

# Aprendizaje Activo para el Reconocimiento Asistido de Componentes Electrónicos: Un Diseño Instruccional con insAltech Circuit Men-tor

## Active Learning for Assisted Recognition of Electronic Components: An Instructional Design with insAltech Circuit Mentor

Ricardo Cattafi<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería y Tecnología, Universidad Católica Santa María la Antigua (USMA), Panamá.

\* Autor por correspondencia: Ricardo Cattafi, [rcattafia@usma.com.pa](mailto:rcattafia@usma.com.pa)

Recibido: 03 de junio de 2024

Aceptado: 03 de septiembre de 2024

### Resumen

*El reconocimiento de componentes electrónicos es una actividad importante para los estudiantes de ingeniería electrónica. Tradicionalmente, este aprendizaje se realiza mediante prácticas de laboratorio no-asistidas en las que algunos estudiantes enfrentan dificultades para reconocer los componentes. En este sentido, los principios de la filosofía de la Educación 4.0 sugiere el uso de nuevas herramientas tecnológicas que podrían ser aplicadas como asistentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este artículo presenta un diseño instruccional que integra la herramienta insAltech Circuit Mentor, basada en visión artificial, como asistente para el proceso de enseñanza-aprendizaje del reconocimiento de componentes pasivos en prácticas de laboratorio de la asignatura Laboratorio de Dibujo Electrónico. Este enfoque, basado en el Modelo de Aprendizaje Experiencial de Kolb y el modelo de Gagné y Briggs, fomenta un aprendizaje activo, personalizado e interactivo. El uso del dispositivo puede permitir a los estudiantes explorar los componentes, obtener información detallada y recibir retroalimentación inmediata, creando una experiencia de aprendizaje más dinámica y atractiva que los métodos tradicionales. Este trabajo, aunque en fase de presentación, sienta las bases para un futuro desarrollo y evaluación de la efectividad del diseño instruccional y de la herramienta insAltech Circuit Mentor.*

*Palabras clave: Reconocimiento de Componentes Electrónicos, Diseño Instruccional, Educación 4.0*

### Abstract

*Electronic component recognition is a fundamental skill for electronic engineering students. Traditionally, this learning takes place through non-assisted laboratory practices, where some students face difficulties in recognizing components. In this regard, the principles of the Education 4.0 philosophy suggest the use of new technological tools that could be applied as assistants in the teaching-learning process. This article proposes an instructional design that incorporates the insAltech Circuit Mentor tool as a computer vision-based assistant to enhance the teaching and learning of passive component recognition in laboratory exercises for the "Electronic Technical Drawing Laboratory" course. This approach, based on Kolb's Experiential Learning Model and Gagné and Briggs' instructional model, promotes active, personalized, and interactive learning. Using the device can allow students to explore components, obtain detailed information, and receive immediate feedback, creating a more dynamic and engaging learning experience than traditional methods. This work, although in a presentation phase, lays the groundwork for the future development and evaluation of the effectiveness of the instructional design and the insAltech Circuit Mentor tool.*

*Keywords: Electronic Component Recognition, Instructional Design, Education 4.0*

## Introducción

La convergencia del Modelo de Aprendizaje Experiencial de Kolb (MAEK) (Kolb, 1984; Kolb & Kolb, 2022), la visión artificial (VA), y las estrategias de la Educación 4.0 (Sánchez Guzmán, 2019), presenta un campo de desarrollo para la innovación en la enseñanza de algunos objetivos de aprendizaje en la enseñanza de las asignaturas de la carrera de ingeniería electrónica. En este contexto, el reconocimiento de componentes electrónicos -especialmente aquellos de tipo pasivo-, es una tarea fundamental para los estudiantes en los laboratorios educativos de las carreras de Ingeniería Electrónica, convirtiéndose en una oportunidad ideal para la aplicación de tecnologías de vanguardia en la educación.

Los estudiantes que se inician en el aprendizaje de los fundamentos de la electrónica a menudo enfrentan dificultades al identificar y organizar estos componentes (De La Cruz Rodríguez & Donoso Quimbita, 2016), lo que puede impactar negativamente en la eficiencia y la calidad de las prácticas de laboratorio. Es por esto por lo que el uso de dispositivos que asistan a los estudiantes en el proceso de aprendizaje y evaluación de las habilidades relativas al reconocimiento de dichos estos componentes se considera como un avance en la docencia apoyada por tecnología educativa.

Para aprovechar al máximo las ventajas de este nuevo enfoque de aprendizaje, es de utilidad para el docente diseñar un Diseño Instruccional (DI) que permita una integración efectiva de la herramienta insAItech Circuit Mentor. Un DI bien estructurado asegura que la herramienta se utilice de manera estratégica para alcanzar los objetivos de aprendizaje, guiando a los estudiantes a través de un proceso de aprendizaje activo y significativo, y aprovechando al máximo las posibilidades que ofrece el dispositivo.

Este artículo presenta el desarrollo de un DI innovador, que combina el modelo de Gagné y Briggs con el Modelo de Aprendizaje Experiencial de Kolb (MAEK), para mejorar la capacidad de los estudiantes de Ingeniería Electrónica en el reconocimiento de componentes electrónicos pasivos. Este DI se basa en la herramienta didáctica insAItech Circuit Mentor, la cual actúa como un asistente para el aprendizaje activo, aprovechando la visión artificial para una experiencia de aprendizaje más efectiva e interactiva.

Como se observa en Figura 1, el enfoque de este trabajo considera el aprendizaje activo como una fusión entre un marco teórico representado por el MAEK, y un marco práctico, representado por el modelo de Gagné y Briggs, aunado al uso de un asistente tecnológico que funge como una estrategia de aplicación de la Educación 4.0.

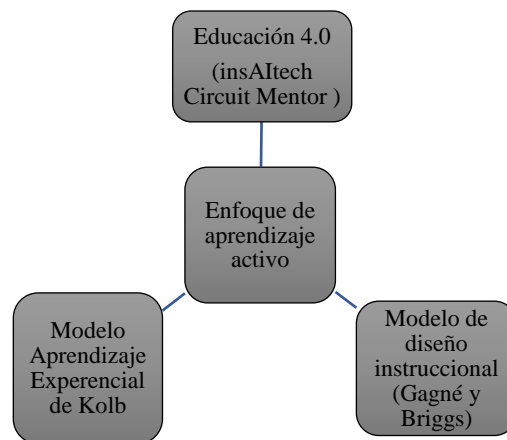


Figura 1. Representación del enfoque de aprendizaje activo utilizado en este estudio

El estudio se enfoca en responder a la pregunta: ¿Es factible la elaboración de un DI para el aprendizaje activo que incorpore insAItech Circuit Mentor como asistente para mejorar las habilidades de reconocimiento de

componentes electrónicos en estudiantes de Ingeniería Electrónica? A través del DI se busca contribuir al desarrollo de prácticas de laboratorio innovadoras que se adapten a las necesidades de los estudiantes y las demandas del mercado laboral actual.

### **Justificación e importancia**

La identificación de componentes pasivos es importante para los estudiantes de ingeniería electrónica, ya que les permite comprender el funcionamiento de los circuitos y desarrollar habilidades para diseñar, construir y reparar sistemas electrónicos. El dispositivo insAltech Circuit Mentor, mediante la tecnología de VA, busca facilitar este proceso de identificación y convertirlo en una experiencia de aprendizaje efectiva e interactiva. Dicho dispositivo permite a los estudiantes interactuar de forma dinámica con los componentes electrónicos, facilitando el reconocimiento de sus características y la comprensión de sus funciones. Integrar dicho dispositivo como herramienta didáctica en un DI permite al docente explorar nuevas formas de enseñanza adaptadas a los requerimientos del mercado laboral actual y a las exigencias de los estudiantes.

### **Los componentes electrónicos pasivos**

Los componentes pasivos son fundamentales para el diseño y construcción de circuitos electrónicos. A diferencia de los componentes activos, como transistores o diodos, que requieren una fuente de energía externa para funcionar, los componentes pasivos no necesitan alimentación para cumplir su función. Su principal característica es la capacidad de almacenar o disipar energía, influyendo en el flujo de corriente eléctrica dentro de un circuito.

Los componentes electrónicos pasivos más comunes (Figura 2) son:

- **Resistores:** Controlan el flujo de corriente eléctrica al ofrecer una resistencia específica, medida en ohmios ( $\Omega$ ). Los resistores se utilizan para limitar la corriente, dividir voltajes, ajustar la ganancia de los circuitos y generar calor. Existen varios tipos de resistores como los de carbón, los de película metálica, los de alambre enrollado, los de película de carbono, los variables y los de precisión. Cada uno de estos tipos de resistores se caracteriza por su composición, construcción y propiedades específicas, lo que los hace apropiados para diferentes aplicaciones en electrónica. En los laboratorios educativos, los estudiantes aprenden a identificar resistores mediante su forma, dimensiones y códigos de barra de colores (especialmente en los de película metálica) las cuales indican su valor de resistencia y tolerancia.
- **Capacitores:** Almacenan energía eléctrica en un campo eléctrico. La capacidad de almacenamiento se mide en faradios (F). Los capacitores se utilizan para filtrar señales, estabilizar voltajes, acoplar circuitos y almacenar energía. Existen distintos tipos de capacitores dependiendo del tipo de material con el que ha sido elaborado: película de poliéster, tantalio, cerámicos y electrolíticos. Estos últimos son los más comunes de encontrar en los laboratorios educativos. En el caso de los capacitores electrolíticos su valor de capacitancia se muestra escrito en su carcasa en unidades de Faradio (F), microfaradio (mF) o picoFaradio (pF).
- **Inductores:** Almacenan energía magnética en un campo magnético generado por la corriente que fluye a través de ellos. La inductancia se mide en Henrios (H). Los inductores se utilizan para filtrar señales, bloquear interferencias, estabilizar corrientes y crear circuitos resonantes. Existen varios tipos de inductores (de núcleo de aire, de núcleo ferromagnético, variable). El más común usado en los laboratorios educativos es el Inductor de núcleo de ferrita (también llamado tipo Pin).

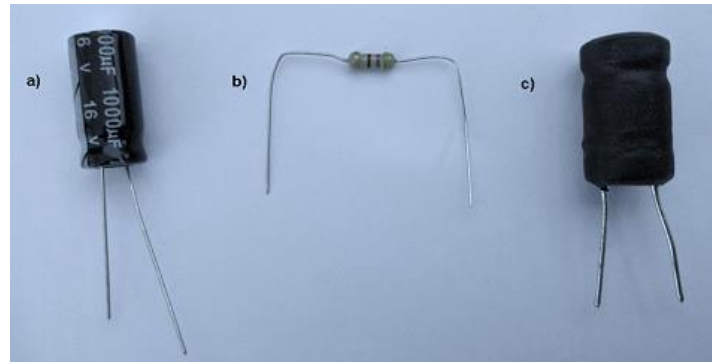


Figura 2. Ejemplos de componentes electrónicos pasivos. a) Condensador electrolítico, b) Resistor de película metálica, c) Inductor tipo Pin

En la Tabla 1 se observan las propiedades más comunes asignadas a cada uno de los componentes pasivos (Boylestad, R. L., & Nashelsky, L., 2003).

Tabla 1. Resumen de las propiedades de los componentes electrónicos pasivos

| Propiedad                  | Resistor | Capacitor | Inductor |
|----------------------------|----------|-----------|----------|
| Codigo                     | x        | x         | x        |
| Tipo                       | x        | x         | x        |
| Subtipo                    | x        | x         | x        |
| Nombre técnico             | x        | x         | x        |
| Nombre común               | x        | x         | x        |
| Capacitancia               |          | x         |          |
| Inductancia                |          |           | x        |
| Resistencia                | x        |           |          |
| Vataje                     | x        |           |          |
| Voltaje Max (V)            | x        | x         |          |
| Alto(mm)                   | x        | x         | x        |
| Ancho(mm)                  | x        | x         | x        |
| Tolerancia(+/-%)           | x        | x         | x        |
| Temp (°C)                  | x        | x         | x        |
| Resistencia interna (1kHz) |          |           | x        |
| Corriente nominal (A)      |          |           | x        |
| Leads (conectores)         | x        | x         | x        |
| Arreglo                    | x        | x         | x        |
| Cobertura                  | x        | x         | x        |
| URL DataSheet              | x        | x         | x        |

### Contexto de aplicación

En la mayoría de universidades del mundo es un hecho común que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica cursen una o más asignaturas básicas cuyo objetivo general es familiarizar al estudiante con el entorno del laboratorio, las normas de seguridad, el uso del equipamiento básico (fuentes de alimentación, multímetros, osciloscopios, entre otros), las herramientas de software para diseño electrónico y la identificación visual de componentes activos y pasivos (resistores, inductores y condensadores), y el reconocimiento y descripción de sus propiedades y características fundamentales. Comúnmente estas asignaturas son de

naturaleza teórico-práctica y llevan por nombre: Electrónica I, Fundamentos de Electrónica, Dibujo Electrónico o Diseño Electrónico, entre otros.

Uno de los objetivos de aprendizaje que suele encontrarse en los programas analíticos de dichas asignaturas es: “Los estudiantes serán capaces de identificar visualmente resistores, inductores y condensadores, y describir sus propiedades y características principales”. Para cumplir con dicho objetivo el docente desarrolla una o más prácticas de laboratorio en las cuales los estudiantes aprenden a reconocer los componentes electrónicos y sus propiedades físicas, eléctricas y electrónicas. Hasta ahora el reconocimiento se realiza de forma no-asistida, es decir, el estudiante debe: a) seleccionar un componente, b) visualizar sus características físicas, c) leer las propiedades eléctricas o electrónicas en las inscripciones o códigos (de colores o alfanuméricos) que están impresos en la carcasa, d) interpretar la información leída comparándola con información aprendida previamente o, en caso de no conocerla, hacer una búsqueda de información en línea o en libros especializados; y, e) verificar la información interpretada con evidencia empírica mediante la lectura de las propiedades eléctricas y/o electrónicas con equipos especializados (p.ej. multímetros).

### El enfoque del aprendizaje activo en contexto

El aprendizaje activo (Gosavi, C. S., & Arora, S., 2022) es un enfoque pedagógico constructivista en el que el estudiante es el protagonista de su propio aprendizaje, participando de forma proactiva en la construcción de su conocimiento a través de la experiencia. Este enfoque se relaciona con el Modelo de Aprendizaje Experiencial de Kolb, que ha sido aplicado en diversos contextos, como los laboratorios virtuales en ingeniería electrónica (González, Marchueta, & Vilche, 2011).

Según Agila-Palacios et al. (2016), el aprendizaje activo se ha identificado con el MAEK, ya que éste, según (Kolb & Kolb, 2022), describe el aprendizaje como un proceso cíclico que involucra cuatro etapas: experiencia (EC) concreta, observación reflexiva (OR), conceptualización abstracta (CA) y experimentación activa (EA). El aprendizaje activo se manifiesta en cada una de estas etapas, ya que el estudiante participa activamente en la construcción de su propio conocimiento a través de la interacción con el entorno, la reflexión sobre sus experiencias, la formulación de hipótesis y la aplicación de lo aprendido en nuevas situaciones. Adicionalmente, Kolb & Kolb (2022) identifican cuatro (4) estilos de estudiantes según sus características de comportamiento: Divergente, Convergente, Asimilador y Acomodador. En la Tabla 2 se muestra una síntesis de las cuatro etapas y estilos descritos en el modelo de Kolb.

Tabla 2. *Síntesis de las etapas del ciclo y estilos del modelo de Kolb*

| Etapas y Estilos de Aprendizaje en el Modelo de Aprendizaje Experiencial de Kolb |  |                         |  |
|--|--|-------------------------|--|
| Etapas del Ciclo   | Descripción  | Estilo de Aprendizaje   | Características  |
| Experiencia Concreta (EC)  | Participar en nuevas experiencias o reinterpretar experiencias existentes. | Divergente, Acomodador  | Imaginativo, emocional, práctico, aprende haciendo.            |
| Observación Reflexiva (OR)   | Reflexionar sobre la experiencia desde diferentes perspectivas.            | Divergente, Asimilador  | Reflexivo, analítico, observador, busca significado.           |
| Conceptualización Abstracta (CA)   | Formar conceptos y teorías a partir de la reflexión.                       | Convergente, Asimilador | Lógico, teórico, conceptualiza, organiza información.          |
| Experimentación Activa (EA)  | Aplicar los nuevos conocimientos a situaciones reales.                     | Convergente, Acomodador | Práctico, experimentador, resuelve problemas, toma decisiones. |

El MAEK proporciona un marco teórico sólido para fundamentar el uso del dispositivo insAItech Circuit Mentor en la consecución del objetivo de que los estudiantes identifiquen visualmente componentes electrónicos pasivos y comprendan sus propiedades. Al integrar las cuatro etapas del ciclo de aprendizaje de Kolb (EC, OR, CA y EA), el uso del dispositivo crea un ambiente de aprendizaje dinámico que permite a los estudiantes interactuar con los componentes, reflexionar sobre sus características, construir conocimiento teórico y aplicar lo aprendido en situaciones reales. Esta alineación con el modelo de Kolb asegura que el

aprendizaje sea significativo, motivador y efectivo, promoviendo el desarrollo de habilidades esenciales para los futuros ingenieros.

Asimismo, la comprensión de los diferentes estilos de aprendizaje identificados por Kolb & Kolb (2005) (divergente, convergente, asimilador y acomodador) permite adaptar el uso del dispositivo a las preferencias individuales de los estudiantes. Por ejemplo, los estudiantes con un estilo divergente pueden beneficiarse de la exploración de diferentes componentes y la reflexión sobre sus características desde múltiples perspectivas, mientras que los estudiantes con un estilo convergente pueden enfocarse en la aplicación práctica del conocimiento adquirido para resolver problemas relacionados con los componentes electrónicos. Al atender a la diversidad de estilos de aprendizaje, el dispositivo maximiza su potencial como herramienta educativa y asegura que todos los estudiantes tengan la oportunidad de alcanzar el objetivo de aprendizaje.

### **Consideraciones para la Implementación**

Para implementar el MAEK en la identificación asistida de componentes electrónicos mediante la herramienta insAItech Circuit Mentor, es importante considerar los siguientes aspectos: a) diseño de actividades, b) rol del docente, c) evaluación del aprendizaje y d) integración a la planificación analítica de la asignatura. Con respecto al diseño de actividades, estas deben estar diseñadas para promover la participación activa de los estudiantes en las cuatro etapas del ciclo de aprendizaje. El docente debe asumir el rol de facilitador del aprendizaje, guiando a los estudiantes a través del proceso de experiencia, reflexión, conceptualización y acción. Además, debe evaluarlos con un criterio integral considerando no solo la adquisición de conocimientos, sino también el desarrollo de habilidades y la capacidad de aplicar lo aprendido en situaciones reales. Por último, las actividades de reconocimiento asistido de componentes electrónicos deben estar integradas con el plan analítico de la asignatura y alineadas con los objetivos de aprendizaje. Es por ello por lo que es necesario que el docente planifique mediante un DI basado en el plan de la asignatura las actividades a realizar en las prácticas de laboratorio.

### **El diseño instruccional**

No obstante, el MAEK proporciona un marco teórico para el aprendizaje activo, a fines de la práctica docente se requiere transformarlo en un DI que manifieste: a) los objetivos del aprendizaje, b) la tecnología y recursos a utilizar, c) las actividades concretas a realizar, d) las estrategias de evaluación y e) la transferencia de lo aprendido a acciones concretas en la vida del estudiante.

Aunque existen diversos modelos de DI (Modelo ADDIE, Modelo de Dick y Carey, Modelo ASSURE, Modelo de Gagné y Briggs, Modelo de aprendizaje basado en proyectos y Modelo de aprendizaje invertido, entre otros) (Heinich, Molenda, Russell, & Smaldino, 2016), en este trabajo utilizaremos el Modelo Gagné y Briggs para crear el DI del objetivo de aprendizaje ya presentado; es decir: “Los estudiantes serán capaces de identificar visualmente resistores, inductores y condensadores, y describir sus propiedades y características principales”.

El modelo de Gagné y Briggs (Gagné, Wager, Golas, & Keller, 2005) se centra en nueve (9) eventos (momentos) instruccionales: 1) ganar la atención del estudiante, 2) estimular el recuerdo de los aprendizajes previos, 3) informar al estudiante de los objetivos de aprendizaje, 4) presentar el contenido, 5) guiar el aprendizaje, 6) propiciar el desempeño, 7) evaluar el desempeño, 8) proporcionar retroalimentación y 9) mejorar la retención y la transferencia.

### **La Visión Artificial como Herramienta Pedagógica**

La VA es una rama de la inteligencia artificial que permite a las computadoras "ver" y analizar imágenes y videos. Esta tecnología ha avanzado significativamente en los últimos años y ha encontrado aplicaciones en diversos campos, incluyendo la educación (Jiao et al, 2019). La VA ofrece un potencial significativo para la creación de herramientas de aprendizaje interactivas que pueden ayudar a los estudiantes a comprender conceptos complejos de manera más efectiva.

Diversos estudios han explorado el uso de la VA para mejorar el aprendizaje en diferentes disciplinas. Por ejemplo, el trabajo de Jing Li et al. (2021) presenta una red neuronal para la detección de componentes electrónicos en placas de circuitos impresos (PCB). En el ámbito de la medicina, la VA se está utilizando para el análisis de imágenes médicas (Potočnik et al., 2023), mientras que, en el campo de la robótica, la VA permite a los robots realizar tareas complejas en entornos complejos (Rodin, Lempitsky, & Kitani, 2021).

### El dispositivo insAItech Circuit Mentor y la Educación 4.0

La Educación 4.0, es un paradigma que promueve el uso de tecnologías emergentes como la realidad virtual, la inteligencia artificial, el aprendizaje adaptativo, las plataformas de aprendizaje en línea para mejorar la calidad de la educación y adaptarla a las demandas actuales (Barragán-López et al., 2021). En este contexto promueve el aprendizaje personalizado, colaborativo, el pensamiento crítico y creativo y la comunicación efectiva con el fin de preparar a los estudiantes para un mundo laboral en constante cambio, donde la adaptabilidad, la creatividad y las habilidades digitales son esenciales para el éxito.

El dispositivo insAItech Circuit Mentor como herramienta de aprendizaje se enmarca en la filosofía de la Educación 4.0, al promover un aprendizaje activo, personalizado y basado en la tecnología de vanguardia como la inteligencia artificial y el aprendizaje personalizado.

### El dispositivo insAItech Circuit Mentor

El dispositivo insAItech Circuit Mentor (Figura 2) es un aparato tecnológico diseñado y construido como parte de un proyecto de investigación desarrollado por el autor; y, a efectos de este trabajo, es una herramienta tecnológica didáctica que se utilizará como asistente tecnológico en el DI para el objetivo de aprendizaje.

Como se observa en la Figura 2, el dispositivo insAItech Circuit Mentor está compuesto por componentes físicos, así como una aplicación de software homónima que es parte integral de un sistema de software.

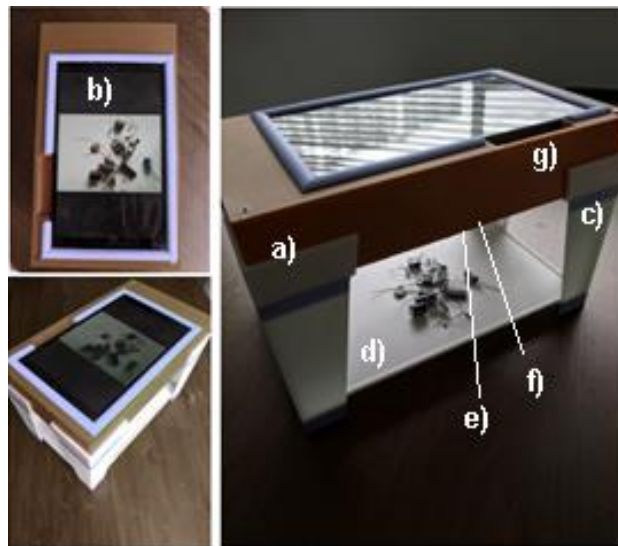


Figura 2. Dispositivo insAItech Circuit Mentor en tres diferentes vistas.

El dispositivo está compuesto por a) Caja bastidor, b) equipo de cómputo, c) estructura de soporte, d) bandeja para componente electrónicos, e) fuente de iluminación LED, f) cámara de alta resolución Arducam IMX219, g) concentrador USB. La funcionalidad de cada uno de dichos componentes se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Componentes físicos del insAItech Circuit Mentor

| Componente                               | Funcionalidad  |
|--|--|
| Caja bastidor                            | – Sirve como soporte estructural del equipo de cómputo, la bandeja de componentes electrónicos y l fuente de iluminación.                        |
| Equipo de cómputo                        | – Permite ejecutar la aplicación insAItech Circuit Mentor.   |
| Estructura de soporte                    | – Unida a la caja bastidor soporta la estructura del dispositivo.  |
| Bandeja de soporte                       | – Su función es servir de soporte para colocar los componentes electrónicos a ser reconocidos.   |
| Fuente de iluminación LED                | – Ilumina la bandeja de soporte durante la operatividad, permitiendo mantener un contraste y brillo adecuado para la captura optima de imágenes. |
| Cámara de alta resolución Arducam IMX219 | – Captura imágenes y videos de los componentes electrónicos en tiempo real.  |

### El sistema insAItech Circuit Mentor

La interactividad de los usuarios (docente y estudiantes) para usar el dispositivo insAItech Circuit Mentor como asistente en el reconocimiento de componentes electrónicos pasivos se logra mediante el sistema insAItech Circuit Mentor.

Como se observa en la Figura 3, el diseño del sistema establece una arquitectura REST (*Representational State Transfer*) para el sistema que permite interactuar un componente central (WebApp) y las instancias de la aplicación que sean instaladas en los respectivos dispositivos (insAItech Circuit Mentor App).

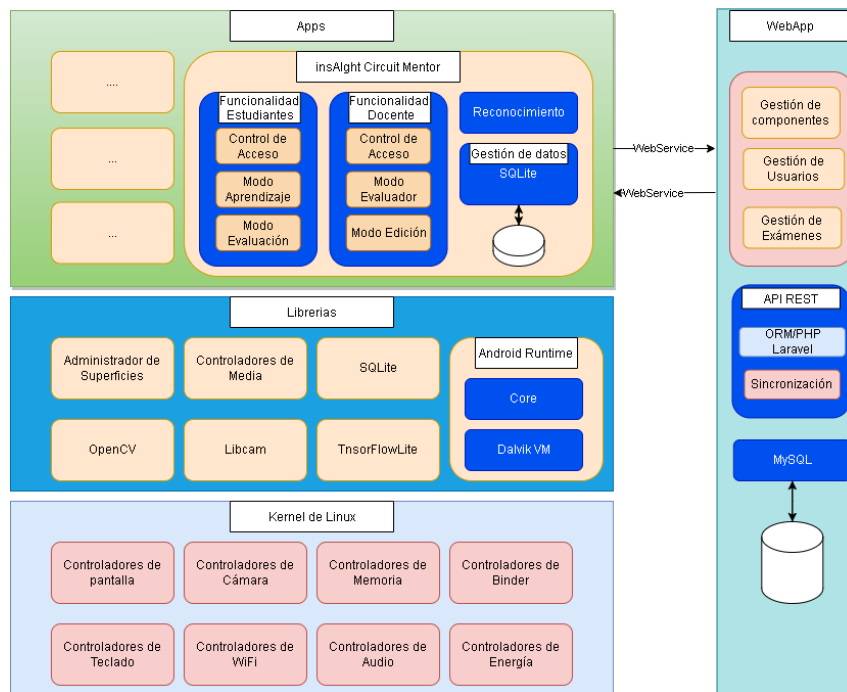


Figura 3. Arquitectura del sistema insAItech Circuit Mentor



### Funcionalidad de la aplicación insAItech Circuit Mentor App

La funcionalidad de la aplicación insAItech Circuit Mentor App integra las tecnologías de visión artificial con una interfaz de usuario intuitiva para ofrecer una experiencia de aprendizaje efectiva y personalizada. Puede ser usada en tres modalidades: a) Evaluación (Docente), b) Evaluación (Estudiante) y c) Aprendizaje (Estudiante).

Las funcionalidades permitidas a los estudiantes y docentes en cada uno de las modalidades de uso pueden observarse en la Tabla 4.

Tabla 4. *Funcionalidades permitidas a los estudiantes y docentes en la aplicación insAItech Circuit Mentor*

| Modalidad                     | Funcionalidad  |
|-------------------------------|--|
| Modo Aprendizaje (Estudiante) | – <b>Detección de componentes:</b> captura imagen, identifica y clasifica componente con un porcentaje de confiabilidad. Permite ajustes de nitidez y confiabilidad. |
|                               | – <b>Información detallada:</b> muestra nombre, tipo, características físicas, propiedades eléctricas, código de colores y aplicaciones típicas.                     |
|                               | – <b>Ampliación de imagen:</b> permite ampliar la imagen para observar detalles.   |
|                               | – <b>Comparación de componentes:</b> muestra diferencias y similitudes con otros componentes similares de la base de datos.  |
|                               | – <b>Recursos de aprendizaje:</b> proporciona acceso a tutoriales, videos y simulaciones.  |
| Modo Evaluación (Estudiante)  | – <b>Realización de la evaluación:</b> presenta imágenes de componentes y solicita al estudiante seleccionar las opciones correctas para los parámetros.             |
|                               | – <b>Retroalimentación:</b> proporciona retroalimentación inmediata sobre las respuestas del estudiante  |
| Modo Evaluación (Docente)     | – <b>Creación/Selección de evaluación:</b> permite seleccionar una evaluación predefinida o crear una nueva.   |
|                               | – <b>Configuración de evaluación:</b> permite elegir los componentes y parámetros a evaluar.   |
|                               | – <b>Informes:</b> genera informes sobre el desempeño de los estudiantes en las evaluaciones.  |

Adicionalmente, el sistema cuenta con una modalidad de gestión de usuarios que permite la creación y autenticación de cuentas para estudiantes y docentes. Además, la base de datos centralizada permite actualizar nuevos componentes y sus características, garantizando que las instancias tengan la misma información. Esta misma característica también le permite ser escalable.

### Organización de la aplicación insAItech Circuit Mentor App

La aplicación insAItech Circuit Mentor App está compuesta por los siguientes tres módulos de software: 1) Módulo de Visión Artificial: Se encarga de capturar la imagen del componente electrónico, preprocesarla, segmentarla, identificarla y clasificarla. El módulo utiliza la librería de software OpenCV (<https://opencv.org/>) para gestión de imágenes y la librería Tensorflow Lite (<https://www.tensorflow.org/lite/>) para clasificación de componentes. 2) Módulo de Base de Datos: Almacena información detallada de los componentes electrónicos, incluyendo sus características, propiedades y parámetros. Además, ejecuta operaciones de búsqueda de datos, almacenamiento de la información de los usuarios y de las evaluaciones, de la configuración y de las estadísticas de uso. Se utiliza MySQL (<https://www.mysql.com/>) como gestor de la base de datos relacional del componente centralizado. Además, se utiliza SQLite (<https://www.sqlite.org/>) como gestor de la base de datos local en cada instancia de insAItech Circuit Mentor App. 3) Módulo de Interfaz de Usuario: Permite la interacción de los usuarios (docentes y estudiantes) con el sistema, proporcionando acceso a los modos de aprendizaje y evaluación, así como a las funciones de configuración y administración. La interfaz de insAItech Circuit Mentor App es parte integral de la aplicación y está diseñada para ser desarrollada en lenguaje Kotlin para ser ejecutada en equipos móviles con sistema operativo Android 11 o anterior. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de uso de la interfaz de usuario en modo aprendizaje (Estudiante).



Figura 4. Imagen modelo de la interfaz mostrando la detección de componentes en el modo aprendizaje (Estudiante) de la aplicación insAItech Circuit Mentor App

En ese caso, el estudiante coloca un componente electrónico frente a la cámara. El sistema captura la imagen y, utilizando algoritmos de visión artificial y el modelo TensorFlow Lite, identifica y clasifica cada componente colocado en la bandeja. Por ejemplo, se observa el reconocimiento de los componentes (resistor 83%) que significa que reconoció un componente de tipo resistor con un 83% de confiabilidad, así mismo para el resto de los componentes. Los controles deslizantes Umbral de confianza, Umbral de superposición, Contraste y Brillo permiten ajustar los parámetros de nitidez de la imagen y confiabilidad para ajustar la probabilidad de reconocimiento.

### Metodología

El desarrollo del contenido de este trabajo se basó en una metodología multidisciplinaria que combinó recopilación documental, diseño tecnológico y diseño didáctico. En primer lugar, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura sobre el aprendizaje experiencial de Kolb, la educación 4.0 y los modelos de DI, especialmente el modelo de Gagné y Briggs.

A partir de esta base teórica, de la experiencia docente en asignaturas de la carrera de la Licenciatura en Ingeniería Electrónica en la Universidad Santa María la Antigua, y de la experiencia en el proyecto de diseño y desarrollo del dispositivo insAItech Circuit Mentor, se desarrolló un DI específico para la identificación asistida por el dispositivo mencionado de componentes electrónicos pasivos, integrando las etapas del ciclo de aprendizaje de Kolb y los principios del modelo Gagné y Briggs.

Dado que el dispositivo insAItech Circuit Mentor está en fase final del desarrollo, en este trabajo no se evaluó la efectividad del dispositivo ni del DI en un entorno de laboratorio educativo; no obstante, se considera un trabajo en progreso la evaluación de la efectividad de DI aquí presentado.

### Resultados

En este trabajo se presenta el resultado del DI para el objetivo de aprendizaje “Los estudiantes serán capaces de identificar visualmente resistores, inductores y condensadores, y describir sus propiedades y características principales”, usando como marco teórico el modelo de aprendizaje activo MAEK y los nueve eventos instruccionales del modelo Gagné y Briggs.

Dicho DI tiene como contexto la asignatura Laboratorio de Dibujo Electrónico cursada por los estudiantes de Ingeniería electrónica de la Universidad Santa María la Antigua de Panamá. A continuación, se especifica dicho contexto.

### Un escenario de aplicación

La Universidad Santa María la Antigua de Panamá (<https://usma.ac.pa/>), oferta la carrera Licenciatura en Ingeniería Electrónica (<https://usma.ac.pa/wp-content/uploads/2021/07/Ingenieria-Electronica-2021.pdf>) para

todos aquellos estudiantes que cumpla los requisitos de ingreso. La carrera se desarrolla en modalidad presencial en cuatro (4) años divididos en doce (12) cuatrimestres. Cada cuatrimestre se divide en quince (15) sesiones de clase, una semanal. Durante el tercer cuatrimestre del primer año los estudiantes deben cursar en paralelo las asignaturas Dibujo Electrónico y Laboratorio de Dibujo Electrónico. Ambas asignaturas son la base de la secuencia de profesionalización en electrónica que deben seguir en la carrera, por lo que representan el primer contacto de los estudiantes con los componentes electrónicos; además les permite adquirir los conocimientos básicos de la representación simbólica y pictórica de los mismos en los diferentes diagramas electrónicos. Los estudiantes matriculados son asignados a uno o más secciones (grupos) y cada uno de esos grupos se asigna a un docente idóneo. Cada grupo de clase suele tener entre cinco (5) a quince (15) estudiantes.

Específicamente, entre los objetivos de la asignatura Laboratorio de Dibujo Electrónico, los estudiantes deben familiaricen con el entorno del laboratorio, las normas de seguridad, el uso del equipamiento básico (fuentes de alimentación, multímetros, osciloscopios, entre otros), las herramientas de software para diseño electrónico y la identificación visual de componentes activos y pasivos (resistores, inductores y condensadores), y describir sus propiedades y características principales. La didáctica de la asignatura Laboratorio de Dibujo Electrónico se desarrolla en diez (10) prácticas de laboratorio (sin incluir evaluaciones parciales y finales). Cada práctica cubre un objetivo de la asignatura. De aquí que el docente es responsable de desarrollar un DI para cada objetivo y aplicarlo durante las sesiones de clase.

### Aplicación de las fases del MAEK

El uso del modelo de aprendizaje activo MAEK como marco teórico se traduce en especificar las actividades experienciales que deben realizar las estudiantes asociadas a las cuatro fases del MAEK usando como asistente el dispositivo insAItech Circuit Mentor. En la tabla 5 se muestran codificadas con la letra “A” seguida de un ordinal, las actividades que se consideran adecuadas para cada una de dichas fases (EC, OR, CA y EA).

Tabla 5. *Actividades de los estudiantes durante una práctica de laboratorio para el objetivo de aprendizaje, según las cuatro fases de MAEK (EC, OR, CA y EA)*

| Fase de MAEK                     | Actividades de los estudiantes  |
|----------------------------------|---|
| Experiencia Concreta (EC)        | A1) <b>Interacción con el dispositivo:</b> manipulan físicamente diferentes componentes electrónicos y los colocan en el dispositivo de reconocimiento<br>A2) <b>Observación de resultados:</b> observan cómo el dispositivo reconoce los componentes, mostrando información sobre sus características y funciones.<br>A3) <b>Comparación con conocimientos previos:</b> comparan la información proporcionada por el dispositivo con lo que ya saben sobre los componentes, identificando similitudes y diferencias  |
| Observación Reflexiva (OR)       | A4) <b>Análisis de errores:</b> reflexionan sobre los casos en que el dispositivo cometió errores de reconocimiento y analizan las posibles causas de estos errores.<br>A5) <b>Discusión en grupo:</b> discuten sus observaciones y reflexiones con sus compañeros y el docente, compartiendo diferentes perspectivas e interpretaciones.<br>A6) <b>Autoevaluación:</b> reflexionan sobre su propio proceso de aprendizaje y cómo han mejorado sus habilidades de identificación de componentes.  |
| Conceptualización Abstracta (CA) | A7) <b>Generalización de información:</b> generalizan la información obtenida de la experiencia y la integran con los conceptos teóricos aprendidos en clase sobre los componentes electrónicos.<br>A8) <b>Desarrollo de modelos mentales:</b> construyen modelos mentales sobre las características distintivas de cada componente y las relaciones entre ellos.<br>A9) <b>Formulación de hipótesis:</b> formulan hipótesis sobre cómo mejorar la precisión del dispositivo y cómo se puede aplicar la tecnología de visión artificial en otros contextos. |
| Experimentación Activa (EA)      | A10) <b>Diseño de experimentos:</b> diseñan experimentos para probar sus hipótesis sobre la mejora del dispositivo o la aplicación de la tecnología en otros ámbitos.<br>A11) <b>Resolución de problemas:</b> utilizan sus conocimientos adquiridos para resolver problemas relacionados con el reconocimiento de componentes electrónicos en situaciones reales.<br>A12) <b>Creación de nuevos proyectos:</b> aplican la tecnología de VA para desarrollar proyectos propios, como la construcción de robots o sistemas de automatización.                 |

Para la primera fase (EC), se considera que los estudiantes deben adquirir una experiencia concreta a partir de actividades como interactuar con el dispositivo colocando componentes en la bandeja, observar los resultados del reconocimiento de los componentes comparando dichos resultados con sus conocimientos previos como los colores de las barras de códigos de un resistor.

Para la segunda fase (OR), se busca que los estudiantes reflexionen sobre su experiencia con el dispositivo. Esto se puede lograr a través de actividades como el análisis de los errores que el dispositivo pudo haber cometido durante el reconocimiento, la discusión en grupo sobre las causas de esos errores y la autoevaluación de su propio proceso de aprendizaje.

En la tercera fase (CA), se busca que los estudiantes construyan una comprensión teórica del proceso de reconocimiento de componentes a partir de la experiencia práctica. Esto se puede lograr a través de actividades que permitan a los estudiantes generalizar la información obtenida del dispositivo, integrarla con los conceptos teóricos aprendidos en clase y desarrollar modelos mentales que representen las características distintivas de cada componente. Además, se les puede incentivar a formular hipótesis sobre cómo se puede mejorar la precisión del dispositivo y cómo se puede aplicar la tecnología de visión artificial en otros contextos.

Finalmente, la fase de Experimentación Activa (EA) busca que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos en la práctica y a través del dispositivo a situaciones reales. Para esto, se pueden implementar actividades como el diseño de experimentos para probar las hipótesis sobre la mejora del dispositivo, la resolución de problemas relacionados con la identificación de componentes en escenarios simulados o la creación de nuevos proyectos que utilicen la tecnología de visión artificial, como la construcción de robots o sistemas de automatización.

Siguiendo este ciclo de aprendizaje activo, se busca asegurar que los estudiantes comprendan los conceptos teóricos y adquieran las habilidades prácticas necesarias para el reconocimiento de componentes electrónicos, aprovechando al máximo las posibilidades que ofrece el dispositivo insAltech Circuit Mentor.

### Integrando los estilos de aprendizaje del modelo MAEK

La Tabla 6 muestra cómo se asignan las actividades de la práctica a cada una de las fases del MAEK, teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje de Kolb (Divergente, Convergente, Asimilador y Acomodador). De esta manera, se busca que todos los estudiantes puedan participar activamente en el proceso de aprendizaje y desarrollar las habilidades necesarias para el reconocimiento de componentes electrónicos.

Tabla 6. *Actividades del diseño instruccional agrupadas por estilo de aprendizaje según el MAEK (Divergente, Convergente, Asimilador y Acomodador), mostrando un ejemplo de aplicación con el dispositivo insAltech Circuit Mentor*

| Estilo de Aprendizaje de Kolb | Actividad del Diseño Instruccional   | Ejemplo de Interacción con el Dispositivo  |
|-------------------------------|--|--|
| Divergente (EC/OR)            | A1) <b>Interacción con el dispositivo:</b> manipulan físicamente diferentes componentes electrónicos y los colocan en el dispositivo de reconocimiento   | El estudiante coloca un resistor, un capacitor o un inductor en el dispositivo y analiza las imágenes y la información que proporciona el dispositivo sobre cada uno de ellos. Luego, compara esta información con sus conocimientos previos y, junto a sus compañeros, discuten los posibles errores del dispositivo y las razones. |
|                               | A2) <b>Observación de resultados:</b> observan cómo el dispositivo reconoce los componentes, mostrando información sobre sus características y funciones                                       |  |
|                               | A3) <b>Comparación con conocimientos previos:</b> comparan la información proporcionada por el dispositivo con lo que ya saben sobre los componentes, identificando similitudes y diferencias. |  |

|                     |   |   |
|---------------------|---|---|
|                     | <p>A4) <b>Análisis de errores:</b> reflexionan sobre los casos en que el dispositivo cometió errores de reconocimiento y analizan las posibles causas de estos errores.</p> <p>A5) <b>Discusión en grupo:</b> discuten sus observaciones y reflexiones con sus compañeros y el docente, compartiendo diferentes perspectivas e interpretaciones.</p>  |   |
| Convergente (CA/EA) | <p>A9) <b>Formulación de hipótesis:</b> formulan hipótesis sobre cómo mejorar la precisión del dispositivo y cómo se puede aplicar la tecnología de visión artificial en otros contextos.</p> <p>A10) <b>Diseño de experimentos:</b> diseñan experimentos para probar sus hipótesis sobre la mejora del dispositivo o la aplicación de la tecnología en otros ámbitos</p> <p>A11) <b>Resolución de problemas:</b> utilizan sus conocimientos adquiridos para resolver problemas relacionados con el reconocimiento de componentes electrónicos en situaciones reales.</p> | El estudiante utiliza el dispositivo para identificar los componentes necesarios para construir un circuito sencillo y luego utiliza el conocimiento adquirido para resolver un problema práctico con el circuito. También propone experimentos para evaluar la precisión del dispositivo en diferentes escenarios. |
| Asimilador (CA/OR)  | <p>A6) <b>Autoevaluación:</b> reflexionan sobre su propio proceso de aprendizaje y cómo han mejorado sus habilidades de identificación de componentes.</p> <p>A7) <b>Generalización de información:</b> generalizan la información obtenida de la experiencia y la integran con los conceptos teóricos aprendidos en clase sobre los componentes electrónicos.</p> <p>A8) <b>Desarrollo de modelos mentales:</b> construyen modelos mentales sobre las características distintivas de cada componente y las relaciones entre ellos.</p>                                   | El estudiante utiliza el dispositivo para identificar un componente y luego busca información adicional en libros o en línea para comprender mejor sus características y funcionamiento. Crea un modelo mental que explique las relaciones entre los diferentes componentes y cómo interactúan en un circuito.      |
| Acomodador (EC/EA)  | <p>A1) <b>Interacción con el dispositivo:</b> manipulan físicamente diferentes componentes electrónicos y los colocan en el dispositivo de reconocimiento</p> <p>A12) <b>Creación de nuevos proyectos:</b> aplican la tecnología del dispositivo insAltech Circuit Mentor para desarrollar proyectos propios, como la construcción de robots o sistemas de automatización.</p>  | El estudiante utiliza el dispositivo para identificar los componentes y luego construye un proyecto simple de electrónica utilizando estos componentes. A partir de este proyecto, imagina y desarrolla ideas para proyectos más complejos.   |

Para implantar el MAEK el docente asume el rol de facilitador del aprendizaje activo, guiando a los estudiantes a través del proceso de experiencia, reflexión, conceptualización y acción; por lo tanto, es necesario que planifique, mediante un DI basado en el plan de la asignatura, el orden cronológico de las actividades a realizar en las prácticas de laboratorio; es decir, debe especificadas las actividades experienciales que guíen a los actores (Docente/Estudiante/Asistente) a través del proceso de enseñanza-aprendizaje. A tal fin se utilizan los nueve eventos del modelo de diseño instruccional de Gagné y Briggs.

### Aplicación de los eventos del modelo Gagné y Briggs al diseño instruccional

La tabla presenta la organización de las actividades de la práctica de laboratorio en base a los nueve eventos de aprendizaje del modelo de Gagné y Briggs, identificando el actor responsable de cada actividad (Docente/Estudiante/Asistente).

La Tabla 7 presenta las actividades a considerar en el DI, ordenadas según los nueve eventos del modelo de Gagné y Briggs, especificando el actor -o los actores- responsable(s) de cada actividad (Docente/Estudiante/Asistente) y su relación con las actividades descritas en la Tabla 5.

Tabla 7. *Actividades del DI diseñadas para cumplir el objetivo instruccional, según los nueve eventos del modelo de Gagné & Briggs. Se indica el actor (Docente, Estudiante, Asistente) y con cuáles actividades del MAEK se relaciona. Se entiende por asistente el dispositivo insAltech Circuit Mentor*

| Evento de Gagné y Briggs                               | Actividad a realizar  | Actor                        | Relativo a:    |
|--|---|------------------------------|----------------|
| Ganar la atención                                      | Presentar el dispositivo y sus capacidades de forma atractiva para captar el interés de los estudiantes.  | Docente                      | No aplica      |
| Informar al estudiante de los objetivos de aprendizaje | Explicar claramente los objetivos de aprendizaje y las expectativas.  | Docente                      | No aplica      |
| Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos      | Revisar conceptos básicos de electrónica y componentes pasivos.   | Docente/Estudiante           | A3             |
| Presentar el contenido                                 | Utilizar como ejemplo de uso el dispositivo insAltech Circuit Mentor para mostrar imágenes de diferentes componentes y sus características distintivas. | Docente/Estudiante           | A1, A2         |
| Guiar el aprendizaje                                   | Proporcionar instrucciones claras y retroalimentación durante las actividades con el dispositivo.   | Docente/Asistente            | A1, A3         |
| Propiciar el desempeño                                 | Ofrecer oportunidades para que los estudiantes practiquen la identificación de componentes con la aplicación.   | Docente/Estudiante/Asistente | A1, A2, A3, A4 |
| Proporcionar retroalimentación                         | Evaluar el desempeño de los estudiantes y ofrecer retroalimentación constructiva.   | Docente/Estudiante/Asistente | A6, A8, A11    |
| Evaluar el desempeño                                   | Evaluar el aprendizaje de los estudiantes mediante pruebas y actividades prácticas.   | Docente/Estudiante/Asistente | A6, A8, A11    |
| Mejorar la retención y la transferencia                | Fomentar la aplicación del conocimiento a situaciones reales y la resolución de problemas.  | Docente/Estudiante           | A11, A12       |

Se observa en la Tabla 7 que la mayoría de los eventos se relacionan con el MAEK y con diferentes actividades del diseño instruccional. Por ejemplo, el evento "Presentar el contenido" por parte del docente implica la actividad de utilizar insAltech Circuit Mentor para mostrar imágenes de componentes (A2), lo que incluye también la interacción con el dispositivo (A1). De igual forma, "Guiar el aprendizaje" por parte del docente involucra actividades como la interacción con el dispositivo (A1) y la comparación con conocimientos previos (A3). Este enfoque integral asegura que el proceso de enseñanza-aprendizaje aborde de manera efectiva todas las etapas del modelo Gagné y Briggs, optimizando la adquisición de conocimiento y habilidades por parte de los estudiantes.

### Diseño instruccional de la práctica para el objetivo de aprendizaje

Finalmente, fundamentado en las relaciones anteriores, en la Tabla 8 se muestra el diseño instruccional de la práctica de laboratorio para el objetivo de aprendizaje con los respectivos eventos instruccionales asociados.

Tabla 8. *Diseño instruccional de una práctica para cumplir el objetivo de aprendizaje: "Los estudiantes serán capaces de identificar visualmente resistores, inductores y condensadores, y describir sus propiedades y características principales" mostrando los eventos instruccionales asociados.*

| Práctica de Laboratorio   | Evento instruccional  |
|---|---|
| Nombre de la práctica: Reconocimiento de componentes pasivos y sus propiedades  | Ganar la atención • Presentar el contenido  |
| Objetivo de aprendizaje: Reconocer visualmente resistencias, inductores y condensadores, y describir sus propiedades y características principales                        | Informar al estudiante de los objetivos de aprendizaje  |
| <b>Materiales y equipos:</b>  |   |
| Dispositivo insAltech Circuit Mentor • conjunto de resistencias, condensadores e inductores • multímetro • proyector, pizarra, marcadores • libros y guías de laboratorio | Presentar el contenido  |
| <b>Procedimiento:</b>   |   |
| <b>Parte 1: Familiarización con insAltech Circuit Mentor</b>  |   |
| 1. El docente presenta la aplicación insAltech Circuit Mentor y sus funcionalidades.  | Ganar la atención   |
| 2. Se realiza una demostración de cómo utilizar la aplicación para identificar resistencias, condensadores y otros componentes electrónicos.                              | Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos • Guiar el aprendizaje                                    |
| 3. Los estudiantes exploran la aplicación de forma individual, familiarizándose con la interfaz y las opciones disponibles.   | Propiciar el desempeño  |
| <b>Parte 2: Identificación de Resistores</b>  |   |
| 4. El docente explica las características físicas de los resistores, como su forma, tamaño, color y marcas.   | Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos • Guiar el aprendizaje                                    |
| 5. Se explican los códigos de colores utilizados para identificar el valor de la resistencia y la tolerancia.   | Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos • Guiar el aprendizaje                                    |
| 6. Los estudiantes utilizan insAltech Circuit Mentor para identificar diferentes resistores   | Propiciar el desempeño  |
| 7. Se comparan las características observadas en la imagen con la información proporcionada por la aplicación.  | Proporcionar retroalimentación • Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos                          |
| 8. Se verifica el valor del resistor utilizando un multímetro.  | Propiciar el desempeño • Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos • Proporcionar retroalimentación |
| 9. Se repiten los pasos 3 a 5 con los resistores.   | No aplica   |
| <b>Parte 3: Identificación de Condensadores</b>   |   |
| 1. El docente explica las características físicas de los condensadores, como su forma, tamaño, tipo (electrolítico, cerámico, etc.) y marcas.                             | Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos • Guiar el aprendizaje                                    |
| 2. Se revisa la forma de identificar la capacitancia y el voltaje de trabajo de los condensadores a partir de las marcas o códigos impresos.                              | Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos • Guiar el aprendizaje                                    |
| 3. Los estudiantes utilizan insAltech Circuit Mentor para identificar diferentes instancias de condensadores.   | Propiciar el desempeño  |

|   |   |
|---|---|
| 4. Se comparan las características observadas en la imagen con la información proporcionada por la aplicación.  | Proporcionar retroalimentación • Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos                          |
| 5. Se verifica el valor de la capacitancia utilizando un multímetro.  | Propiciar el desempeño • Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos • Proporcionar retroalimentación |
| <b>Parte 4: Identificación de Inductores</b>  |   |
| 1. El docente explica las características físicas de los inductores, como su forma, tamaño, tipo y marcas.  | Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos • Guiar el aprendizaje                                    |
| 2. Se revisa la forma de identificar la inductancia y vatiaje de trabajo.   | Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos • Guiar el aprendizaje                                    |
| 3. Los estudiantes utilizan insAItech Circuit Mentor para identificar diferentes instancias de inductores.  | Propiciar el desempeño  |
| 4. Se comparan las características observadas en la imagen con la información proporcionada por la aplicación.  | Proporcionar retroalimentación • Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos                          |
| 5. Se verifica el valor de la inductancia utilizando un multímetro.   | Propiciar el desempeño • Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos • Proporcionar retroalimentación |
| <b>Parte 5: Evaluación</b>  |   |
| 1. El docente activa el modo evaluación de insAItech Circuit Mentor.  | Propiciar el desempeño  |
| 2. Se solicita a los estudiantes responder las preguntas realizadas por con componentes electrónicos dispuestos en la bandeja.  | Evaluar el desempeño  |
| 3. Los estudiantes deben identificar el tipo de componente y sus propiedades (valor de resistencia/capacitancia/inductancia y tolerancia) utilizando las opciones proporcionadas por la aplicación. | Evaluar el desempeño  |
| 4. Al finalizar la evaluación, los estudiantes reciben una evaluación numérica en escala entre 1 a 100 puntos sobre su desempeño.   | Proporcionar retroalimentación  |
| <b>Parte 6: Discusión y Conclusiones</b>  |   |
| 1. Se discuten las dificultades y errores comunes encontrados durante la práctica.  | Propiciar el desempeño • Proporcionar retroalimentación   |
| 2. Se reflexiona sobre la importancia de la identificación correcta de los componentes electrónicos en el diseño y construcción de circuitos.   | Mejorar la retención y la transferencia   |
| 3. Se explora la aplicación de los conocimientos adquiridos en la resolución de problemas y el diseño de circuitos electrónicos.  | Mejorar la retención y la transferencia   |
| <b>Actividades complementarias:</b> Al finalizar la práctica se les sugiere a los estudiantes:  |   |
| 1. Diseñar circuitos simples que utilicen los componentes estudiados.   | Propiciar el desempeño • Mejorar la retención y la transferencia  |
| 2. Explorar el uso de insAItech Circuit Mentor para identificar componentes activos, como transistores y diodos.  | Propiciar el desempeño • Mejorar la retención y la transferencia  |

Como se observa en la Tabla 8, el DI integra los nueve eventos instruccionales del modelo de Gagné y Briggs para la práctica de laboratorio. Cada paso del procedimiento se relaciona con uno o más eventos, asegurando que la práctica aborde de forma completa el proceso de aprendizaje. Por ejemplo, la presentación del dispositivo y sus funcionalidades (Paso 1 de la Parte 1) corresponde a "Ganar la atención", mientras que la demostración de cómo usar la aplicación para identificar componentes (Paso 2 de la Parte 1) se relaciona con "Estimular el recuerdo de los aprendizajes previos" y "Guiar el aprendizaje".

## Discusión

Este trabajo se centró en desarrollar un DI para mejorar el aprendizaje del reconocimiento de componentes electrónicos en estudiantes de ingeniería electrónica, asistido por el dispositivo insAItech Circuit Mentor como una estrategia de aplicación de los principios de la filosofía de la Educación 4.0. Los resultados obtenidos



muestran que es posible elaborar un DI, fundamentado en el modelo de Kolb y Gagné y Briggs, que ofrezca un marco sólido para la implementación de este enfoque.

El uso de insAItch Circuit Mentor como asistente permitiría a los estudiantes interactuar con los componentes electrónicos de forma más dinámica, recibiendo información detallada y retroalimentación inmediata, lo que contribuye a un aprendizaje más eficiente y atractivo. El DI propuesto aborda de manera efectiva las diferentes fases del proceso de aprendizaje, adaptándose a los distintos estilos de aprendizaje de los estudiantes y promocionando la participación activa en cada una de las etapas.

Al comparar los resultados de este estudio con investigaciones previas, se observa que la integración de la tecnología de VA en el proceso de enseñanza-aprendizaje es una tendencia creciente en el campo de la educación tecnológica. Estudios como el de De La Cruz Rodríguez y Donoso Quimbita (2016) han demostrado la efectividad del uso de dispositivos de VA para mejorar la comprensión de conceptos complejos en ingeniería. Asimismo, la investigación de Jing Li et al. (2021) ha mostrado el potencial de las redes neuronales para la detección de componentes electrónicos en placas de circuitos impresos, lo que abre nuevas posibilidades para el desarrollo de herramientas de aprendizaje basadas en VA para la ingeniería.

El DI propuesto se enfoca en el aprendizaje individual, pero se podría potenciar aún más la experiencia de aprendizaje mediante la creación de grupos heterogéneos que integren estudiantes con distintos estilos de aprendizaje de Kolb. De esta manera, se fomentaría el trabajo colaborativo y grupal, aprovechando las fortalezas de cada estilo para el beneficio de todos. Por ejemplo, un grupo podría incluir un estudiante divergente que aportaría perspectivas creativas e imaginativas, un estudiante convergente que se enfocaría en la resolución de problemas prácticos, un estudiante asimilador que integraría la información teórica y un estudiante acomodador que pondría en práctica los conocimientos adquiridos. Esta estrategia no solo fortalecería el aprendizaje colaborativo, sino que también permitiría a los estudiantes desarrollar habilidades de comunicación y trabajo en equipo, esenciales para el éxito en el ámbito profesional.

Diversos estudios han demostrado que la creación de grupos con diferentes estilos de aprendizaje puede ser una estrategia efectiva para potenciar la colaboración y el aprendizaje. Kolb (1984) propone que los grupos heterogéneos proporcionan un entorno de aprendizaje más rico y complejo, lo que permite a los estudiantes aprender de las experiencias y perspectivas de los demás. De manera similar, Gosavi y Arora (2022) afirman que la colaboración entre estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje conduce a un mejor entendimiento de los conceptos y a un mayor compromiso con el aprendizaje.

La siguiente fase de este desarrollo será evaluar la efectividad del DI. También, es necesario realizar estudios empíricos que comprueben el impacto del dispositivo en el rendimiento académico de los estudiantes y su influencia en la motivación y el interés por el aprendizaje.

Las preguntas abiertas que surgen a partir de este trabajo incluyen la necesidad de ampliar la evaluación a un grupo más grande de estudiantes, realizar un estudio controlado con grupos de control, y profundizar en el análisis de cómo el DI impacta en los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes.

Este trabajo se posiciona como un punto de partida para el desarrollo de estrategias innovadoras para la enseñanza del reconocimiento de componentes electrónicos. La integración de la VA con los modelos de aprendizaje activo abre un amplio campo de posibilidades para mejorar la calidad de la educación en ingeniería, preparando a los futuros ingenieros para los retos del mercado laboral.

## Conclusiones

Los resultados de este estudio sugieren que es factible la elaboración de un DI para el aprendizaje activo que incorpore insAItch Circuit Mentor como asistente con el fin de mejorar las habilidades de reconocimiento de componentes electrónicos en estudiantes de Ingeniería Electrónica. Si bien no se han realizado pruebas empíricas en un entorno educativo real, el DI desarrollado, basado en el Modelo de Aprendizaje Experiencial de Kolb y el modelo de Gagné y Briggs, proporciona un marco sólido para la enseñanza de esta habilidad

fundamental. Se lograron los objetivos de desarrollar el DI que integra el dispositivo y definir las actividades para la práctica de laboratorio, logrando cubrir las etapas del ciclo de aprendizaje de Kolb y los eventos instruccionales del modelo de Gagné y Briggs. El uso de dispositivo insAltech Circuit Mentor se prevé que permita a los estudiantes experimentar de manera práctica con los componentes, recibir información detallada sobre sus características, realizar pruebas y obtener retroalimentación inmediata, lo que facilita el proceso de aprendizaje.

Es importante reconocer que este trabajo se encuentra en una fase de presentación. Se necesitan estudios empíricos adicionales para evaluar la efectividad del dispositivo y el DI en un entorno real de aprendizaje. Futuras investigaciones deberán centrarse en la evaluación del impacto del dispositivo en el aprendizaje y el rendimiento académico de los estudiantes. Asimismo, considerar la diversidad de estilos de aprendizaje de los estudiantes para adaptar el DI y asegurar que todos los estudiantes puedan beneficiarse del uso del dispositivo. También sería interesante investigar la influencia del dispositivo en la motivación y el interés de los estudiantes por el aprendizaje.

### **Agradecimientos**

Este trabajo es parte del proyecto Nro. SRUI-CPEI-ID-2022-2023-006 subvencionado por la Universidad Católica Santa María la Antigua (USMA), Panamá.

### **Referencias**

- Agila-Palacios, M. J. R. L., Dunia, I., & Sarango Lapo, C. P. (2016). Entornos gamificados: un contexto de aprendizaje activo. In *Memorias de la Décima Quinta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática*.
- Allegra, D., Laganà, M. M., Valenti, G., Rapisarda, V., & Pennisi, M. (2020). Artificial intelligence in the healthcare sector: A scoping review. *Journal of Business Research*, 117, 599-611.
- Barragán-López, J. F., Muñoz-Guevara, E., & Velázquez-García, G. (2021). Análisis sobre la evolución tecnológica hacia la Educación 4.0 y la virtualización de la Educación Superior. *Transdigital*, 2(4).
- Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2003). *Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (8ª ed.). Pearson Educación.
- De La Cruz Rodríguez, A. E., & Donoso Quimbita, J. F. (2016). Diseño y construcción de una máquina didáctica clasificadora de objetos mediante visión artificial para el Laboratorio de Automatización Industrial de Procesos Mecánicos de la Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito, 2016.
- Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., & Keller, J. M. (2005). *Principles of instructional design* (5th ed.). Wadsworth Cengage Learning.
- González, M.L., Marchueta, J., & Vilche, E. (2011). Modelo de aprendizaje experiencial de Kolb aplicado a laboratorios virtuales en Ingeniería en Electrónica.
- Gosavi, C. S., & Arora, S. (2022). Active Learning Strategies for Engaging Students in Higher Education. *J. Eng. Educ. Transform*, 36, 1-7.
- Heinich, R., Molenda, M., Russell, J. D., & Smaldino, S. E. (2016). *Instructional media and technologies for learning* (10th ed.). Pearson.
- Jiao, L., Zhang, F., Liu, F., Yang, S., Li, L., Feng, Z., & Qu, R. (2019). A survey of deep learning-based object detection. *IEEE Access*, 7, 128837-128868.
- Jing Li, Weiye Li, Yingqian Chen, Jinan Gu, (2021). "A PCB Electronic Components Detection Network Design Based on Effective Receptive Field Size and Anchor Size Matching", *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2021, Article ID 6682710, <https://doi.org/10.1155/2021/6682710>
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2005). Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education. *Academy of Management Learning & Education*, 4(2), 190-212.
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2013). *The experiential learning cycle as a guide for experiential educators*. Experiential Learning Center Press.
- Kolb, A. & Kolb, D. (2022). Experiential Learning Theory as a Guide for Experiential Educators in Higher Education. *Experiential Learning and Teaching in Higher Education*, 1, 38. <https://doi.org/10.46787/elthe.v1i1.3362>

- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Potočník, J., Foley, S., & Thomas, E. (2023). Current and potential applications of artificial intelligence in medical imaging practice: A narrative review. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 54(2), 376-385. <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2023.03.033>
- Sánchez Guzmán, D. (2019). Industria y educación 4.0 en México: un estudio exploratorio. *Innovación Educativa*, 19(81), 39-63.