



Simposio 1. La Educación Superior y los retos para el futuro: internacionalización, transformación digital, financiación y perspectiva informacional.

- ✓ X Taller Internacional “La transformación digital y las tecnologías de avanzada en la Educación Superior”.

Propuesta metodológica mediante la simulación con Scilab de circuitos estimulados con ondas periódicas no sinusoidales

Methodological proposal through the simulation with Scilab of circuits stimulated with non-sinusoidal periodic waves

Autores:

Maykop Pérez Martínez^{1*}

Josnier Ramos Guardarrama²

Janette Santos Baranda³

^{1*} Ingeniero electricista, Máster en Ingeniería Eléctrica, Profesor Auxiliar, jefe de Disciplina de Circuitos Eléctricos, Jefe de Departamento Docente de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae. Cuba.

e-mail: maykop@electronica.cujae.edu.cu ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3073-1675>

²Ingeniero electricista, Máster en Ingeniería Eléctrica, Profesor asistente, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae. Cuba. e-mail: josnier@electronica.cujae.edu.cu Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8796-8481>

³Doctora en Ciencias Pedagógicas. Profesora Titular, directora del Centro de Referencia para la Educación de Avanzada (CREA), Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae. Cuba.

e-mail: jsantos@tesla.cujae.edu.cu ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0225-5926>

Resumen:

Actualmente la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, CUJAE está inmersa en su perfeccionamiento curricular en la que el empleo de las tecnologías de la información y las comunicaciones resulta de vital importancia para desarrollar habilidades en los estudiantes y a la comprensión de los contenidos. Por su parte, las asignaturas de Circuitos Eléctricos constituyen la base fundamental para la formación de los ingenieros electricistas, dentro de los contenidos a tratar en las asignaturas de circuitos se encuentran las ondas periódicas no sinusoidales aspecto importante para el ingeniero en formación ya que, en la práctica, las condiciones nunca son ideales, estas formas de onda se encuentran frecuentemente muy deformadas. El objetivo del trabajo es proponer una metodología analítica y mediante la simulación con el software Scilab para la resolución de circuitos eléctricos sencillos estimulados con ondas periódicas no sinusoidales que ayude a mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje de las asignaturas de circuitos eléctricos para los estudiantes de 2^{do} año. Durante la investigación y diseño de la propuesta se emplearon los métodos analíticos – sintético, inductivo – deductivo y la sistematización. Como resultado principal se reconoce la utilidad de la simulación como método para mejorar el autoaprendizaje de los estudiantes y el trabajo del profesor como orientador y guía mediante la interactividad, además de con la propuesta se verifican los contenidos teóricos con los prácticos posibilitando a los estudiantes el autoaprendizaje, el aprendizaje colaborativo y la autoevaluación.

Palabras Clave: Circuitos eléctricos, Simulación, Metodología, Proceso de enseñanza – aprendizaje, Scilab

Abstract:

Currently, the Electrical Engineering career of the Technological University of Havana "José Antonio Echeverría", CUJAE is immersed in its curricular improvement in which the use of information and communication technologies is of vital importance to develop skills in students. and understanding of the content. On the other hand, the subjects of Electrical Circuits constitute the fundamental basis for the training of electrical engineers, within the contents to be treated in the subjects of circuits are non-sinusoidal periodic waves, an important aspect for the engineer in training since, in In practice, conditions are never ideal, and these waveforms are often highly



distorted. The objective of the work is to propose an analytical methodology and by means of the simulation with the Scilab software for the resolution of simple electric circuits stimulated with non-sinusoidal periodic waves that helps to improve the teaching - learning process of the subjects of electric circuits for the students of 2nd year. During the research and design of the proposal, analytical methods were used - synthetic, inductive - deductive and systematization. As a main result, the usefulness of simulation is recognized as a method to improve students' self-learning and the teacher's work as a counselor and guide through interactivity, in addition to the proposal, the theoretical contents are verified with the practical ones, enabling students to self-learning, collaborative learning and self-assessment.

Keywords: *Electrical circuits, Simulation, Methodology, Teaching-learning process, Scilab*

Introducción

En un sistema eléctrico de potencia las características ideales de la onda de tensión y corriente muestran una forma de onda sinusoidal, con amplitud y frecuencia determinada e invariable, así como simetría de fases, como es el caso de los sistemas trifásicos balanceados.

En principio, la forma de onda de la tensión y corriente en las barras o nodos de un sistema de potencia pueden suponerse como puramente sinusoidal y de frecuencia constante. Esta frecuencia se denomina usualmente “*frecuencia de red*” o “*frecuencia fundamental*”. Cuando estas características son alteradas variando sus condiciones ideales, se dice que la onda de tensión o corriente sufren perturbaciones.

En la práctica, las condiciones nunca son ideales, tan así que estas formas de onda se encuentran frecuentemente muy deformadas; esta diferencia con la perfecta senoide se expresa en términos de “*Distorsión Armónica*” de las formas de onda de la tensión y la corriente. Los armónicos se definen habitualmente con los dos datos más importantes que le caracterizan, *su amplitud* que hace referencia al valor de la tensión o intensidad del armónico y *su orden* que hace referencia al valor de su frecuencia referido a la fundamental. La presencia de las cargas generadoras de armónicos da origen a una respuesta periódica que se aparta de la onda sinusoidal pura. La forma de onda existente estará compuesta por un número de ondas sinusoidales de diferentes frecuencias, incluyendo una referida a la frecuencia fundamental.

En resumen, una función periódica no sinusoidal se puede descomponer en la suma de una función sinusoidal de frecuencia fundamental y otras funciones sinusoidales cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. Estas funciones adicionales se conocen como componentes armónicos o simplemente armónicos. Los armónicos son distorsiones de las ondas sinusoidales de tensión y / o corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancia no lineal, a materiales ferromagnéticos, y en general al uso de dispositivos que necesitan realizar conmutaciones en su funcionamiento normal.

En la práctica de la ingeniería eléctrica, como se plantea (Pérez, et al, 2021.a) es frecuente encontrar ondas periódicas no sinusoidales, en diferentes aplicaciones como, por ejemplo, cosenoide rectificada, onda cuadrada, y diente de sierra empleada en el barrido de los osciloscopios, todas muy empleadas en electrónica de potencia.

Para analizar circuitos con estímulo periódico no sinusoidal se procede a descomponer dicho estímulo en su serie de Fourier, esta es la forma más compacta y facilita llegar al *concepto de espectro*, que es la representación mediante líneas de la amplitud y la fase de cada armónico.

Para concluir se debe señalar que, en la práctica se trabaja con un número finito de armónicos, despreciándose aquellos que sean de amplitud muy pequeña en una aplicación determinada, no es posible teóricamente dar una regla general sobre cuántos armónicos se deben considerar. Ello depende de cada aplicación en particular y el objetivo es, a partir del desarrollo de Fourier, saber cómo se analiza el circuito.

Ahora bien, es importante señalar que en ocasiones es muy engorroso el trabajo manual y la interpretación de las formas de ondas a la hora de explicar los contenidos de este tema en las asignaturas de Circuitos Eléctricos, por lo que es importante utilizar las potencialidades que brindan en ese sentido las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

En sentido (Carlos Roldán-Blay, 2017), (Colón, Lazo, & Cabocolo, 2018), (López & Pérez, 2020), (Pérez, López, & Ramos, 2021.b) y (Pérez, et al, 2022.c) afirman que la integración de las TIC en el proceso de enseñanza – aprendizaje mejora la profundización y socialización de conocimientos a partir del rol del estudiante como constructor de saberes y no como un receptor,



además del rol del profesor como orientador y guía del trabajo metodológico a seguir mediante la interactividad.

En correspondencia (Páez & Tavares , 2022), (Zambrano & Intriago, 2022), (Muñoz , Aravena , & Cuello , 2022) y (Pérez , et al , 2022.a) plantean que los entornos virtuales de aprendizaje actualmente facilitan que los profesores mejoren su práctica docente mediante la innovación en el aula, lo que ayuda a motivar a los estudiantes en su proceso de enseñanza – aprendizaje desarrollando habilidades teórico – prácticas profesionales.

Además, refieren los propios autores que el apoyo pedagógico con las TIC es necesario debido a que permite la optimización del tiempo y espacio logrando que los alumnos puedan acceder a los materiales necesarios para su aprendizaje en tiempo real en cualquier momento mediante los dispositivos electrónicos.

Por otra parte, de acuerdo con (Remolina, 2013), (Lázaro, Rodríguez, & Olivas, 2018), (Santos & Armas, 2020) y (Cabero , y otros, 2022) concuerdan que el empleo de las TIC en el campo educativo, no solo se ha convertido en una herramienta de carácter obligatorio en los diferentes planes de estudios, sino también ha transformado la infraestructura de las instituciones educativas. Asimismo, el acceso y uso de las TIC, como recurso didáctico, y la formación del docente están determinados por elementos organizacionales que sobresalen factores de motivación. Por lo que el reto actual radica en garantizar que las universidades integren en sus procesos formativos estos nuevos cambios y escenarios, con vistas a lograr una universidad dirigida a la formación continua; la investigación, innovación, generación y transferencia de contenidos, desde las asignaturas que forman el plan de estudio.

Es importante señalar, como afirman (García , Diaz , & Coloma , 2021) y (Pérez, Ramos , & Santos, 2022.c), que las TIC exigen que los profesores desempeñen nuevas funciones y también, requieren nuevas metodologías y nuevos planteamientos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que el empleo del software Scilab en el PEA de la asignatura Circuitos Eléctricos, es de gran utilidad práctica, por un lado, por la compatibilidad con los sistemas operativos de Windows y Linux y, por otro lado, contiene paquetes y librerías que resuelven numéricamente ecuaciones y sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias, graficando los resultados obtenidos, lo que proporciona, entre otras cosas, poder realizar análisis de circuitos eléctricos en presencia de ondas periódicas no sinusoidales mediante la simulación.

Debido a todo lo planteado anteriormente, el objetivo de este artículo es proponer una metodología analítica y mediante la simulación con el software Scilab para la resolución de circuitos eléctricos sencillos estimulados con ondas periódicas no sinusoidales que ayuden a mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje de las asignaturas de Circuitos Eléctricos.

Materiales y métodos

Para poder desarrollar el objetivo de la presente investigación, fue necesario la constatación de los estudios teóricos existentes y la búsqueda de los conocimientos científicos acumulados en torno a la búsqueda de aplicación metodológicas sobre la resolución de circuitos eléctricos y la utilización de software libres profesionales.

El estudio se basó en una metodología cualitativa descriptiva, en la que se utilizaron los métodos de análisis documental y la sistematización de fuentes documentales que sirven como referentes a este trabajo, fundamentalmente aquellos en los que se expone la importancia de integración de las TIC para mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje, expresados en las investigaciones de (Carlos Roldán-Blay, 2017), (Lázaro, Rodríguez, & Olivas, 2018), (Colón, Lazo, & Cabocolo, 2018), (Pérez, López , & Ramos , 2021.b) y (Pérez, Ramos, & Santos , 2022.c)

El software utilizado para la propuesta mediante la simulación es el software libre Scilab, que incorpora un gran grupo de paquetes para la computación científica, orientado fundamentalmente al cálculo numérico, a las operaciones matriciales de gran utilidad para el desarrollo de las aplicaciones en ingeniería. Cabe señalar que dentro de las prestaciones del software se encuentra el desarrollo de simulaciones a partir de la creación de scripts para los programas, funciones o bibliotecas propias, en la simulación que se propone se utilizan las prestaciones a partir del entorno gráfico de programación Xcos.

Del trabajo metodológico realizado se obtuvo como resultado el desarrollo de una metodología analítica y su comprobación mediante la simulación con el software Scilab para la resolución de



circuitos eléctricos sencillos estimulados con ondas periódicas no sinusoidales, como se muestra en la figura 1 del anexo 1.

Resultados y discusión

Con el objetivo de exponer la metodología aquí propuesta se desarrolla a modo de ejemplo, un ejercicio de clase práctica que fue resuelto en conjunto con los estudiantes.

Ejercicio propuesto

Del circuito RLC monofásico mostrado en la figura 2 del anexo 1, se conoce que la tensión es una onda periódica no sinusoidal con la forma: $e(t) = 20 \cdot \cos(\omega_1 t + 180^\circ) + 18 \cdot \cos(3 \cdot \omega_1 t) + 14 \cdot \cos(5 \cdot \omega_1 t)$ V. Como se puede apreciar su desarrollo en Serie de Fourier permite desprestigiar los armónicos superiores a dos por ser pocos significativos, considere: $\omega_1 = 6,28 \text{ rad/s}$, $R = 0,2 \Omega$, $C = 0,1 F$, $L = 0,1 H$, obtenga analíticamente y mediante la simulación la expresión de la corriente $i(t)$.

Solución analítica:

Para la resolución se propone la metodología siguiente, aplicando el método de superposición, componente a componente, para después sumarlas y obtener la solución analítica final. Como se puede apreciar se identifican, a partir del desarrollo de las Series de Fourier, dos armónicos de orden tres y cinco respectivamente, a continuación, se describirá la metodología para la solución analítica.

1^{er} paso: Circuito equivalente para la Componente fundamental

Para esta componente el valor amplitud de la fuente de tensión es $\underline{E}_1 = 20 \angle 180^\circ$ V y la frecuencia angular $\omega_1 = 6,28 \text{ rad/s}$ en consecuencia las reactancias inductivas y capacitivas son:

$$X_{L_1} = \omega_1 L = 6,28 \cdot 0,1 = 0,628 \Omega$$

$X_{C_1} = \frac{1}{\omega_1 C} = \frac{1}{6,28 \cdot 0,1} = 1,6 \Omega$, el circuito equivalente para la componente fundamental es el

mostrado en la figura 3 del anexo 1.

Aplicando una Ley de Kirchhoff para las tensiones en el circuito de la figura 3, tomando como referencia el sentido de la corriente, se obtiene:

$$\underline{I}_1 = \frac{20 \angle 180^\circ}{0,2 + j(0,628 - 1,6)} = 20,2 \angle 258,4^\circ \rightarrow i_1(t) = 20,2 \cdot \cos(\omega_1 t + 258,4^\circ) \text{ A}, \text{ la solución analítica para la}$$

componente fundamental.

2^{do} paso: Circuito equivalente para el tercer armónico

Para esta componente el valor amplitud de la fuente de tensión es $\underline{E}_3 = 180 \angle 0^\circ$ V y la frecuencia angular es $\omega_3 = 3 \cdot 6,28 = 18,84 \text{ rad/s}$, en consecuencia, las reactancias inductivas y capacitivas

son: $X_{L_3} = 3 \cdot \omega_1 L = 18,84 \cdot 0,1 = 1,884 \Omega$ $X_{C_3} = \frac{1}{3 \cdot \omega_1 C} = \frac{1}{18,84 \cdot 0,1} = 0,53 \Omega$; entonces el circuito

equivalente para la componente del tercer armónico es el mostrado en la figura 4 del anexo 1.

Aplicando una Ley de Kirchhoff para las tensiones en el circuito de la figura 4, tomando como referencia el sentido de la corriente, se obtiene:

$$\underline{I}_3 = \frac{180 \angle 0^\circ}{0,2 + j(1,884 - 0,53)} = 13,2 \angle -81,6^\circ \text{ A} \rightarrow i_3(t) = 13,2 \cdot \cos(3\omega_1 t - 81,6^\circ) \text{ A}, \text{ la solución analítica para}$$

la componente del tercer armónico.

3^{er} paso: Circuito equivalente para el quinto armónico

Para esta componente el valor amplitud de la fuente de tensión es $\underline{E}_5 = 14 \angle 0^\circ$ V y la frecuencia angular $\omega_5 = 5 \cdot 6,28 = 31,4 \text{ rad/s}$, en consecuencia, las reactancias inductivas y capacitivas son:



$$X_{L_5} = 5 \cdot \omega_1 L = 31,4 \cdot 0,1 = 3,14 \, \Omega \quad X_{C_5} = \frac{1}{5 \cdot \omega_1 C} = \frac{1}{31,4 \cdot 0,1} = 0,32 \, \Omega; \text{ entonces el circuito equivalente}$$

para la componente del quinto armónico es el mostrado en la figura 5.

Aplicando una Ley de Kirchhoff para las tensiones en el circuito de la figura 5, tomando como referencia el sentido de la corriente, se obtiene:

$$I_5 = \frac{14 \angle 0^\circ}{0,2 + j(3,14 - 0,32)} = 5 \angle -86^\circ \text{ A} \rightarrow i_5(t) = 5 \cdot \cos(5\omega_1 t - 86^\circ) \text{ A}, \text{ la solución analítica para la}$$

componente del quinto armónico.

4^{to} paso: Planteamiento del resultado final

Como fue mencionado se aplica el método de superposición componente a componente, ahora, corresponde el momento de sumar los resultados parciales para obtener la respuesta final:

$$i(t) = i_1(t) + i_3(t) + i_5(t)$$

$$i(t) = 20,2 \cdot \cos(\omega_1 t + 258,4^\circ) + 13,2 \cdot \cos(3\omega_1 t - 81,6^\circ) + 5 \cdot \cos(5\omega_1 t - 86^\circ) \text{ A}$$

De esta forma de onda se puede obtener analíticamente el valor efectivo de amplitud que tendrá

$$\text{la corriente resultante, como: } I_{m\acute{a}x} = \sqrt{(20,2)^2 + (13,2)^2 + (5)^2} \approx 24,64 \text{ A}$$

Ahora bien, como parte de la metodología propuesta es necesario orientarle a los estudiantes, algunos aspectos importantes: el método matemático para obtener la solución analítica final es el método de superposición que consiste en representar el circuito equivalente componente a componente y luego sumarlas; se debe observar que el valor de la resistencia no cambia, es decir es el mismo para todas las componentes armónicas, pues no depende de la frecuencia, sin embargo el valor de las reactancias inductivas y capacitivas si cambia para cada componente armónica, pues dependen del valor de la frecuencia.

Por otro lado, se debe señalar que hasta el momento en el transcurso del proceso de enseñanza – aprendizaje de los circuitos eléctricos era muy difícil obtener por métodos analíticos la forma de onda de la solución final, aspecto que con la aplicación de la simulación como método a partir de software Scilab se ha solucionado.

Solución mediante la simulación con Scilab

Para obtener la forma de onda de la corriente mediante un método gráfico, se utilizará el software Scilab en su modo de programación Xcos, en el cual también se utilizará el método de superposición, lo que ahora se modelará cada circuito equivalente en correspondencia de la componente armónica que se esté analizando. El modelo en Scilab se muestra a en la figura 6 del anexo 1.

En la figura 7 del anexo 1 se muestran las formas de onda de la corriente para la componente fundamental, tercer y quinto armónico respectivamente, se puede observar, el valor de la amplitud máxima para componente, con lo cual el estudiante puede verificar sus resultados analíticos a partir de la simulación del circuito RLC propuesto. De igual manera en la figura 8 se puede obtener la forma de onda de la corriente resultante en el circuito en presencia de armónicos de orden tres y cinco; es importante destacar que el análisis de las formas de onda resultantes ante la presencia de armónicos familiariza al estudiante para caracterizar las formas de ondas típicas para redes eléctricas, como este ejemplo específico en el que el resultado presentan la forma típica para redes contaminadas con terceros y quintos armónico como se constata en las investigaciones realizadas por (Pérez & Teixeira, 2018), (Pérez M. , y otros, 2021.c) y (Pérez, et al, 2022.a), de esta forma, no solo se vinculan los contenidos teóricos con los prácticos en las asignaturas de Circuitos Eléctricos sino que le sirve de base para posteriores asignaturas como las de Suministro Eléctrico Industrial, Procesos Transitorios y Protecciones Eléctricas.

A partir de la figura 8 del anexo 1, el estudiante puede comparar el valor de amplitud máxima que tendrá la forma de onda, tomada como ejemplo en este caso, y el valor efectivo de amplitud, a partir de esta comparación le permitirá reforzar el concepto de valor eficaz, además de familiarizarse con las formas de ondas típicas contaminadas con armónicos de orden tres y cinco en este caso.

Con el objetivo de evaluar la utilidad de la propuesta metodológica mediante la simulación con Scilab, se realizaron entrevistas estructuradas a una muestra de 40 estudiantes que cursaron la



asignatura de Circuitos Eléctricos en el curso 2022 – 2023. Se valoraron cuatro aspectos fundamentales: desarrollo del autoaprendizaje, elevar la motivación por la carrera, verificación de los contenidos teóricos con los prácticos, desarrollo de habilidades profesionales, en la figura 9 del anexo 1 se muestran los obtenidos.

A partir de la contrastación de los resultados se puede interpretar que mediante la aplicación de propuesta metodológicas se logró mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje de las asignatura de Circuitos Eléctricos pues como se puede observar el 95% de los estudiantes entrevistados afirman que desarrollaron el autoaprendizaje, por otro lado el 100% enfatiza que elevaron el interés por la carrera y que mediante la simulación con el software Scilab se garantiza una correcta vinculación de los contenidos teóricos con los prácticos, además el 95% concuerdan desarrollaron habilidades profesionales reforzando los conocimientos teórico-prácticos.

Conclusiones

En el trabajo presentado se exponen de forma breve las experiencias y resultados alcanzados a partir de la aplicación de una metodología mediante la simulación con Scilab para la resolución de circuitos eléctricos sencillos estimulados con ondas periódicas no sinusoidales.

En entrevistas realizadas a los estudiantes se confirmó que la propuesta es de gran utilidad práctica para comprensión de la resolución de los circuitos estimulados con ondas periódicas no sinusoidales, además elevó los niveles de motivación de los estudiantes por la carrera desarrollando habilidades profesionales, de igual forma se desarrollo el autoaprendizaje en los estudiantes.

Se constató también que con la metodología propuesta mediante la simulación con el software Scilab se pueden verificar los resultados de los ejercicios teóricos, por lo que responde a los cambios curriculares actuales, mejorando el PEA, garantizando un adecuado uso de la simulación posibilitando una mejor preparación de los estudiantes para enfrentar las disciplinas siguientes.

Anexos:

Anexos 1: Figuras

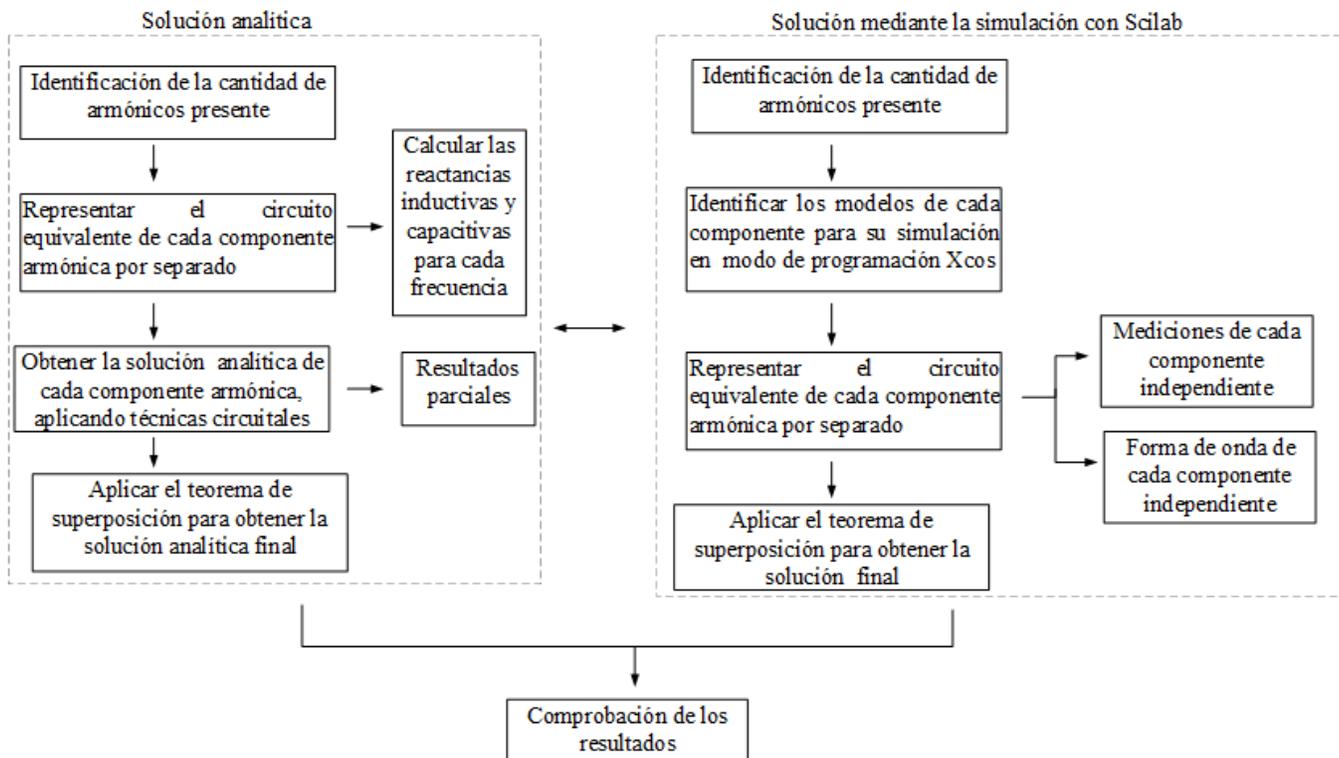


Figura 1. Metodología propuesta para la comprobación analítica y mediante la simulación con el software Scilab de circuitos eléctricos sencillos estimulados con ondas periódicas no sinusoidales.

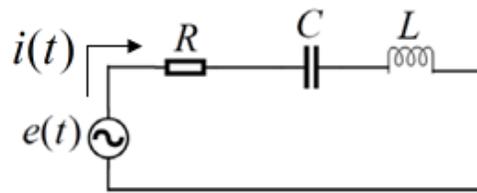


Figura 2. Circuito eléctrico sencillo RLC estimulado con ondas periódicas no sinusoidales.

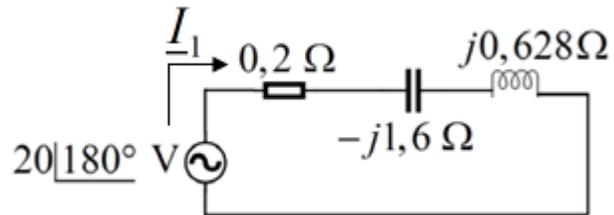


Figura 3. Circuito eléctrico equivalente para la componente fundamental.

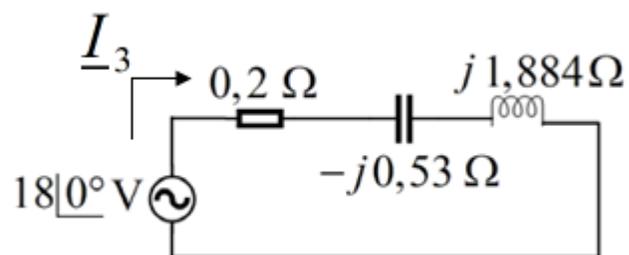


Figura 4. Circuito eléctrico equivalente para la componente del tercer armónico.

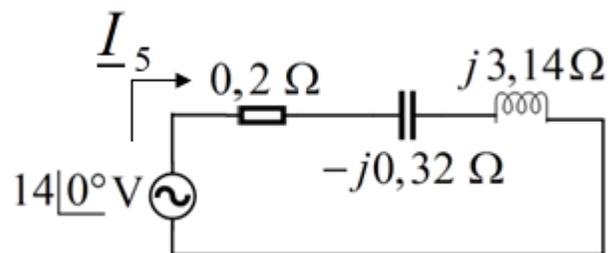


Figura 5. Circuito eléctrico equivalente para la componente del quinto armónico.

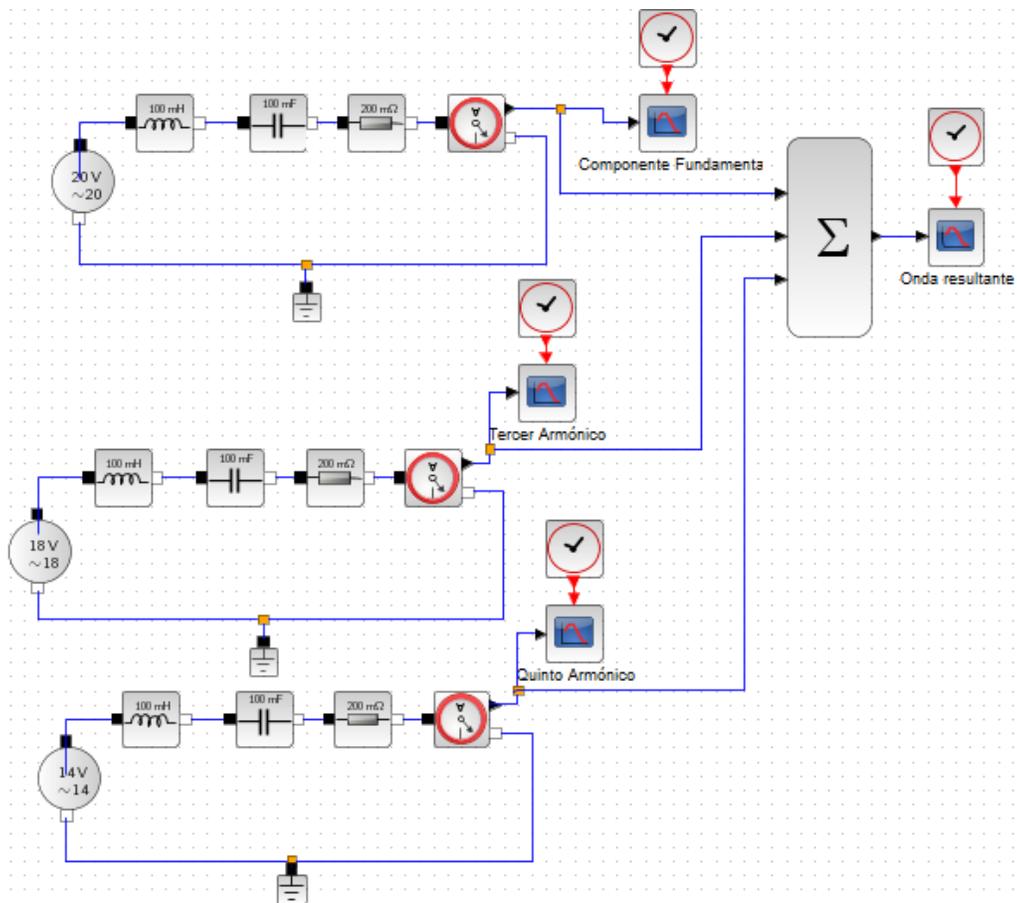


Figura 6. Circuito RLC implementado en el software Scilab.

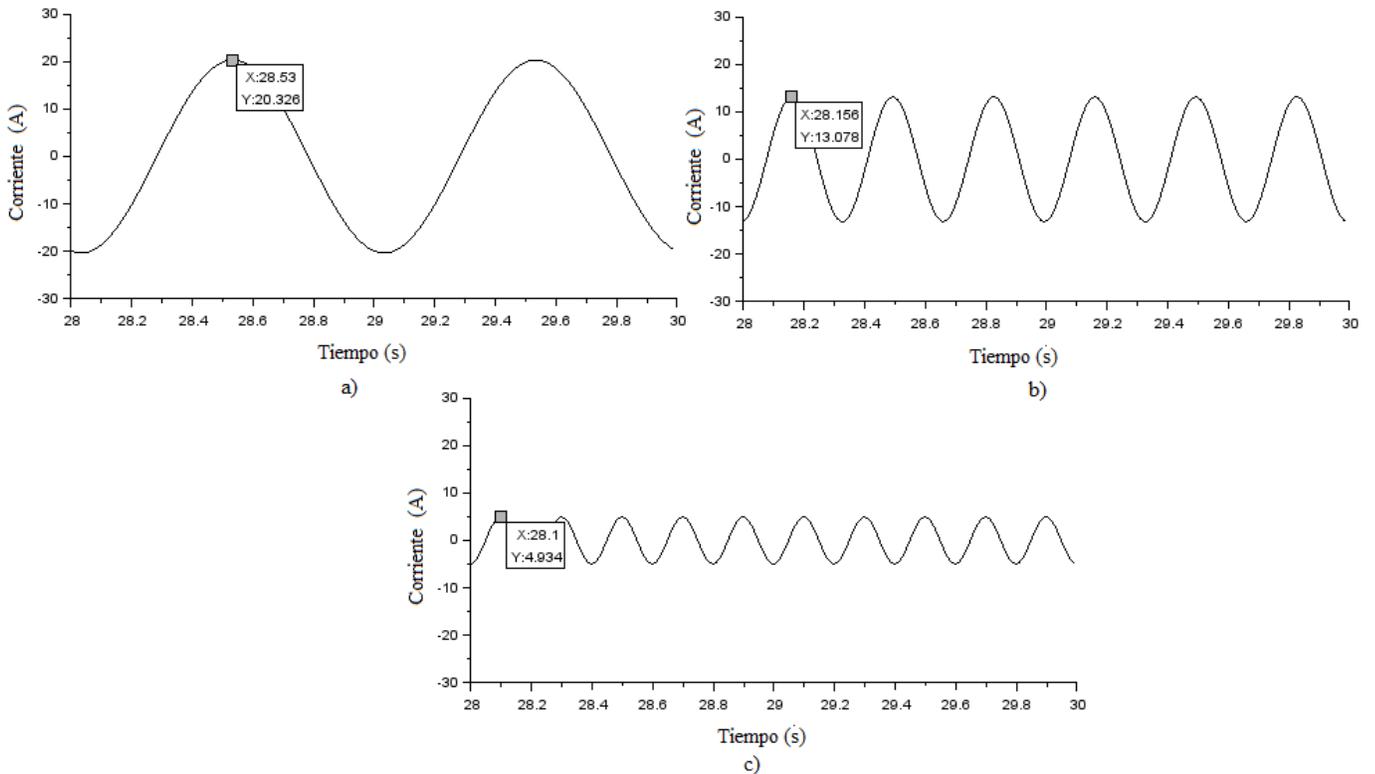


Figura 7. a) forma de onda de la corriente de la componente fundamental del circuito RLC tomado de ejemplo; b) forma de onda de la corriente de tercer armónico del circuito RLC tomado de ejemplo; c) forma de onda de la corriente de quinto armónico del circuito RLC tomado de ejemplo.

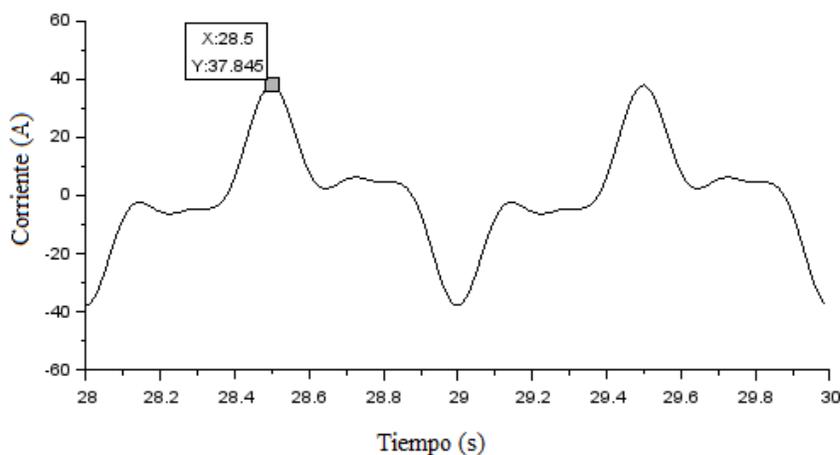


Figura 8. Forma de onda de la corriente resultante en el circuito.

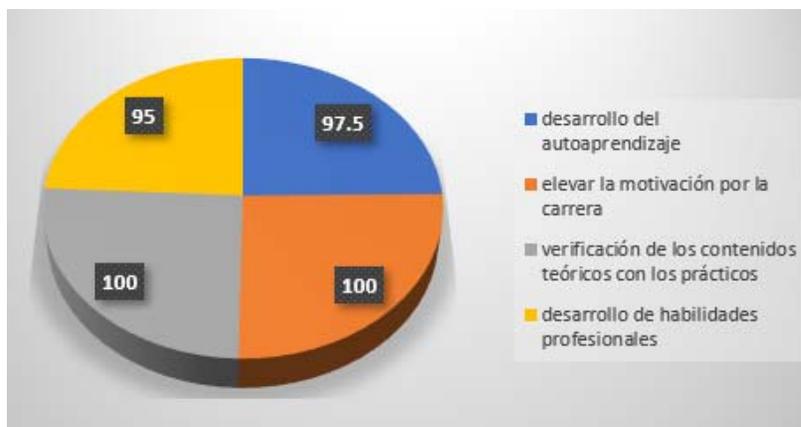


Figura 9. Resultados de las entrevistas aplicadas.

Referencias Bibliográficas

- Cabero , A., Gutiérrez , C., Barroso , O., & Palacios, R. (2022). *Desarrollando competencias digitales y emprendedoras en Pedagogía. Grado de aceptación de una propuesta formativa. Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa, No. 2, ISSN: 2529-9638.* Recuperado el 2022, de <https://doi.org/10.6018/riite.522441>
- Roldán-Blay, C. & Pérez-Sánchez, M. (2017). Laboratorio Virtual como Herramienta para Comprender el Funcionamiento de las Líneas de Alta Tensión. *Modelling in Science Education and Learning* , 10(2). doi: <https://doi.org/10.4995/msel.2017.5902>
- Colón, A. T., Lazo, L. T., & Cabocolo, P. B. (2018). *Conjunto de prácticas de laboratorio de electrónica analógica y digital. VI Simposio Internacional de Electrónica: Diseño, Aplicaciones, Técnicas Avanzadas y Retos Actuales.* Recuperado el 2020, de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwitoPrmsb7qAhVLnOAKHduVAMkQFjABegQIChAB&url=http%3A%2F%2Fwww.informaticahabana.cu%2Fes%2Fnode%2F4381&usg=AOvVaw02lcsV695MWG48YU3Z_BAI
- García , M., Díaz , d., & Coloma , R. (2021). *Estrategia para la integración de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la formación inicial de docentes. Revista EduSol, Vol. 21, No. 75. ISSN: 1729-8091.* Recuperado el 2022, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=475768571008>
- Lázaro, M., Rodríguez, J. B., & Olivas, G. G. (2018). Laboratorio virtual para la interpretación de las cargas en vuelo. *Modelling in Science Education and Learning* , 11(2). doi: <https://doi.org/10.4995/msel.2018.9302>
- López, C., & Pérez, M. (2020). *Empleo del simulador Edison como herramienta didáctica para el aprendizaje de los circuitos eléctricos.* Obtenido de *Tecnología Educativa*. Vol. 5, No. 1, ISSN: 2519-9436: <https://tecedu.uho.edu.cu/index.php/tecedu/article/view/205>
- Muñoz , C., Aravena , M., & Cuello , R. (2022). *Flujo de la comunicación y proceso de aprendizaje en docencia online. Revista Faro. Vol. 1, No. 35. e-ISSN 0718-4018.* Recuperado el 2022, de



<http://www.revistafaro.cl/index.php/Faro/article/view/668>

Páez, F., & Tavares, B. (2022). *Proceso de enseñanza aprendizaje en entornos virtuales en la formación docente inicial del instituto de formación docente de Coronel Oviedo*, *Revista Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, Vol. 6, No. 3, ISSN 2707-2215. Recuperado el 2022, de

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2498

Pérez, M., López, C., & Ramos, G. (2021.b). *Potencialidades del Software Scilab en el proceso de enseñanza - aprendizaje de las asignaturas de circuitos eléctricos*. *Revista Tecnología Educativa*, Vol. 6, No. 1, ISSN: 2519-9436. Recuperado el 2022, de

[https://www.researchgate.net/publication/353273433_POTENCIALIDADES_DEL_SOFTW ARE_SCILAB_EN_EL_PROCESO_DE_ENSEÑANZA - APRENDIZAJE_DE_LA_ASIGNATURA_DE_CIRCUITOS_ELECTRICOS](https://www.researchgate.net/publication/353273433_POTENCIALIDADES_DEL_SOFTW ARE_SCILAB_EN_EL_PROCESO_DE_ENSEÑANZA_-_APRENDIZAJE_DE_LA_ASIGNATURA_DE_CIRCUITOS_ELECTRICOS)

Pérez, M., Ramos, G., Rodríguez, D., Canasí, P., Díaz, A., & García, d. (2021.c). *Estudio por medio de Scilab de los armónicos en los Sistemas Eléctricos de Potencia aplicado a un caso de estudio*. ISBN: 978-959-216-605-9. Recuperado el 2022, de

https://www.researchgate.net/publication/355089435_Estudio_por_medio_de_Scilab_de_lo s_armonicos_en_los_Sistemas_Electricos_de_Potencia_aplicado_a_un_caso_de_estudio

Pérez, M., Ramos, G., Freire, R., & Barrios, G. (2022.a). *Desarrollo de aplicaciones en el software Scilab para el análisis de armónicos en sistemas industriales*. *Ingeniería Energética*, Vol. 43, No.1, ISSN 1815-5901. Recuperado el 2022, de

https://www.researchgate.net/publication/359069456_Development_of_applications_in_Scil ab_software_for_the_analysis_of_harmonics_in_industrial_systems

Pérez, M., Ramos, G., Rodríguez, V., Santos, B., & López, C. (2022.b). *La simulación como método para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los circuitos eléctricos*. *Revista Referencia Pedagógica*, Vol. 10, Número Especial, ISSN: 2308-3042. Recuperado el 2022, de

https://www.researchgate.net/publication/361228688_Simulation_as_a_method_to_improv e_the_teaching-learning_process_of_electrical_circuits

Pérez, M., Ramos, G., & Santos, B. (2022.c). *Integración de las tecnologías en las asignaturas de Circuitos Eléctricos*. *Revista Pedagogía Profesional*, Vol. 20, No.1, ISSN 1684-5765. Recuperado el 2022, de

https://www.researchgate.net/publication/360407777_Integracion_de_las_tecnologias_en_l as_asignaturas_de_Circuitos_Electricos

Remolina, C. (2013). *La dinámica de integración de las TIC al sistema educativo colombiano*. *Portal Educativo de las Américas*. Recuperado el 2022, de <https://recursos.educoas.org/publicaciones/la-din-mica-de-integraci-n-de-las-tic-al-sistema-educativo-colombiano-de-2022>

Santos, B., & Armas, V. (2020). *La integración de las tecnologías de la información y la comunicación en los procesos*. *Universidad 2020 12do Congreso Internacional de Educación Superior*. ISBN: 978-959-16-4395-7. Recuperado el 2022, de

https://www.researchgate.net/publication/341757289_LA_INTEGRACION_DE_LAS_TECN OLOGIAS_DE_LA_INFORMACION_Y_LA_COMUNICACION_EN_LOS_PROCESOS_FO RMATIVOS_UNIVERSITARIOS

Zambrano, G., & Intriago, M. (2022). *Los entornos virtuales como recursos didácticos en el proceso de enseñanza aprendizaje del nivel de estudios básico superior*. *Revista Dominio de las Ciencias*, Vol. 8, No. 3. ISSN: 2477-8818. Recuperado el 2022, de <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3>