

Evaluación del proceso transitorio de segundo orden en un circuito RLC ramificado

Evaluation of the second-order transient process in a branched RLC circuit

✉ Mendoza, Carlos J.¹ y ✉ Garzón, Antony C.¹

¹ Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Resumen: El objetivo de la presente investigación fue estimar las respuestas temporales del proceso transitorio de segundo orden en un circuito RLC ramificado, para tal efecto se aplicó la técnica analítica - científica, investigación aplicada con nivel experimental y ambiente de realización fue el Laboratorio. Para lo cual se realizó el montaje del circuito lineal compuesto por una fuente de corriente continua con una disposición mixta conformada por resistencia, bobina y condensador con la ayuda de un osciloscopio se logró visualizar las tres ondas temporales: críticamente amortiguado, sub amortiguado y sobre amortiguado. Las respuestas obtenidas fueron: ajustando para un valor de $0.5\text{k}\Omega$ en el potenciómetro, se consiguió un transitorio tipo amortiguamiento crítico, variando a un valor de $2\text{k}\Omega$ en el potenciómetro, se logró un transitorio tipo sub amortiguada y para un valor de $0.25\text{k}\Omega$ en el potenciómetro, se alcanzó un transitorio tipo sobre amortiguada. Desde otra perspectiva para el análisis de circuito se empleó las ecuaciones diferenciales y con la asistencia del Matlab, se logró conseguir la curva teórica y mediante el uso del Multisim, se desarrolló la simulación de circuito, en cualquier caso, se presentan las tres ondas temporales mostradas en un solo gráfico. Se concluye que las gráficas de los modelos matemáticos que se obtuvieron muestran mucha semejanza a las gráficas observadas en el osciloscopio del prototipo experimental implementado, por lo que se cumplen los principios que gobiernan el comportamiento del voltaje en el condensador durante los procesos temporales.

Palabras clave: ondas, circuito, disposición, temporales, simulación..

Abstract: The objective of this research was to estimate the temporal responses of the second-order transient process in a branched RLC circuit. For this purpose, an analytical-scientific technique was applied, using applied research at an experimental level within a laboratory environment. A linear circuit consisting of a DC power source with a mixed arrangement of resistor, inductor, and capacitor was assembled. With an oscilloscope, three temporal waves were visualized: critically damped, underdamped, and overdamped. The results obtained were as follows: by adjusting the potentiometer to $0.5\text{k}\Omega$, a critically damped transient was achieved; changing it to $2\text{k}\Omega$ resulted in an underdamped transient; and at $0.25\text{k}\Omega$, an overdamped transient was reached. From another perspective, differential equations and Matlab were used for circuit analysis to obtain theoretical curves, while Multisim was used for circuit simulation. In all cases, the three temporal waves are shown in a single graph. It is concluded that the mathematical models obtained show great similarity to the graphs observed on the oscilloscope of the implemented experimental prototype, thus fulfilling the principles governing the voltage behavior in the capacitor during temporal processes.

Keywords: waves, circuit, arrangement, temporal, simulation..



Referencia: Mendoza, C. J. y Garzón, A. C. (2024). Evaluación del proceso transitorio de segundo orden en un circuito RLC ramificado. *Prospectiva Universitaria*, 21(02), 23–26. <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/prospectiva/article/view/2143>

Recibido: 07 de octubre de 2024

Aceptado: 25 de junio de 2024

Publicado: 30 de junio de 2024

Prospectiva Universitaria. Vol. 21, núm. 02, julio a diciembre, 2024. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons



CC BY 4.0 DEED
Attribution 4.0 International
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

1. Introducción

El presente trabajo investigativo tiene por finalidad tener el mejor entendimiento del régimen transitorio durante el proceso temporal en un circuito RLC ramificado. En el transcurso del procedimiento se establecen tres tipos de respuestas que están presentes en el sistema lineal como son las ondas críticamente amortiguada, sub amortiguada y sobre amortiguada. El estudio de transitorios obedece a la capacidad desarrollada por el estudiante, donde primero se procesan los cálculos matemáticos respectivos y luego se realiza el montaje según la disposición de cálculo en el contexto del mismo circuito para ser evaluados, consiguiendo valores de voltajes en un circuito RLC mixto y expresando si la onda es tipo amortiguado, subamortiguada o críticamente amortiguado por medio de gráficas (Lagla & Mazón, 2019). Para un circuito de segundo orden RLC, se abordan los contenidos con modelos frecuenciales para la evaluación en condiciones iniciales, teniendo una respuesta natural e íntegra aplicando la función de transferencia (Navas & Muñoz, 2020).

Diversos investigadores desarrollan el estudio del proceso transitorio en circuitos RLC tipo ramificado mediante el análisis matemático con la ayuda de ecuaciones diferenciales y del montaje propio del mismo circuito deducido en el dominio temporal (Soler y Hernández, 2009). El método de transformación de Laplace posee un papel importante en la ingeniería, toda vez que facilita solucionar las ecuaciones diferenciales habituales empleando factores constantes. Por el cual, la determinación de ecuaciones diferenciales que forman un circuito RLC en el control del tiempo se apoya en este método ejecutando los correspondientes cálculos algebraicos y empleando la Transformación Inversa de Laplace para lograr una respuesta temporal (Pahúd, 2014). El estudio matemático que caracteriza un circuito RLC gobierna una de las variables con la finalidad de conseguir el comportamiento temporal que es la función de la variable de interés (Pérez, n.d.).

Basándose en guías de laboratorio que brindan adiestramiento práctico, se busca incluir el funcionamiento del proceso natural del circuito RLC, logrando la implementación experimental en módulos de prueba y simulándolos con software como Multisim para verificar los resultados esperados (Naula y Revelo, 2018). El estudio primordial radica en analizar un circuito RLC ramificado y conseguir las expresiones del voltaje a lo largo del tiempo, pretendiendo mostrar a las matemáticas y las ecuaciones diferenciales como instrumentos primordiales aplicados al análisis de circuitos eléctricos lineales de segundo orden en corriente continua. Utilizando el osciloscopio se visualizan los

tres tipos de ondas para contrastarlas con simuladores como Matlab y Multisim. Los alumnos han logrado en el curso de análisis de circuitos eléctricos I el estudio del proceso transitorio tomando en consideración las ecuaciones diferenciales en el tiempo con circuitos de segundo orden RLC serie-paralelo (Mariña et al., 2021), empleando también la concepción de la variable de estado para el estudio de procesos temporales (Mariña et al., 2021). En el comportamiento de una red RLC en paralelo, se observa que cuando $t=0$ la estimación del voltaje es nula y aumenta hasta un tope de $V=1.47V$ cuando $t=1s$, punto en el cual la caída de tensión decrece hasta un valor nulo (Mérida, 2017).

2. Métodos

La metodología desarrollada fue investigación aplicada, con perspectiva inductiva apoyada en un estudio de nivel explicativo con diseño investigativo experimental y el área de realización es a nivel de laboratorio. Se empleó como modelo de circuito el diagrama esquemático de un circuito RLC ramificado compuesto por una fuente de alimentación fija de 10 VDC, un inductor de 100 mH, un capacitor de 0.1 mu F/16V, un potenciómetro lineal de 10k Ω (P1), un switch simple y un osciloscopio digital de dos canales con puntas de prueba, placa de conexiones y juego de conductores.

2.1. Fundamentos matemáticos

Las respuestas transitorias del voltaje en el condensador se analizan mediante ecuaciones diferenciales según tres casos de estudio: el caso 1 corresponde a la onda sobre amortiguada con un ajuste de $P1=0.25k\Omega$; el caso 2 representa la onda de amortiguamiento crítico con $P1=0.50k\Omega$; y el caso 3 describe la onda sub amortiguada ajustando el potenciómetro a $P1=2k\Omega$.

3. Resultados

Al realizar el montaje de circuito, se variaron los valores del potenciómetro lineal (P1) para distinguir en el osciloscopio las ondas transitorias. Se distingue una onda de tensión en el capacitor respecto al tiempo donde, ajustando el potenciómetro a $0.5k\Omega$, se consiguió una respuesta críticamente amortiguada. Al ajustar a $0.25k\Omega$ se obtuvo una onda sobre amortiguada, y con un valor de $2k\Omega$ se alcanzó la respuesta sub amortiguada. Complementariamente, se presentan las tres ondas en un solo esquema utilizando Matlab partiendo de las expresiones matemáticas planteadas, donde la onda violeta corresponde a la respuesta sub amortiguada, la verde a la críticamente amortiguada y la azul al sobre amortiguado. De igual modo, mediante Multisim se desarrolló la simulación de circuito que presenta las curvas temporales con idéntico comportamiento y codificación de colores, validando los resultados expe-

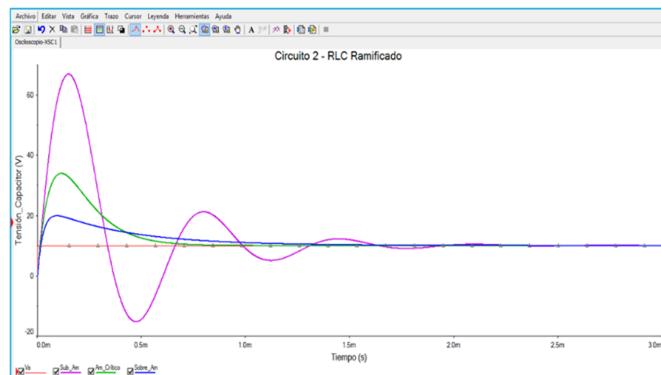
Tabla 1
Respuestas Transitorias

Medición	Amortiguado Crítico	Sobre Amortiguado	Sub Amortiguado
t0	0 (0)	0 (0)	0 (0)
t1	0.1 (33.728)	0.3732 (15.011)	0.4 (-8.071)
t2	0.2 (28.812)	0.7464 (11.843)	0.8 (21.249)
t3	0.3 (20.629)	1.1196 (10.678)	0.12 (6.286)
t4	0.4 (15.275)	1.4928 (10.249)	0.16 (10.511)
t5	0.5 (12.443)	1.866 (10.092)	0.2 (10.223)
t6	0.6 (11.083)	2.2392 (10.034)	0.24 (9.809)
t7	0.7 (10.466)	2.6124 (10.012)	0.28 (10.075)

Nota. Valores de tiempo de respuesta en milisegundos. Valores de voltaje en el condensador entre paréntesis.

rimentales (Figura 1).

Figura 1
Gráficas de las ondas transitorias mediante Multisim



4. Discusión, conclusiones y otros aspectos

En consideración a las representaciones mostradas, se presentan las tres respuestas transitorias para el circuito RLC ramificado. Al variar el potenciómetro se obtienen resultados evaluados de corrientes y tensiones en un entorno RLC ramificado, visualizándose ondas sub amortiguadas similares a las reportadas por Soler y Hernández (2009). Otros estudios mediante interconexiones HMI simuladas en Proteus también visualizan estas respuestas al variar componentes pasivos (Lagla & Mazón, 2019). Por otra parte, se han realizado análisis computacionales utilizando modelos didácticos para configuraciones RL, RC y RLC con software como Circuit Marker (Arango et al., 2007), y simulaciones de transformadas de Laplace en Multisim y PSpice para estudiar el comportamiento temporal (Herrera & Orellana, 2019). En la presente investigación,

las respuestas determinadas en 8 tiempos relevantes muestran mucha similitud entre la parte experimental y la teórica desarrollada en Matlab y Multisim.

Se explica el trabajo referente a la teoría de métodos de solución de circuitos eléctricos lineales como apoyo analítico, donde Matlab sirve para enlazar la parte cognitiva en la formación del estudiante. Se evidencia que este programa permite la modificación del lenguaje de programación de forma sencilla (Arias & Barrera, 2019) y facilita prácticas experimentales apoyadas con simulación donde el estudiante interviene en su propio aprendizaje (Alcántara y Salmerón, 2001). El análisis teórico basado en transformadas de Laplace y simulaciones en Multisim brindan indicadores necesarios para analizar transitorios en el dominio temporal (Herrera & Orellana, 2019), técnicas que permiten desarrollar aptitudes primordiales en los alumnos de ingeniería (Padilla et al., 2024).

Se concluye que los modelos matemáticos obtenidos presentan mucha similitud con los patrones experimentales, evidenciando la ejecución de los principios que guían el voltaje en el condensador. Específicamente, se validó que para obtener una onda críticamente amortiguada se requiere un ajuste de $0.50\text{k}\Omega$, para una sobre amortiguada $0.25\text{k}\Omega$ y para una sub amortiguada $2\text{k}\Omega$. En cada transitorio se analizó la gráfica y las constantes temporales correspondientes. Finalmente, se declara que no existe conflicto de intereses por parte del autor y se detalla la contribución de CJMA en la conceptualización, metodología, recursos, validación y redacción del borrador original, revisión y edición del artículo.

Referencias

- Arango, R., Peña E., D. M., & Arando Posada, E. (2007). Diseño, construcción e implementación de un equipo autónomo de uso didáctico para el estudio de la respuesta de circuitos rlc a diversos tipos de señal de entrada. *Scientia et Technica*, 2(34), 145-150. Consultado el 15 de enero de 2026, desde <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4807121>
- Arias, H. F., & Barrera, E. A. (2019, 26 de agosto). *Desarrollo de laboratorios virtuales para circuitos eléctricos en circuitos R-L-C para corriente continua, aplicando el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC)*. Consultado el 14 de enero de 2026, desde <http://hdl.handle.net/11349/16122>
- Herrera, J. J., & Orellana, L. F. (2019). *Ánalisis y simulación de la transformada de laplace en circuito rlc*. [Tesis de lic.]. Universidad Politécnica Salesiana. Consultado el 15 de enero de 2026, desde <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18126>
Accepted: 2019-12-04T20:48:05Z.
- Lagla, J. R., & Mazón, A. M. (2019). *Estudio del régimen transitorio de los circuitos eléctricos mediante la implementación de un módulo didáctico*. Consultado el 14 de enero de 2026, desde <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5355>
- Mariña, H., Pérez, M., & Anta, J. M. (2021). Experiencia de La Matemática, Aplicada a Los Circuitos Eléctricos En La Carrera de Ingeniería Eléctrica. *Modelling in Science Education and Learning*, 14(2), 51. <https://doi.org/10.4995/mse.2021.15071>
- Mérida, J. d. D. (con Guzmán, C. E.). (2017). *Diseño de la estructura virtual del curso de circuitos eléctricos 2, bajo el modelo constructivista de educación, en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala*. Consultado el 14 de enero de 2026, desde <http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Navas, E. A., & Muñoz, J. M. (2020). *Simulador de circuitos eléctricos como herramienta de autoevaluación para el estudiante de Ingeniería y/o Tecnología en Electricidad*. Consultado el 14 de enero de 2026, desde <http://hdl.handle.net/11349/23833>
- Padilla, M. A., Mena, Á. P., Cepeda, P. M., & Costales, R. I. (2024). Metodologías Innovadoras Para La Enseñanza y Aprendizaje de Circuitos RLC Mediante Transformadas de Laplace. *Revista Imaginario Social*, 7(3). <https://doi.org/10.59155/is.v7i3.198>