



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y  
TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

## **Título**

Sistema de prácticas de laboratorio para circuitos de corriente alterna en entornos cuánticos

## **Autor**

Jaider Bernardo Castillo Ramirez

## **Director**

Ph.D. Antonio Gan Acosta  
Ph.D.

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA  
2020**

**Título**

Sistema de prácticas de laboratorio para circuitos de corriente alterna en entornos cuánticos

**Autor**

Jaider Bernardo Castillo Ramirez

**Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero eléctrico**

**Director**

Ph.D ING. Antonio Gan Acosta  
Ph.D

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA  
2020**

## **Dedicatoria**

Con gran aprecio y orgullo, dedico de manera especial esta tesis a mi padre Bernardo Castillo Torres quien se ha esforzado por verme salir a delante cada día, has sido el principal soporte en mi vida académica, tu siempre has querido verme convertido como un profesional integro, estudiado y ante todo humilde, es por estas muchas otras razones que te dedico este logro en mi vida, logro que si no fuera por tu apoyo incondicional no hubiese alcanzado, gracias padre.

"No tienes que ser grande para comenzar, pero tienes que comenzar para ser grande."

***Zig Ziglar***

"El primer paso es establecer que algo es posible; entonces la probabilidad ocurrirá."

***Elon Musk***

## Agradecimientos

Esta tesis ha requerido de un gran esfuerzo para su desarrollo y culminación, es por eso que agradezco a toda persona que de manera desinteresada ha aportado para que yo esté en este momento realizándome como profesional.

Primera mente agradezco a dios por estar a mi lado en todo momento guiando mis decisiones. Agradezco a mi padre Bernardo Castillo Torres quien me ha brindado su apoyo desde el momento de mi nacimiento hasta este punto sin abandonarme, agradezco a mi madre Julia Ramírez Araque quien seguramente en espíritu no me ha abandonado nunca y me ha estado protegiendo en todo momento.

Doy gracias a mis hermanos, de más familiares y amigos que hayan querido verme triunfar en mi carrera y quienes con sus lecciones y ejemplos de vida me han enseñado la importancia de ser un miembro ejemplar de la sociedad trazando una guía en mi vida para ser mejor cada día.

Agradezco a los docentes que han aportado en el transcurso de mi vida y desarrollo académico compartiendo sus conocimientos, experiencias adquiridas y quienes a través de sus enseñanzas me dieron lo necesario para este logro.

Por último, pero no menos importante agradezco al ingeniero Antonio Gan Acosta quien asido mi director de tesis, y guía incondicional en estos últimos escalafones necesarios para lograr mi titulación como profesional.

## **Resumen**

El siguiente trabajo de grado tiene como fin implementar un sistema de prácticas de laboratorios enfocadas en circuitos de corriente alterna. Para su desarrollo contará con la ayuda de unas plataformas en entornos cuánticos como software de simulación de circuitos eléctricos y herramientas de diseño de páginas web interactivas.

Se diseñó una plataforma web a la cual tienen acceso los estudiantes que ameriten realizar prácticas de laboratorio relacionadas a esta área educativa para reforzar los temas vistos referentes a la corriente alterna en el transcurso de las asignaturas, dentro de esta plataforma web se encontrara de manera organizada las diferentes prácticas con la información y el estudio realizada a cada una por separada. En el trabajo se dio a conocer un análisis comparativo entre los resultados de los softwares de simulación de circuitos de corriente alterna implementando una de las prácticas para este fin, en esta práctica se resaltó las diferencias entre las plataformas de simulación Multisim y Proteus. También se explica por qué otras plataformas más sencillas o más completas no fueron opción para estos laboratorios. Esta información se implementó para darle al estúdiante la libertad de elección para sus prácticas buscando diversificar su conocimiento al aplicar diferentes herramientas al momento de simular.

Al final del desarrollo de cada práctica se espera causar un impacto positivo referente a la preparación académica de los alumnos aumentando la posibilidad del entendimiento de los temas impartidos en las aulas de clase mediante la comparación de resultados en los entornos cuánticos y clásicos con los datos teóricos obtenidos mediante los cálculos.

## **Abstract**

The purpose of the next degree project is to implement a system of laboratory practices focused on alternating current circuits. For its development, it will have the help of platforms in environments such as electrical circuit simulation software and interactive web page design tools.

A web platform was designed to which students who deserve to carry out laboratory practices related to this educational area have access to reinforce the topics seen regarding alternating current in the course of the subjects, within this web platform it is in an organized way the different practices with the information and the study carried out on each one separately. In the work, a comparative analysis was released between the results of the alternating current circuit simulation software, implementing one of the practices for this purpose, in this practice the differences between the Multisim and Proteus simulation platforms were highlighted. It also explains why other simpler or more complete platforms were not an option for these laboratories. This information was implemented to give the student the freedom of choice for their practices, seeking to diversify their knowledge by applying different tools when simulating.

At the end of the development of each practice, it is expected to cause a positive impact regarding the academic preparation of the students, increasing the possibility of understanding the topics taught in the classrooms by comparing the results in the quantum and classical environments with the theoretical data. obtained by calculations.

## Introducción

El análisis de circuitos de corriente alterna en la actualidad es fundamental para la comprensión de temas relacionados a la eléctrica, electrónica, telecomunicaciones y estudios a fines a estas áreas. En el auge de la tecnología estar preparado con el conocimiento básico para la comprensión del funcionamiento de nuestros elementos electrónicos y eléctricos es muy importante y mucho más para las personas que deseen incursionar en este campo educativo de manera profesional.

Para un análisis de las señales en alterna es indispensable la comprensión de los circuitos monofásicos RLC y los circuitos trifásicos en sus diferentes conexiones tanto balanceados como desbalanceados. La formulación de estrategias para mejorar la impartición de estos temas educativos es fundamental en el actual estado en que se encuentra la sociedad. Unos de los efectos que tuvo la pandemia en el transcurso del año 2020 es el aumento de impartición de clases a distancia en los sistemas educativos, y debido a que en este modo de educación se han encontrado falencias que poco a poco se han ido mejorando pero que aún faltan por ser mejoradas, este proyecto busca mejorar la educación de los estudiantes adecuando las prácticas de laboratorio de corriente alterna en la universidad de pamplona.

Hoy en día la implementación de herramientas en plataformas de entornos cuánticos ha sido la mejor opción para la impartición de conocimiento y para dar acceso a los estudiantes en diferentes materiales de trabajo desde cualquier punto remoto con conexión vía Ethernet de manera organizada y segura. También el refuerzo de los temas impartidos en clase mediante las prácticas de laboratorio se ha podido sustituir por medio del software de simulación que mejoran la comprensión del alumno mediante la práctica de manera segura y recursiva, dando la libertad de acceso a este conocimiento de manera gratuita sin estar sujeta a horarios o limitaciones de espacio o material de trabajo.



## Índices

### Contenido

<b>1. Marco legal en base al sistema de prácticas de laboratorio de corriente alterna en entornos cuánticos y clásicos.</b>	17
<b>1.1. Justificación - Limitaciones</b>	17
<b>1.2. Acotaciones</b>	18
<b>1.3. Legislación</b>	18
1.3.1. Impacto ambiental	19
1.3.2. Formación humana	19
1.3.3. Marco internacional	20
1.3.4. Marco nacional	22
1.3.5. Marco institucional	22
1.3.6. Campo de acción profesional	23
1.3.7. Sistema de gestión seguridad y salud en el trabajo, SG-SST	23
<b>2. Marco teórico y técnica de desarrollo en base al sistema de prácticas de laboratorio de corriente alterna en entornos cuánticos y clásicos.</b>	24
<b>2.1. Generalidades de la corriente alterna</b>	24
2.1.1. Fasores	25
2.1.2. Resistencia conectada a un generador de corriente alterna	27
2.1.3. Un condensador conectado a un generador de corriente alterna	28
2.1.4. Una bobina conectada a un generador de corriente alterna	29
2.1.5. Ley de ohm y las leyes de Kirchhoff	30
2.1.6. Suma de resistencias, inductancias y capacitancias	31
2.1.7. Circuitos resistivos, capacitivos e inductivos.	33
2.1.8. Métodos de medición eléctrica	36
2.1.9. Circuitos trifásicos	37
<b>2.2. Software de simulación de circuitos eléctricos</b>	40
2.2.1. Proteus Design Suite	40
2.2.2. Multisim	41
<b>2.3. Herramientas de diseño de páginas web</b>	42
2.3.1. Sites google	42
<b>3. Capítulo: Análisis de resultados obtenidos en el diseño del sistema de prácticas de laboratorio de corriente alterna en entornos cuánticos y clásicos</b>	43
<b>3.1. Análisis del diseño de las prácticas de laboratorio de corriente alterna</b>	43
3.1.1. Descripción del proceso de creación	44
3.1.2. Resultados obtenidos en el diseño de las prácticas de laboratorio	46
<b>3.2. Análisis de las herramientas de simulación implementadas para los circuitos implementados en cada práctica</b>	59
3.2.1. Descripción del proceso de creación	59

3.2.2.	Resultado obtenido en la simulación de los circuitos. ....	60
<b>3.3.</b>	<b>Análisis del diseño de la plataforma web para la organización de las prácticas.</b> .....	<b>60</b>
3.3.1.	Descripción del proceso de creación .....	60
3.3.2.	Resultado obtenido en el diseño de la plataforma web.....	61
<b>3.4.</b>	<b>Cumplimiento de los objetivos</b> .....	<b>64</b>
3.4.1.	Cumplimiento del objetivo 1.....	64
3.4.2.	Cumplimiento del objetivo 2.....	65
3.4.3.	Cumplimiento del objetivo 3.....	67
<b>4.</b>	<b>Impacto del proyecto en la sociedad.</b> .....	<b>68</b>
<b>4.1.</b>	<b>Impacto económico del proyecto</b> .....	<b>68</b>
<b>4.2.</b>	<b>Impacto social del proyecto</b> .....	<b>69</b>
<b>4.3.</b>	<b>Impacto en el sistema SG- SST del proyecto</b> .....	<b>69</b>
<b>4.4.</b>	<b>Impacto en el sistema educativo del proyecto</b> .....	<b>70</b>
<b>5.</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones obtenidas en el proyecto</b> .....	<b>70</b>
<b>5.1.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>70</b>
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>72</b>
<b>6.</b>	<b>Referencias bibliográficas e infografías</b> .....	<b>73</b>
<b>ANEXOS</b>	.....	<b>78</b>

## Lista de tablas

<i>Tabla 1. Expresiones en dominio del tiempo y la frecuencia.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2. Materiales y herramientas de la práctica R puro en serie. ....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 3. Sin información de los datos de la práctica. ....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 4. Sin información del porcentaje error de la práctica. ....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 5. Materiales de la práctica R puro en serie.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 6. Datos medidos de los elementos seleccionados. ....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 7. Datos obtenidos en la práctica.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 8. Porcentaje error de los datos obtenidos en ambos sistemas. ....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 9. Datos obtenidos en la práctica.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 10. Porcentaje error de los datos obtenidos en ambos sistemas. ....</i>	<i>58</i>

## Lista de figuras

<i>Ilustración 1. Tensión y corriente de resistencia en alterna.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 2. Tensión y corriente de capacitancia en alterna.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 3. Tensión y corriente de capacitancia en alterna.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 4. Circuito R puro en alterna.....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 5. Circuito L puro en alterna. ....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 6. Circuito C puro en alterna.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 7. Medición de tensión.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 8. Medición de corriente.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 9. Medición de resistencia. ....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 10. Circuito trifásico y-y balanceado. ....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 11. Logo de Proteus. ....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 12. Logo de Multisim.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 13. Herramienta de diseño web Sites google. ....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 14. Impedancia de una resistencia.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 15. Circuito resistivo puro.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 16. Medición de corriente en la resistencia.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 17. Medición de tensión en las resistencias.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 18. Circuito resistivo puro en serie. ....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 19. Circuito R puro en serie de la práctica. ....</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 20. Medición de la resistencia R2.....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 21. Medición de la salida del transformador monofásico. ....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 22. Montaje de circuito resistivo puro.....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 23. Tensión medida en R1 y R4. ....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 24. Corriente medida en R1 y R4. ....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 25. Circuito resistivo puro en Proteus con los datos teóricos.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 26. Circuito resistivo puro en Proteus con los datos medidos.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 27. Circuito resistivo puro en Multisim con los datos teóricos.....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 28. Circuito resistivo puro en Multisim con los datos medidos.....</i>	<i>57</i>

<i>Ilustración 29. Página inicial del proyecto.</i>	62
<i>Ilustración 30. Parte superior del espacio de prácticas.</i>	62
<i>Ilustración 31. Parte inferior del espacio de prácticas.</i>	62
<i>Ilustración 32. Espacio de los circuitos en serie.</i>	63
<i>Ilustración 33. Espacio de los circuitos en paralelo y mixto.</i>	63
<i>Ilustración 34. Espacio de los circuitos trifásicos.</i>	64
<i>Ilustración 35. Estructura interna de cada práctica.</i>	64
<i>Ilustración 36. Son las prácticas con los enlaces de cada espacio creado.</i>	65
<i>Ilustración 37. Circuito resistivo puro en Proteus con los datos teóricos.</i>	66
<i>Ilustración 38. Circuito resistivo puro en Proteus con los datos medidos.</i>	66
<i>Ilustración 39. Circuito resistivo puro en Multisim con los datos teóricos.</i>	66
<i>Ilustración 40. Circuito resistivo puro en Multisim con los datos medidos.</i>	67
<i>Ilustración 41. Diagrama de bloques de la estructura con la que se inició la plataforma.</i>	67
<i>Ilustración 42. Diagrama de bloques de la estructura final de la plataforma.</i>	68

## **Lista de ecuaciones**

<i>Ecuación 1. Señal en dominio del tiempo.</i>	25
<i>Ecuación 2. Operaciones con fasores.</i>	26
<i>Ecuación 3. Corriente en la resistencia.</i>	27
<i>Ecuación 4. Corriente en el inductor.</i>	29
<i>Ecuación 5. Tensiones de fase en el tiempo.</i>	37
<i>Ecuación 6. Desfase de las tenciones en secuencia + y -.</i>	38
<i>Ecuación 7. Tensión y corriente en circuito y-y balanceado.</i>	38
<i>Ecuación 8. Conversión delta-estrella-delta.</i>	40
<i>Ecuación 9. Ecuación de tensión y corriente para delta-delta.</i>	40
<i>Ecuación 10. Impedancia de una resistencia.</i>	48
<i>Ecuación 11. Porcentaje error para la práctica.</i>	51

## **1. Marco legal en base al sistema de prácticas de laboratorio de corriente alterna en entornos cuánticos y clásicos.**

### **1.1. Justificación - Limitaciones**

#### **Objeto**

La implementación de un sistema de prácticas de laboratorio de corriente alterna como guía para el desarrollo de las clases prácticas en la modalidad de educación a distancia, con el fin de causar un impacto positivo ante la preparación académica de los estudiantes que cursen materias relacionadas a este tema.

#### **Necesidades y problemas**

La implementación de educación a distancia se realiza desde hace mucho y surge por diferentes razones, como cuando los jóvenes no podían asistir a sus aulas de clase por motivo del clima. Al pasar los años esta iniciativa se optó en diferentes instituciones como un método de impartir el conocimiento, pero aún no se ha podido mejorar este tipo de educación para que este al nivel de aporte que la educación presencial, aún hay falencias en este método de educación que deben ser corregidos para una mejor preparación de los estudiantes.

Siendo más enfático en el área en que aplica este proyecto se busca una mejora en la implementación a distancia de prácticas de laboratorios básicos de CA, para mejorar el aporte académico de las clases a distancia de algunas materias que involucren temas de corriente alterna.

#### **Objetivos**

##### **Objetivo general**

Implementar un sistema de prácticas de laboratorios para circuitos de corriente alterna en un entorno cuántico.

## **Objetivos específicos**

- Diseñar un sistema de prácticas de laboratorios para circuitos de corriente alterna en entornos cuánticos.
- Simular un sistema de prácticas de laboratorios para circuitos de corriente alterna en entornos cuánticos.
- Ejecutar el montaje del sistema de prácticas de laboratorios para circuitos de corriente alterna.

### **1.2. Acotaciones**

- El nivel de profundidad debe permitir que los estudiantes puedan desarrollar las prácticas en sus entornos personales.
- Se utilizarán recursos al alcance de las posibilidades personales de los estudiantes.
- Se implementará una primera versión de diseño que permita un incremento de profundidad en trabajos posteriores por otros autores.

### **1.3. Legislación**

- *Ley N°1341 del 29-jul-2009*

“Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las tecnologías de la información y las comunicaciones - tic-, se crea la agencia nacional de espectro y se dictan otras disposiciones “.

- *Ley N°1753 del 9-jun-2015*

“El plan asume la educación como el más poderoso instrumento de igualdad social y crecimiento económico en el largo plazo, con una visión orientada a cerrar brechas en acceso y calidad al sistema educativo, entre individuos, grupos poblacionales y entre regiones, acercando al país a altos estándares

internacionales y logrando la igualdad de oportunidades para todos los ciudadanos”.

- Decreto N°806 del 4-jun-2020

“Por el cual se adoptan medidas para implementar las tecnologías de la información y las comunicaciones en las actuaciones judiciales, agilizar los procesos judiciales y flexibilizar la atención a los usuarios del servicio de justicia, en el marco del Estado de Emergencia Económica, Social y Ecológica.”

### **1.3.1. Impacto ambiental**

La implementación de las TICS como herramienta para la educación ha tenido impactos positivos y negativos frente al medio ambiente, como punto inicial en un artículo investigativo realizado por Fernando Tucho (2015), la fomentación del uso de las TICS ha aumentado en un 2% el CO<sub>2</sub>, debido a la industria tecnológicas en la fabricación de diferentes dispositivos electrónicos, también hace énfasis en el daño ocasionado en la explotación de ciertos minerales esenciales para componentes electrónicos, en su artículo busca incentivar a un avance responsable de estas tecnologías.

Como punto positivo se resalta los artículos de la doctora Taramopoulos A. (2012 y 2018), quien en las conclusiones de su investigación dice que hay que tener en cuenta el impacto que se reduce al no tener que consumir materiales necesarios para las prácticas en laboratorios de estado clásico y la fabricación de estos componentes, también resalta que para este tipo de educación no es necesario construir aulas estáticas reduciendo los agentes contaminantes que esto produzca.

### **1.3.2. Formación humana**

Este proyecto está dirigido a la capacitación y mejora educativa de los jóvenes estudiantes, ayudando al crecimiento humano y la formación integral de los jóvenes teniendo en cuenta lo establecido en el Decreto N°806 del 4-jun-2020 dictado por la exministra de las tecnologías de la información y la comunicación Silvia Constain, estamos en una etapa en que la tecnología se debe usar para la mejorar la vida diaria de las personas, y es en esto que se basa la implementación de prácticas de laboratorios en entornos cuánticos,

para contribuir en la formación de los jóvenes que deseen mejorar sus conocimientos relacionados a los temas de la corriente alterna.

La profesora Haydee Acosta (2014), directora del Centro de Desarrollo Educacional de la Universidad de Matanzas, en Cuba nos dice “El verdadero sentido de la educación es la formación humana del individuo”. Para la académica, existe una estrecha relación entre la sociedad y la educación, que es la que finalmente permite la formación integral de las personas.

### **1.3.3. Marco internacional**

Taramopoulos (2012), en su artículo titulado enseñanza de circuitos eléctricos mediante consulta guiada en entornos de laboratorio virtuales y reales y tiene como objetivo estudiar un sistema laboratorios eléctricos en entornos virtuales, con el fin de comparar el entorno cuántico con el físico buscando ayudar a los estudiantes a reforzar el conocimiento adquirido durante las clases. Al finalizar el proyecto se observa que en ambos casos muestra que los laboratorios virtuales integrados en una secuencia de enseñanza de indagación guiada pueden contribuir a mejorar la comprensión conceptual de los circuitos eléctricos en los estudiantes de secundaria. Desde mi punto de vista claramente Se puede evidenciar que un sistema de enseñanza no reemplaza al otro completamente, hay muchas cosas por mejorar aun para que los laboratorios virtuales sean más aprovechables.

Kevin Pyatt (2012), en su artículo titulado Experimentación virtual y física en laboratorios de ciencias basados en la investigación: actitudes, rendimiento y acceso, en el proceso para este estudio se investigó las dimensiones de aprendizaje que ocurren en las investigaciones de laboratorio basadas en la investigación física y virtual, en las clases de química de primer año de secundaria. Este estudio se llevó a cabo durante un período de 2 años y utilizó un diseño cruzado experimental que consistió en dos ensayos separados de investigación de laboratorio. Se encontró que los estudiantes tenían una preferencia general hacia el uso de computadoras en su aprendizaje. Los estudiantes sintieron que las computadoras eran herramientas necesarias en su aprendizaje y herramientas que los ayudan a investigar problemas complejos, realistas y desafiantes. Los estudiantes esperaban que las computadoras se integraran en sus experiencias de laboratorio. Los estudiantes generalmente encontraron valiosas las



experiencias de laboratorio y las vieron como beneficiosas para su aprendizaje. Se resalta en este artículo como en las nuevas investigaciones realizadas los estudiantes adoptan de una mejor manera la implementación de herramientas en entornos cuánticos.

Yun Lin (2018), en su artículo titulado Tecnologías y soluciones clave de laboratorio virtual distribuido remoto para e-aprendizaje y e-educación, tiene como objetivo proporcionar una referencia para el diseño e implementación de sistemas de laboratorios virtuales que en el proceso de desarrollo de su proyecto llega a la conclusión que la clave para el uso de entornos virtuales radica en los cambios en la forma de pensar de las personas, ya que la implementación no puede ser rápida y rentable mientras se construyen laboratorios virtuales con solo funciones simples y partes insostenibles, la adaptación mental es fundamental. A partir de esto puedo decir que la Implementación de herramientas informáticas para mejorar la educación es necesario en nuestro actual ritmo de vida, es bueno tener una base referente para la incursión en estos temas de investigación.

Athanasios Taramopoulos (2018), en su artículo titulado el impacto de los entornos de laboratorio virtual en la enseñanza por indagación Circuitos eléctricos en la educación secundaria griega: el proyecto ElectroLab, que tiene como objetivo Estudiar un sistema laboratorios eléctricos en entornos virtuales, buscando evidenciar su viabilidad. Durante este proyecto se llegó a la conclusión de que los laboratorios virtuales ofrecen a los docentes un entorno en el que pueden diseñar, desarrollar e implementar actividades de laboratorio de investigación, haciendo que los estudiantes interactúen de forma natural con instrumentos virtuales y exploren activamente los fenómenos físicos. En este estudio se puede evidenciar lo útil que son estos laboratorios virtuales a la hora de complementar lo aprendido en clase.

Lafiz Boboev (2018), en su artículo titulado el laboratorio virtual y la calidad de la educación tiene el argumento a favor del uso de nuevas tecnologías de simuladores virtuales es una introducción activa de los medios modernos de simulación por ordenador y tecnologías de la información en el ámbito de la educación, como una nueva área trans disciplinar, al final de la investigación se obtiene que la aplicación efectiva de los laboratorios virtuales en educación contribuye tanto a la mejora de la calidad de la educación y al ahorro de los recursos económicos, como a la creación de un entorno seguro y limpio. De esta manera Se evidencia como la calidad educativa aumenta

al dar la alternativa a los estudiantes para reforzar lo aprendido en las materias básicas como química o física.

#### **1.3.4. Marco nacional**

Antonio Vega, O., 2015 en su artículo titulado “Laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias” nos dice que la implementación de las TICS no se debe tomar como una herramienta mágica que solucione todos los problemas educativos en la actualidad, ya que esta se debe implementar de la mano con diferentes herramientas para mejorar los resultados. También resalta que, si es muy útil para el hallazgo y detección de errores en el proceso de simulación de un proceso, y muy útil para la simulación de posibles casos que en la vida real no se pueden realizar por limitaciones humanas.

Orozco, j., 2019. En su proyecto Laboratorio Virtual Colombiano, nos da una visión hacia el futuro dando a conocer una serie de plataformas interactivas en diferentes áreas de estudio como física, biología, matemáticas, robótica e ingeniería, entre otras disciplinas que ayudan a la fomentación de la educación e impactan en diferentes áreas del mundo, es bueno que un producto tecnológico colombiano se dé a conocer ayudando a la fomentación de la educación. El ingeniero Jiovany Orozco nos dice que el principal objetivo de su proyecto es enganchar a los jóvenes con la tecnología para que se enamoren de la ciencia.

#### **1.3.5. Marco institucional**

Gan A., (2015) en su trabajo doctoral Estudio pedagógico del campus virtual de la Universidad de Pamplona (Colombia). Evaluación de necesidades. Nos dice que la utilización de las últimas tecnologías de la información y la comunicación al estructurar, configurar y desarrollar procesos de instrucción y educación, favorecen resultados superiores de aprendizaje también menciona que el uso de las últimas tecnologías de la información y la comunicación son favorables y mejoran los resultados de los procesos de instrucción y educación.

### **1.3.6. Campo de acción profesional**

Es un trabajo dedicado a la parte educativa de los jóvenes que cursen carreras que necesiten ver temas relacionados a la comprensión de la corriente alterna, estos temas son dados usualmente en planes educativos de educación de pregrado como técnicos tecnológicos y carreras profesionales. Puntual mente se espera una mejora en la comprensión de algunos temas base para los estudiantes de ingeniería eléctrica de la universidad de pamplona.

### **1.3.7. Sistema de gestión seguridad y salud en el trabajo, SG-SST**

Según la normativa RETIE resolución 5018 (2019), en la cual establece los lineamientos en seguridad y salud en el trabajo para todas las actividades que sean ejecutadas en los procesos de generación de energía convencionales y no convencionales, transmisión, distribución y comercialización de la Energía Eléctrica título de riesgos eléctricos riesgo eléctrico está presente en cualquier tarea que implique manipulación o maniobra de instalaciones eléctricas de baja, media y alta tensión, operaciones de mantenimiento de las mismas, utilización, manipulación y reparación del equipo eléctrico de las máquinas, así como utilización de paralaje eléctrico en entornos para los cuales no ha sido diseñado el dispositivo (ambientes húmedos y/o mojados), etc. Dentro del riesgo eléctrico quedan específicamente incluidos:

- Electrocutión: es la posibilidad de circulación de una corriente eléctrica a través del cuerpo humano.
- Quemaduras por choque o arco eléctrico.
- Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- Incendios o explosiones originados por la electricidad.

El paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo puede provocar distintas lesiones que van desde las quemaduras hasta la fibrilación ventricular y la muerte.

### **Gestión preventiva frente al riesgo eléctrico**

El proceso de gestión preventiva frente al riesgo eléctrico consiste básicamente en:

1. Identificación y evaluación de las diferentes causas que pueden producir accidentes.

2. Eliminación y control del riesgo.
3. Diseño e implantación de medidas preventivas.

La prevención de este riesgo consiste en evitar todo tipo de contactos eléctricos, a través de:

1. el uso de instalaciones y aparatos eléctricos seguros,
2. el cumplimiento de la normativa de seguridad en instalaciones eléctricas,
3. el respeto de las buenas prácticas en la conexión instalación-aparato,
4. la realización de todas las operaciones de manipulación de elementos que pueden estar activos sin tensión.

## **Equipos y material de trabajo seguros**

Para las prácticas se debe:

- Utilizar “bananas” con las partes conductoras cubiertas con material aislante retráctil o no retráctil.
- Desechar todas las piezas desgastadas o que no garantizan la seguridad.
- Las bananas, clavijas y mangueras deben tener el marcado CE como garantía de comercialización segura y uso adecuado a la normativa de seguridad de la Unión Europea.
- Las bornes de protección no deben permitir el contacto con partes en tensión. Deben estar totalmente revestidas de material aislante.
- Contar con puesta a tierra de los equipos, de manera que se cierra el circuito "a tierra" y evita que cualquier corriente de fuga pase por el usuario.

## **2. Marco teórico y técnica de desarrollo en base al sistema de prácticas de laboratorio de corriente alterna en entornos cuánticos y clásicos**

### **2.1. Generalidades de la corriente alterna**

Según Andrés Aranzabal Olea (2001), Un circuito de corriente alterna consta de una combinación de elementos (resistencias, capacidades y autoinducciones) y un generador que suministra la corriente alterna.

Una fem alterna se produce mediante la rotación de una bobina con velocidad angular constante dentro de un campo magnético uniforme producido entre los polos de un imán.

$$V=V_0 \text{ sen } (\omega t)$$

Para analizar los circuitos de corriente alterna, se emplean dos procedimientos, uno geométrico denominado de vectores rotatorios y otro, que emplea los números complejos.

Un ejemplo del primer procedimiento, es la interpretación geométrica del Movimiento Armónico Simple como proyección sobre el eje X de un vector rotatorio de longitud igual a la amplitud y que gira con una velocidad angular igual a la frecuencia angular.

Mediante las representaciones vectoriales, la longitud del vector representa la amplitud y su proyección sobre el eje vertical representa el valor instantáneo de dicha cantidad. Los vectores se hacen girar en sentido contrario a las agujas del reloj.

Con letras mayúsculas representaremos los valores de la amplitud y con letras minúsculas los valores instantáneos.

### 2.1.1. Fasores

Según la Alexander (2006), 3 edición; En el capítulo 9 de fasores y sinusoides es posible suprimir del problema de cálculo la frecuencia del circuito, simplificando así la ecuación para concentrarse en la obtención de la amplitud y fase de los distintos valores. Es aquí donde se introduce el concepto de fasor, que tiene como mayor virtud el poder convertir las ecuaciones integro-diferenciales en ecuaciones algebraicas complejas.

Se estudió en las primeras secciones que el voltaje y la corriente pueden ser representados, respectivamente, como sigue:

*Ecuación 1. Señal en dominio del tiempo.*

$$V_m \cos(\omega t + \phi)$$

$$I_m \cos(\omega t + \phi)$$

Estas representaciones se caracterizan por mostrar:

- Amplitud ( $V_m$  e  $I_m$ )
- Frecuencia ( $\omega$ )
- Fase ( $\phi$ )

donde  $r$  es la magnitud de  $v$  y la fase de  $v$ . Se advierte entonces que  $v$  puede representarse de tres maneras:

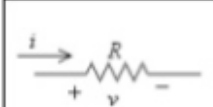
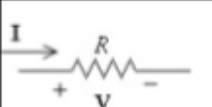
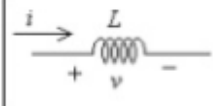
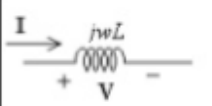
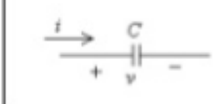
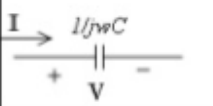
$$V = x + jy \text{ Forma rectangular}$$

$$V = r \angle \phi \text{ Forma polar}$$

$$V = r e^{j\phi} \text{ Forma exponencial}$$

Para los circuitos RLC tenemos expresiones matemáticas que rigen su comportamiento en el dominio del tiempo, estas expresiones se pueden manejar a través de los fasores convirtiéndolas en expresiones en dominio de la frecuencia.

Tabla 1. Expresiones en dominio del tiempo y la frecuencia.

Dominio del tiempo		Dominio de la frecuencia	
	$v = Ri$	$V = RI$	
	$v = L \frac{di}{dt}$	$V = j\omega LI$	
	$v = \frac{1}{C} \int i dt$	$V = I/j\omega C$	

### Ecuación 2. Operaciones con fasores.

• **SUMA**

$$z_1 + z_2 = (x_1 + x_2) + j(y_1 + y_2)$$

• **RESTA**

$$z_1 - z_2 = (x_1 - x_2) + j(y_1 - y_2)$$

• **MULTIPLICACIÓN**

$$z_1 \times z_2 = (r_1 \times r_2) \angle (\phi_1 + \phi_2)$$

• **DIVISIÓN**

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1}{r_2} \angle (\phi_1 - \phi_2)$$

### 2.1.2. Resistencia conectada a un generador de corriente alterna

Según la Alexander (2006), 3 edición; En el capítulo 6 y 7 de circuitos de capacitancias e inductancias se obtiene la siguiente información.

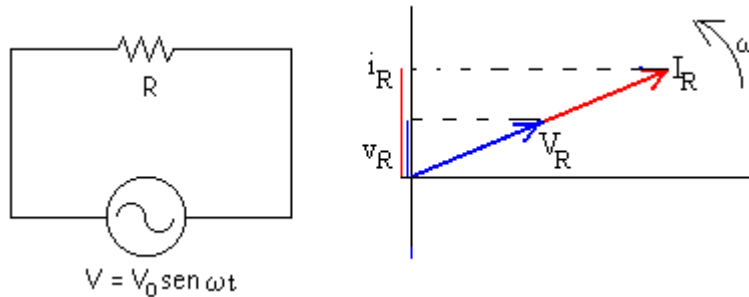


Ilustración 1. Tensión y corriente de resistencia en alterna.

La ecuación de este circuito simple es (intensidad por resistencia igual a la fem)

$$V_R = V_0 \cdot \text{sen}(w t) \quad \text{Ecuación 1}$$

Ecuación 3. Corriente en la resistencia.

$$i_R = \frac{V_0}{R} \text{sen}(w t)$$

La diferencia de potencial en la resistencia es

$$V_r = V_0 \cdot \text{sen}(w t)$$

En una resistencia, la intensidad  $i_R$  y la diferencia de potencial  $v_R$  están en fase. La relación entre sus amplitudes es

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

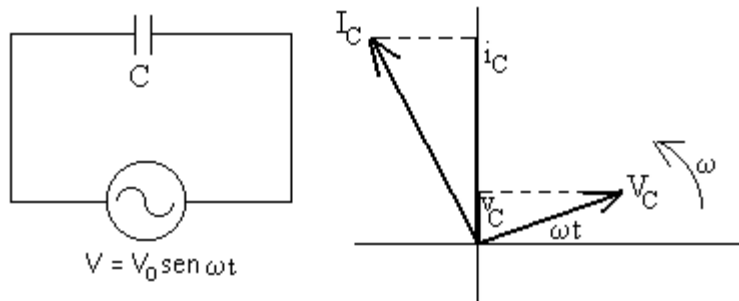
con  $V_R = V_0$ , la amplitud de la fem alterna

Como vemos en la representación vectorial de la figura, al cabo de un cierto tiempo  $t$ , los vectores rotatorios que representan a la intensidad en la resistencia y a la diferencia de potencial entre sus extremos, ha girado un ángulo  $w t$ . Sus proyecciones sobre el eje vertical marcados por los segmentos de color azul y rojo

son respectivamente, los valores en el instante  $t$  de la intensidad que circula por la resistencia y de la diferencia de potencial entre sus extremos.

### 2.1.3. Un condensador conectado a un generador de corriente alterna

Según la Alexander (2006), 3 edición; En el capítulo 6 y 7 de circuitos de capacitancias e inductancias se obtiene la siguiente información.



*Ilustración 2. Tensión y corriente de capacitancia en alterna.*

En un condensador la carga  $Q$ , la capacidad  $C$  y diferencia de potencial  $v$  entre sus placas están relacionadas entre sí

$$Q=C \cdot v$$

Si se conecta las placas del condensador a un generador de corriente alterna

$$Q=C \cdot V_0 \cdot \text{sen}(w t)$$

La intensidad se obtiene derivando la carga respecto del tiempo,  $i=dq/dt$

*Ecuación 4. Corriente en capacitor.*

$$i_C = C \omega V_0 \cos(\omega t) = C \omega V_0 \text{sen} \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

Para un condensador, la intensidad  $i_C$  está adelantada  $90^\circ$  respecto a la diferencia de potencial  $v_C$ . La relación entre sus amplitudes es

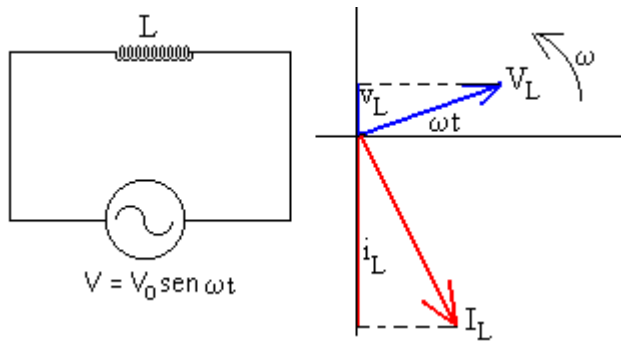
$$I_C = C \omega V_C$$



con  $V_C=V_0$ , la amplitud de la fem alterna.

#### 2.1.4. Una bobina conectada a un generador de corriente alterna

Según la Alexander (2006), 3 edición; En el capítulo 6 y 7 de circuitos de capacitancias e inductancias se obtiene la siguiente información.



*Ilustración 3. Tensión y corriente de capacitancia en alterna.*

Ya hemos estudiado la autoinducción y las corrientes auto inducidas que se producen en una bobina cuando circula por ella una corriente  $i$  variable con el tiempo..

La ecuación del circuito es (suma de fem igual a intensidad por resistencia), como que la resistencia es nula

$$-L \frac{di}{dt} + V_0 \text{sen}(\omega t) = 0$$

Integrando esta ecuación obtenemos  $i$  en función del tiempo

*Ecuación 4. Corriente en el inductor.*

$$i_L = -\frac{V_0}{\omega L} \cos(\omega t) = \frac{V_0}{\omega L} \text{sen}\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

La intensidad  $i_L$  de la en la bobina está retrasada  $90^\circ$  respecto de la diferencia de potencial entre sus extremos  $v_L$ . La relación entre sus amplitudes es

$$I_L = \frac{V_L}{\omega L}$$

con  $V_L = V_0$ , la amplitud de la fem alterna.

### 2.1.5. Ley de ohm y las leyes de Kirchhoff

Según la Alexander (2006), 3 edición; En el capítulo 2 de leyes básicas.

Para el correcto conocimiento de la electrónica es necesario saber algunas leyes y teoremas fundamentales como la Ley de Ohm, las Leyes de Kirchhoff, y otros teoremas de circuitos.

#### Ley de Ohm

Cuando una resistencia es atravesada por una corriente se cumple que:

$$V = i \cdot R$$

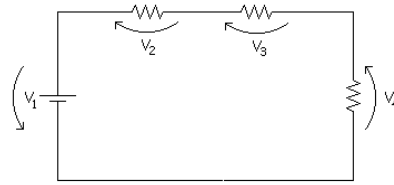
- Donde V es la tensión que se mide en voltios (V).
- Donde I es la intensidad de la corriente que atraviesa la resistencia, y que se mide en Amperios (A).
- Donde R es la resistencia que se mide en Ohmios (W).

#### Leyes de Kirchhoff

Ley de Kirchhoff de tensiones

La suma de las caídas de tensiones de todos los componentes de una malla cerrada debe ser igual a cero.

$$\sum V = 0$$

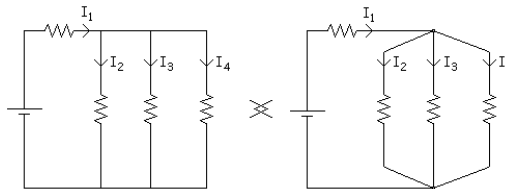


$$V_2 + V_3 + V_4 - V_1 = 0$$

### Ley de Kirchhoff de corrientes

La suma de corrientes entrantes en un nodo es igual a la suma de corrientes salientes del nodo.

$$\sum I_{\text{ENTRANTES}} = \sum I_{\text{SALIENTES}}$$



$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

### 2.1.6. Suma de resistencias, inductancias y capacitancias

Según la Alexander (2006), 3 edición; En el capítulo 6 de capacitores e inductores.

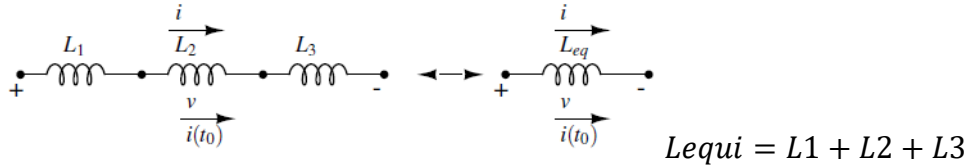
#### En serie

Dos o más resistencias en serie (que les atraviesa la misma intensidad) es equivalente a una única resistencia cuyo valor es igual a la suma de las resistencias.

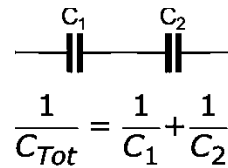


$$R_T = R_1 + R_2$$

Dos o más inductancias en serie (que les atraviesa la misma intensidad) es equivalente a una única inductancia cuyo valor es igual a la suma de las inductancias.

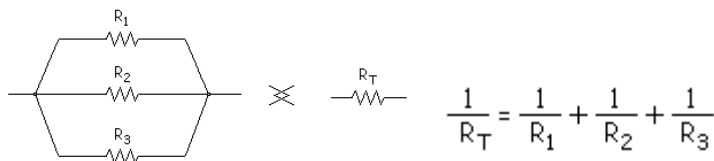


Cuando tenemos dos o más capacitancias en serie (que les atraviesa la misma intensidad), pueden ser sustituidas por una capacitancia equivalente, como se ve en el dibujo:

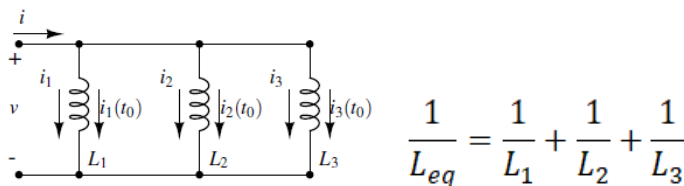


### En paralelo

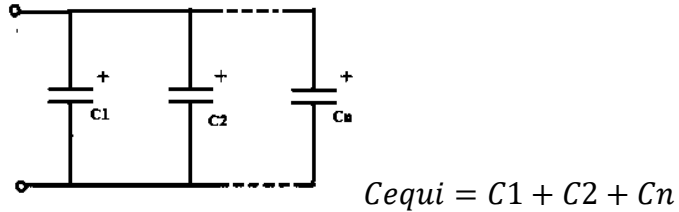
Cuando tenemos dos o más resistencias en paralelo (que soportan la misma tensión), pueden ser sustituidas por una resistencia equivalente, como se ve en el dibujo:



Cuando tenemos dos o más inductores en paralelo (que soportan la misma tensión), pueden ser sustituidas por un inductor equivalente, como se ve en el dibujo:



Cuando tenemos dos o más capacitores en paralelo (que soportan la misma tensión), pueden ser sustituidas por un capacitor equivalente, como se ve en el dibujo:

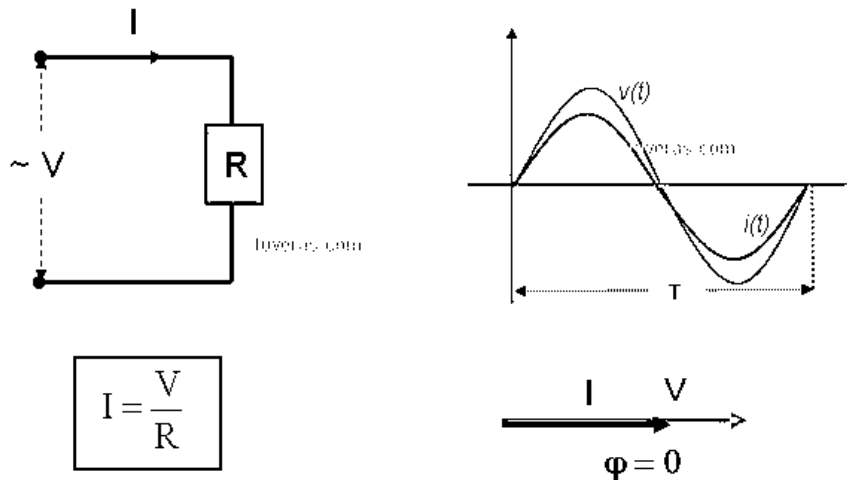


### 2.1.7. Circuitos resistivos, capacitivos e inductivos.

Según la Alexander (2006), 3 edición; En el capítulo 7 de circuitos de primer orden.

### CIRCUITOS R

Solo están compuesto con elementos resistivos puros. En este caso la V y la I (tensión e intensidad) están en fase, o lo que es lo mismo, las ondas empiezan y acaban a la vez en el tiempo. Por estar en fase se tratan igual que en corriente continua. Esto en CA solo pasa en circuitos puramente resistivos (solo resistencias puras).



$$I = \frac{V}{R}$$

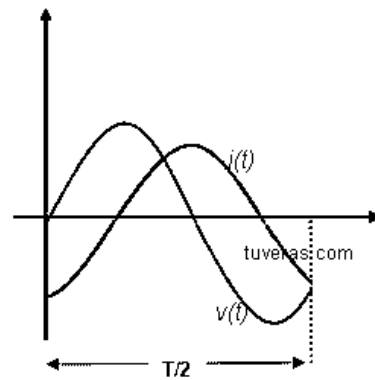
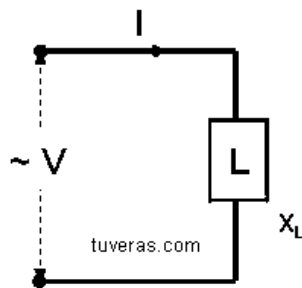
$I = \frac{V}{R}$	$V = RI$	$R = \frac{V}{I}$
V tensión en Voltios	I intensidad en Amperios	R resistencia en ohmios

Ilustración 4. Circuito R puro en alterna.

## CIRCUITOS L

Son los circuitos que solo tienen componente inductivo (bobinas puras). En este caso la  $V$  y la  $I$  están desfasadas  $90^\circ$ . La intensidad está retrasada  $90^\circ$  respecto a la tensión o la tensión está adelantada  $90^\circ$  respecto a la intensidad.

En estos circuitos en lugar de  $R$  tenemos  $X_L$ , impedancia inductiva. La  $X_L$  es algo así como la resistencia de la parte inductiva. Para calcularla es importante un valor llamado inductancia ( $L$ ) que solo poseen las bobinas puras.  $L$  será la inductancia y se mide en henrios, al multiplicarla por  $\omega$  (frecuencia angular) nos dará la impedancia inductiva.

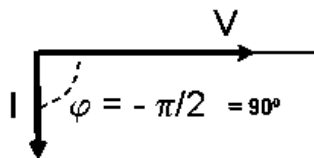


$\omega$  = Frecuencia angular  
 $L$  = Inductancia en Henrios  
 $X_L$  = impedancia

$$I_0 = \frac{V_0}{\omega L} \Rightarrow I = \frac{V}{\omega L}$$

$$X_L = \omega L$$

$$I = \frac{V}{X_L}$$



$I = \frac{V}{X_L}$	$V = X_L I$	$X_L = \frac{V}{I}$
<b>V</b> tensión en Voltios	<b>I</b> intensidad en Amperios	<b><math>X_L</math></b> reactancia en Ohmios

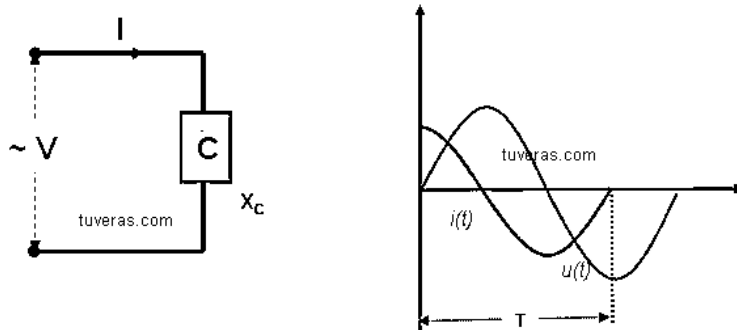
Ilustración 5. Circuito  $L$  puro en alterna.

Para la intensidad instantánea recuerda que la  $I$  está retrasada  $90^\circ$  respecto a la tensión. Si  $\omega t$  es el ángulo para la tensión, como la intensidad está retrasada  $90^\circ$  respecto a la tensión, tenemos que la intensidad instantánea será:

$$i = I_0 \times \text{seno}(\omega t - 90^\circ)$$

## CIRCUITOS C

Este tipo de circuitos son los que solo tienen componentes capacitivos (condensadores puros). En este caso la  $V$  y la  $I$  están desfasadas  $90^\circ$  negativos (la  $V$  está retrasada en lugar de adelantada con respecto a la  $I$ ). La  $X_C$  será la impedancia capacitiva, algo parecido a la resistencia de la parte capacitiva.

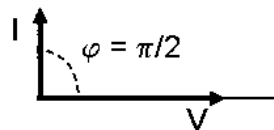


$$I_0 = \omega C V_0$$

$$I = \omega C V$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$I = \frac{V}{X_C}$$



$V = X_C I$	$I = \frac{V}{X_C}$	$X_C = \frac{V}{I}$
$V$ tensión en Voltios	$I$ intensidad en Amperios	$X_C$ reactancia en ohmios

Ilustración 6. Circuito C puro en alterna.

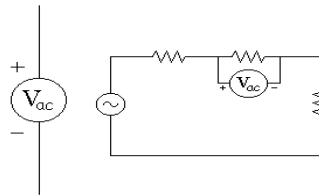
### 2.1.8. Métodos de medición eléctrica

Según Milton Gussow. Ed.: Mc Graw Hill en Fundamentos de Electricidad.

#### Voltímetro.

Aparato que mide tensiones eficaces tanto en continua como en alterna, y su colocación es de forma obligatoria en "paralelo" al componente sobre el cual se quiere medir su tensión.

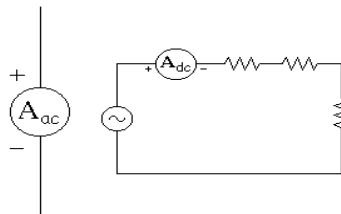
Ilustración 7. Medición de tensión.



#### Amperímetro.

Aparato que mide el valor medio de la corriente, y su colocación es de forma obligatoria en "serie" con el componente del cual se quiere saber la corriente que le atraviesa.

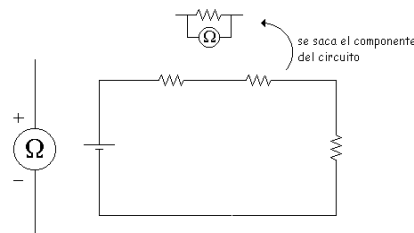
Ilustración 8. Medición de corriente.



#### Óhmetro

Aparato que mide el valor de las resistencias, y que de forma obligatoria hay que colocar en paralelo al componente estando éste separado del circuito (sin que le atraviese ninguna intensidad). Mide resistencias en Ohmios ( $\Omega$ ).

Ilustración 9. Medición de resistencia.





### 2.1.9. Circuitos trifásicos

Según la Alexander (2006), 3 edición; En el capítulo 12 de circuitos trifásicos.

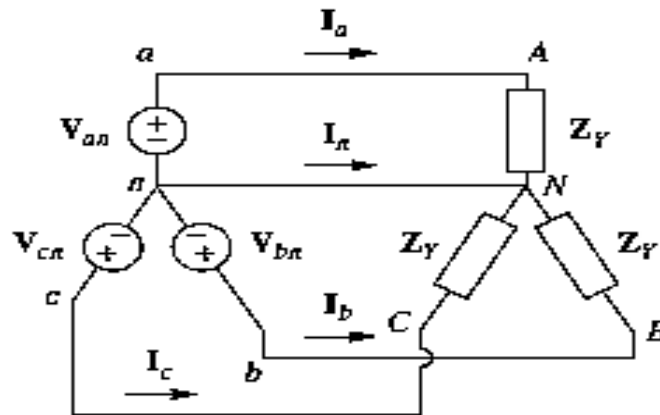
Para el análisis de los circuitos trifásicos implementados en este proyecto se omitirá las impedancias de la línea y los cálculos se realizarán con un neutro virtual, se tendrán en cuenta la información sobre circuitos estrella – estrella y delta – delta, balanceados y desbalanceados.

- Y – Y
  - Balanceados.

Las tensiones de fase de la carga (que en el caso de la figura son las mismas que las tensiones de fase del generador) son:

*Ecuación 5. Tensiones de fase en el tiempo.*

$$v_{AN} = \sqrt{2}V_p \cos \omega t; \quad v_{BN} = \sqrt{2}V_p \cos(\omega t - 120^\circ); \quad v_{CN} = \sqrt{2}V_p \cos(\omega t + 120^\circ)$$



*Ilustración 10. Circuito trifásico y-y balanceado.*

Para estos circuitos las impedancias tienen el mismo valor, y las fuentes tienen un desfase de  $120^\circ$  entre sí.

*Ecuación 6. Desfase de las tenciones en secuencia + y -.*

$$\begin{array}{ll}
 \underline{V_{an}} = V_p \underline{/0^\circ} & \underline{V_{an}} = V_p \underline{/0^\circ} \\
 \underline{V_{bn}} = V_p \underline{/-120^\circ} & \underline{V_{cn}} = V_p \underline{/-120^\circ} \\
 \underline{V_{cn}} = V_p \underline{/-240^\circ} = V_p \underline{/+120^\circ} & \underline{V_{bn}} = V_p \underline{/-240^\circ} = V_p \underline{/+120^\circ} \\
 \text{secuencia abc o secuencia positiva.} & \text{secuencia acb o secuencia negativa.}
 \end{array}$$

Para la resolución de estos ejercicios primero se calcula la magnitud de la impedancia y el ángulo de fase para manejarlo en forma polar:

$z = r + jx$  valor de una impedancia del circuito.

$|\vec{z}| = \sqrt{r^2 + x^2}$  magnitud de la impedancia.

$\emptyset = \tan^{-1} \frac{x}{r}$  ángulo de la impedancia

$\vec{z} = |z| \angle \emptyset$  impedancia en forma polar

Luego se calculan las corrientes y las y tensiones, teniendo en cuenta que las corrientes de fase y línea van a ser las mismas y que las tensiones van a variar en ángulo por un desfase de  $30^\circ$  y en magnitud por un múltiplo de raíz de 3.

*Ecuación 7. Tensión y corriente en circuito y-y balanceado.*

$$\begin{array}{ll}
 \underline{V_{an}} = V_p \underline{/0^\circ} & \underline{V_{ab}} = \sqrt{3} V_p \underline{/30^\circ} \\
 \underline{V_{bn}} = V_p \underline{/-120^\circ} & \underline{V_{bc}} = \sqrt{3} V_p \underline{/-120^\circ} \\
 \underline{V_{cn}} = V_p \underline{/+120^\circ} & \underline{V_{ca}} = \sqrt{3} V_p \underline{/+120^\circ} \\
 \text{Misma corriente de línea} & \underline{I_a} = \underline{V_{an}} / \underline{Z_Y} \\
 & \underline{I_b} = \underline{I_a} \underline{/-120^\circ} \\
 & \underline{I_c} = \underline{I_a} \underline{/+120^\circ}
 \end{array}$$

- **Desbalanceados.**

Para estos circuitos las impedancias tienen diferente valor, y las fuentes tienen un desfase de  $120^\circ$  entre sí.

Así que se calculan las corrientes de cada impedancia, desfasando las tensiones  $120^\circ$  y dividiéndola entre la impedancia correspondiente.

$$V_{fase} = V_{linea} / \sqrt{3}$$

$V_{an} = V_{fase} 0^\circ$  ;  $V_{bn} = V_{fase} - 120^\circ$  ;  $V_{cn} = V_{fase} 120^\circ$  tensiones de fase

$$I_a = \frac{V_{an}}{Z_a} ; I_b = \frac{V_{bn}}{Z_b} ; I_c = \frac{V_{cn}}{Z_c} \text{ corrientes de fase}$$

Los circuitos desbalanceados van a tener corriente en su neutro:

$$I_n = I_a + I_b + I_c \text{ corriente en el neutro}$$

- DELTA – DELTA

Para este tipo de circuito se debe resolver sacando tres ecuaciones por el método de Kirchhoff, pero hay una alternativa por la que se optó para esta práctica que es la de convertir circuitos de delta a estrella y de esta manera abarcar un poco más de tema para las prácticas.

- **Conversión delta-estrella-delta.**

Para las fuentes tenemos una relación de conversión en que:

$$V_{s \text{ estrella}} = \frac{V_{s \text{ delta}}}{\sqrt{3}} \quad (\emptyset - 30)$$

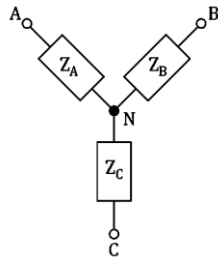
Para las impedancias tenemos relación de conversión para balanceadas y desbalanceadas:

- **Para balanceadas.**

$$Z_y = \frac{Z_\Delta}{3}$$

- **Para desbalanceadas.**

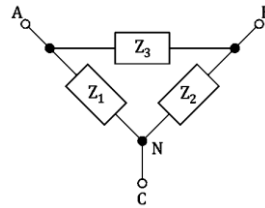
*Ecuación 8. Conversión delta-estrella-delta.*



$$Z_A = \frac{Z_1 Z_3}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

$$Z_B = \frac{Z_2 Z_3}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

$$Z_C = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$



$$Z_1 = \frac{Z_A Z_B + Z_B Z_C + Z_A Z_C}{Z_B}$$

$$Z_2 = \frac{Z_A Z_B + Z_B Z_C + Z_A Z_C}{Z_A}$$

$$Z_3 = \frac{Z_A Z_B + Z_B Z_C + Z_A Z_C}{Z_C}$$

Luego de la conversión se resuelve igual que un circuito estrella-estrella con los valores obtenidos por las formulas anteriores. Se calcula las corrientes y tensiones del circuito con los valores de las siguientes relaciones.

*Ecuación 9. Ecuación de tensión y corriente para delta-delta.*

$\Delta-\Delta$

$$V_{ab} = V_p / 0^\circ$$

$$V_{bc} = V_p / -120^\circ$$

$$V_{ca} = V_p / +120^\circ$$

$$I_{AB} = V_{ab} / Z_\Delta$$

$$I_{BC} = V_{bc} / Z_\Delta$$

$$I_{CA} = V_{ca} / Z_\Delta$$

Mismo voltaje de fase

$$I_a = I_{AB} \sqrt{3} / -30^\circ$$

$$I_b = I_{bc} / -120^\circ$$

$$I_c = I_{ca} / +120^\circ$$

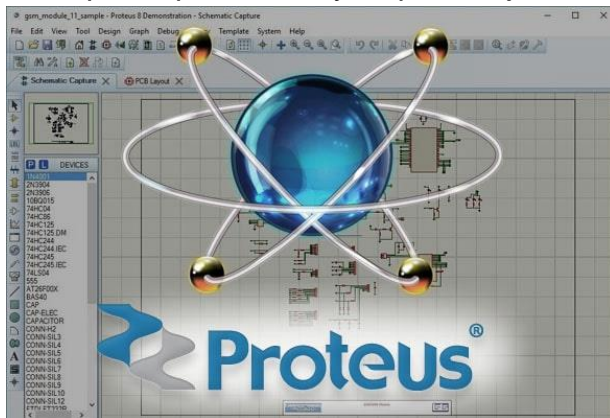
**2.2. Software de simulación de circuitos eléctricos**

Los simuladores de circuitos eléctricos según el libro de Fundamentos de diseño de circuitos Thomson, son una herramienta de software implementadas por profesionales y estudiantes en áreas de la electrónica eléctrica o telecomunicaciones debido a que ayuda a crear circuitos eléctricos en entornos cuánticos, que la persona desee montar en entornos clásicos, ayudando a entender mejor el mecanismo, y ubicar las fallas dentro del mismo de manera sencilla y eficiente.

**2.2.1. Proteus Design Suite**

El software Proteus es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción. Proteus PCB Design combina los módulos Schematic Capture y PCB Layout para proporcionar un conjunto de herramientas potente, integrado y fácil de

usar para el diseño profesional de PCB según la página oficial labcenter fundada 1988 por el presidente y arquitecto jefe de software John Jameson.



*Ilustración 11. Logo de Proteus.*

El lanzamiento inicial de Proteus Design Suite siguió poco después de la creación de la empresa y desde entonces se ha beneficiado de más de 25 años de desarrollo continuo, evolucionando hasta convertirse en uno de los paquetes EDA más rentables y con todas las funciones del mercado.

### 2.2.2. Multisim

Multisim™ para la Educación es un software de aplicación para la enseñanza de circuitos para cursos y laboratorios de electrónica de potencia, analógica y digital. Visualice circuitos y reafirme la teoría con instrumentos simulados, análisis avanzados y miles de componentes interactivos.



*Ilustración 12. Logo de Multisim.*

Según la página oficial Multisim Live Multisim integra simulación SPICE estándar en la industria con un entorno esquemático interactivo para visualizar y analizar al instante el comportamiento de los circuitos electrónicos. Multisim tiene una interfaz intuitiva que ayuda a los profesores a reforzar la teoría de circuitos y a mejorar la teoría en todo el plan de estudios de ingeniería. Investigadores y

diseñadores utilizan Multisim para reducir las iteraciones de prototipos PCB y ahorrar costos de desarrollo, añadiendo simulación potente de circuitos y análisis al flujo de diseño.

### **2.3. Herramientas de diseño de páginas web**

El mundo de las herramientas del diseño web es cada vez más amplio, pero hay algunas que destacan por las facilidades, optimización y el ahorro de tiempo que brindan.

Según la estudiante de marketing en Boston Dalila Franzolini, las herramientas de diseño web son los recursos que ayudan a realizar sitios virtuales, ya que cubren las necesidades tanto creativas como técnicas del diseño web. Reducen los tiempos de ejecución de acuerdo con sus funciones.

#### **2.3.1. Sites google**

Según un artículo tecnológico escrito por Daniel Nations el 24 de febrero del 2020 Google Sites es una plataforma de creación de sitios web de Google. Si está familiarizado con otras plataformas de sitios web como WordPress o Wix, puede pensar en Google Sites como algo similar, pero quizás más especializado para empresas y equipos basados en la web.

Si ya usa otros productos de Google y los encuentra particularmente útiles para una empresa u organización con la que trabaja, Google Sites podría ser simplemente otro para agregar a su caja de herramientas digitales. Esto es lo que necesita saber al respecto.



*Ilustración 13. Herramienta de diseño web Sites google.*

Google Sites se presenta en forma de una aplicación que forma parte de G Suite de Google, que es un paquete Premium de aplicaciones de Google que ha sido optimizado para su uso por empresas. Otras aplicaciones que se incluyen son las que probablemente ya usa, como Gmail, Docs, Drive, Calendar y más.

### **Qué permite hacer Google Sites**

Google Sites le permite crear un sitio web sin tener que saber cómo codificarlo usted mismo. Se incluye en la categoría Colaborativo en G Suite, lo que significa que también puede hacer que otros usuarios de Google participen en el proceso de creación del sitio web, que es lo que lo hace tan poderoso y una herramienta tan valiosa para los equipos.

Al igual que otras plataformas como WordPress.com y Tumblr , Google Sites tiene funciones de creación de sitios que hacen que sea fácil e intuitivo diseñar su sitio de la manera que desee. También puede agregar "gadgets" como calendarios, mapas, hojas de cálculo, presentaciones y más para que su sitio sea más funcional. Elija un tema y personalícelo de la forma que desee para un sitio de aspecto profesional que se ve y funciona muy bien en todas las pantallas de escritorio y móviles.

## **3. Capítulo: Análisis de resultados obtenidos en el diseño del sistema de prácticas de laboratorio de corriente alterna en entornos cuánticos y clásicos**

### **3.1. Análisis del diseño de las prácticas de laboratorio de corriente alterna**

Durante el diseño de estas prácticas siempre se tuvo como meta el lograr establecer un formato inicial con el cual se pudiera elaborar las diferentes prácticas de manera ordenada, y buscando el mayor aprovechamiento por parte de los estudiantes que realizarán los laboratorios, siempre se enfatizó en que quedaran entendibles y realizables por jóvenes con diferentes recursos a su disposición.

También se enfatizó en lograr mejores resultados mediante la implementación de herramientas como softwares de simulación de circuitos eléctricos con el fin de aumentar la adquisición de conocimiento de los estudiantes e incentivar al ingenio al dejar que ellos mismos puedan variar los valores de los componentes y comparar resultados de manera segura y didáctica.

### **3.1.1. Descripción del proceso de creación**

En el proceso de realización de este proyecto se diseñó un formato general para cada práctica buscando adecuar la información necesaria para la comprensión de los objetivos por parte de los estudiantes, se tuvo que cambiar en diferentes ocasiones el formato guía para el diseño de cada práctica de laboratorio debido a que no se adecuaba al proceso de todos los laboratorios.

El contenido para cada ítem se organizó según el formato general establecido para todas las prácticas con el fin de que los estudiantes se familiaricen con esta metodología y al realizar las prácticas se le vaya facilitando el proceso de las tareas a realizar, también para que sepan a donde dirigirse para encontrar la información necesaria para los montajes de los diferentes laboratorios.

Los ítems de información elegidos para organizar de manera ordenada cada laboratorio fueron:

- **Tema**

En este ítem se estableció de manera clara el título de la práctica, de tal forma que quede claro el tema que se va a abarcar durante el desarrollo del laboratorio.

- **Introducción**

En este ítem se da un avance de los temas a tratar de manera exacta, se establece algunos antecedentes del tema y la ubicación del contexto en general, se da una presentación del problema con el fin de que el estudiante se haga una idea de lo que va a realizar, explica el propósito de la práctica y da una idea de los resultados esperados al finalizar cada práctica de laboratorio.

- **Tareas**



En este ítem se estableció paso a paso lo que el estudiante debe realizar en la práctica asignada, con el fin de establecer un orden en la ejecución de cada laboratorio, las tareas ayudan a que al realizarse la práctica se obtenga un mejor resultado y entendimiento del fenómeno físico que se está estudiando.

- **Objetivos**

En este ítem se da la meta o el propósito que se debe lograr al realizar la práctica, esto enfoca al estudiante dándole un punto claro que debe lograr y evidenciar este logro al finalizar el desarrollo del laboratorio asignado.

- **Teoría y técnica**

Este espacio se crea para el montaje de la información teórica necesaria en el desarrollo la práctica en cada uno de los pasos.

- **Análisis del circuito**

En el análisis del circuito se redacta de manera ordenada la investigación realizada acerca de los temas a abordar durante el desarrollo del laboratorio, esto incluye ecuaciones y métodos de análisis matemático necesarios durante la práctica.

- **Orientaciones para las tareas**

Las orientaciones para la realización de las tareas se diseñaron de tal forma que se establezca la metodología más segura para la ejecución de cada paso y para alcanzar el mayor aprovechamiento por parte del estudiante al optimizar el tiempo de ejecución de la práctica y mejorar el conocimiento adquirido en el proceso.

- **Sistema de evaluación**

Este ítem es de suma importancia para verificar y comprobar que el alumno pudo obtener los resultados esperados al finalizar su práctica asignada, dentro del ítem se establecen una serie de preguntas puntuales cuya respuesta se obtiene con la experiencia adquirida al finalizar el desarrollo

completo del laboratorio asignado, esto induce a que el estudiante realice su práctica en el orden diseñado para su beneficio y ayuda a detectar falencias en el diseño del laboratorio.

- **Ejemplo**

En este ítem se da la muestra de la práctica desarrollada con los datos recomendados, con el fin de que sirva de guía para los jóvenes que deseen realizar esta práctica, y puedan comparar los datos obtenidos con los del ejemplo y de esta manera detectar errores en el proceso de ejecución de la práctica de laboratorio asignada.

Este ítem también sirve como ayuda de la veracidad del funcionamiento de la práctica, para garantizar los resultados deseados en este proyecto.

- **Bibliografía**

En este ítem se subieron las fuentes bibliográficas e infografías de los temas utilizados en las prácticas, también fuentes de imágenes o ecuaciones necesarias para el desarrollo del laboratorio.

Si es necesario se adicionará en su interior un espacio para anexos como videos, audios o guías visuales si la práctica así lo requiere.

### **3.1.2. Resultados obtenidos en el diseño de las prácticas de laboratorio**

Para abarcar este capítulo de manera más ordenada y entendible se tomará como referente una de las prácticas diseñadas para demostrar los resultados obtenidos en su diseño y referenciar cada uno de los ítems con su explicación.

La práctica que se tomará de referencia será la del circuito en serie del tipo resistivo puro de corriente alterna ya que este fue la primera práctica de laboratorio diseñada y que sirvió como guía para las demás prácticas.

- **Tema**

Circuito serie resistivo puro.

- **Introducción**

Los circuitos resistivos puros están conformados por resistencias conductores y la fuente de alimentación.

La práctica de laboratorio en un circuito resistivo puro en serie permite la comprensión del comportamiento de las corrientes y las caídas de tensión ante diferentes valores de fuente, para la verificación de las leyes de Ohm Kirchhoff y Thévenin.

Las actividades de la práctica permiten comparar los resultados teóricos con los obtenidos en entornos cuánticos y clásicos.

- **Tareas**

1. Analizar las tareas, objetivos y teoría y técnica de la práctica.
2. Analizar el esquema eléctrico objeto de implementación.
3. Gestione los elementos para la implementación del circuito eléctrico.
4. Calcular los valores teóricos de las variables del circuito.
5. Montar el circuito en un software de simulación y medir las variables requeridas en el laboratorio.
6. Montar el circuito en entorno clásico y medir las variables requeridas en el laboratorio.
7. Comparar los resultados obtenidos en las tareas 4, 5 y 6.
8. Defina las conclusiones de la práctica.

- **Objetivos**

- Analizar el comportamiento de los circuitos resistivos puros de corriente alterna.
- Verificar las leyes de Ohm Kirchhoff y Thévenin en los circuitos resistivos puros de corriente alterna.
- Comparar los resultados de los cálculos teóricos y las mediciones en entornos cuánticos y clásicos.

- Teoría y técnica
  - Análisis del circuito

### Corriente Alterna (AC)

Es un tipo de corriente eléctrica que cambia a lo largo del tiempo. La variación puede ser en intensidad de corriente o en sentido a intervalos regulares.

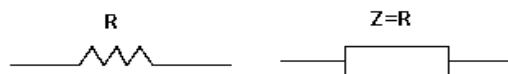
El voltaje varía entre los valores máximo y mínimo de manera cíclica. El voltaje es positivo la mitad del tiempo y negativo la otra mitad. Esto significa que la mitad del tiempo la corriente circula en un sentido y, la otra mitad en sentido opuesto.

La forma de onda más habitual sigue una función trigonométrica tipo seno.

### Resistencias

Un elemento puramente resistivo se comporta en corriente alterna igual que en corriente continua. No introduce desfase alguno entre tensión e intensidad, y su impedancia es igual a su resistencia. Para una resistencia sí se cumpliría la ley de Ohm incluso con los valores instantáneos.

**Impedancia de una resistencia:** La impedancia ( $Z$ ) de una resistencia sólo tiene parte real, que es igual al valor de la resistencia ( $R$ ). Esto es debido a que no hay reactivancias (no hay inductores ni capacitores).



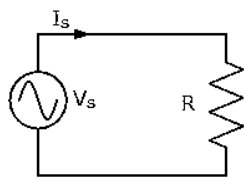
*Ilustración 14. Impedancia de una resistencia.*

En forma dinámica la impedancia de una resistencia se representa como:

*Ecuación 10. Impedancia de una resistencia.*

$$Z = R + j 0$$

En forma polar:



$$Z = \frac{V_R}{I_R} = R$$

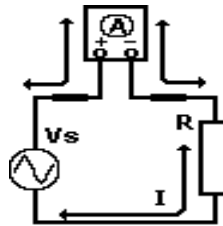
$$Z = \angle 0^\circ = R + j0$$

$$I_s = \frac{V_s}{R}$$

*Ilustración 15. Circuito resistivo puro.*

### Medición de Corriente

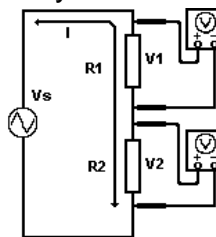
Para medir intensidad de corriente, el circuito debe abrirse para permitir que el amperímetro se conecte en serie. Los amperímetros suelen tener una resistencia propia muy baja.



*Ilustración 16. Medición de corriente en la resistencia.*

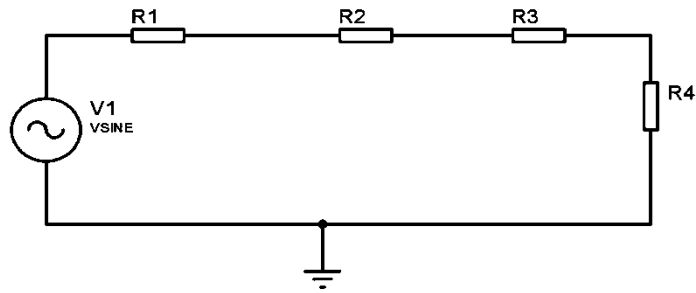
### Medición de Voltaje

Para medir diferencia de potencial (voltaje), el circuito no se cambia: el voltímetro se conecta en paralelo con el componente del circuito. Los voltímetros suelen tener una resistencia interna muy alta.



*Ilustración 17. Medición de tensión en las resistencias.*

- **Orientaciones para las tareas**



*Ilustración 18. Circuito resistivo puro en serie.*

**Fuente de Alimentación:** Para la ejecución de la práctica de laboratorio se utiliza un Transformador 110/12V – 1A, para disminuir el voltaje a 12 V y limitar la corriente a 1 A, de la electricidad que fluye en el circuito.

1. Para la realización de la tarea uno, se eligen los valores resistivos y de tensión de la fuente a los que tenga más acceso, y se ponen los valores en la tabla, luego se miden los valores reales de los elementos y los datos de tensión y corriente de R1 y R4 para el circuito.

2. Los cálculos se realizan aplicando la ley de ohm con los datos obtenidos de los valores medidos para la fuente de alimentación y las resistencias, evitar que sobre pase 24 v por seguridad del estudiante.

3. Para la simulación se utiliza el valor de la fuente medida en valor RMS, se sugiere implementar Multisim que cuenta con la acción de agregar la tolerancia del elemento para un mejor resultado o Proteus con una biblioteca más amplia para elegir componentes. Debido a su fácil manejo para la comprensión de los temas, tomar las mediciones solicitadas y adjuntar las imágenes de la simulación.

4. Se recomienda ir redactando los datos en la tabla mientras se va avanzando en la práctica, para comparar resultados y detectar errores de manera rápida.

5. El porcentaje error del montaje y la simulación se hace en base a los valores obtenidos de los cálculos, para comparar los resultados de un sistema ideal, un sistema real con uno en entorno cuántico.

Tabla 2. Materiales y herramientas de la práctica R puro en serie.

Materiales y Herramientas		
Elemento	Cantidad	Valor
R1	1	1 KΩ
R2	1	1 kΩ
R3	1	2 kΩ
R4	1	10 kΩ
Protoboard	1	-----
Multímetro	1	-----
Fuente AC (Transformador 110/12V)	1	12 V

Tabla 3. Sin información de los datos de la práctica.

		DATOS DEL CIRCUITO RESISTIVO PURO EN SERIE			
		VR1	IR1	VR2	IR2
MEDIDOS					
CALCULADOS					
SIMULADOS	PROTEUS				
	MULTISIM				

Tabla 4. Sin información del porcentaje error de la práctica.

		% ERROR EN BASE A LOS DATOS CALCULADOS DEL CIRCUITO RESISTIVO PURO EN SERIE			
		VR1	IR1	VR2	IR2
MEDIDOS					
SIMULADOS	PROTEUS				
	MULTISIM				

Ecuación 11. Porcentaje error para la práctica.

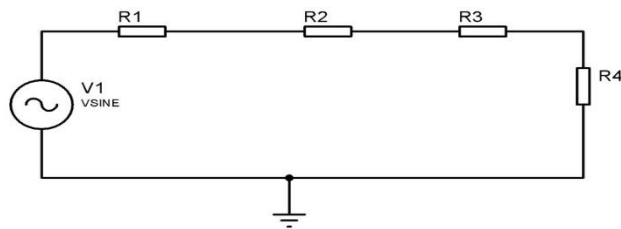
$$\%Error = \frac{\text{valor calculado} - \text{valor medido}}{\text{valor calculado}} * 100\%$$

$$\%Error = \frac{\text{valor calculado} - \text{valor simulado}}{\text{valor calculado}} * 100\%$$

- **Sistema de evaluación**

1. Consultar y ampliar los conceptos que se listan a continuación:
  - a. Corriente alterna.
  - b. Ley de ohm
  - c. Señales RMS.
  - d. Impedancias en serie, en paralelo.
2. ¿Cuál es el desfase de la tensión y la corriente en un circuito resistivo puro?
3. ¿Cómo se mide la tensión y la corriente en un circuito eléctrico?
4. ¿Cuál es el comportamiento de la corriente en el circuito serie?
5. ¿Qué método de prácticas es más preciso según los datos obtenidos?

- **Ejemplo**



*Ilustración 19. Circuito R puro en serie de la práctica.*

- ✚ Se escogen los valores de resistencias de fácil acceso comercialmente y el valor de la fuente se puede obtener de un transformador monofásico comercial de 110/12 V -1A:

*Tabla 5. Materiales de la práctica R puro en serie.*

Materiales y Herramientas		
Elemento	Cantidad	Valor
R1	1	1 KΩ
R2	1	1 kΩ
R3	1	2 kΩ
R4	1	10 kΩ
Protoboard	1	-----
Multímetro	1	-----



Fuente AC (Transformador 110/12V)	1	12 V
-----------------------------------	---	------

Primero se realiza el montaje con los elementos conseguidos para la práctica del circuito en conexión resistivo puro en serie:

- ✚ Se debe verificar el valor de la tensión y resistencia medido de los materiales, realizando la medición de la tensión de salida del transformador, y midiendo cada resistencia, para tener una base a esos datos.

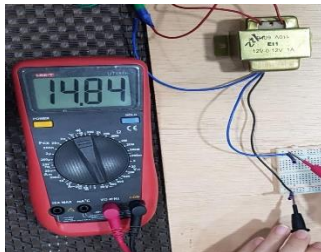
*Tabla 6. Datos medidos de los elementos seleccionados.*

<b>Tensión</b>	14.84 V
<b>R1</b>	0.98 k $\Omega$
<b>R2</b>	0.99 k $\Omega$
<b>R3</b>	1.96 k $\Omega$
<b>R4</b>	9.9 k $\Omega$

- ✚ Se mide la tensión y corriente en R1 y R4.



*Ilustración 20. Medición de la resistencia R2.*



*Ilustración 21. Medición de la salida del transformador monofásico.*

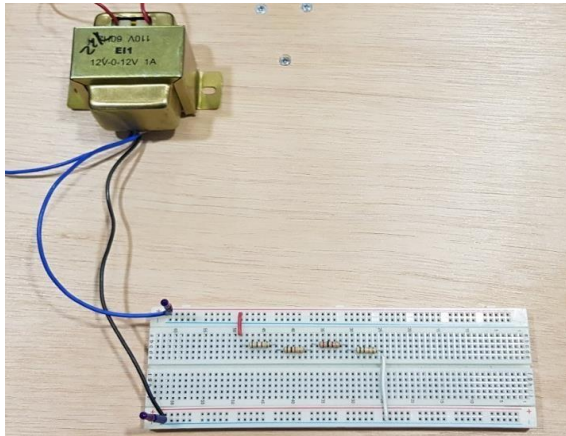


Ilustración 22. Montaje de circuito resistivo puro.



Ilustración 23. Tensión medida en R1 y R4.



Ilustración 24. Corriente medida en R1 y R4.

✚ Los cálculos se realizaron con los datos teóricos y los medidos.

$$Z_{total\ teorico} = R1 + R2 + R3 + R4 = 1K\Omega + 1K\Omega + 2K\Omega + 10K\Omega \\ = 14 + j0\ K\Omega$$

$$Z_{total\ real} = R1 + R2 + R3 + R4 = 0.98K\Omega + 0.99K\Omega + 1.96K\Omega + 9.9K\Omega \\ = 13.830 + j0\ K\Omega$$

$$Vac\ teorico = 12\ v$$

$$Vac\ real = 14.84\ v$$

$$Iac\ teorico = \frac{Vac}{Z_{total}} = \frac{12}{14 + j0\ K\Omega} = 0.857\ mA = IR1 = IR4$$

$$Iac\ real = \frac{Vac}{Z_{total}} = \frac{14.84\ v}{13.830 + j0\ K\Omega} = 1.073\ mA = IR1 = IR4$$

$$VR1\ teorico = IR1 * R1 = 0.857\ v$$

$$VR4\ teorico = IR4 * R4 = 8.57\ v$$

$$VR1\ real = IR1 * R1 = 1.051\ v$$

$$VR4\ real = IR4 * R4 = 10.6227\ v$$

✚ La simulación se realizó en Proteus y Multisim.

- Los medidores para tensión y corriente deben estar en la escala necesaria según el valor que dio en los cálculos.
- El valor de la fuente debe convertirse a valor RMS.
- Las simulaciones se realizaron con los valores teóricos y medidos.

$$V_{teorico\ rms} = Vac\ teorico * \sqrt{2} = 12\ v * \sqrt{2} = 16.971\ v$$

$$V_{real\ rms} = Vac\ real * \sqrt{2} = 14.84\ v * \sqrt{2} = 20.987\ v$$

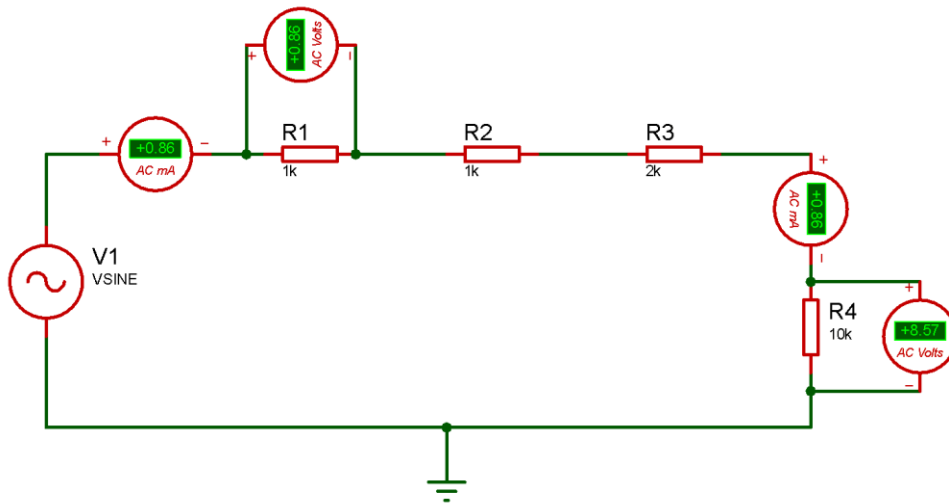


Ilustración 25. Circuito resistivo puro en Proteus con los datos teóricos.

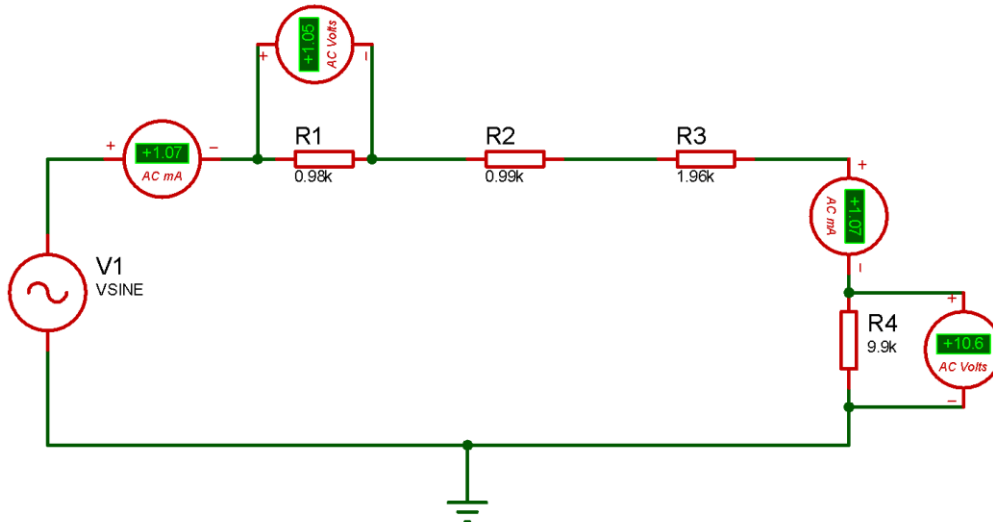


Ilustración 26. Circuito resistivo puro en Proteus con los datos medidos.

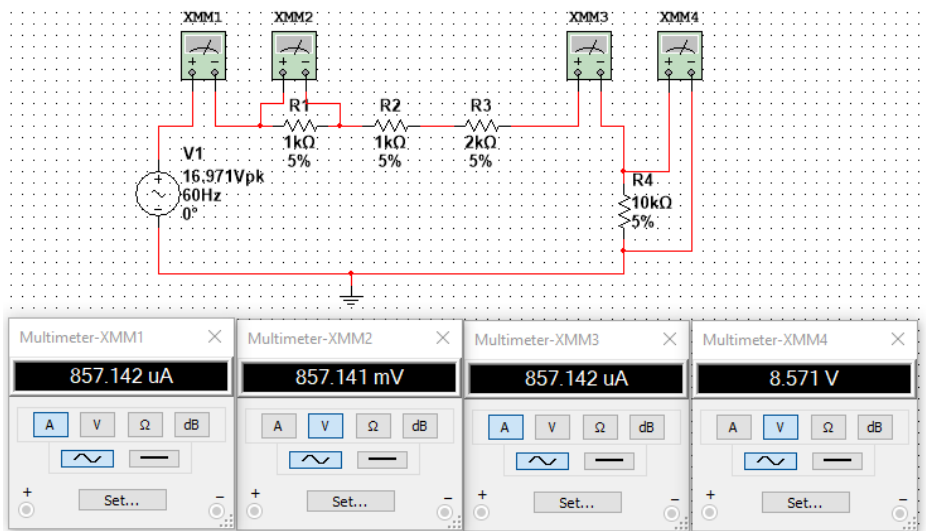


Ilustración 27. Circuito resistivo puro en Multisim con los datos teóricos.

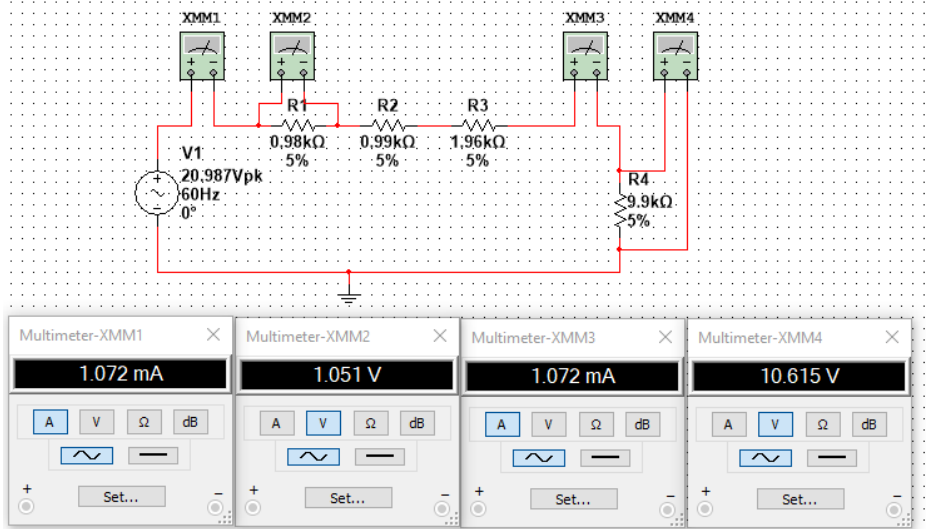


Ilustración 28. Circuito resistivo puro en Multisim con los datos medidos.

✚ La tabulación se hizo con los datos teóricos y medidos.

- Teóricos.

Tabla 7. Datos obtenidos en la práctica.

		DATOS DEL CIRCUITO RESISTIVO PURO EN SERIE			
		VR1 (v)	IR1(mA)	VR2 (v)	IR2(mA)
MEDIDOS		1.010	1.090	10.670	1.090
CALCULADOS		0.857	0.857	8.570	0.857
SIMULADOS	Proteus	0.860	0.860	8.570	0.860
	Multisim	0.857	0.857	8.571	0.857

Tabla 8. Porcentaje error de los datos obtenidos en ambos sistemas.

		% ERROR EN BASE A LOS DATOS CALCULADOS DEL CIRCUITO RESISTIVO PURO EN SERIE			
		VR1	IR1	VR2	IR2
MEDIDOS		17.853	27.187	24.504	27.187
SIMULADOS	PROTEUS	0.350	0.350	0.000	0.350
	MULTISIM	0.000	0.000	0.0117	0.000

- Medidos.

Tabla 9. Datos obtenidos en la práctica.

		DATOS DEL CIRCUITO RESISTIVO PURO EN SERIE			
		VR1 (v)	IR1(mA)	VR2 (v)	IR2(mA)
MEDIDOS		1.010	1.090	10.670	1.090
CALCULADOS		1.051	1.073	10.623	1.073
SIMULADOS	Proteus	1.050	1.070	10.600	1.070
	Multisim	1.051	1.072	10.615	1.072

Tabla 10. Porcentaje error de los datos obtenidos en ambos sistemas.

		% ERROR EN BASE A LOS DATOS CALCULADOS DEL CIRCUITO RESISTIVO PURO EN SERIE			
		VR1	IR1	VR2	IR2
MEDIDOS		3.901	1.584	0.442	1.584
SIMULADOS	PROTEUS	0.095	0.279	0.216	0.279
	MULTISIM	0.000	0.093	0.075	0.093

$$\%Error = \frac{\text{valor calculado} - \text{valor medido}}{\text{valor calculado}} * 100\%$$

$$\%Error = \frac{\text{valor calculado} - \text{valor simulado}}{\text{valor calculado}} * 100\%$$

## ▪ Bibliografía implementada en la práctica

1. MANJON 2016. CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA. FQ.IESPM.ES. [ONLINE] OBTENIDO DE: [HTTP://FQ.IESPM.ES/DOCUMENTOS/JANAVARRO/ELECTROTECNIA/T3\\_CIRCUITOS\\_CA.PDF](http://fq.iespm.es/documentos/janavarro/electrotecnia/T3_CIRCUITOS_CA.PDF).
2. FISICAPRACTICA.COM. 2007. CIRCUITOS RESISTIVOS EN CORRIENTE ALTERNA. OBTENIDO DE: [HTTPS://WWW.FISICAPRACTICA.COM/RESISTIVOS-ALTERNA.PHP](https://www.fisicapractica.com/resistivos-alterna.php).
3. TUTORIALESDEELECTRONICABASICA 2016. TUTORIALES DE ELECTRÓNICA BÁSICA. OBTENIDO DE: [HTTP://TUTORIALESDEELECTRONICABASICA.BLOGSPOT.COM/2016/06/COMPONENTES-PASIVOS-ENCIRCUITOS-DE.HTML](http://tutorialesdeelectronicaBasica.blogspot.com/2016/06/componentes-pasivos-encircuitos-de.html).
4. ROBLE.PNTIC.MEC.ES. 2012. MULTÍMETRO. OBTENIDO DE: [HTTP://ROBLE.PNTIC.MEC.ES/JLOP0164/ARCHIVOS/MULTIMETRO.PDF](http://roble.pntic.mec.es/jlop0164/archivos/multimetro.pdf).
5. BLOG SOBRE ENERGÍA SOLAR. 2019. ENERGÍA SOLAR. OBTENIDO DE: [HTTPS://SOLAR-ENERGIA.NET/ELECTRICIDAD/CORRIENTE-ELECTRICA/CORRIENTEALTERNA#:~:TEXT=LA%20CORRIENTE%20ALTERNA%20\(CA\)%20ES,Y%20NEGATIVO%20LA%20OTRA%20MITAD](https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/corrientealterna#:~:text=La%20corriente%20alterna%20(CA)%20es,y%20negativo%20la%20otra%20mitad).

## 3.2. Análisis de las herramientas de simulación implementadas para los circuitos implementados en cada práctica

### 3.2.1. Descripción del proceso de creación

Para realizar la simulación de las prácticas se tuvo en cuenta cuatro softwares de simulación de circuitos eléctricos en un comienzo, Proteus, Crocodile, Simulink de Matlab y Multisim.

De manera personal yo no tenía experiencia con la plataforma de Simulink, así que empecé de cero con la investigación del funcionamiento de este software, y poco a poco realizando diferentes montajes fui comprendiendo su estructura, con los otros tres softwares ya había trabajado anteriormente, así que fue cuestión de interactuar nuevamente con su funcionamiento.

Al ir realizando las prácticas, se descartó Crocodile debido a que no está diseñada para simulaciones en corriente alterna y se descartó la plataforma de Simulink de

Matlab, ya que para este nivel de práctica no era tan eficientes como Multisim y Proteus.

En un inicio la idea era dejar una herramienta de simulación fija para todas las prácticas, pero tanto Proteus como Multisim tenían propiedades parecidas e idóneas para las prácticas y a la vez cada una poseía características propias de utilidad para las diferentes prácticas.

### **3.2.2. Resultado obtenido en la simulación de los circuitos.**

Para la simulación de los circuitos eléctricos con componentes trifásicos se obtuvo mejor resultado con el software de simulación Proteus, debido a su amplia biblioteca de componentes disponibles para las simulaciones, de igual manera se implementó para los circuitos monofásicos, pero el software Multisim obtuvo resultados más parecidos a los datos obtenidos en las mediciones de los montajes realizados en la Protoboard debido a el parámetro variable de tolerancia o porcentaje error de los componentes.

Como ejemplo para este ítem del trabajo mostraremos los resultados de la práctica del circuito en serie resistivo puro.

Donde el análisis del porcentaje error para los datos arrojó que, en comparación con los datos teóricos, los datos obtenidos en las simulaciones son más parecidos que los datos obtenidos durante las mediciones en la protoboard

### **3.3. Análisis del diseño de la plataforma web para la organización de las prácticas.**

#### **3.3.1. Descripción del proceso de creación**

El proceso de diseño de la plataforma inicio con la elección de una plataforma segura y confiable para trabajar, debido a que se corría el riesgo de perder el trabajo realizado, luego siguió con el diseño de la estructura, el cual se implementó en un diagrama en Bloques para estructurar la forma interna que quedaría la plataforma, este diagrama se tuvo que cambiar en diferentes ocasiones buscando la manera más ordenada para organizar las prácticas, las prácticas se diseñaron en 3 partes, serie, paralelo y mixto, y circuitos trifásicos.

Para la parte de circuitos en serie se realizaron 6 prácticas, las primeras tres fueron para profundizar en el funcionamiento básico de los capacitores inductores y



resistencias ante una fuente de tensión en alterna. Los otros tres circuitos para la parte en serie son la introducción a circuitos RC, RL Y RLC, en donde se busca analizar el comportamiento de estos circuitos en conexión en serie y el comportamiento de la tensión y la corriente ante un circuito inductivo y capacitivo.

En los circuitos paralelo y mixto, se decidió dejar estos dos tipos de prácticas en la misma área porque es donde se espera profundizar y finalizar la parte del comportamiento de estos circuitos y cada uno de sus elementos. En total salieron 6 prácticas para esta área, circuitos RL, RC Y RLC tanto para paralelo como para mixto.

Para la etapa final de las prácticas diseñadas se dejaron los circuitos trifásicos, primero se hicieron las prácticas y-y y delta-delta tanto balanceados como desbalanceados, luego está la práctica de conversión estrella-delta-estrella, luego la práctica de conversión de fuente monofásica a trifásica para facilitar la alimentación de los circuitos trifásicos, y por ultimo deje la práctica de rectificación de onda, tanda de media onda como de onda completa con filtro y sin filtro.

En la plataforma también se realizaron espacios para que los estudiantes puedan encontrar la información que necesiten como contactos, ayudas o refuerzos y un espacio para archivos donde se subió toda la información documentada en Word para las prácticas.

Se espera que futuramente algún estudiante pueda ampliar las prácticas que se presentan en la plataforma con diferentes temas para tener mayor impacto en la educación.

### **3.3.2. Resultado obtenido en el diseño de la plataforma web**

Al final se creó la plataforma web implementando la herramienta de Sites google, y se organizó la información práctica por práctica según las características que debieran tener cada espacio, a continuación, mostrare pantallazos de la plataforma parte a parte explicando que es.

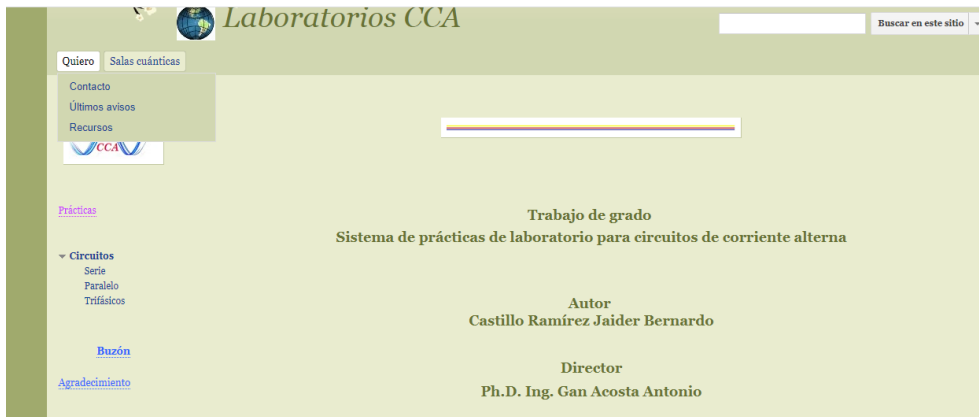


Ilustración 29. Página inicial del proyecto.



Ilustración 30. Parte superior del espacio de prácticas.

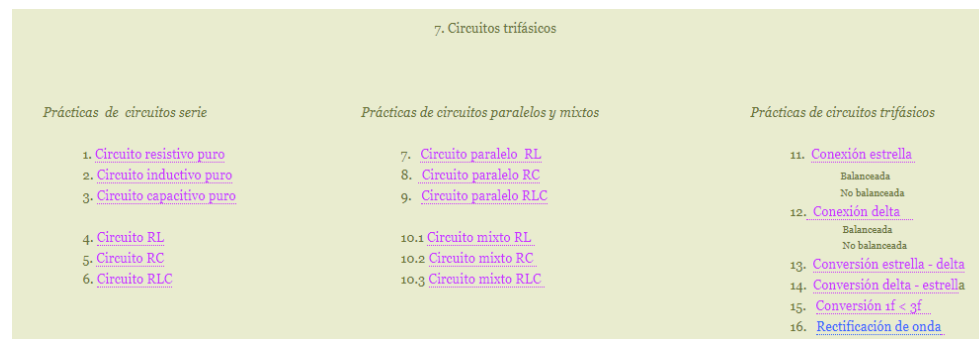


Ilustración 31. Parte inferior del espacio de prácticas.



Ilustración 32. Espacio de los circuitos en serie.



Ilustración 33. Espacio de los circuitos en paralelo y mixto.



Ilustración 34. Espacio de los circuitos trifásicos.



Ilustración 35. Estructura interna de cada práctica.

### 3.4. Cumplimiento de los objetivos

#### 3.4.1. Cumplimiento del objetivo 1

se realizaron una serie de prácticas de circuitos eléctricos en corriente alterna, estas prácticas están diseñadas con el objetivo de abarca los temas estipulados en el pensum educativo de la institución.

En los anexos del proyecto podrá encontrar el link de acceso a las prácticas diseñadas. En esta página se encontrará con las prácticas mostradas en la imagen a continuación.

<i>Prácticas de circuitos serie</i>	<i>Prácticas de circuitos paralelos y mixtos</i>	<i>Prácticas de circuitos trifásicos</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. <a href="#">Circuito resistivo puro</a></li> <li>2. <a href="#">Circuito inductivo puro</a></li> <li>3. <a href="#">Circuito capacitivo puro</a></li>   <li>4. <a href="#">Circuito RL</a></li> <li>5. <a href="#">Circuito RC</a></li> <li>6. <a href="#">Circuito RLC</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>7. <a href="#">Circuito paralelo RL</a></li> <li>8. <a href="#">Circuito paralelo RC</a></li> <li>9. <a href="#">Circuito paralelo RLC</a></li>   <li>10.1 <a href="#">Circuito mixto RL</a></li> <li>10.2 <a href="#">Circuito mixto RC</a></li> <li>10.3 <a href="#">Circuito mixto RLC</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>11. <a href="#">Conexión estrella</a>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Balanceda</li> <li>No balanceda</li> </ul> </li> <li>12. <a href="#">Conexión delta</a>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Balanceda</li> <li>No balanceda</li> </ul> </li> <li>13. <a href="#">Conversión estrella - delta</a></li> <li>14. <a href="#">Conversión delta - estrella</a></li> <li>15. <a href="#">Conversión <math>1f &lt; 3f</math></a></li> <li>16. <a href="#">Rectificación de onda</a></li> </ul>
<i>Contenido de cada práctica</i>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Tema</li> <li>2. Tareas</li> <li>3. Introducción</li> <li>4. Objetivos</li> <li>5. Teoría y técnica <ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis del circuito</li> <li>Orientaciones para las tareas</li> </ul> </li> <li>6. Sistema de evaluación</li> <li>7. Ejemplo</li> <li>8. Bibliografía</li> </ul>		

*Ilustración 36. Son las prácticas con los enlaces de cada espacio creado.*

### **3.4.2. Cumplimiento del objetivo 2**

Dentro de cada práctica se puede ver la simulación con el análisis de cada uno de los circuitos.

En los anexos del proyecto se encontrará un link que los lleve a la plataforma diseñada, luego se da clic en la pestaña de ejemplo que tiene cada práctica, en este lugar se podrá evidenciar los resultados de las simulaciones una a una con el fin de explicar lo que se hizo se tomara como ejemplo la simulación del circuito resistivo puro.

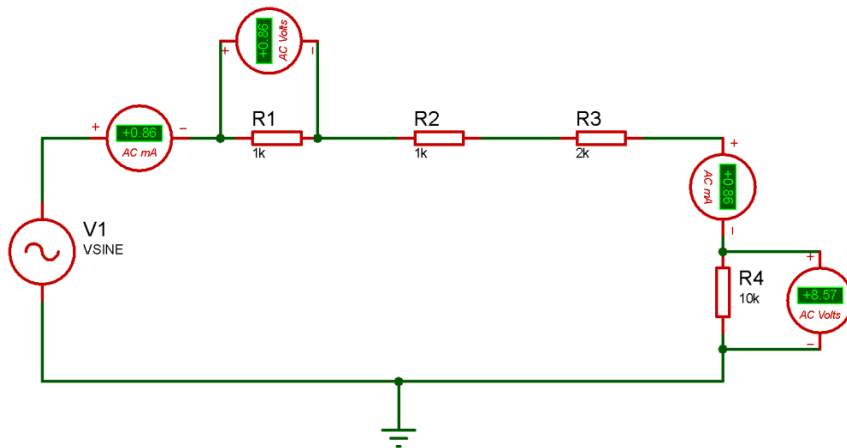


Ilustración 37. Circuito resistivo puro en Proteus con los datos teóricos.

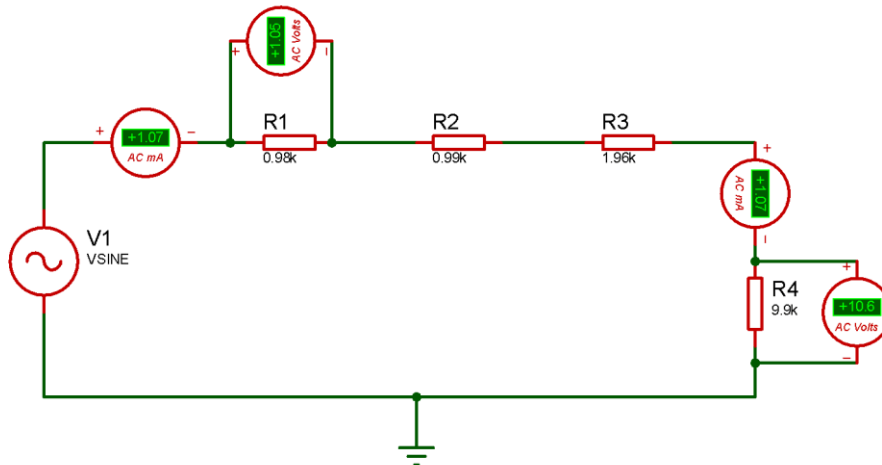


Ilustración 38. Circuito resistivo puro en Proteus con los datos medidos.

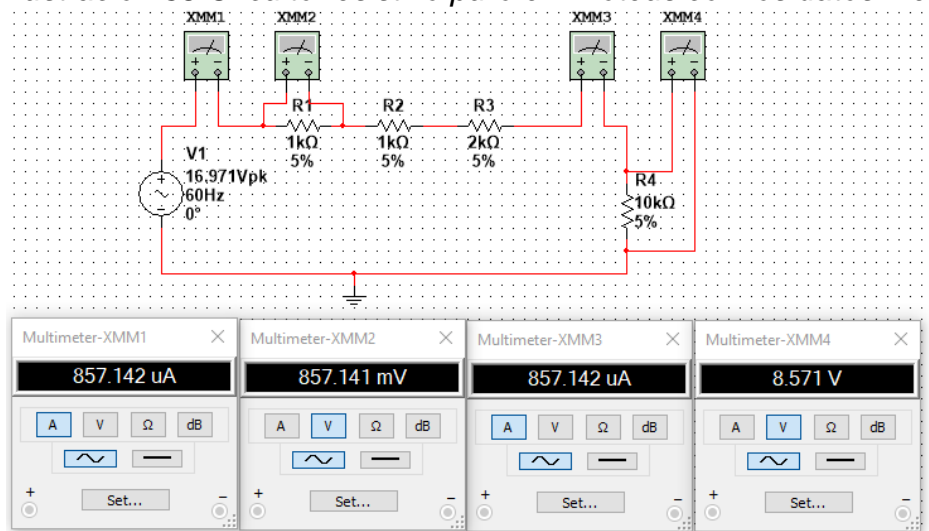


Ilustración 39. Circuito resistivo puro en Multisim con los datos teóricos.

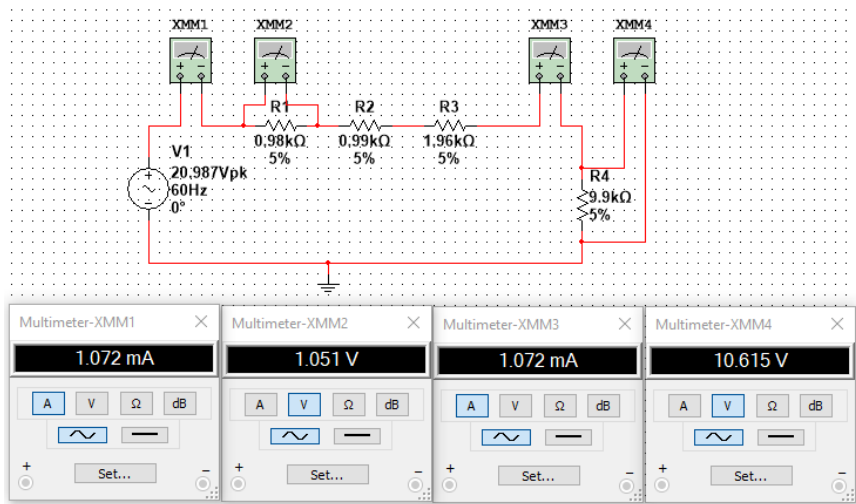


Ilustración 40. Circuito resistivo puro en Multisim con los datos medidos.

### 3.4.3. Cumplimiento del objetivo 3

Para el diseño de la plataforma se establecieron muchos modelos guías, se tuvo que reestructurar en diferentes ocasiones, a continuación, mostremos un primer diagrama de bloques fijo que se implementó para la estructura de la plataforma diseñada.

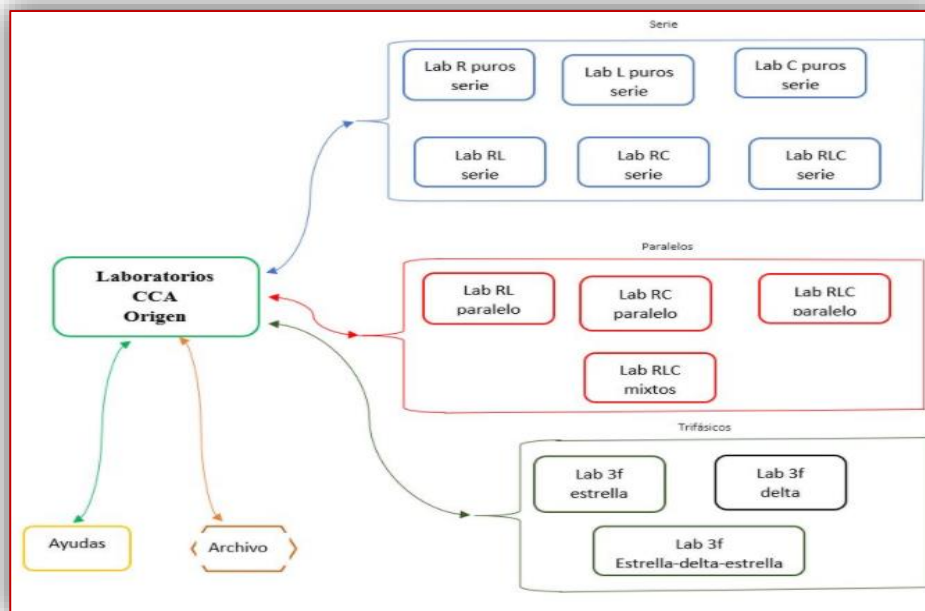


Ilustración 41. Diagrama de bloques de la estructura con la que se inició la plataforma.

Y el siguiente es el diagrama de bloques final de la estructura diseñada para las prácticas de laboratorio.

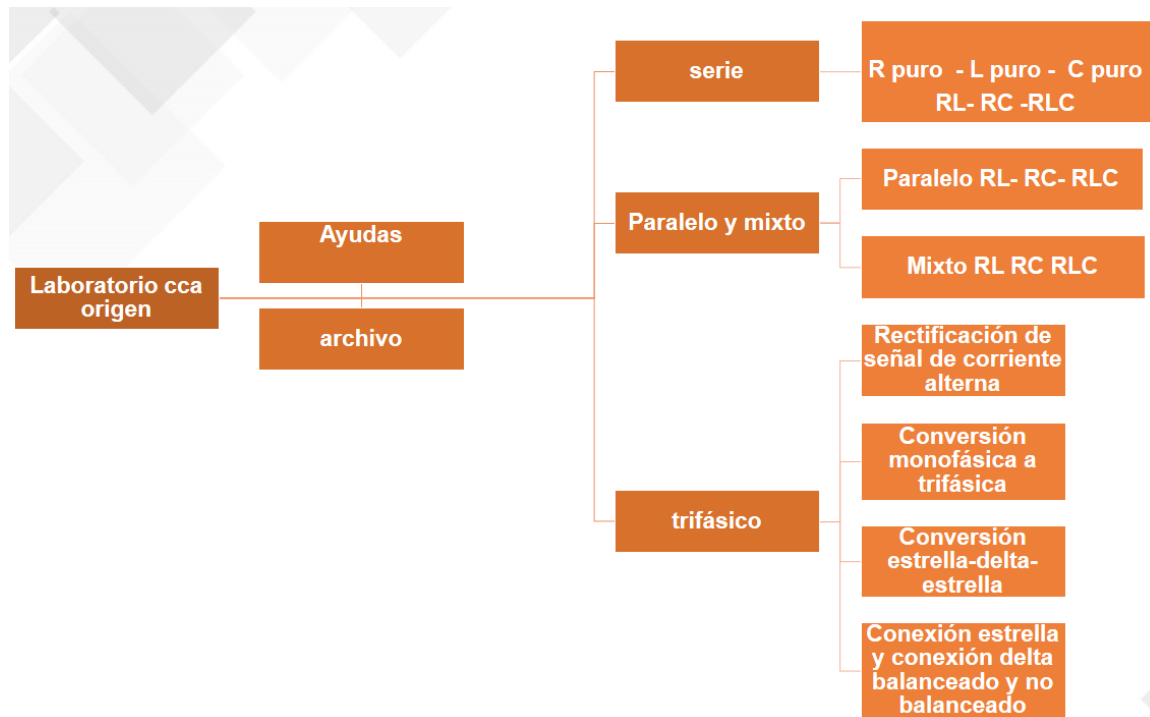


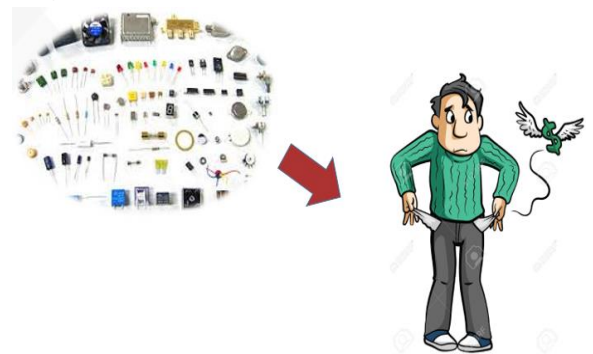
Ilustración 42. Diagrama de bloques de la estructura final de la plataforma.

## 4. Impacto del proyecto en la sociedad.

### 4.1. Impacto económico del proyecto

Este proyecto tiene como meta dejar un material gratuito al cual los estudiantes tengan acceso en todo momento para realizar sus prácticas, su estructuración se realizó sin ningún costo económico, solo mano de obra gratuita y bien intencionada.

Las prácticas se diseñaron de manera que se tenga flexibilidad en los materiales implementados con el fin de que los jóvenes puedan proceder a desarrollarlas. Las prácticas de laboratorio en entornos cuánticos permiten a los usuarios de la plataforma interactuar con diferentes componentes sin peligro de perder dichos componentes por daño o deterioro de la unidad, también permite tener una proyección de los materiales indicados para las prácticas sin necesidad

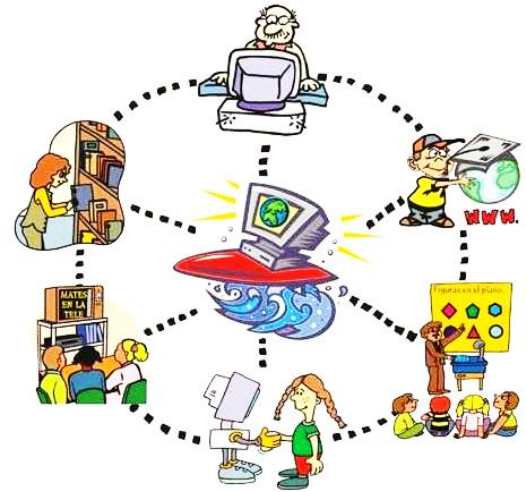




de comprar todos los elementos enseguida, luego de saber cuáles les van a servir es más seguro gestionar estas herramientas.

#### 4.2. Impacto social del proyecto

Ayudar a los futuros profesionales del país a capacitarse de una mejor manera para los retos que su vida profesional les repara, un profesional bien preparado contribuirá en el desarrollo de la comunidad donde se situó, poder contribuir a la preparación de jóvenes que atenderán el llamado de la sociedad para avanzar así la mejora de nuestro país es sin lugar a duda el mejor impacto que se espera de este proyecto. “Cuando un joven de la ciudad y uno del campo tengan acceso a la misma calidad de educación”, en ese momento se podrá hablar de igualdad de justicia para todos, estas fueron las palabras de la exministra de educación Silvia Constain durante su toma del cargo de ministra de las TIC en Colombia.



#### 4.3. Impacto en el sistema SG- SST del proyecto

La práctica de laboratorio de corriente alterna generalmente requieren un sistema de seguridad para poder realizarse debido a la manipulación de corriente, estos riesgos se pueden disminuir al probar los elementos y herramientas necesarias para la práctica en software de simulación, al dimensionar la magnitud de tensión que será manipulada por el estudiante antes del montaje.

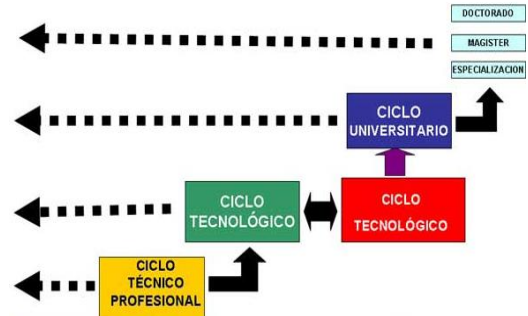
También se protegen las herramientas de medición implementadas al poder adecuar en la escala correspondiente para las mediciones, al simular el circuito se puede encontrar de manera segura falencias al momento de realizar las prácticas.



#### 4.4. Impacto en el sistema educativo del proyecto

Este es el principal punto de impacto del proyecto, la aplicación de este proyecto podrá ser implementado por estudiantes que a través de diferentes niveles educativos después del bachiller en áreas relacionadas a electrónica, telecomunicaciones o eléctrica.

El impacto deseado es el aumento de la adquisición de conocimiento y mejora del entendimiento de los fenómenos físicos estudiados en los temas referentes a la corriente alterna. De manera puntual se espera una mejora por parte de los estudiantes de la universidad de Pamplona que requieran saber sobre los temas a asociados a la corriente alterna.



### 5. Conclusiones y recomendaciones obtenidas en el proyecto

#### 5.1. Conclusiones

Este proyecto ha tenido un enfoque a la mejora del desarrollo académico de los estudiantes, pero concordando con el ingeniero Antonio Vega (2015), las implementaciones de herramientas en entornos cuánticos no se deben tomar como mágicas para el fin de mejorar el desarrollo académico de los alumnos, ya que estas deben ir de la mano con las bases teóricas y las prácticas en entornos clásicos que se desarrollaban durante las clases presenciales.

Para lograr mejores resultados, las prácticas se coordinaron con los temas del pensum académico del ente educativo, y los componentes y herramientas se establecieron de manera flexible para que los estudiantes que no cuenten con el acceso necesario a estos recursos puedan realizar las prácticas en lugares remotos con acceso a ethernet.

Las herramientas de simulación de circuitos eléctricos ayudan a que los estudiantes puedan verificar si los componentes o la fuente selecciona para la práctica son funcionales y proyectar si los resultados que obtendrán al realizar el montaje en un entorno clásico serán viables sin correr ningún peligro de pérdida del componente o daño físico.

Al poder saber si los componentes implementados para la práctica podrán soportar a la fuente de alimentación por medio de simulaciones, se está teniendo un ahorro económico al no tener que reponer componentes dañado por sobrecargas o mal dimensionamiento para la práctica.

Para garantizar mejores resultados en el desarrollo de prácticas de laboratorio en entornos cuánticos el estudiante debe tener un conocimiento básico en informática de lo contrario la actividad será tediosa y no tendrá el impacto deseado ante el alumno.

Mediante el montaje circuitos eléctricos en entornos cuánticos se tienen mejores resultados debido a que los estudiantes no tienen la preocupación de manipular de manera inadecuada los elementos de laboratorio y esto les ayuda a concentrarse en los temas pertinentes a la práctica.

En este proyecto se implementaron las simulaciones en los softwares de Proteus y Multisim debido a que Multisim ofrece una mejor adecuación de los parámetros correspondiente de los componentes necesarios para las prácticas Y Proteus tiene una mejor capacidad de elementos en su biblioteca para elegir según los requisitos que se requieran.

Los resultados obtenidos en prácticas simuladas van a ser diferentes a las de prácticas montadas en plataformas de entornos clásicos debido a las diferentes interferencias y perturbaciones que se encuentran en estos medios, estos parámetros como temperatura o tipo de material no se toman en cuenta en los simuladores de entorno cuántico implementados para estas prácticas.

Al diseñar una plataforma web, se debe tener prioridad en la seguridad que la herramienta de diseño elegida ofrezca al usuario antes que, al diseño, debido a que se debe garantizar que la información subida se mantenga y este de manera confiable ante el usuario, así se evita pérdida del trabajo realizado en la plataforma.

## **5.2. Recomendaciones**

Esta es una primera aproximación y se espera perfeccionarse en trabajos posteriores con el fin de que sea tomada en cuenta de manera oficial en el plan educativo de la universidad de Pamplona.

Todo estudiante o docente que desee aportar en la mejora del proyecto podrá realizarlo con el fin de lograr que se tenga en cuenta por el comité educativo para su implementación en la plataforma Moodle Unipamplona.

Para acceder a una copia de la plataforma y poder modificarla debe contactar al Ph.D Ing. Antonio Gan Acosta quien es el director de este proyecto y quien queda a cargo de la plataforma para su administración y dominio ante cualquier cambio que se requiera.

## 6. Referencias bibliográficas e infografías

1. LIN, Y., WANG, S., WU, Q. ET AL. KEY TECHNOLOGIES AND SOLUTIONS OF REMOTE DISTRIBUTED VIRTUAL LABORATORY FOR E-LEARNING AND E-EDUCATION. MOBILE NETW APPL 24, 18–24 (2019). [HTTPS://DOI.ORG.UNIPAMPLONA.BASESEDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/S11036-018-1130-Z](https://doi.org.unipamplona.basededatosezproxy.com/10.1007/s11036-018-1130-z).
2. TARAMOPOULOS A., PSILLOS D. (2018) THE IMPACT OF VIRTUAL LABORATORY ENVIRONMENTS IN TEACHING-BY-INQUIRY ELECTRIC CIRCUITS IN GREEK SECONDARY EDUCATION: THE ELECTROLAB PROJECT. IN: MIKROPOULOS T. (EDS) RESEARCH ON E-LEARNING AND ICT IN EDUCATION. SPRINGER, CHAM. OBTENIDO DE: [HTTPS://DOI.ORG.UNIPAMPLONA.BASESEDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/978-3-319-95059-4\\_17](https://doi.org.unipamplona.basededatosezproxy.com/10.1007/978-3-319-95059-4_17).
3. TARAMOPOULOS A., PSILLOS D., HATZIKRANIOTIS E. (2012) TEACHING ELECTRIC CIRCUITS BY GUIDED INQUIRY IN VIRTUAL AND REAL LABORATORY ENVIRONMENTS. IN: JIMOYIANNIS A. (EDS) RESEARCH ON E-LEARNING AND ICT IN EDUCATION. SPRINGER, NEW YORK, NY. OBTENIDO DE: [HTTPS://DOI.ORG.UNIPAMPLONA.BASESEDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/9781-4614-1083-6\\_16](https://doi.org.unipamplona.basededatosezproxy.com/10.1007/9781-4614-1083-6_16).
4. EFSTATHIOU, C., HOVARDAS, T., XENOFONTOS, N.A. ET AL. PROVIDING GUIDANCE IN VIRTUAL LAB EXPERIMENTATION: THE CASE OF AN EXPERIMENT DESIGN TOOL. EDUCATION TECH RESEARCH DEV 66, 767–791 (2018). OBTENIDO DE: [HTTPS://DOI.ORG.UNIPAMPLONA.BASESEDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/S11423-018-9576-Z](https://doi.org.unipamplona.basededatosezproxy.com/10.1007/s11423-018-9576-z).
5. ALKHALDI, T., PRANATA, I. & ATHAUDA, R.I. A REVIEW OF CONTEMPORARY VIRTUAL AND REMOTE LABORATORY IMPLEMENTATIONS: OBSERVATIONS AND FINDINGS. J. COMPUT. EDUC. 3, 329–351 (2016). [HTTPS://DOI.ORG.UNIPAMPLONA.BASESEDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/S40692-016-0068-Z](https://doi.org.unipamplona.basededatosezproxy.com/10.1007/s40692-016-0068-z).
6. YANG, K., HEH, J. THE IMPACT OF INTERNET VIRTUAL PHYSICS LABORATORY INSTRUCTION ON THE ACHIEVEMENT IN PHYSICS, SCIENCE PROCESS SKILLS AND COMPUTER ATTITUDES OF 10TH-GRADE STUDENTS. J SCI EDUC TECHNOL 16, 451–461 (2007). [HTTPS://DOI.ORG.UNIPAMPLONA.BASESEDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/S10956-007-9062-6](https://doi.org.unipamplona.basededatosezproxy.com/10.1007/s10956-007-9062-6).
7. CROSIER, J.K., COBB, S.V. & WILSON, J.R. EXPERIMENTAL COMPARISON OF VIRTUAL REALITY WITH TRADITIONAL TEACHING METHODS FOR TEACHING RADIOACTIVITY. EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES 5, 329–343 (2000). [HTTPS://DOI.ORG.UNIPAMPLONA.BASESEDEDATOSEZPROXY.COM/10.1023/A:1012009725532](https://doi.org.unipamplona.basededatosezproxy.com/10.1023/A:1012009725532).

8. GROSCLAUDE, E., 2007. GRID VIRTUAL LABORATORY ARCHITECTURE. [ONLINE] LINK-  
SPRINGERCOM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM. OBTENIDO DE:  
<HTTPS://LINK-  
SPRINGERCOM.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/CHAPTER/10.1007/978-  
3-540-78474-6\_21.
  
9. HU Z., XIAO L. (2012) RESEARCH OF INFORMATION MANAGEMENT AND INFORMATION  
SYSTEM SPECIALITY LABORATORY  
BASED ON VIRTUAL COMPUTER. IN: DENG W. (EDS) FUTURE CONTROL AND  
AUTOMATION. LECTURE NOTES IN ELECTRICAL  
ENGINEERING, VOL 172. SPRINGER, BERLIN, HEIDELBERG.  
HTTPS://DOI.ORG.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/978-3-  
642-31006-5\_53.
  
10. BOBOEV L., SOLIEV Z.M., ASRORKULOV F. (2018) THE PROJECT TITLE: THE VIRTUAL  
LABORATORY AND QUALITY OF EDUCATION. IN: DRUMMER J., HAKIMOV G., JOLDOSHOV  
M., KÖHLER T., UDARTSEVA S. (EDS) VOCATIONAL TEACHER  
EDUCATION IN CENTRAL ASIA. TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION AND  
TRAINING: ISSUES, CONCERNS AND PROSPECTS, VOL 28. SPRINGER, CHAM.  
HTTPS://DOI-ORG.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/978-3319-  
73093-6\_8.
  
11. SALONEN J. ET AL. (2011) AN IMPLEMENTATION OF A SEMANTIC, WEB-BASED VIRTUAL  
MACHINE LABORATORY  
PROTOTYPING ENVIRONMENT. IN: AROYO L. ET AL. (EDS) THE SEMANTIC WEB – ISWC  
2011. ISWC 2011. LECTURE  
NOTES IN COMPUTER SCIENCE, VOL 7032. SPRINGER,  
BERLIN, HEIDELBERG.  
HTTPS://DOI.ORG.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/978-3-  
642-25093-4\_15.
  
12. SHENG Y., WANG W., WANG J., CHEN J. (2008) A VIRTUAL LABORATORY PLATFORM  
BASED ON INTEGRATION OF JAVA AND MATLAB. IN: LI F., ZHAO J., SHIH T.K., LAU R., LI  
Q., MCLEOD D. (EDS) ADVANCES IN WEB BASED LEARNING - ICWL 2008. ICWL 2008.  
LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, VOL 5145. SPRINGER, BERLIN, HEIDELBERG.  
HTTPS://DOI-ORG.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/978-3-540-  
85033-5\_28.

13. WANG J., LU W., JIA W. (2003) A NEW ARCHITECTURE FOR WEB-BASED VIRTUAL LABORATORY WITH CORBA TECHNOLOGY. IN: ZHOU W., NICHOLSON P., CORBITT B., FONG J. (EDS) ADVANCES IN WEB-BASED LEARNING - ICWL 2003. ICWL 2003. LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, VOL 2783. SPRINGER, BERLIN, HEIDELBERG.  
[HTTPS://DOIORG.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/978-3-540-45200-3\\_11](https://doi.org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/10.1007/978-3-540-45200-3_11).
14. JAGODZIŃSKI, P., WOLSKI, R. ASSESSMENT OF APPLICATION TECHNOLOGY OF NATURAL USER INTERFACES IN THE CREATION OF A VIRTUAL CHEMICAL LABORATORY. J SCI EDUC TECHNOL 24, 16–28 (2015).  
[HTTPS://DOIORG.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/s10956-014-9517-5](https://doi.org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/10.1007/s10956-014-9517-5).
15. PYATT, K., SIMS, R. VIRTUAL AND PHYSICAL EXPERIMENTATION IN INQUIRY-BASED SCIENCE LABS: ATTITUDES, PERFORMANCE AND ACCESS. J SCI EDUC TECHNOL 21, 133–147 (2012).  
[HTTPS://DOIORG.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/s10956-011-9291-6](https://doi.org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/10.1007/s10956-011-9291-6).
16. NOGUEZ J., SUCAR L.E., ESPINOSA E. (2007) A PROBABILISTIC RELATIONAL STUDENT MODEL FOR VIRTUAL LABORATORIES. IN: CONATI C., MCCOY K., PALIOURAS G. (EDS) USER MODELING 2007. UM 2007. LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, VOL 4511. SPRINGER, BERLIN, HEIDELBERG.  
[HTTPS://DOIORG.UNIPAMPLONA.BASESDEDATOSEZPROXY.COM/10.1007/978-3-540-73078-1\\_34](https://doi.org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/10.1007/978-3-540-73078-1_34).
17. GAN ACOSTA, A., (2015). ESTUDIO PEDAGÓGICO DEL CAMPUS VIRTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA (COLOMBIA). 1ST ED. SALAMANCA, ESPAÑA: DR. DÑA. ÁNGELA BARRÓN RUIZ. OBTENIDO  
 DE: [HTTPS://DOCS.GOOGLE.COM/VIEWER?A=V&PID=SITES&SRCID=ZGVmYXVsdGRvbnRFPBnXPBMZvcm1lZmlyYWxkZXxneDo1Mzi1MWU4MjBMODNJNTgw](https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbnRFPBnXPBMZvcm1lZmlyYWxkZXxneDo1Mzi1MWU4MjBMODNJNTgw).
18. UNIPAMPLONA.EDU.CO. 2008. PENSUM INGENIERÍA ELÉCTRICA UNIPAMPLONA. [ONLINE] OBTENIDO  
 DE: <[HTTP://WWW.UNIPAMPLONA.EDU.CO/UNIPAMPLONA/PORTALIG/HOME\\_1/RECURSOS/FACULTADES/INGENIERIAS/PENSUM/31072009/ING\\_INDUSTRIAL.PDF](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIG/home_1/recursos/facultades/ingenierias/pensum/31072009/ing_industrial.pdf)> [ACCESSED 15 SEPTEMBER 2020].

19. KAREN GRAVETT 2020. VIRTUAL FUNDAMENTAL CLASSES, GLOBAL NORMAL CONES AND FULTON'S CANONICAL CLASSES. 1ST ED. [EBOOK] BOSTON, MASSACHUSETTS:. OBTENIDO DE:<[HTTPS://LINK-SPRINGER-COM.UNIPAMPLONA.BASEDEDATOSEZPROXY.COM/BOOK/10.1007/978-3-030-35396-4#EDITORSANDAFFILIATIONS](https://link.springer.com/unipamplona/basededatosezproxy.com/book/10.1007/978-3-030-35396-4#editorsandaffiliations)> [ACCESSED 14 SEPTEMBER 2020].
20. EL CONGRESO DE COLOMBIA, MINTIC.GOV.CO. 2009. LEY N°1341. [ONLINE] OBTENIDO DE: <[HTTPS://WWW.MINTIC.GOV.CO/PORTAL/604/ARTICLES-3707\\_DOCUMENTO.PDF](https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3707_documento.pdf)> [ACCESSED 13 SEPTEMBER 2020].
21. EL CONGRESO DE COLOMBIA, [HTTP://WWW.SECRETARIASENADO.GOV.CO/](http://www.secretariasenado.gov.co/). 2015. LEY 1753 DE 2015. [ONLINE] OBTENIDO DE: <[HTTP://WWW.SECRETARIASENADO.GOV.CO/SENADO/BASEDOC/LEY\\_1753\\_2015.HTML](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1753_2015.html)> [ACCESSED 13 SEPTEMBER 2020].
22. MICROSITIOS.MINTIC.GOV.CO. DECRETO 806 DE 2020. LEY DE MODERNIZACIÓN TIC. SILVIA ACOSTA OBTENIDO DE: <[HTTP://MICROSITIOS.MINTIC.GOV.CO/MODERNIZAMOS-SECTOR-TIC/](http://micrositios.mintic.gov.co/modernizamos-sector-tic/)> [ACCESSED 17 SEPTEMBER 2020].
23. FERNANDO TUCHO (2015) ES PROFESOR DE COMUNICACIÓN EN LA UNIVERSIDAD REY JUAN CARLOS DE MADRID (ESPAÑA). AUTOR DE “ECOLOGÍA Y MEDIA. UN BLOG SOBRE EL IMPACTO DE LAS TIC EN EL MEDIOAMBIENTE”. BLOG: [WWW.ECOLOGIAYMEDIA.INFO](http://www.ecologiaymedia.info)
24. ANTONIO VEGA, O., 2015. VISTA DE LABORATORIOS VIRTUALES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. REVISTASUM.UMANIZALES.EDU.CO. OBTENIDO DE: [HTTPS://REVISTASUM.UMANIZALES.EDU.CO/OJS/INDEX.PHP/VENTANAINFORMATICA/ARTICLE/VIEW/1849/1918](https://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/ventanainformatica/article/view/1849/1918).
25. OROZCO, J., 2019. EL LABORATORIO VIRTUAL COLOMBIANO QUE REVOLUCIONA LAS AULAS DEL MUNDO. [ONLINE] SALA DE PRENSA | PROCOLOMBIA. OBTENIDO DE: <[HTTPS://PROCOLOMBIA.CO/NOTICIAS/EL-LABORATORIO-VIRTUAL-COLOMBIANO-QUE-REVOLUCIONA-LAS-AULAS-DEL-MUNDO](https://procolombia.co/noticias/el-laboratorio-virtual-colombiano-que-revoluciona-las-aulas-del-mundo)>.
26. UPM.ES. 2017. RIESGO ELÉCTRICO BAJO CONTROL. [ONLINE] OBTENIDO DE: [HTTP://WWW.UPM.ES/SFS/RECTORADO/GERENCIA/PREVENCION%20DE%20RIESGOS%](http://www.upm.es/sfs/rectorado/gerencia/prevencion%20de%20riesgos%20)



20LABORALES/INFORMACION%20SOBRE%20PREVENCION%20DE%20RIESGOS%20LABORALES/MANUALES/FOLLETO%20LABORATORIOS%20EL%20C3%A9CTRICOS%2021NOV2006.PDF.

27. ACOSTA, H., 2014. REVISTA RADIAL DE CHILE. RADIO.UCHILE.CL. OBTENIDO DE [HTTPS://RADIO.UCHILE.CL/2014/01/10/EL-VERDADERO-SENTIDO-DE-LA-EDUCACION-ES-LA-FORMACION-HUMANA-DEL-INDIVIDUO/](https://radio.uchile.cl/2014/01/10/el-verdadero-sentido-de-la-educacion-es-la-formacion-humana-del-individuo/).
28. ANDRÉS ARANZABAL OLEA. 2001. ELEMENTOS DE UN CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA. CARMELO ALONSO GONZÁLEZ OBTENIDO DE: [SC.EHU.ES/SBWEB/ELECTRONICA/ELEC\\_BASICA/DEFAULT.HTM](http://sc.ehu.es/sbweb/electronica/elec_basica/default.htm)
29. ROTH, C. FUNDAMENTOS DE DISEÑO DE CIRCUITOS. THOMSON 5º EDICIÓN (PÁG. 105). E.U.A.
30. JAMESON, J., 2018. PROTEUS. [ONLINE] LABCENTER.COM. OBTENIDO DE: [HTTPS://WWW.LABCENTER.COM/ABOUT/](https://www.labcenter.com/about/).
31. FRANZOLINI, D., 2020. LAS HERRAMIENTAS DE DISEÑO WEB. BLOG.HUBSPOT.ES. OBTENIDO DE: <[HTTPS://BLOG.HUBSPOT.ES/MARKETING/HERRAMIENTAS-DE-DISENO-WEB](https://blog.hubspot.es/marketing/herramientas-de-diseno-web)> .
32. NATIONS, D., 2020. THINKING ABOUT TRYING GOOGLE SITES? HERE'S WHAT YOU NEED TO KNOW. LIFEWIRE. OBTENIDO DE: <https://www.lifewire.com/what-is-google-sites-and-why-use-it-3486337>.
33. ALEXANDER, C. AND SADIKU, M., 2006. FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS (3A. ED.). 3RD ED. DISTRITO FEDERAL: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.
34. DORF, R., 2011. CIRCUITOS ELÉCTRICOS. 6TH ED. [PLACE OF PUBLICATION NOT IDENTIFIED]: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.
35. GAN, A., 2020. DISEÑO DE CIRCUITOS - CIRCUITOS MEI. [ONLINE] SITES.GOOGLE, PLATAFORMA MEI. OBTENIDO DE: [HTTPS://SITES.GOOGLE.COM/SITE/CIRCUITOSUP/UNIDAD-II/CIRCUITOS-DE-MEDICION](https://sites.google.com/site/circuitosup/unidad-ii/circuitos-de-medicion).

## ANEXOS

- a) Enlace a la plataforma inicial diseñada en Sites google.

<https://sites.google.com/site/gesmeieric/trabajos-de-grado>