CAPÍTULO II

HERRAMIENTA TIC EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE DE DISEÑO DE AMPLIFICADORES MULTIETAPA CON TRANSISTORES EN ALUMNOS DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Luis Eduardo Ramírez Carvajal.

Ingeniero Electrónico, Universidad Francisco de Paula Santander. Grupo de investigación GIDMAC. Cúcuta-Colombia. Correo electrónico: luiseduardorc@ufps.edu.co. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2253-9221>.

Karla Yohana Sánchez-Mojica.

Maestría en Ingeniería Industrial, Fundación de Estudios Superiores Comfanorte. Grupo de investigación GRINFESC. Cúcuta-Colombia. Correo electrónico: investigaciones@fesc.edu.co. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3164-4725>.

Karla Cecilia Puerto López.

Magister en Ingeniería de Telecomunicaciones, Universidad Francisco de Paula Santander. Grupo de investigación GIDMAC. Cúcuta-Colombia. Correo electrónico: karlaceciliapl@ufps.edu.co. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3749-676X>.

John Jairo Ramírez Mateus.

Ingeniero Electrónico, Universidad Francisco de Paula Santander. Grupo de investigación GIDMAC. Cúcuta-Colombia. Correo electrónico: jhonjairorm@ufps.edu.co. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4387-6147>.

Resumen

Los estudiantes de ingeniería electrónica de la Universidad Francisco de Paula Santander presentan dificultades en el diseño de amplificadores multietapa con transistores BJT (Bipolar Junction Transistor) y/o JFET (Junction Field-Effect Transistor) como también en el dominio de conceptos relacionados. La presente investigación de carácter descriptivo y con un enfoque heurístico, se realiza con el propósito de optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de dicha temática mediante la utilización de una herramienta TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones). Se selecciona una muestra de 8 estudiantes de ingeniería electrónica, se realiza una encuesta evaluativa de los conceptos más relevantes, se presenta a los estudiantes una herramienta computacional desarrollada por los autores, enfocada al tema mencionado y se desarrolla una evaluación final para conocer el impacto educativo de la herramienta. Se

obtiene como resultado un incremento del 27,4% en las calificaciones dadas a las respuestas de los estudiantes después de haber interactuado con el software lo cual evidencia un mayor dominio del tema gracias al uso de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Finalmente, los estudiantes expresaron estar motivados en el estudio de la temática a través del uso de la herramienta teniendo en cuenta que ésta dinamiza el proceso haciéndolo más llamativo.

Palabras clave: amplificadores, aprendizaje, computacional, enseñanza, TIC.

TIC TOOL IN THE TEACHING-LEARNING PROCESS OF MULTISTAGE AMPLIFIER DESIGN WITH TRANSISTORS IN ELECTRONIC ENGINEERING STUDENTS

Abstract

Electronic engineering students of the Universidad Francisco de Paula Santander present difficulties in the design of multistage amplifiers with BJT (bipolar junction transistor) and/or JFET (Junction Field-Effect Transistor) transistors as well as in the mastery of related concepts. With the purpose of solving this academic inconvenience and optimizing the teaching-learning process of this topic, a sample of 8 electronic engineering students was selected, an evaluative survey of the most relevant concepts was carried out, a computational tool developed by the authors, focused on the mentioned topic, was presented to the students and a final evaluation was carried out to know the educational impact of the tool. As a result, an increase of 27.4% is obtained in the grades given to the students' answers after interacting with the software, which shows a greater mastery of the subject thanks to the use of ICT in the teaching-learning process. Finally, the students expressed to be motivated in the study of the subject through the use of the tool, considering that it makes the process more dynamic, making it more attractive.

Keywords: amplifiers, computational, learning, teaching, TIC.

Identificación del proyecto

El capítulo surge del proyecto titulado “objeto virtual de aprendizaje en el diseño de amplificadores multietapas con transistores bipolar y efecto de campo”. Fue patrocinado por la Universidad Francisco de Paula Santander.

Introducción

Un transistor es un dispositivo que controla el flujo de una señal por medio de una segunda señal de mucha menor intensidad (Boylestad y Nashelsky, 2009). Con su descubrimiento se dio un impulso a la electrónica, lo cual tuvo enorme importancia por la disminución del tamaño y la potencia consumida por los circuitos y por las nuevas técnicas e investigaciones que, a partir de él, se desarrollaron (Pérez, 2002), como los amplificadores multietapas los cuales están compuestos por varios transistores acoplados entre si donde cada transistor equivale a una etapa.

Los transistores constan de tres terminales; uno de los cuales suele ser común a la entrada y salida de los circuitos; por lo tanto, pueden ser modelados por una red de dos puertos (Fernández, 2007). Aunque esto facilita el análisis, diseñarlos es un proceso más difícil pues son muchas las variables involucradas y las ecuaciones que rigen el sistema. Se deben consultar diferentes fuentes y hacer un compendio de fórmulas de diseño. Las metodologías propuestas por autores como Hambley (2001), Savant et al., (1991), están limitadas a 2 o 3 etapas. Si se requieren más etapas se debe desarrollar una metodología basada en las consultadas y ejecutarla. Muchas veces al implementar el circuito diseñado se presentan errores que conllevan a revisar todo el proceso metodológico de diseño lo que acarrea mucho tiempo y en ocasiones el desánimo de los estudiantes por el tema, repercutiendo negativamente en su desempeño académico.

Esto no debería ocurrir pues es importante que los esfuerzos se orienten a la formación de estudiantes con una fuerte capacidad de análisis, dotados de una estructura cognitiva sólida y flexible, respondiendo a las necesidades y demandas de su entorno social y productivo, a sabiendas de las múltiples fuentes generadoras de conocimiento en el mundo de hoy, como lo es la modernización tecnológica (Flórez et al., 2019), siendo un reto vigente hacer que la universidad aporte considerablemente al desarrollo de aprendices que se reconozcan como sujetos actuantes en la transformación de su realidad (Ojeda, 2019).

La herramienta computacional es, sin lugar a duda, la opción más viable para solucionar los problemas de la sociedad (Niño, 2020), pues diferentes aportes en los últimos años por parte de

investigadores como Álvarez y Marcon (2011), Mejía (2014), Pascuas et al., (2019), Báez y Soto (2019), Orjuela y Rojas (2008), demuestran que estas herramientas vienen tomando popularidad en el ámbito académico produciendo resultados muy buenos para la educación.

Además, han traído grandes cambios, que calan en la sociedad en general, y una de las áreas con mayores implicancias y modificaciones, es la educación (Hernandez, 2017), que se ha visto gratamente beneficiada de las diferentes bondades que esta puede ofrecerle, como se evidencia en las investigaciones realizadas por Proenza et al., (2020), Ávila et al., (2012), Maya y Arenas (2018), Duque y Solórzano (2019), Vera y Petris (2019), Prado et al., (2013) y Ramírez et al., (2020).

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de esta investigación es presentar una herramienta computacional como opción para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el diseño de amplificadores multitapa con transistores BJT (Bipolar Junction Transistor) y/o JFET (Junction Field-Effect Transistor) y el dominio de conceptos relacionados

Marco teórico

Los amplificadores multitapa a base de transistores, son sistemas conformados por diferentes etapas acopladas donde cada etapa la constituye un transistor con sus respectivos elementos de polarización (Hambley, 2001).

Transistor

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor utilizado para entregar una señal de salida en respuesta a una señal de entrada. Cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador, existen dos tipos: el transistor bipolar y el transistor de efecto de campo (Horenstein, 1997).

Transistor Bipolar

El transistor bipolar (Bipolar Junction Transistor), conocido como transistor BJT, es un dispositivo electrónico que permite aumentar la corriente y disminuir el voltaje, además de controlar el paso de la corriente a través de sus terminales. Está formado por tres terminales:

Emisor (E), Base (B) y Colector (C) (Hambley, 2001).

Transistor de efecto de campo

El JFET (Junction Field-Effect Transistor, en español transistor de efecto de campo de juntura o unión) es un dispositivo electrónico de tres terminales que puede ser usado como interruptor controlado, amplificador o resistencia controlada por voltaje. Posee tres terminales, comúnmente llamados drenaje (D), puerta o compuerta (G) y fuente (S). A diferencia del transistor de unión bipolar el JFET, al ser un dispositivo controlado por un voltaje de entrada, no necesita de corriente de polarización (Hambley, 2001).

Configuraciones

Tanto el transistor BJT como el JFET se pueden polarizar de diferentes formas de acuerdo a los elementos conectados a ellos. Para efecto de la investigación se trabajó con dos configuraciones: configuración inversora y configuración seguidora.

La configuración inversora se utiliza para generar ganancias altas y la seguidora para el acople de impedancias, pues tiene la capacidad de recibir una señal y entregarla sin distorsión, además de presentar una alta ganancia de corriente (Boylestad y Nashelsky, 2009).

Amplificador multietapa

Un amplificador se describe como un circuito capaz de procesar la señal de entrada y entregar a la salida una señal idéntica pero amplificada. El amplificador sabrá extraer la información de toda la señal, de tal manera que permita mantener o mejorar la prestación del sistema que la genera (sensor o transductor usado para la aplicación). Se llama amplificador multietapa a los circuitos o sistemas que tienen múltiples etapas formadas por transistores y además pueden ser conectadas entre sí para mejorar sus respuestas tanto en ganancia, impedancias o ancho de banda. Las aplicaciones pueden ser tanto de corriente continua como de corriente alterna (Hambley, 2001).

Metodología

La presente investigación es de carácter descriptivo y con un enfoque heurístico. Se realizó

mediante una metodología aplicada y longitudinal. Se aplicó una encuesta tipo Likert cuyas respuestas fueron evaluadas cuantitativa y cualitativamente. Dicha encuesta fue realizada a un grupo de estudiantes de Ingeniería Electrónica antes y después de conocer e interactuar con la herramienta tecnológica desarrollada por los autores. La metodología por medio de la cual se llevó a cabo esta investigación se puede observar en la Figura 1.

Figura 1. Diagrama de metodología usada en la investigación

Fuente: elaboración propia (2019).

Desarrollo de herramienta tecnológica

Mediante el uso de lenguaje Java y la herramienta de programación NetBeans, se creó una herramienta tecnológica que se compone de tres módulos: módulo de inicio., módulo teórico y módulo de diseño y análisis. Estos módulos se pueden observar en la Figura 2.

Figura 2. Módulos de la herramienta computacional

Fuente: elaboración propia (2019).

Mediante el botón “TEORÍA” del módulo de inicio se accede al módulo teórico donde se puede consultar información referente a amplificadores multietapas. Con el botón “DISEÑO Y ANÁLISIS” del módulo de inicio se puede acceder al módulo de diseño. Éste módulo permite el ingreso de las variables de entrada y lleva a cabo el proceso de diseño cuyos resultados pueden ser visualizados etapa por etapa en un campo de texto y cada etapa es elegida mediante un seleccionador numérico. En el campo de texto “Av implementada” se introduce el valor de la ganancia obtenida en implementación y con el botón “e%” se calcula y se muestra el error en la implementación.

La herramienta permite modificar datos, elegir etapa por etapa si se usará transistor BJT o JFET y volver a hacer el diseño e inclusive introducir valores comerciales de resistencias y calcular resultados con el botón “ANALIZAR”. A demás permite graficar el esquemático de cada etapa y mostrar voltaje de salida en función del tiempo mediante el botón “GRAFICAR”. Finalmente, se exportó un archivo .exe de la herramienta desarrollada en NetBeans, lo cual permite que ésta sea independiente y compatible. Dicho archivo es un ejecutable que no requiere de instalación, convirtiendo la herramienta tecnológica en una herramienta portable.

Selección de muestra de estudiantes

Se selecciona una muestra de estudiantes del curso Electrónica III del programa Ingeniería Electrónica de la Universidad Francisco de Paula Santander. En este punto de la carrera los estudiantes retoman el tema de amplificadores multietapa con transistores bipolares y efecto de campo al inicio de semestre, con el propósito de agregar a dicho sistema una etapa de potencia. De modo que los estudiantes deben tener conocimiento y dominio del proceso de diseño, lo cual fue adquirido en cursos anteriores, como también de conceptos fundamentales relacionados, tales como: acople de impedancias, máxima excursión, análisis en pequeña señal, máxima transferencia de potencia, diferencias entre transistores bipolares y efecto de campo, factores que afectan la ganancia de voltaje, entre otros.

Encuesta evaluativa

Se realiza a los estudiantes una encuesta evaluativa para conocer el dominio que tienen del tema y conceptos relacionados. La encuesta realizada contenía los siguientes ítems:

1. ¿Qué es un transistor?
2. Mencione una o más diferencias entre transistor bipolar y efecto de campo.
3. ¿Qué es el análisis en pequeña señal y para qué sirve?
4. ¿Cuál es la función de un amplificador multietapas? Mencione una aplicación.
5. En un acople ideal ¿Cómo deben ser las impedancias de entrada y salida?
6. Mencione 3 factores que pueden afectar la ganancia de voltaje.
7. ¿Para qué sirve la configuración seguidora?
8. ¿Qué implica que la configuración inversora posea ganancia negativa?
9. ¿Qué significa que un amplificador tenga máxima excursión?
10. Para máxima transferencia de potencia ¿Cómo debe ser la impedancia de salida?

Las respuestas fueron analizadas y calificadas cuantitativa y cualitativamente utilizando escala tipo Likert. Las calificaciones dadas se realizaron en un rango de 1 a 5, siendo 1, muy mal, 2, mal, 3, regular, 4, bien y 5, muy bien.

Presentación de herramienta tecnológica

Se presenta a los estudiantes la herramienta tecnológica para diseño de amplificadores multietapa con transistores bipolar y efecto de campo. Responden la encuesta diagnóstica, interactúan con la herramienta, elaboran diseños y luego contestan de nuevo la encuesta. Todo esto se llevó a cabo en un laboratorio del Departamento de Electricidad y Electrónica como se observa en la Figura 3.

Figura 3. Fotografía, presentación de herramienta computacional en laboratorio

Fuente: elaboración propia (2019).

Resultados

Se obtienen resultados antes de la herramienta computacional, después de ésta, y un análisis de la comparación de dichos casos.

Resultados antes de conocer la herramienta

Los resultados de la encuesta antes de conocer la herramienta computacional se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1

Calificación a respuestas de la encuesta antes de conocer la herramienta

Ítem	Est 1	Est 2	Est 3	Est 4	Est 5	Est 6	Est 7	Est 8
1	3	3	3	3	2	3	3	3
2	4	2	2	2	3	3	3	3
3	3	3	2	3	2	3	2	4
4	4	2	2	2	3	3	3	4
5	2	3	1	3	3	3	3	4
6	4	4	2	2	4	3	3	3
7	1	5	4	3	3	2	2	2
8	3	3	3	4	3	2	3	3
9	2	3	3	3	3	2	3	3
10	3	2	3	3	4	3	2	3
Prom	2,9	3	2,5	2,8	3	2,7	2,7	3,2
Promedio total del grupo: 2,85								

Fuente: elaboración propia (2019).

Los ítems planteados se eligieron con el propósito de evaluar el dominio de algunos conceptos fundamentales en electrónica que en ocasiones son aprendidos de manera mecánica pero no entendidos. Por tal motivo, se orientó al estudiante a contestar los ítems con sus propias palabras, evitando citar definiciones de forma literal y así poder conocer el nivel de comprensión más que el de memorización. El promedio total del grupo fue de 2,85 lo cual evidencia que los estudiantes no tenían un dominio bueno del tema y sus conceptos relacionados, antes de la

herramienta computacional.

Resultados después de conocer la herramienta

Los resultados de la encuesta después de conocer la herramienta computacional se observan en la Tabla 2.

Tabla 2

Calificación a respuestas de la encuesta después de conocer la herramienta

Ítem	Est 1	Est 2	Est 3	Est 4	Est 5	Est 6	Est 7	Est 8
1	4	3	3	5	5	5	5	3
2	4	5	4	5	4	5	4	4
3	4	4	4	4	5	5	5	3
4	4	5	2	4	4	5	5	4
5	3	3	3	5	5	4	5	5
6	5	4	5	3	5	5	5	3
7	2	5	5	4	4	5	5	3
8	3	4	5	5	4	4	5	4
9	4	4	4	4	4	3	4	5
10	5	5	5	4	4	5	5	3
Prom	3,8	4,2	4	4,3	4,4	4,6	4,8	3,7
Promedio total del grupo: 4,22								

Fuente: elaboración propia (2019).

Como se observa en la Tabla 2, el promedio total del grupo fue de 4,22 lo cual evidenció un buen dominio del tema por parte de los estudiantes.

Comparación de resultados

El promedio total de los estudiantes aumentó de 2,85 a 4,22. En términos porcentuales el promedio varió de 57% a 84,4%, lo que implica un aumento del 27,4% en el dominio del tema. Después de la herramienta computacional, los estudiantes evidenciaron una comprensión amplia de muchos de los conceptos evaluados. Como se observa en la Tabla 2, hubo pocas res-

puestas regulares y solamente 2 malas. No hubo respuestas muy malas como en la primera encuesta, y por el contrario hubo muchas respuestas buenas y muy buenas. En la mayoría de los casos expresaron con claridad las definiciones pedidas y resolvieron muchas de las incógnitas que traían de cursos anteriores.

Conclusiones

Los resultados evidenciaron la importancia que tiene la incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y cómo el uso de una herramienta tecnológica puede optimizar los procesos pedagógicos llevando a los estudiantes a un nivel más alto de comprensión.

Antes de conocer la herramienta los estudiantes obtuvieron un promedio inferior a 3, mostrando un dominio regular de algunos conceptos fundamentales en la electrónica, a pesar de haber cursado y aprobado materias donde dichos conceptos fueron enseñados. Esto evidencia un déficit en el proceso enseñanza-aprendizaje, pues, aunque dominan las ecuaciones de los transistores y sus respectivas configuraciones presentan dificultades para comprender los conceptos, su definición, naturaleza física, y aplicabilidad, siendo esto último de suma importancia en la vida profesional.

Los estudiantes evidenciaron un aprendizaje eficaz de los conceptos después de haber conocido y usado la herramienta computacional, ya que el aumento de las calificaciones en términos porcentuales fue del 27,4% en relación con las calificaciones anteriores a la herramienta. Dicho aumento fue significativo pues los estudiantes pasaron de tener un dominio regular a un dominio bueno del tema.

A través del uso de la herramienta, los estudiantes resolvieron inquietudes que traían de cursos anteriores, por ejemplo, debido a una mayor comprensión de los factores que influyen en la ganancia de voltaje, entendieron por qué en muchas ocasiones al implementar el circuito se presentaba “caída de voltaje”, a pesar de que el proceso de diseño estaba bien hecho, matemáticamente los resultados eran correctos e inclusive las simulaciones eran acertadas.

El uso de las TIC evidencia un impacto positivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya

que no solamente se presentan mejoras en las calificaciones de las respuestas dadas por los estudiantes, sino que ellos expresan un mayor interés por un tema tan complejo y tedioso debido a que se aborda usando una interfaz interactiva, llamativa y práctica que dinamiza el proceso.

Referencias

- Álvarez, A., y Marcon, D. (2011). Objeto virtual de aprendizaje para evaluación simulada de dolor agudo por estudiantes de enfermería. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 19(2).
- Ávila, A., Flórez, E., y Gualdrón, O. (2012). Diseño e implementación de un curso interactivo multimedia para el aprendizaje de los procesos CAM en un centro de mecanizado Leadwell V30. *Revista Colombiana de Tecnología de Avanzada*, 2(20), 50-56.
- Baez, A., y Soto, Á. (2019). Enseñanza de sistemas de radiocomunicaciones terrestres con línea de vista mediante software educativo. *Educación en Ingeniería*, 14(28), 78-87.
- Boylestad, R., y Nashelsky, L. (2009). *Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos*. Pearson Educación.
- Duque, N., y Solórzano, J. (2019). *Prácticas y metodologías ágiles utilizadas en la industria del software en Colombia*. En Chirinos, Ramírez, Godínez, Barbera y Rojas. Colección Unión Global (Ed.), *Tendencias en la Investigación Universitaria, una visión desde Latinoamérica*. Vol. VIII, pp 60-72. Doi: www.doi.org/10.47212/Tendencias2019.5
- Fernández, F. (2007). *Diseño de un amplificador de bajo ruido para un receptor satelital (2.3Ghz)*. (Tesis para la obtención del grado: Ingeniero Superior de Telecomunicación. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México).
- Florez, E., Moreno, G., y Laguado, R. (2019). Modelo analítico para acreditación de alta cali-

dad en programas de ingeniería, una experiencia en la Unipamplona. *Revista Educación en Ingeniería*, 14(27), 116-121.

Hambley, A. (2001). *Electrónica*. Pearson Educación.

Hernández, R. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325-347.

Horenstein, M. (1997). *Circuitos y Dispositivos Microelectrónicos*. Prentice-Hall Hispanoamericana.

Maya, F., y Arenas, D. (2018). Implementación basada en software libre de un portal web para apoyo en el proceso colaborativo de desarrollo de un videojuego para la enseñanza de la ingeniería de software. *Revista Educación en Ingeniería*, 13(26).

Mejía, L. (2014). Correlación entre la usabilidad de un OVA y su efectividad como herramienta de enseñanza-aprendizaje. *Revista de investigación Ingeam*, 1, 66-75.

Niño, C. (2020). Análisis de viabilidad y diseño de un sistema electrónico para el seguimiento de la dinámica poblacional en la ciudad de Cúcuta. *Ingenierías USBMed*, 11(1), 56-64.

Ojeda, A. (2019). *Aproximaciones epistémicas para comprender el papel de la universidad ante la ciencia y la investigación*. En Chirinos, Ramírez, Godínez, Barbera y Rojas. Colección Unión Global (Ed.), *Tendencias en la Investigación Universitaria, una visión desde Latinoamérica*. Volumen VI

Orjuela, A., y Rojas, M. (2008). Las Metodologías de Desarrollo Ágil como una Oportunidad para la Ingeniería del Software Educativo. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 5(2).

Pascuas, Y., Jaramillo, C., y Verástegui, F. (2015). Desarrollo de objetos virtuales de aprendizaje como estrategia para fomentar la permanencia estudiantil en la educación superior.

Revista Escuela de Administración de Negocios, (79) 116-129.

Pérez, A. (2002). De la tecnología de fabricación de transistores y circuitos integrados. *Vivat Academia* (39).

Prado, S., Puerto, K., y Pinzón, A. (2013). Estrategias de motivación del aprendizaje para los estudiantes de electrotecnia. *Mundo FESC*, 3(6), 44-49.

Proenza, J., Lozano, C., y Serrano, S. (2020). *Herramienta tecnológica para la comprensión disciplinar de la investigación científica en estudiantes sordos*. En Chirinos, Ramírez, Godínez, Barbera y Rojas. Colección Unión Global (Ed.), *Tendencias en la Investigación Universitaria, una visión desde Latinoamérica*. Vol. X. pp 420- 434. Doi: www.doi.org/10.47212/Tendencias2019.5

Ramírez, L., Puerto, K., y Ramírez, J. (2020). Mathematical analysis of physical stability in the design of bipolar amplifiers through a computer tool. *Journal of Physics: Conference Series*, 1672(1), 6.

Savant, C., Roden, M., y Carpenter, G. (1991). *Diseño Electrónico, Circuitos y Sistemas*. Addison-Wesley.

Vera, M., y Petris, R. (2019). Incorporación de TIC en la enseñanza de ecuaciones químicas: experiencia con alumnos de ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 14(8).