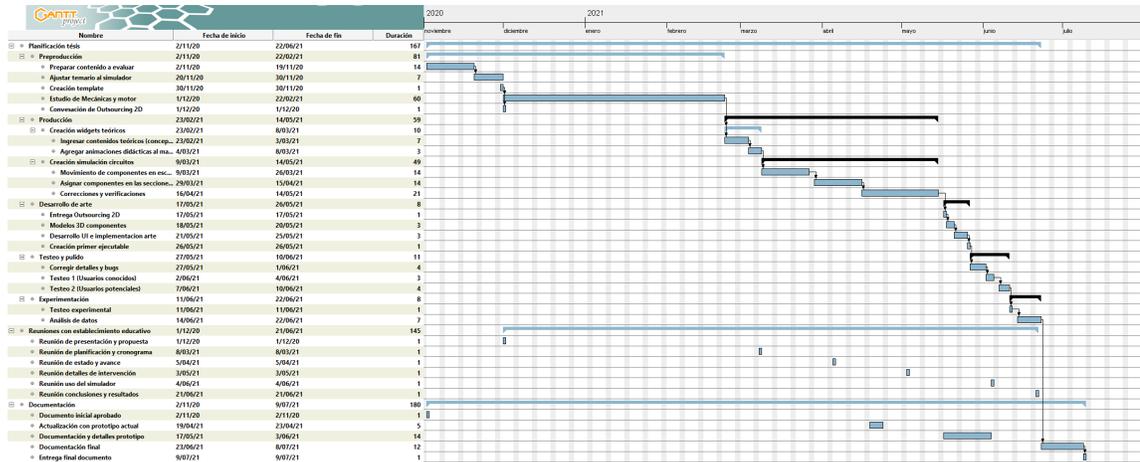


Figura 7.2: Planeación general de actividades en carta Gantt.

Índice	Tarea	Duración	Inicio	Término
1	Reunión de presentación y propuesta	1 día	Mar 01-12-20	Mar 01-12-20
2	Reunión de planificación y cronograma	1 día	Lun 08-03-21	Lun 08-03-21
3	Reunión de estado y avance	1 día	Lun 05-04-21	Lun 05-04-21
4	Reunión detalles de intervención	1 día	Lun 03-05-21	Lun 03-05-21
5	Reunión uso del simulador	1 día	Vie 04-06-21	Vie 04-06-21
6	Reunión conclusiones y resultados	1 día	Lun 21-06-21	Lun 21-06-21

Cuadro 7.1: Planificación de reuniones con establecimiento educativo.

Índice	Tarea	Duración	Inicio	Término
1	Aprobación documento inicial	1 día	Lun 02-11-20	Lun 02-11-20
2	Actualización con prototipo actual	5 días	Lun 19-04-21	Vie 23-04-21
3	Documentación y detalles prototipo	14 días	Lun 17-05-21	Jue 03-06-21
4	Documentación final	12 día	Mie 23-06-21	Jue 08-07-21
5	Entrega final documento	1 día	Vie 09-07-21	Vie 09-07-21

Cuadro 7.2: Planificación de avance del documento.

Índice	Tarea	Duración	Inicio	Término
1	Preproducción	81 días	Lun 02-11-20	Lun 22-02-21
1.1	Preparar contenido a evaluar	14 días	Lun 02-11-20	Jue 19-11-20
1.2	Ajustar temario al simulador	7 días	Vie 20-11-20	Lun 30-11-20
1.3	Creación de template	1 día	Mar 30-11-20	Mar 30-11-20
1.4	Conversación Outsourcing 2D	1 día	Mar 01-12-20	Mar 01-12-20
1.5	Estudio de Mecánicas y motor.	60 días	Mar 01-12-20	Lun 22-2-21
2	Producción	59 días	Mar 23-02-21	Mié 14-05-21
2.1	Creación widgets teóricos	10 días	Mar 23-02-21	Lun 08-03-21
2.1.1	Ingresar contenidos teóricos (conceptos)	7 días	Mar 23-02-21	Mie 03-03-21
2.1.2	Agregar animaciones al material teórico	3 días	Jue 04-03-21	Lun 08-03-21
2.2	Creación circuitos	49 días	Mar 09-03-21	Vie 14-05-21
2.2.1	Movimiento de componentes en escena	14 días	Mar 09-03-21	Vie 26-03-21
2.2.2	Asignar componentes en circuito	14 días	Lun 29-03-21	Jue 15-04-21
2.2.3	Correcciones y verificaciones	21 días	Vie 16-04-21	Vie 14-05-21
3	Desarrollo de arte	8 días	Lun 17-05-21	Mie 26-05-21
3.1	Entrega Outsourcing 2D	1 días	Lun 17-05-21	Lun 17-05-21
3.2	Modelos 3D componentes	3 días	Mar 18-05-21	Jue 20-05-21
3.3	Desarrollo UI e implementacion arte	3 días	Vie 21-05-21	Mar 25-05-21
3.4	Creación primer ejecutable	1 días	Mie 26-05-21	Mie 26-05-21
4	Testeo y pulido	12 días	Jue 27-05-21	Vie 11-06-21
4.1	Corregir detalles y bugs	4 días	Jue 27-05-21	Mar 01-06-21
4.2	Testeo 1 (Usuarios conocidos)	3 días	Mie 02-06-21	Vie 04-06-21
4.3	Testeo 2 (Usuarios potenciales)	4 días	Lun 07-06-21	Jue 10-06-21
5	Experimentación	8 días	Vie 11-06-21	Mar 22-06-21
5.1	Testeo experimental	1 días	Vie 11-06-21	Vie 11-06-21
5.2	Análisis de datos	7 días	Lun 14-06-21	Mar 22-06-21

Cuadro 7.3: Planificación detalla de actividades.

## 8. Experimentación

---

Esta sección corresponde a la metodología realizada para responder a la hipótesis, la cual, se trabaja en 6 fases.

1. Introducción: Los usuarios estudian la materia en sus respectivas clases en conjunto al profesor.
2. Presentación: Se separa al curso en dos grupos; Estudiantes que utilizarán el simulador y los que no.
3. Funcionamiento: Se les explica a los estudiantes de cada grupo la manera en la cual se reforzarán los contenidos.
  - Aplicación de simulador: Aplicada solo a los estudiantes que estudian con el simulador.
  - Aplicación sin simulador: Aplica solo a los estudiantes que no usan el simulador. Estos son sometidos al estudio de la electrónica y electricidad con las metodologías de aprendizajes online.
4. Cuestionario final: Se aplica el cuestionario a ambos grupos, con el fin de obtener variación en las respuestas.
5. Prueba: A ambos grupos de estudio se le presenta una prueba que englobe los contenidos visto en ambos grupos.
6. Análisis de datos: La última fase cuenta con el análisis de datos. Lo que permite responder a las hipótesis es el contraste entre el rendimiento y percepción luego de la intervención. En base a estos resultados se podrá comprobar o refutar las hipótesis.

## 8.1. Metodología de evaluación

Con el fin de responder a las preguntas planteadas en la hipótesis, se necesitan hacer pruebas con usuarios que utilicen el simulador y otros que no, a los cuales se les debe explicar el contenido utilizando solo las guías de ejercicios del profesor. Con este formato se debería poder reconocer las ventajas del uso del simulador en cuanto a lo académico se trata. Para evaluar y responder a las preguntas acerca de sus percepciones, se debe responder el cuestionario después de llevar a cabo la intervención. Con esto, se pueden contrastar las opiniones de los estudiantes que utilizaron el simulador y los que no.

## 8.2. Cuestionario

Esta es la sección crucial del proceso de esta investigación. El cuestionario es el que permite evidenciar la hipótesis relacionada al interés que puede despertar la materia estudiada en los estudiantes, es por ello que este cuestionario se aplica a ambos grupos (los que utilizan el simulador y los que no). El cuestionario fue realizado en Google Docs, debido a la pandemia, la cual no ha permitido interacciones presenciales con los estudiantes. Adicionalmente, se utilizó el cuestionario en base a cuestionarios de usabilidad, adecuándose a ambos grupos dentro de la intervención. Para ilustrar este elemento, se distribuirán las secciones del cuestionario en cinco categorías, las cuales son:

- Personal: Corresponden a los datos personales del estudiante.
- Enseñanza: Corresponden a las preguntas relacionadas al contenido aprendido.
- Uso: Corresponde a la percepción de la forma en la que se aplicó el contenido y como influyó en el estudiante.
- Interés: Corresponde a la sensación de satisfacción esperada y obtenida en cada metodología usada para estudiar el contenido.
- Opiniones: Campo dedicado a recibir feedback de los usuarios, útil para mejorar en siguientes iteraciones.

Teniendo estos campos en consideración, el cuestionario se divide en los siguientes tipos de respuesta:

- Campos abiertos: Corresponde a respuestas abiertas que el jugador debe responder.
- Categorías: Respuestas que se seleccionan entre un número de opciones, tomando de base el cuestionario USE [53] y la escala de Likert [54], la cual se detalla a continuación:
  - Muy en desacuerdo: La aseveración a la pregunta responde negativamente.
  - En desacuerdo: La aseveración a la pregunta es levemente negativa.
  - Medio o normal: La aseveración a la pregunta es neutra.
  - De acuerdo: La aseveración a la pregunta es ligeramente positiva.
  - Muy de acuerdo: La aseveración a la pregunta es positiva,

Teniendo clara la estructura del documento, se puede realizar la construcción del cuestionario, tal como muestra el cuadro 8.1.

### 8.3. Implementación con simulador

El siguiente punto, según el modelo ADDIE es la implementación. Como se mencionó en secciones anteriores, se necesita ejecutar la prueba con y sin el simulador para validar nuestras hipótesis. Nuestro público objetivo son, en esencia, estudiantes de enseñanza media o terminando la enseñanza básica. En el mejor de los casos, los estudiantes de prueba deben pertenecer a un establecimiento educativo, lo cual trae varias ventajas al momento de experimentar, tales como:

- Público objetivo: Los estudiantes en este rango de edad corresponden a los usuarios principales y secundarios.
- Variedad: No solo se necesita saber si despierta interés en un estudiante una materia gracias a un simulador, sino también se necesita saber si este interés responde en mayoría a un sexo determinado o a la facilidad para entender el contenido. Esto con el fin de obtener distintas estadísticas.
- Cantidad: Mientras más datos se obtienen, los resultados son más claros y específicos.

Número	Pregunta	tipo	Categoría
1	Nombre y apellidos.	Campo abierto	Personal
2	Sexo	Categoría	Personal
3	Aprendí bien sobre la materia estudiada	Categoría	Enseñanza
4	Usé el simulador para estudiar la materia	Categoría	Personal
5	El contenido fue fácil de entender	Categoría	Enseñanza
6	Tengo la capacidad de explicar el contenido aprendido	Categoría	Enseñanza
7	Me gusta la forma en la que aprendí la materia	Categoría	Uso
8	Me gustaría seguir aprendiendo esta materia	Categoría	Uso
9	Esta materia me pareció interesante	Categoría	Uso.
10	Me gustaría aprender distintos contenidos con simuladores	Categoría	Interés.
11	Me gustaría usar simuladores en otras actividades	Categoría	Interés.
12	Creo que la forma online actual se adecua a mis necesidades	Categoría	Opiniones.
13	Me hubiese gustado pertenecer al otro grupo de experimentación	Categoría	Opiniones
14	Creo que usar simuladores es una pérdida de tiempo	Categoría	Personal.
15	Hice este cuestionario a conciencia	Categoría	Personal
16	Opiniones personales en torno al contenido aprendido	Categoría	Opiniones.

Cuadro 8.1: Cuestionario para usuarios.

### 8.3.1. Manual de instalación

Se debe asumir que los usuarios no son expertos informáticos. Es por este motivo que se les debe ayudar en todo lo técnicamente necesario. Entre estas cosas, está la instalación del simulador. Si bien Unreal engine 4 genera un ejecutable que no es necesario instalar, existen casos en los que si se deben instalar componentes necesarios para ejecutar el simulador. Es por este motivo que se les prepara un documento con las instrucciones detalladas del proceso mencionado, con la finalidad de que en el día de la intervención todos los estudiantes tengan listo el simulador para su uso.

### 8.3.2. Pruebas con usuarios

Como paso previo a la intervención se necesita hacer uso del simulador para comprar funcionalidades y aspectos que podrían entorpecer la experiencia con los usuarios finales. A estos usuarios se les entregará una versión terminada del simulador en conjunto a un cuestionario (distinto al de los usuarios finales) para obtener sus observaciones y corregir aspectos pertinentes antes de la versión final. Entre los usuarios que utilizarán el simulador a modo de pruebas no se exige pertenecer al grupo de usuarios primarios ni secundarios, es decir, las pruebas son abiertas a toda persona sin ningún tipo de restricción.

El cuestionario a utilizar en estas pruebas también recopilará datos, los cuales cumplen con las características del cuestionario para usuarios, el cual, se describe en el cuadro 8.2.

Número	Pregunta	tipo	categoría
1	Nombre y apellidos.	Campo abierto	Personal
2	Sexo	Categoría	Personal
3	Edad	Campo abierto	Personal
4	Tiempo utilizado para completar el simulador	Campo abierto	Personal
5	Entendí la materia del simulador	Categoría	Enseñanza
6	Pude utilizar correctamente el simulador	Categoría	Uso
7	Encontré que el simulador fue fácil de usar	Categoría	Uso
8	En todo momento supe que hacer	Categoría	Uso.
9	Encontré fallas en el simulador	Categoría	Uso.
10	El simulador es atractivo visualmente	Categoría	Interés
11	Opiniones personales en torno al contenido aprendido	Campo abierto	Opiniones.

Cuadro 8.2: Cuestionario de testeo.

## 8.4. Intervención

La intervención se llevó en dos días de clases. En los cuales se dividió la intervención en enseñar a los estudiantes a descargar e instalar el simulador junto a

identificar que estudiantes podían instalarlo y probar sus funcionalidades. El segundo día el profesor comentó algunos ejercicios de la sección práctica y armó algunos circuitos a modo de ejemplo para los estudiantes. Finalmente se les invitó a los estudiantes a realizar el cuestionario después de la clase con plazo de cinco días hábiles, siendo la fecha de término el día de la evaluación de la prueba.

El profesor en todo momento destacó y repaso el contenido con los estudiantes en las dos horas pedagógicas que se utilizaron para trabajar incentivando la participación de los mismos estudiantes, de los cuales, varios se destacaron por preguntar y resolver ejercicios de ejemplo de circuitos con el profesor, los cuales fueron resolviéndose paso a paso.

## 9. Resultados obtenidos

---

### 9.1. Resultados del cuestionario de pruebas

Luego de realizado el proceso de pruebas se extrajeron los datos de los usuarios que utilizaron la aplicación, obteniendo, en primera instancia, los datos personales de los usuarios. Entre el sexo de cada participante, se tiene que en gran medida fueron mujeres quienes utilizaron la aplicación con los porcentajes de la tabla 9.1, mientras que las edades de los participantes se ilustran en la figura 9.1.

Sexo	% de participación
Femenino	66.7 %
Masculino	33.3 %
Otro	0 %

Cuadro 9.1: Porcentaje de participación por sexo.

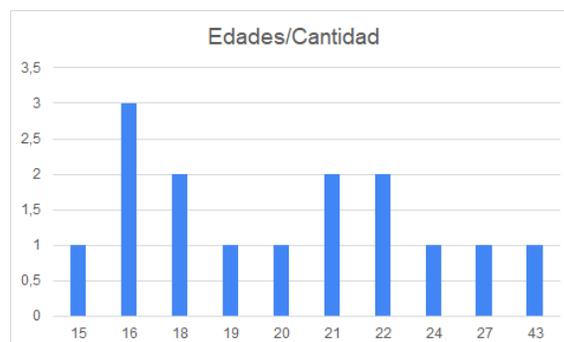


Figura 9.1: Rango de edades y frecuencia de los usuarios que hicieron pruebas.

Se debe mencionar que entre los usuarios que hicieron pruebas, encontramos tanto usuarios secundarios de la aplicación como usuarios terciarios. Es importante hacer

esa mención para ciertos análisis más adelante. En lo que respecta a las preguntas a los usuarios que probaron el simulador, se analizarán una a una y se sacarán conclusiones en base a ello.

1. Tengo conocimientos previos en la materia: La primera pregunta, orientada a conocer el conocimiento de los usuarios con la materia, como muestra la figura 9.2.

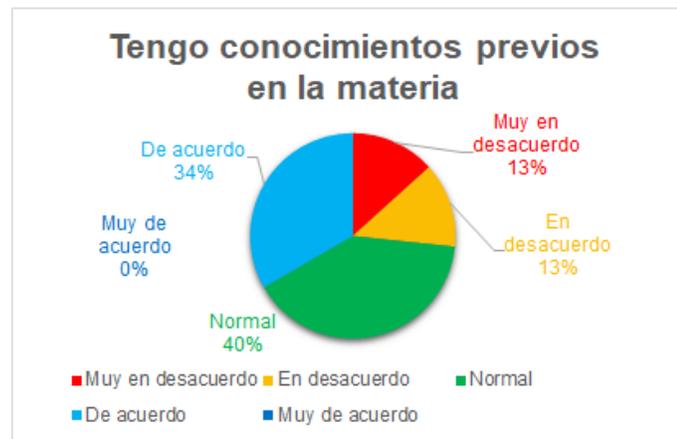


Figura 9.2: Gráfico de conocimiento del contenido a estudiar previamente.

2. Entendí la materia estudiada en el simulador: Esta pregunta se relaciona directamente con la primera. Con este dato podemos saber si los conocimientos de los usuarios aumentó con respecto a los conocimientos previos. Los resultados se pueden obtener en la figura 9.3.

Como se puede observar en la figura 9.3 un 7% de los usuarios que probaron el simulador admitió no aprender la materia luego de usar el simulador. Este usuario en concreto, tampoco presentó conocimientos previos en la materia y además, pertenece a los usuarios terciarios del simulador. En el resto de las pruebas se mostraron avances en sus conocimientos o al menos los mantuvieron. Esta última aseveración se debe entender como que el simulador no entorpeció los conocimientos previos y que la materia en el simulador está presentada correctamente.

3. Pude utilizar completamente el simulador: Este ítem busca saber si el jugador pudo acceder a todo el material sin dificultad. Los resultados se pueden apreciar en la figura 9.4.



Figura 9.3: Gráfico de entendimiento de la materia luego de usar el simulador.

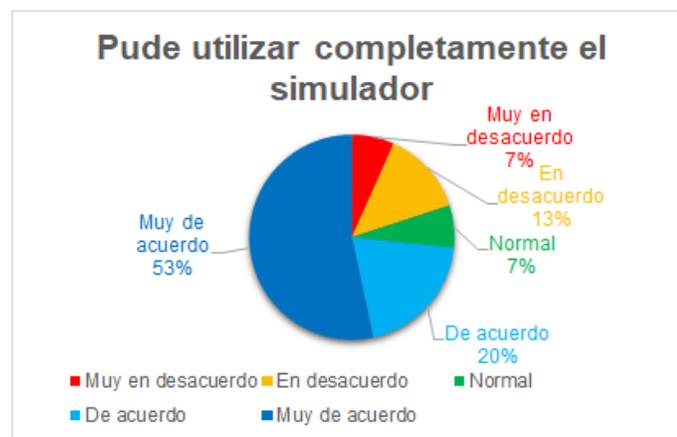


Figura 9.4: Gráfico de utilización del simulador.

- Evaluación de usabilidad: Considerando el hecho que el usuario puede explorar el simulador y todos sus aspectos, estos deben ser de fácil uso y, en lo posible, las acciones no tomen tantos pasos para su operación. En la mayoría, los usuarios encontrar que el simulador fue fácil de usar, tal como ilustra la figura 9.5. A la vez, el usuario debe estar informado en todo momento que es lo que debe hacer y las opciones que tiene. Para esto se evaluó la facilidad del jugador para identificar las tareas que debe realizar, tal como ejemplifica la figura 9.6.

Según los comentarios de los usuarios, tuvieron una leve dificultad al momento de entender el funcionamiento de la sección práctica del armado de circuitos.

En resumen, la gran mayoría de los probadores percibieron que el simulador es

fácil de usar.

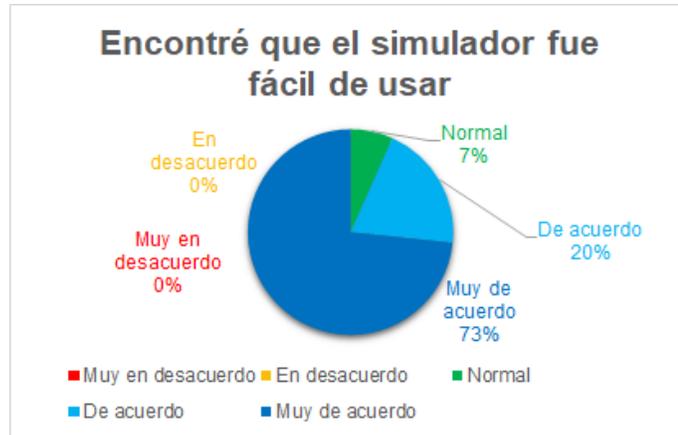


Figura 9.5: Gráfico de utilización del simulador.



Figura 9.6: Identificación de usuarios al realizar tareas.

5. Encontré fallas dentro del simulador: Esta pregunta es una de las esenciales. El simulador a estas alturas no debe tener fallas, pero esta instancia es, precisamente, para identificar detalles que no se hayan encontrado y se les pueda dar solución antes de la intervención.

Se puede observar que un porcentaje muy pequeño encontró errores. Al consultar sus opiniones, el error encontrado era una palabra que se encontraba omitida y rompía la coherencia de la oración. Se debe mencionar que esta falla fue corregida inmediatamente y no se presentó ningún tipo de otra falla pos-

terior a esta.

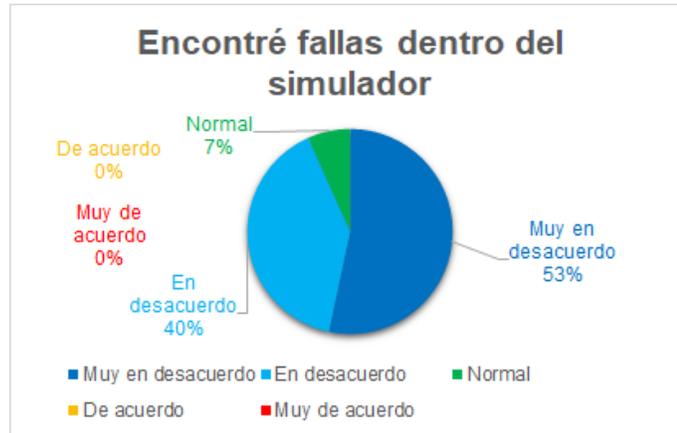


Figura 9.7: Porcentaje de usuarios que encontraron fallas.

6. El simulador es atractivo visualmente: Este ítem considera que tan llamativo es visualmente el simulador. Este ítem no influye directamente en el funcionamiento pero si tanto el arte y la forma en las que se presentan los aspectos mencionados en el documento de diseño.

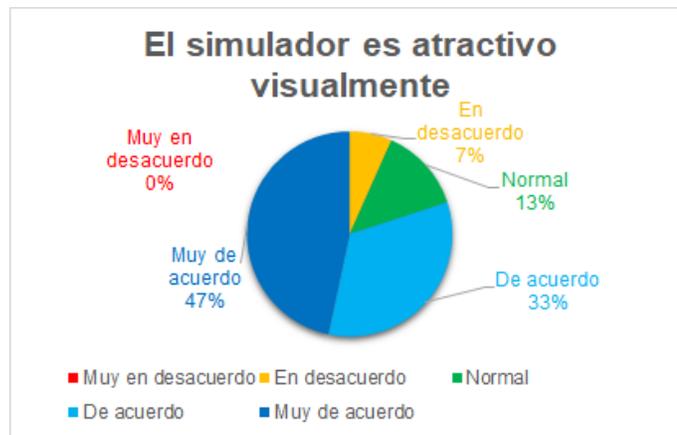


Figura 9.8: Porcentaje de usuarios que encontraron fallas.

En gran porcentaje el simulador fue atractivo para los usuarios según muestra la figura 9.8, teniendo solo una excepción.

En conclusión, el simulador cumple con las características necesarias para la intervención. Los pocos detalles que se encontraron fueron rápidamente solucionados y ya está listo para la experimentación.

## 9.2. Resultados de la intervención

Para la intervención participó un total de 22 estudiantes. Esto se debió principalmente a que la mayoría de los estudiantes se conectaban a clases mediante sus celulares o tablets. Para hacer un contraste entre los dos grupos de experimentación se tomó como muestra a los estudiantes que usaron el simulador de la población total, que corresponden al total de estudiantes que participaron. En las tablas 9.2, 9.3 y 9.4 se muestran las características principales de la población estudiada.

Sexo	% de participación
Femenino	54.5 %
Masculino	45.5 %
Otro	0 %

Cuadro 9.2: Porcentaje de participación por sexo.

Metodología	% de participación
Usando el simulador	36.4 %
No usando el simulador	63.6 %

Cuadro 9.3: Porcentajes de uso y no uso del simulador.

Adecuación de metodología online de aprendizaje	% de satisfacción
Muy de acuerdo	22.7 %
De acuerdo	22.7 %
Normal	36.4 %
En desacuerdo	18.2 %
Muy en desacuerdo	0 %

Cuadro 9.4: Facilidad de los estudiantes para estudiar online.

### 9.2.1. Calificaciones obtenidas

La metodología que se utilizó para ejercer la comparativa entre las calificaciones de los dos grupos fue mediante el promedio de ambas. Antes de entregar los resultados de dichos promedios se deben analizar las calificaciones individualmente de cada estudiante. Estos resultados se pueden ver en las figuras 9.9 y 9.10.

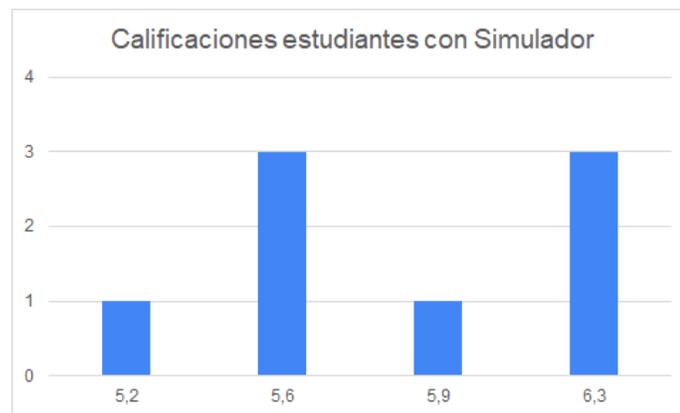


Figura 9.9: Calificaciones estudiantes que usaron simulador.

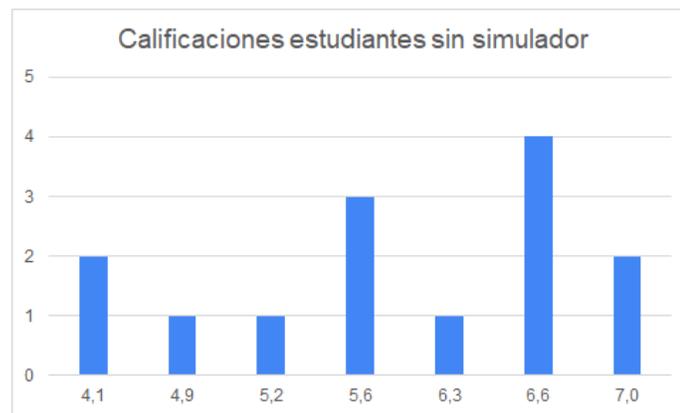


Figura 9.10: Calificaciones estudiantes que no usaron simulador.

Como se puede observar, ambos datos fueron positivos y muy parecidos. La única diferencia en las calificaciones de estos grupos radica en que la diferencia de rendimiento entre los estudiantes que utilizaron simulador es más pequeña en comparación a los que no utilizaron el simulador.

Ejerciendo la evaluación en conjunto se promediaron los resultados de ambos grupos, dando como resultado lo ilustrado en la tabla 9.5.

Grupo	Promedio de notas
Con simulador	5.8
Sin simulador	5.9

Cuadro 9.5: Promedio de notas de ambos grupos.

Como se puede apreciar en la tabla 9.5 las calificaciones de ambos grupos son prácticamente iguales. En base a esto nace la pregunta ¿a qué se debe esto?. Si se analiza nuevamente la tabla, se puede ver que algunos estudiantes se desmarcaron y obtuvieron muchas mejores calificaciones. Analizando el cuestionario (y adelantando un poco la siguiente sección) estos estudiantes demostraron tener un mayor interés y manejo en el contenido. Esto demuestra que el simulador por si sólo no es el factor primordial para aumentar las calificaciones.

### 9.2.2. Resultados del cuestionario de usuarios

Del total de estudiantes que participaron en el estudio se necesitan destacar los datos obtenidos y establecer una comparativa entre ambas. A continuación se detallan los resultados del cuestionario con sus respectivos enunciados.

1. Aprendizaje: Estas preguntas se relacionan a la percepción de los estudiantes en torno al aprendizaje que ellos mismos notaron. Entre estas tenemos las figuras 9.11 y 9.12 , que grafican el aprendizaje que los estudiantes notaron al estudiar.

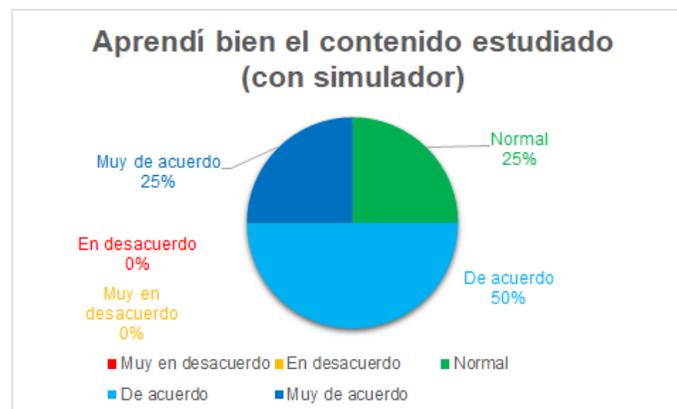


Figura 9.11: Porcentaje de aprendizaje de los estudiantes con simulador.

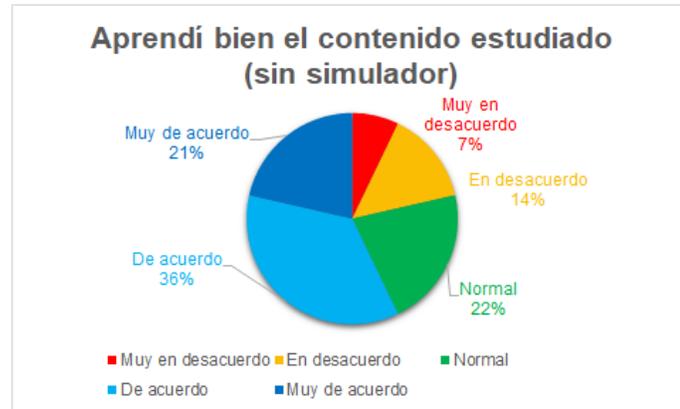


Figura 9.12: Porcentaje de aprendizaje de los estudiantes sin simulador.

Como se puede notar, ambos grupos mostraron positividad al momento de evaluar si propio conocimiento en el contenido estudiado. Sin embargo, todos los estudiantes que usaron el simulador aprendieron, al menos, de manera regular el contenido, mientras que en el grupo que no usó el simulador tenemos estudiantes que no lograron entender completamente la materia.

Luego de evaluar el aprendizaje que los mismos estudiantes notaron en si mismos, se evaluó que tan fácil fue aprender la materia. Este dato es de gran importancia, ya que esto va ligado fuertemente al apoyo que el simulador les pudo dar. Los resultados de este aspecto se pueden ver en las figuras 9.13 y 9.14.

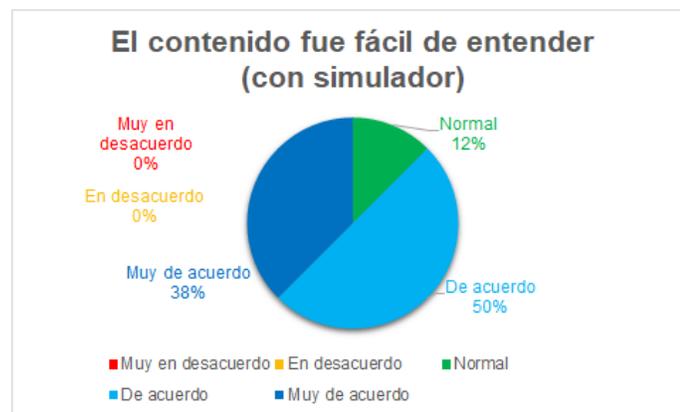


Figura 9.13: Porcentaje de entendimiento de los estudiantes con simulador.

Según los resultados vistos en las gráficas proporcionadas por las figuras 9.13

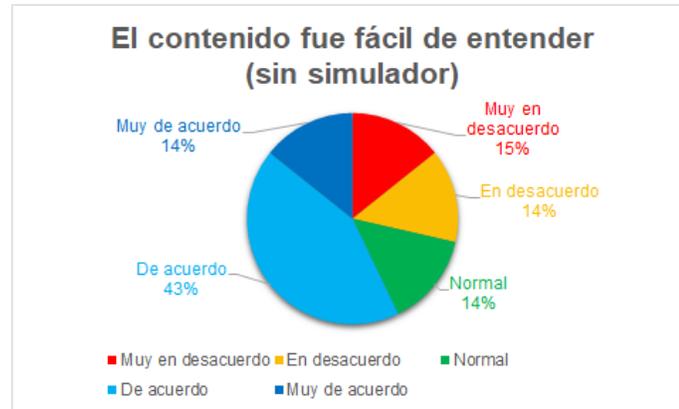


Figura 9.14: Porcentaje de entendimiento de los estudiantes sin simulador.

y 9.14 podemos notar, nuevamente, que el contenido estudiado fue más fácil de entender gracias al aporte del simulador. Concretamente, un 88 % de los estudiantes tuvieron facilidad de entender el contenido usando el simulador. Muy distinto al grupo que no usó el simulador que obtuvo un 57 %.

Finalmente en el ámbito de aprendizaje (o enseñanza como remarca el cuestionario) se evalúa la capacidad de los estudiantes para explicar el contenido. Esto implica un conocimiento sólido en la materia y que esta misma fue comprendida en su gran totalidad por los estudiantes. Los resultados de este punto se pueden observar en las figuras 9.15 y 9.16

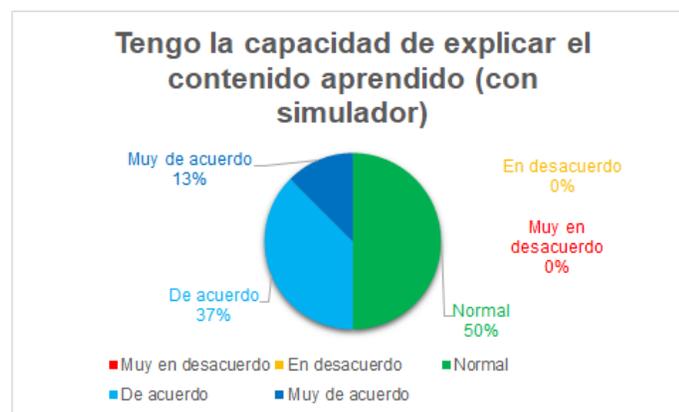


Figura 9.15: Porcentaje de manejo del contenido de los estudiantes con simulador.

Nuevamente se pueden observar las diferencias entre ambos grupos de estudios. El 49 % de los estudiantes que usaron el simulador se sienten con la capacidad

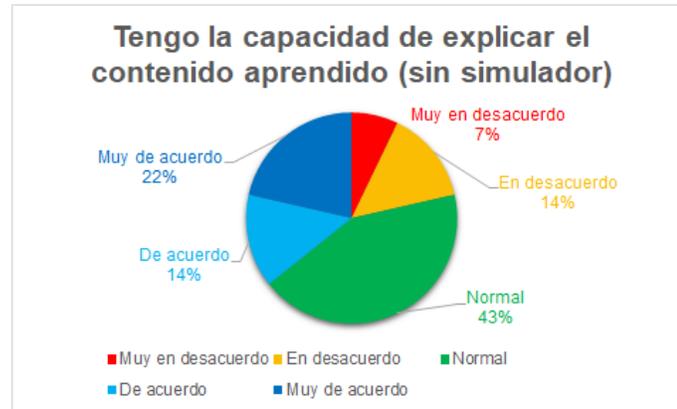


Figura 9.16: Porcentaje de manejo del contenido de los estudiantes sin simulador.

de explicar el contenido. Se esperaba que este porcentaje fuese menor a los dos anteriores estudiados principalmente debido a que si bien una cantidad importante de estudiantes entendió la materia, solo un porcentaje puede llegar a llegar a un entendimiento completo de la misma. Ahora, entre los estudiantes que no usaron el simulador, solo el 36 % admite que tiene un gran manejo en el contenido estudiado. Sin embargo en ambos grupos se presenta un porcentaje muy grande de estudiantes que no tienen seguridad al momento de querer explicar. Este porcentaje puede representar tanto a estudiantes que entendieron en menor medida la materia y se alejan de los puntos extremos de resultados.

2. Uso: Esta categoría va enfocada principalmente a la manera en la que se enseñó el contenido y no en el contenido mismo. Estas respuestas nos pueden evidenciar si a los estudiantes les pareció atractivo el usar simuladores y contrastarlo con la manera actual de aprender. La primera pregunta va enfocada a este aspecto en concreto, es decir, que tan atractiva fue la manera de estudiar los contenidos para los estudiantes.

Como muestran las figura 9.17 y 9.18 un 100 % de los estudiantes le gustó en pequeña y gran medida usar el simulador dentro de su metodología de aprendizaje, mientras que el porcentaje de satisfacción al momento de estudiar de la forma tradicional actual alcanza un 79 %. Una cifra que, de igual manera, es muy alta. Mientras que las personas que no le gustó la manera actual de aprender la materia alcanza el bajo porcentaje (y de todas formas es un número

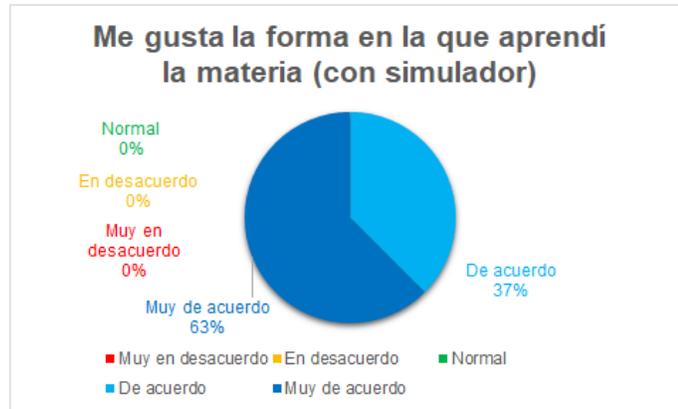


Figura 9.17: Satisfacción con la forma que se enseñó con simulador.

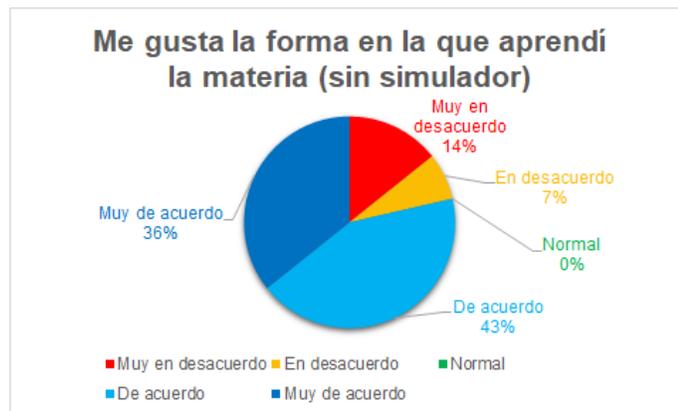


Figura 9.18: Satisfacción con la forma que se enseñó materia sin simulador.

positivo) de 21 %.

La siguiente pregunta va ligada a la visión a futuro de los estudiantes. Hay que diferenciar dos afirmaciones que pueden, en esencia, parecerse bastante. El primero es el punto que analiza los gustos de los estudiantes relacionados al tema y su curiosidad por aprender más. Lo que puede (o no) desembocar en que en un futuro cercano estos estudiantes comiencen estudios técnicos o superiores en el área, el cual es el segundo. Aquí se analizará el primer punto mencionado, el cual, a diferencia del segundo, se puede comprobar luego de la intervención.

El resultado de este punto se pueden observar en las figuras 9.19 y 9.20 y en estos se puede concluir que los estudiantes mostraron interés en el área estudiada sin importar la manera en la que estudiaron el contenido. Esto se puede deber

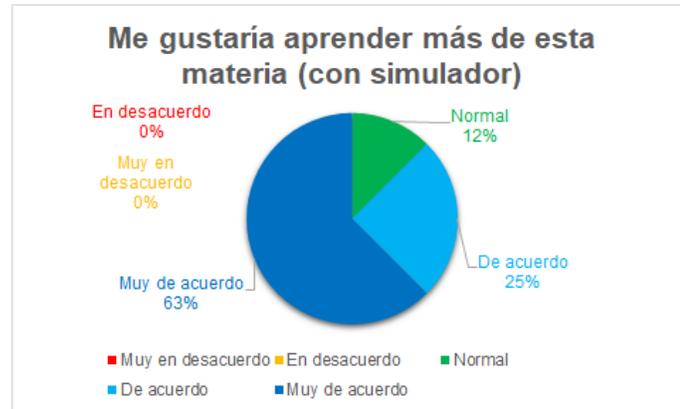


Figura 9.19: Interés de aprender más en estudiantes con simulador.

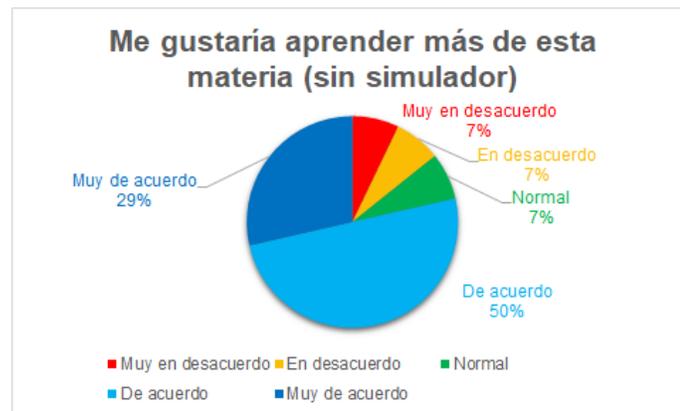


Figura 9.20: Interés de aprender más en estudiantes sin simulador.

a dos factores: el primero se debe a como el profesor hace la clase y el interés que produce la materia por si sola. De todas formas, el mayor porcentaje de estudiantes que presentan interés en aprender más fueron los estudiantes del grupo que usó el simulador, aunque la diferencia es muy débil (88 % versus 79 %) por lo tanto, esta diferencia es difícil de atribuirse al simulador.

Ya se evaluó la manera en que se enseñó la materia y que curiosidad despertó esta en los estudiantes. Lo único que queda por evaluar en este punto va directamente relacionado al contenido y si fue del gusto del estudiante. Con este dato se podrá saber si la respuesta anterior se debe principalmente a si es el contenido el interesante.

Los resultados de las figuras 9.21 y 9.22 demuestran que un gran porcentaje de

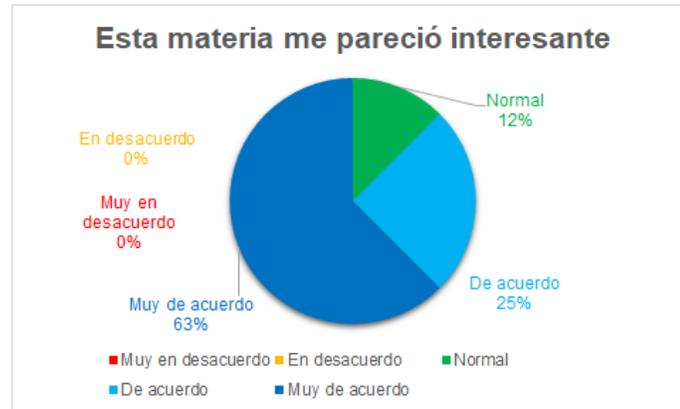


Figura 9.21: Interés en la materia de estudiantes con simulador.

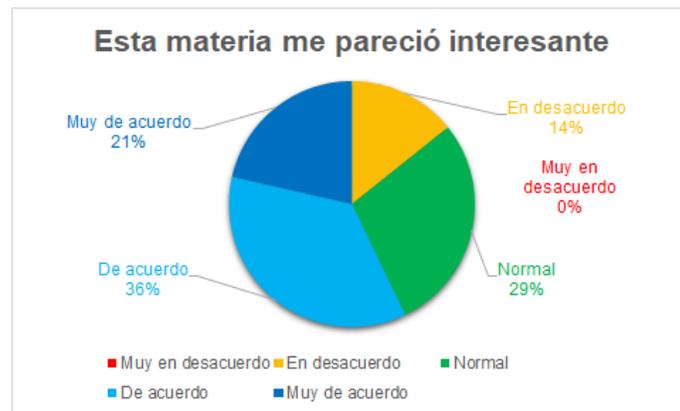


Figura 9.22: Interés en la materia de estudiantes con simulador.

los estudiantes encontró que la materia fue interesante. Esto se puede deber a que se usó la metodología EMERGO y se llevó el contenido a escenarios prácticos, a diferencia del grupo que no usó el simulador. Como se puede observar, la combinación de profesor y contenido entregaron muy buenos resultados en ambos grupos, los cuales aprenden y a la vez muestran interés en aprender más de una materia completamente nueva para ellos.

Finalmente, se analizan los datos relacionados a uno de los objetivos secundarios, el cual es, saber si los estudiantes tienen las condiciones adecuadas para poder estudiar de manera online. Las figuras muestran que 9.23 y 9.24 hay estudiantes que no utilizaron el simulador que no tienen las condiciones necesarias para poder estudiar de manera online. Esto es muy preocupante aún con el bajo porcentaje que estos estudiantes mostraron.

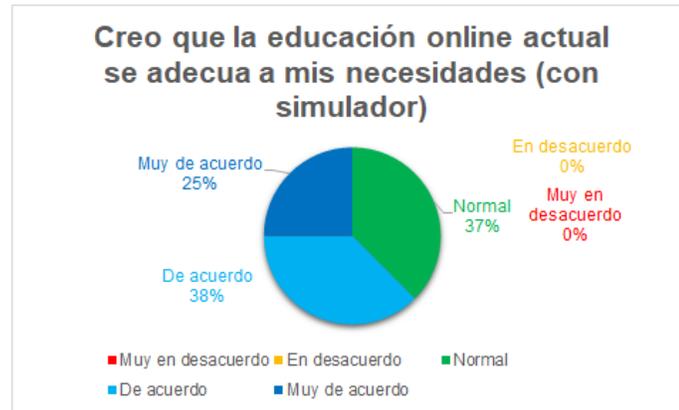


Figura 9.23: Percepción de adaptación de metodología online de estudiantes con el simulador.

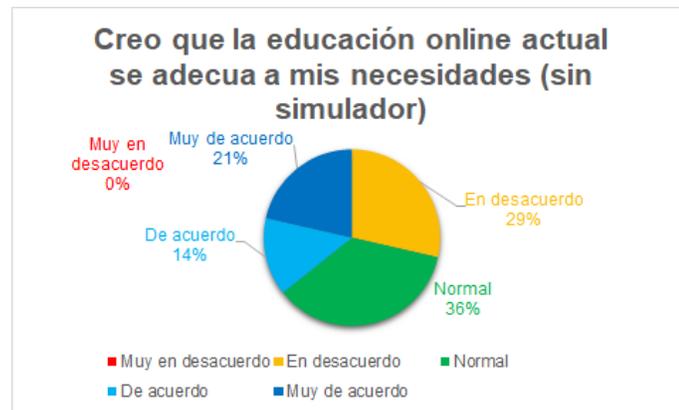


Figura 9.24: Percepción de adaptación de metodología online de estudiantes sin el simulador.

# 10. Conclusiones

---

Este capítulo se dedica, después de toda la investigación y desarrollo, a responder a la hipótesis y sus objetivos. A continuación se describirán los resultados de cada uno de los puntos. Luego, se menciona que se espera para próximas investigaciones y trabajos.

## 10.1. Objetivos

### 10.1.1. Objetivo principal

En primera instancia se debe recordar que esta tesis tenía dos hipótesis que responder. Si con la metodología aplicada se pueden establecer tanto una mejoría en las calificaciones y a la vez, esta misma fuese fuente de atracción para los estudiantes y motivante para estudiar o interesarse más en el contenido.

- Complemento: Como se pudo observar, al analizar las calificaciones se mostró una mejoría en las calificaciones del grupo que utilizó el simulador en contraste a los que no lo utilizaron. Sin embargo, esta diferencia fue mínima y también se le puede atribuir a otros factores, tales como la calidad del contenido aprendido, la forma de realizar la clase y la relación entre profesor y estudiantes.
- Actitud positiva: Analizando los resultados del cuestionario se pueden asumir varias cosas. Primero y más importante: el grupo de estudiantes que participó tanto con y sin el simulador presentaron en su mayoría un gran interés por aprender y una gran disposición a participar en todo el procedimiento. Segundo, aunque ambos grupos obtuvieron respuestas positivas para la encuesta, el grupo que utilizó el simulador se destacó principalmente en las áreas de aprendizaje

y uso de las herramientas a las que tienen acceso los estudiantes. Esto nos demuestra que las metodologías utilizadas para aplicar el simulador dentro de la metodología cumplieron con el objetivo que se planteó en un principio, que era despertar interés en los estudiantes y motivarlos a seguir estudiando.

Los estudiantes en su gran mayoría hicieron comentarios positivos de la intervención. Como se mencionó anteriormente, todos los estudiantes tuvieron instancias para participar en clases con el simulador por lo que estos comentarios son de ambos grupos. Muchos de estos participantes notaron que la herramienta que se les dio les puede traer muchos beneficios y concluyeron que el simulador cumple con las expectativas planteadas en el inicio del documento. Es atractivo, de fácil uso y cumple con enseñar la materia de una manera distinta y novedosa para ellos. Además, al no poder comprobar la primera hipótesis, se logró posteriormente demostrar el motivo por el cual no se cumplió. El alto interés de los estudiantes juegan un papel importante en los resultados y se espera que estas metodologías puedan ir insertándose cada día más en la vida estudiantil de los niños, pero eso es para un próximo estudio.

## **10.2. Objetivos secundarios**

### **10.2.1. Identificación de usuarios**

Como se pudo ver dentro de la intervención y en la fase de pruebas, los usuarios primarios se vieron mucho más satisfechos con el uso del simulador en comparación a los usuarios secundarios y terciarios que participaron en la fase de pruebas. Desde el principio se tenía conocimiento del rango de edades de los participantes y se adecuó toda la metodología y dificultad para ellos. Además, se puede concluir que el simulador cumplió con las expectativas del grupo primario de usuarios.

### **10.2.2. Adaptación de los estudiantes al aprendizaje online**

Es preocupante el hecho de que las nuevas adaptaciones de estudio no sean enfocadas en todos los estudiantes. Existen muchos factores que afectan positivamente el aprendizaje, pero esto no se está aplicando para todos. En algunos casos no se tiene el ambiente adecuado para dedicarse a estudiar o no se tienen los recursos materiales para participar activamente de las clases. Es sabido que muchos estudiantes han

recibido ayudas tanto de sus colegios o del gobierno. Sin embargo, nuevamente, estas ayudas no van enfocadas para todos los estudiantes y se necesita actuar sobre esto.

### **10.3. Trabajos a futuro**

Son múltiples las variables que afectan en el desarrollo estudiantil de los niños, adolescentes y adultos. Se espera que esta investigación pueda servir para futuros investigadores como un parámetro para continuar con sus metodologías. En próximas entregas se pueden hacer estudios con otras materias, tales como idiomas, química, física, entre otras. Será deber de quién quiera continuar con esta investigación el evaluar en otros campos, con una mayor cantidad de estudiantes, en diferentes tipos de colegios, lugares y con distintas herramientas, tanto enfocadas en el estudiante y el profesor.

### **10.4. Anexos**

El simulador se encuentra comprimido y guardado en google drive [55].

# Bibliografía

- [1] Ministerio de educación. Resultados diagnóstico integral de aprendizaje año 2021. Mayo, 2021.
- [2] José Manuel Touriñán López and Jorge Soto Carballo. La educación electrónica como objetivo de la educación en la sociedad del conocimiento. *Aula abierta*, 35(1):9–34, 2007.
- [3] María Luisa Bossolasco, Roxana Judith Enrico, Beatríz Adriana Casanova, and Eugenia Elizabeth Enrico. Kokori, un serious game. la perspectiva de los estudiantes ante una propuesta de aprendizaje innovadora. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (45), 2015.
- [4] Robert L Boylestad and Louis Nashelsky. *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. PEARSON educación, 2003.
- [5] Unidad de currículum y evaluación. Currículum plan de ciencias 8vo básico. <https://www.curriculumnacional.cl/portal/Educacion-General/Ciencias-naturales/Ciencias-Naturales-8-basico/>, 2021.
- [6] Wikipedia. Juego serio. [https://es.wikipedia.org/wiki/Juego\\_serio](https://es.wikipedia.org/wiki/Juego_serio).
- [7] Raiford Guins and Henry Lowood. Atari?s army battlezone project. *ROMchip*, 2(1), 2020.
- [8] Tarja Susi, Mikael Johannesson, and Per Backlund. Serious games: An overview. 2007.
- [9] Fedwa Laamarti, Mohamad Eid, and Abdulmotaleb El Saddik. An overview of serious games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014, 2014.

- [10] Flávia Barreto Tavares Chiavone, Manacés Santos Bezerril, Renilly Melo Pavia, Pétala Tuani Cândido de Oliveira, Fernanda Belmiro de Andrade, and Viviane Euzébia Pereira Santos. Serious games en la enseñanza de enfermería: scoping review. *Enfermería Global*, (60):573, 2020.
- [11] Elvia Cecibel Campos Martínez. Serious games como estrategia de aprendizaje para la enseñanza de la matemática. B.S. thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Humanas y de la, 2018.
- [12] Purísima Centeno Alayón. Una experiencia de estandarización utilizando el modelo addie en la elaboración de guías temáticas. *E-Ciencias de la Información*, 7(1):216–227, 2017.
- [13] Alvaro Ferney Soler Rocha. El papel del juego en las escuelas rurales: Una perspectiva desde los programas educativos gratuitos. Centro de Innovación Educativa ÁVACO, 2015.
- [14] Inés Evaristo Chiyong, Ricardo Navarro Fernández, Vanessa Vega Velarde, and Teresa Nakano Osoreo. Uso de un videojuego educativo como herramienta para aprender historia del Perú. *RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 19(2):35–52, 2016.
- [15] Sergio García Asensio et al. Educapiz: Una herramienta para educación primaria basada en serious games. Master’s thesis, 2016.
- [16] Diego Vergara Rodríguez, Manuel Pablo Rubio Cavero, and Fernando Prieto Aceira. Nueva herramienta virtual para la enseñanza de la caracterización mecánica de materiales. *Revista Educación en Ingeniería*, 9(17):98–107, 2014.
- [17] María Esther del Moral Pérez, Lourdes Villalustre Martínez, et al. Análisis de serious games anti-bullying: recursos lúdicos para promover habilidades prosociales en escolares. *Revista Complutense de Educación*, 29, 2018.
- [18] Tania Ouariachi, José Gutiérrez-Pérez, and María-Dolores Olvera-Lobo. Can serious games help to mitigate climate change? exploring their influence on spanish and american teenagers’ attitudes/? pueden los serious games ayudar a mitigar el cambio climático? una exploración de su influencia sobre las actitudes de los adolescentes españoles y estadounidenses. *Psychology*, 9(3):365–395, 2018.

- [19] Kaharuddin Arafah, Mirnawati Dewi Sutiawati, Reski Sudirman, Burhanuddin Arafah, and Azhariah Nur B Arafah. The development of guided inquiry-based learning worksheet assisted by livewire simulations in alternating current. *Development*, 29(5):13243–13252, 2020.
- [20] New Wave Concepts Limitede. Interfáz livewire. <https://www.malavida.com/es/soft/livewire>, 2019.
- [21] Bo Su and Li Wang. Application of proteus virtual system modelling (vsm) in teaching of microcontroller. In *2010 International Conference on E-Health Networking Digital Ecosystems and Technologies (EDT)*, volume 2, pages 375–378. IEEE, 2010.
- [22] Software Informer. Página de descarga de proteus. <https://proteus.informer.com/Descargar-gratis/>.
- [23] Hubor. Interfáz proteus. <https://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/ares.html>, 2015.
- [24] Wikipedia. Eagle simulator. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ley\\_de\\_Ohm](https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Ohm).
- [25] Autodesk Inc. Interfáz autodesk eagle. <https://www.filehorse.com/es/descargar-autodesk-eagle/>, 2020.
- [26] INC KRUEGER SYSTEMS. Icircuit app. <http://icircuitapp.com>, 2020.
- [27] Benjamin Wygant. Circuit breakers simulator. <http://www.benwygant.com/circuit-breakers-released-on-the-android-market/>, 2011.
- [28] E. Lévy. *Diccionario de física (Ed. Económica)*. Basica de Bolsillo/ Pocket Basic. Ediciones Akal, 2004.
- [29] David E Johnson, John L Hilburn, Johnny R Johnson, and Virgilio González Pozo. *Análisis básico de circuitos eléctricos*. Prentice-Hall Hispanoamericana, 1987.
- [30] Rebecca Herrera. Corrientes continua y alterna. <https://www.pinterest.cl/pin/808607308066731349>.
- [31] Cibertronics. Forma física de las resistencias. <https://ciberstronic.com/como-leer-resistencias-por-colores>.

- [32] Víctor González. Composición diodos led. <https://piensa3d.com/que-es-diodo-led-tipos-aplicaciones>, 2019.
- [33] Wikipedia. Diagrama representativo ley de ohm. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ley\\_de\\_Ohm](https://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Ohm).
- [34] Laura. Representación gráfica circuitos. <https://fisica.laguia2000.com/general/circuitos-en-serie-y-en-paralelo>, 2013.
- [35] MiElectrónicaFácil. Circuitos en serie y paralelo. <https://mielelectronicafacil.com/analisis-de-circuitos/circuitos-en-serie-y-en-paralelo/#comment-5>, 2020.
- [36] Diane E Papalia, Gabriela Martorell, and R Duskin. *Desarrollo humano*. McGraw Hill Education, 2017.
- [37] Sirley Omara Lozano Díaz. Prácticas innovadoras de enseñanza con mediación tic que generan ambientes creativos de aprendizaje. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 4(43):147–160, 2014.
- [38] Natalia Padilla-Zea et al. *Metodología para el diseño de videojuegos educativos sobre una arquitectura para el análisis del aprendizaje colaborativo*. Granada: Universidad de Granada, 2011.
- [39] Azucena Del Carmen Martinez Rodriguez. El diseño instruccional en la educación a distancia. un acercamiento a los modelos. *Apertura*, 9(10):104–119, 2009.
- [40] Rob J Nadolski, Hans GK Hummel, Henk J Van Den Brink, Ruud E Hoefakker, Aad Slootmaker, Hub J Kurvers, and Jeroen Storm. Emergo: A methodology and toolkit for developing serious games in higher education. *Simulation & Gaming*, 39(3):338–352, 2008.
- [41] Borja Periañez Castrillo. Diagrama metodología addie. <https://comunidad.iebschool.com/borjaperianez/2017/11/18/desarrollo-de-proyectos-con-metodologia-agil/>, 2017.
- [42] María Sánchez Gómez. Buenas prácticas en la creación de serious games (objetos de aprendizaje reutilizables). In *SPDECE*, 2007.

- [43] John Haas. A history of the unity game engine. *Diss. WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE*, 2014.
- [44] Santiago Andrés Dimartino. Game maker y algunos conceptos de poo. 2018.
- [45] Weichao Qiu and Alan Yuille. Unrealcv: Connecting computer vision to unreal engine. In *European Conference on Computer Vision*, pages 909–916. Springer, 2016.
- [46] Tony Mullen. *Mastering blender*. John Wiley & Sons, 2011.
- [47] Dariush Derakhshani. *Introducing Autodesk Maya 2013*. John Wiley & Sons, 2012.
- [48] Kelly L Murdock. *3ds Max 2012 bible*, volume 783. John Wiley & Sons, 2011.
- [49] Benjamin Tissot. Relaxing. <https://www.bensound.com>, 1999.
- [50] Roberth G Figueroa, Camilo J Solís, and Armando A Cabrera. Metodologías tradicionales vs. metodologías ágiles. *Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ciencias de la Computación*, 9:1–10, 2008.
- [51] Laura Castellano Lendínez. Kanban. metodología para aumentar la eficiencia de los procesos. *3C Tecnología*, 8(1), 2019.
- [52] Manuel Trigás Gallego. Metodología scrum. 2012.
- [53] Arnold M Lund. Measuring usability with the use questionnaire12. *Usability interface*, 8(2):3–6, 2001.
- [54] J Espinosa García and T Román Galán. La medida de las actitudes usando las técnicas de likert y de diferencial semántico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, pages 477–484, 1998.
- [55] Iván Poblete Manríquez. Ubicación de prototipo en one drive. <https://1drv.ms/u/s!AiAAw8Y0AzbGheMTOIkpkPKyQLkuxQ?e=PechCS>, 2020.