

# Método de enseñanza/aprendizaje aplicado a los sistemas de energía eléctrica

Teaching/learning method applied to electrical energy systems

A. J. Saavedra-Montes  ; G. J. Sánchez-Zuluaga 

DOI: <https://doi.org/10.22517/23447214.24546>

Artículo de investigación científica y tecnológica

**Abstract**—The contemporary methodologies are focused in the students, who, in engineering programs, many times they are unmotivated by the lack of integration of practical content with attractive and experiential methods. In this paper, a design and implementation of a new teaching-learning method are presented. The proposed method here, called Integration practices of knowledge and resource articulation, seek the combination of different knowledge areas with laboratory resources, forming in the student a holistic vision of the electric energy systems. This method is composed of three sections: Prelaboratory, laboratory and poslaboratory, including in each of them, pedagogical moments who the student realize based in different teaching techniques, like active learning, affective teaching and gamification how learning experience. A meaningful and motivating experience is intended, using videos, didactic games, short reads, and activities that in innovative ways motivate students to continue their studies and do more research about the knowledge acquired, emulating the situations that can be found in the productive sectors.

**Index Terms**— Contemporary didactics, electrical machines, holistic training, knowledge integration, teaching/learning.

**Resumen**—Las metodologías contemporáneas están enfocadas en los estudiantes, quienes, en carreras de ingeniería, muchas veces se ven desmotivados por la falta de integración de contenidos prácticos con métodos atrayentes y experienciales. En este artículo, el diseño e implementación de un nuevo método de enseñanza-aprendizaje es presentado. El método aquí propuesto, denominado Prácticas integradoras de conocimientos y articulación de recursos, busca unificar diferentes áreas de conocimiento con recursos del laboratorio, generando en el estudiante una visión holística de los sistemas de energía eléctrica. Éste consta de tres secciones: Prelaboratorio, Laboratorio y Poslaboratorio, incluyendo en cada una varios momentos pedagógicos que realizará el estudiante basado en técnicas como aprendizaje activo, enseñanza afectiva y la lúdica como experiencia de aprendizaje. Se pretende lograr una experiencia significativa y motivadora, con el uso de videos, juegos didácticos, lecturas cortas y actividades que de manera innovadora motiven a los estudiantes a continuar con sus estudios y a investigar más sobre los conocimientos adquiridos, emulando las situaciones que se pueden encontrar en los sectores productivos.

**Palabras claves**— Didácticas contemporáneas, enseñanza/aprendizaje, formación holística, máquinas eléctricas, integración de conocimiento.

## I. INTRODUCTION

EN la actualidad, la industria requiere ingenieros electricistas y profesionales afines que posean una visión holística de los sistemas de energía eléctrica (SEE); sin embargo, la mayoría de los programas de formación que poseen componente práctica, aún enseñan los conceptos del sistema de energía eléctrica desagregados. Esta situación restringe la capacidad de retención del conocimiento de los estudiantes que no ven la importancia de su profesión en los diferentes campos de acción [1], al igual que los egresados de los programas con currículos tradicionales, adquieren una visión limitada de los SEE. También se puede observar que la falta de unificación de los conceptos en el laboratorio, expone la carencia de relación entre los conocimientos del SEE en los programas de ingeniería, sin ofrecer suficientes competencias para el desempeño profesional de los egresados [2].

Como consecuencia, y dado que la formación práctica es un complemento fundamental a la teoría vista en clase, los laboratorios deberían ser componentes integradores de conceptos. En muchas instituciones no se ha logrado este enfoque, pero existen algunos acercamientos, que han obtenido resultados como la agrupación de temas que integran una red eléctrica inteligente, electrónica de potencia, análisis de sistemas de potencia y máquinas eléctricas [3]. Así mismo, los estudiantes de ingeniería muchas veces se ven desmotivados en sus carreras porque no ven como su participación profesional aporta a brindar soluciones al entorno en que se desempeñan y muchas veces la falta de orientación, se ve plasmada en los cursos que se imparten de manera tradicional sin lograr cautivar su atención [4].

Por otra parte, las bajas tasas de graduandos en programas de ingeniería aumenta en Colombia, como lo han advertido agremiaciones como la sociedad antioqueña de ingeniería y la asociación colombiana de facultades de ingeniería, indicando que cada año hay una disminución de ingenieros en el país [5].

This manuscript was sent on October 29, 2020 and accepted on November 30, 2021.

A.J. Saavedra-Montes is with Universidad Nacional de Colombia, Carrera 80 No 65-223 - Facultad de Minas, Medellín – Colombia (e-mail: ajsaaved@unal.edu.co).

G.J. Sánchez-Zuluaga is with Universidad Nacional de Colombia, Carrera 80 No 65-223 - Facultad de Minas, Medellín – Colombia (e-mail: gjsanchezz@unal.edu.co).



Hay que mencionar, que esta situación también se vive en países como Estados Unidos, donde los estudiantes optan por carreras diferentes a las ingenierías eléctrica e informática (ECE), en gran medida, debido a deficiencias en el plan de estudios de dichos programas. Un estudio reveló el incremento de graduandos en otras carreras profesionales, y una disminución de un 15% de estudiantes interesados en ECE, considerando además que, tan solo el 50% que inicia estas ingenierías las terminan [6]. Esta problemática se observa en diferentes instituciones, planteando como principal causa la deserción derivada de las falencias de la estructura misma de los cursos tradicionales, carentes de una idea general de cómo los conceptos básicos se unen para formar la base de la innovación en ingeniería [1].

En [7] se presenta un método de tres pasos para resolver algunos de los problemas de la enseñanza práctica, destacando el uso de videoclips sobre experimentos realizados en un laboratorio de ingeniería. Por otro lado, existe el reto de atender a la población de estudiantes que poseen múltiples ocupaciones, e.g. estudiantes que combinan el estudio con el trabajo, quienes se ven afectados debido a que tradicionalmente las prácticas son atendidas en las instalaciones de los laboratorios limitando su asistencia. Por esta razón se creó un laboratorio disponible las 24 horas para realizar prácticas de manera remota, incluyendo un banco de trabajo con una máquina sincrónica acoplada a una DC, permitiendo la medición y control de las variables a través de una interfaz sobre la plataforma Moodle [8]. Asimismo, los autores de [9] presentan un método de aprendizaje donde se combina la enseñanza presencial con la tecnología no presencial llamado Blended learning (B-learning). Este método es usado en el desarrollo de un laboratorio virtual de máquinas eléctricas apoyado en el uso de Labview Web Server, al que pueden acceder de manera remota los estudiantes.

Los autores de [10] investigan la relación entre los experimentos e instalaciones para determinar la satisfacción de los estudiantes en el laboratorio. Es claro que motivar a los estudiantes de ingenierías y promover la adquisición de competencias relevantes es un reto, y que, en la actualidad es aún más complejo debido a la alta generación de información mundial. Esta situación fue usada a favor con la creación de píldoras de aprendizaje, que son enviadas a los estudiantes durante la clase a sus celulares, y son creadas por los mismos docentes. Las píldoras constan de un corto ejercicio que debe ser resuelto por el estudiante individualmente, contemplando los principales conceptos que se ven a través de la clase. Los autores aseguran que con este método se incrementó el interés por los cursos probados en un 58% [11]. Precisamente, los estudiantes modernos, que crecieron con smartphones y conectados a redes sociales y videojuegos, son diferentes a los profesores que los están formando. Por lo tanto es preciso analizar las necesidades de la industria, para lograr metodologías multimodales de aprendizaje, que contemplen prácticas de laboratorio, asistencia por computadora y resolución de problemas de manera analítica, para lograr la formación del ingeniero del futuro [12].

El objetivo de este artículo es presentar las etapas de diseño de un método de enseñanza/aprendizaje llamado Prácticas

Integradoras de Conocimientos y Articulación de Recursos (PICAR). El método utiliza metodologías y técnicas contemporáneas, enfocadas en el estudiante, incorporando videos y lecturas cuyo propósito pedagógico está centrado en la forma de aprender del estudiante moderno, y la mediación tecnológica como herramienta para el proceso cognitivo, además del uso de la didáctica afectiva con juegos diseñados para ayudar a la retención de contenidos. La mayor contribución del método propuesto es la integración de diferentes áreas de conocimiento en una sola práctica, articulando los recursos de laboratorio con técnicas pedagógicas y herramientas para la gestión de aprendizaje y contenidos.

El resto del artículo está organizado como sigue. En la Sección II se presentan las etapas que componen el método PICAR, las cuales involucran a los estudiantes y al profesor. El procedimiento para producir las prácticas que integren conocimientos se presenta en la Sección III. Un ejemplo de cómo producir una PICAR se muestra en la Sección IV. Las conclusiones se presentan en la sección V y las referencias cierran el artículo.

## II. PRÁCTICAS INTEGRADORAS DE CONOCIMIENTOS Y ARTICULACIÓN DE RECURSOS PICAR

El principal objetivo del método es articular diferentes áreas de conocimiento con los recursos de un laboratorio, generando en el estudiante una visión holística de los SEE. Este método consta de tres secciones: Prelaboratorio, Laboratorio y Poslaboratorio, en cada una se definen los momentos pedagógicos que realizará el estudiante, cumpliendo con el objetivo trazado para cada sección. Es necesario que exista un momento introductorio para preparar al estudiante en el manejo de la instrumentación, equipos, componentes y las normas de seguridad del laboratorio, así como el uso de los espacios y otra información que el docente considere importante incluir. A continuación, se exponen los momentos pedagógicos precisando su objetivo de aprendizaje y la guía que seguirán los estudiantes.

### A. Momento pedagógico introductorio

En este momento se presentan temas propios del curso como son: la rúbrica de evaluación, las normas de seguridad, la temática del curso y toda aquella información que el docente crea pertinente. También se presenta la plataforma experimental que usarán los estudiantes en la sección de laboratorio y servirá como eje del desarrollo de las prácticas. El momento pedagógico introductorio consta además de una actividad lúdica para descubrir el funcionamiento general de la estación de trabajo por medio de un juego que deberá ejecutar cada estudiante del grupo de trabajo y posteriormente, resolver un cuestionario de 5 preguntas, cuyo objetivo es conocer cada instrumento del banco de trabajo, el modo de uso y la operación.

### B. Prelaboratorio

El objetivo de esta sección es generar en el estudiante una visión holística de la práctica, brindándole al estudiante las

herramientas necesarias para proponer un esquema de montaje que ejecutará en la experimentación física en el laboratorio. Esta sección cuenta con cinco momentos pedagógicos basados en las siguientes técnicas modernas: aprendizaje activo, auto ritmo, gamificación *i.e.* volver lúdicas las lecciones, aprendizaje entre pares y realimentación instantánea. Cada momento pedagógico de la sección prelaboratorio es de obligatorio cumplimiento y son descritos a continuación.

#### 1) *Visualización de videos*

Se busca alcanzar la comprensión mediante un proceso cognitivo autónomo, el cual hace parte de la técnica de aprendizaje activo. La selección de dos videos por temática tratada con contenidos acorde a lo que pretende explicarse, pueden ser de producción personal o de otro autor que no violen las políticas de derechos de autor. Sin embargo, es importante revisar aspectos de diseño de los videos, tales como, la narración, la duración y la relevancia del tema. Estos factores influyen en la manera en que aprenderá el estudiante y como responden a la técnica utilizada [18].

La duración sugerida es de 7 min, sin que supere los 9 min. Los autores de [19] explican que en cursos tipo MOOC (Massive open online course), la participación de los estudiantes tiende a alcanzar su punto máximo alrededor de los 6 minutos y allí dependerá del contenido si la atención decae.

#### 2) *Juego didáctico.*

La gamificación, es un término complejo y diverso que depende del ambiente, si es académico o empresarial. La gamificación busca identificar de manera concreta la lúdica como experiencia de aprendizaje. El propósito de un juego didáctico es aprovechar las características atractivas del juego y agregar un mensaje, una actividad o una tarea específica para transmitir conocimiento, mediante enseñanzas afectivas relevantes [20].

La lúdica representa una mezcla perfecta entre el aprendizaje y el ocio, donde el individuo se recrea mientras aprende, al mismo tiempo que se incentiva su autoestima a través de una experiencia significativa y motivadora. Es decisión del docente si construye un juego o utiliza alguna de las múltiples plataformas existentes sobre ayudas didácticas con estrategias lúdicas, para lograr una buena retención por medio de una didáctica de interés del estudiante, que lo retará como jugador sin dejar de lado la característica de instrucción. El portal educación 3.0, realizó un resumen con diferentes plataformas educativas [21], que sirven como ejemplo al creador de la instrucción, así como portales de juegos creados por diferentes personas como itch.io [22].

#### 3) *Cuestionario*

Al finalizar el juego, se requiere que el estudiante resuelva un cuestionario con preguntas, cuyo objetivo es ayudar a recordar los conceptos adquiridos en las actividades anteriores. Este tendrá una realimentación instantánea mostrando la calificación obtenida, y podrá ser repetido cuantas veces se quiera para obtener el resultado deseado, un refuerzo positivo. Esto cambia los momentos de enseñanza en resultados de aprendizaje. Para realizar este cuestionario, existen diferentes medios y depende si el docente está utilizando alguna plataforma de gestión educativa, estas ya tienen esta

herramienta incorporada. Otra alternativa es con el correo electrónico de Google, por medio de la llamada G suite y su componente gratuito forms.

#### 4) *Foro de discusión.*

La interacción entre pares es una tendencia a compartir el conocimiento adquirido, como puede observarse en foros de intercambio en temas específicos, logran la solución en conjunto y alcanzan una invitación al trabajo en equipo. Una vez finalizado el prelaboratorio, se espera que los estudiantes adquieran una visión general de la práctica, así como una introducción a los dispositivos, equipos y herramientas que utilizará en el montaje en el laboratorio, logrando así una mejor comprensión de los conceptos expuestos, reduciendo los posibles accidentes e incrementar su habilidad para interactuar con los elementos.

Una vez finalizado el prelaboratorio, se espera que los estudiantes adquieran una visión general de la práctica, así como una introducción a los dispositivos, equipos y herramientas que utilizará en el montaje en el laboratorio, logrando así una mejor comprensión de los conceptos expuestos, reduciendo los posibles accidentes e incrementar su habilidad para interactuar con los elementos.

Después de realizados los momentos, el grupo de estudiantes plantea una propuesta de montaje que cumpla con los objetivos de la práctica y la sube a la plataforma en el espacio dispuesto para tal fin o se enviará por correo, esto hace parte de la nota final obtenida de acuerdo a los porcentajes dispuestos por el docente, quien debe también realizar una realimentación de éste antes de realizar el montaje en el laboratorio.

### C. *Laboratorio*

Esta sección es el núcleo de todo el trabajo propuesto, por ello su propósito es materializar el montaje, comprobar, registrar y recolectar los datos de la práctica propuesta realizando las conexiones y la toma de datos necesarios para el posterior análisis de los resultados obtenidos, con base en los conocimientos adquiridos en el prelaboratorio llevando la teoría a la práctica. El material generado en esta sección hace parte de la entrega de los productos en la sección siguiente. Su fundamento se basa en metodologías activas de aprendizaje, específicamente, manos a la obra (hands-on), lo que conlleva a una comprensión superlativa de los conceptos teóricos y un aprendizaje significativo [1].

El grupo de estudiantes deberá, con base en la propuesta realizada en el prelaboratorio y con la debida realimentación del docente, realizar el montaje con las herramientas dispuestas en el laboratorio y tomarán fotos, videos, producirán graficas con el software y los equipos dispuestos en la estación de trabajo que se observó en el prelaboratorio, registrando los datos y escribirán 5 hitos ocurridos en la práctica. Esta colección de datos sin analizar, debe ser asentada inmediatamente en la plataforma o medio disponible para ello y será usada para producir los 5 resultados del postlaboratorio, los cuales son usados para alimentar la plataforma.

#### 1) *Fotos*

El grupo de estudiantes tomará fotografías del montaje, lo que servirá como evidencia del mismo y será material para lo

que pretende explicar de su montaje y posterior justificación de los productos obtenidos.

## 2) Videos

Algunos eventos que suceden en la práctica, no son fácilmente registrados con los datos tomados o las gráficas obtenidas por los equipos. Por esto se requiere de un video corto, máximo 2 minutos, de algún suceso que el equipo de trabajo considere relevante en su práctica.

## 3) Gráficos tomados de los equipos

Algunos equipos tienen la posibilidad mediante el software o descargando por USB desde el mismo equipo, de generar gráficas de los procesos que se están midiendo. Este material hace parte de los productos solicitados en el poslaboratorio, agregando valor y calidad al resultado.

## 4) Anotaciones

Las notas que el equipo de trabajo considere importantes, tales como mediciones de variables, comportamiento de los equipos y eventos, deben registrarlos en los hitos.

## 5) Hitos

Los sucesos que ocurran en la práctica con mayor relevancia, se resumen en cinco hitos que el grupo de estudiantes consignará en la plataforma o en el medio que disponga el docente en un cuestionario de preguntas abiertas generadas previamente por el docente, lo que ayuda a la explicación y justificación del trabajo realizado.

## D. Poslaboratorio

La intención de esta sección es reafirmar los conocimientos adquiridos por los estudiantes, finalizando su proceso con la entrega de cinco productos derivados de las dos secciones anteriores, estableciendo lo que se considera como el informe del laboratorio. Los productos consisten en los resultados obtenidos en el laboratorio. Cada uno de los materiales, que fue subido durante la práctica del laboratorio, deberá ser justificado con un párrafo descriptivo. Es posible apoyar el proceso de entrega del material facilitando a los estudiantes un formato que puede estar albergado en la plataforma escogida por el docente y será calificado posteriormente.

A continuación, se hace una descripción de lo que pueden ser los cinco resultados obtenidos en la sección de laboratorio y lo que será el entregable del grupo de estudiantes.

### 1) Fotos y videos

Las imágenes que tomó el grupo de estudiantes del montaje, deben estar justificadas con un breve párrafo que explique las fotos y constituye uno de los 5 productos obtenidos.

Algunos eventos son difícilmente percibidos si no es en el mismo momento de la toma de datos como, por ejemplo, el arranque de la máquina mostrando los decibeles medidos con otro equipo quedando registrados sincrónicamente o en tiempo real. El video corto debe ser de máximo 2 minutos, y también debe tener la explicación por medio de un párrafo breve.

### 2) Gráficos tomados de los equipos

Los gráficos entregados por algunos equipos del laboratorio agregan valor y calidad a los productos finales obtenidos, con su debida justificación, se convierten en una forma muy valiosa de explicar los fenómenos ocurridos durante la práctica.

### 3) Anotaciones

Las anotaciones que el equipo de trabajo considere importantes, puede ayudarles a explicar el comportamiento de los equipos y eventos y son materia prima para justificar los productos a entregar en el poslaboratorio.

### 4) Hitos

Se resume en un formulario de cinco preguntas abiertas que el equipo de estudiantes llenará en la plataforma o en el medio que disponga el docente generadas previamente por él, lo que ayuda a la explicación y justificación de los otros resultados obtenidos *i.e.* fotos, gráficos, videos, etc.

En la Fig. 1, se presenta un resumen del método que seguirá el estudiante y los pasos para aplicarlo, mostrando las tres secciones: prelaboratorio, laboratorio y poslaboratorio, las actividades que debe hacer en cada una y el objetivo que busca cumplir cada sección.



Fig. 1. Esquema que representa el método Prácticas Integradoras de Conocimientos y Articulación de Recursos.

## III. IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO PICAR

El docente debe usar su experiencia, capacidad de búsqueda y conocimiento para saber qué áreas pueden ser integradas. El profesor es el planificador e instructor y debe alimentar la plataforma interactiva o enviar la información de los contenidos a los estudiantes y hacer su seguimiento.

Se definen tres etapas de diseño para orientar al docente en la construcción del material de instrucción con base en el método propuesto, a saber: la búsqueda, la correlación de contenidos y la consolidación de las prácticas, lo que dará como resultado la materia prima para las actividades de los estudiantes, como se presenta en la Fig. 2, con un diagrama de flujo que agrupa el proceso realizado para la obtención de material didáctico que alimentará la plataforma.

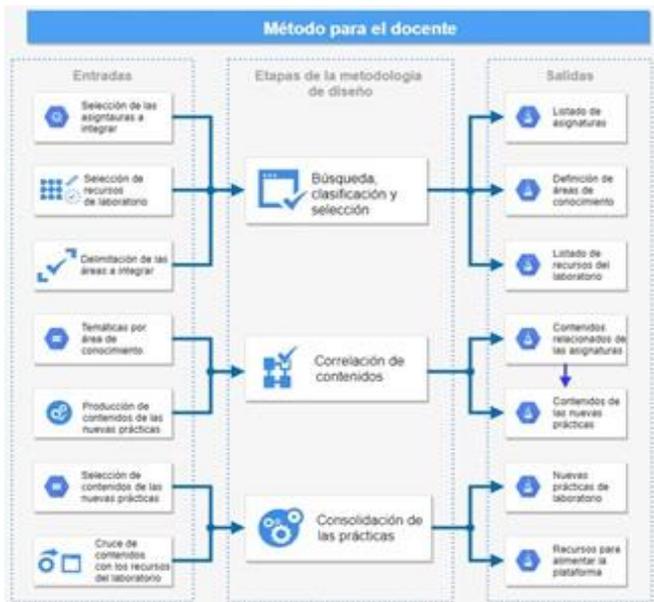


Fig. 2. Diagrama de flujo que muestra el método que debe seguir el docente para proponer las prácticas.

**A. Búsqueda, clasificación y selección de asignaturas**

En esta etapa el docente identifica cuales son las áreas que aborda la carrera, utilizando un posible criterio como emular integraciones que los estudiantes encontrarán en la industria al graduarse. Realizará la búsqueda, clasificación y selección de asignaturas a integrar, determinando los recursos de laboratorio que requiera para las prácticas de acuerdo a la temática y delimita las áreas de conocimiento que desea relacionar. Una vez elige cuales, y cuantas áreas de conocimiento quiere integrar, procede a listar las asignaturas de cada una; además, realiza el listado de recursos de laboratorio que requiere para el correcto desarrollo de las futuras prácticas.

**B. Correlación de contenidos**

En esta etapa se relacionan los contenidos de las asignaturas seleccionadas listándolos de acuerdo a las asignaturas que escoge el docente en la etapa de búsqueda con el objetivo de cruzar posteriormente los contenidos entre áreas y así lograr relacionarlas en la etapa de consolidación, adicionando los recursos de laboratorio que necesitan. Como resultado se listan las temáticas por cada área de conocimiento de las asignaturas escogidas y se relacionan los contenidos, nuevamente seleccionados, para obtener las nuevas prácticas integradoras.

**C. Consolidación de las prácticas**

Mediante la selección y cruce de contenidos con los recursos necesarios del laboratorio, se llega a las nuevas prácticas del laboratorio y se obtienen las necesidades puntuales de cada momento pedagógico, es decir, la selección del material de cada momento con base en la temática consolidada. Con este paso resuelto, el docente puede proceder a seleccionar y/o construir los contenidos que tendrá cada momento pedagógico, como los videos, las lecturas, el juego didáctico, el cuestionario y el foro de discusión. De igual forma el profesor puede plantear las preguntas hito que ayudarán a la justificación de los productos que entregará el grupo de estudiantes en la sección de

poslaboratorio. En la Fig. 3 se muestra cómo se ejecutan las tres etapas anteriormente explicadas para consolidar las prácticas integradoras.

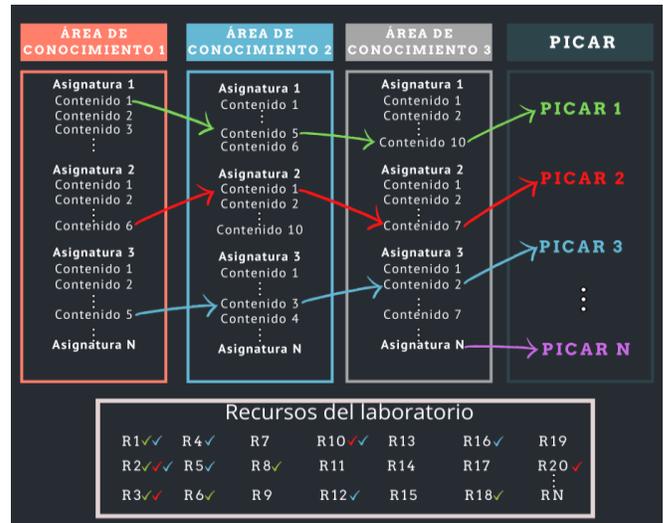


Fig. 3. Listado y correlación de contenidos.

**IV. GENERACIÓN DE PRÁCTICAS INTEGRADORAS DE CONOCIMIENTOS Y ARTICULACIÓN DE RECURSOS**

En esta sección se presenta la aplicación del método a un caso de estudio en la Universidad nacional de Colombia, usando tres áreas de conocimiento afines a la carrera de ingeniería eléctrica e ingeniería de control, soportadas en una estación de trabajo del Laboratorio de Máquinas y Medidas Eléctricas. Para definir las PICAR que serán aplicadas a los estudiantes en el laboratorio, se revisaron los contenidos de asignaturas que tuvieran componentes experimentales. Los cursos analizados se muestran en la Tabla I.

El método inicia con la selección de las áreas a integrar, gracias a la experiencia del instructor que este aplicando el método. El seguimiento de las tres etapas de la metodología de diseño, como se observó en la sección anterior, dará como resultado los componentes para las actividades de los estudiantes.

TABLA I.  
LISTADO DE ASIGNATURAS CON COMPONENTE PRÁCTICO

Electrónica y telecomunicaciones (Área de conocimiento 1)	Sistemas de energía eléctrica (Área de conocimiento 2)	Automatización, control e instrumentación (Área de conocimiento 3)
Electrónica análoga i	Análisis de circuitos eléctricos i	Señales y sistemas lineales
Electrónica análoga ii	Análisis de circuitos eléctricos ii	Control: entrada-salida
Electrónica digital	Laboratorio de circuitos eléctricos	Automatización de sistemas eléctricos
Telecomunicaciones	Teoría Electromagnética	Instrumentación y medidas
Procesamiento de señales	Modelado de líneas de Transmisión	Automatización de procesos
Fundamentos de electrónica de potencia procesadores	Maquinas eléctricas i	Automatización integrada
	Maquinas eléctricas ii	Redes teleinformáticas

Sistemas en tiempo real	Laboratorio de máquinas eléctricas	Redes teleinformáticas ii
Comunicaciones digitales	Instalaciones eléctricas industriales y residenciales	Redes teleinformáticas ii
Taller V (Electrónica digital y microcontroladores)	Sistemas de generación de energía eléctrica	
Comunicaciones inalámbricas y redes de sensores	Análisis de sistemas de potencia	
Fundamentos de fibras ópticas	Sistemas de protecciones eléctricas	
	Diseño de redes de transmisión y distribución	

Luego de listar las asignaturas y los recursos que se encuentran en el laboratorio se procedió a la correlación de contenidos cruzando aquellos que, bajo los parámetros establecidos, cumplieran con el objetivo integrador, obteniendo así tres PICAR, como se observa en la Fig. 4.

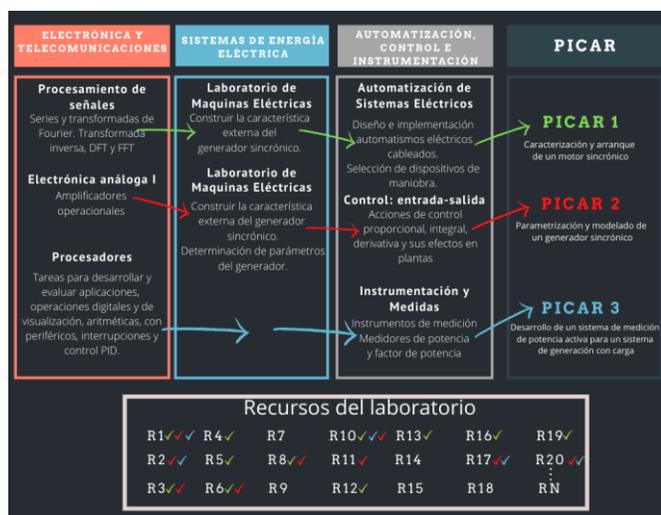


Fig. 4. Consolidación de las PICAR.

**A. PICAR 1: Caracterización y arranque de un motor sincrónico**

En la primera PICAR diseñada se integraron los componentes de automatización de sistemas eléctricos, laboratorio de máquinas eléctricas y procesamiento de señales, obteniendo el arranque directo de una máquina sincrónica por medio de un automatismo que limita la corriente de campo y se construye la caracterización externa de un generador sincrónico acoplado mecánicamente, excitándolo al valor nominal en sus terminales, y determinando el contenido armónico de los voltajes de fase y de línea en vacío y con el 50% de carga. La obtención del contenido armónico se realizó a través de un procesamiento de señales con la transformada de Fourier medida en sus terminales y procesada con un software para tal fin. En resumen, se intentó emular una parte de la identificación de la calidad de energía entregada a una red eléctrica, mecanismo utilizado por la industria.

**B. PICAR 2: Parametrización, modelado y control de un generador sincrónico**

Los elementos prácticos unificados en la segunda PICAR fueron control entrada-salida, laboratorio de máquinas eléctricas y electrónica análoga. Es posible modelar el generador sincrónico con el método de curva de reacción. Este modelo se implementa con amplificadores operacionales, al cual se le diseña un controlador que también se implementa con amplificadores. El controlador puede ser diseñado para regular el voltaje en terminales del generador sincrónico cuando opera aislado de la red eléctrica. Esta práctica integra todo el proceso que se necesita para controlar el voltaje en terminales de un generador sincrónico que opera aislado de la red eléctrica.

**C. PICAR 3: Desarrollo de un sistema de medición de potencia activa aplicado a un sistema de generación con carga**

En esta práctica se lleva a los estudiantes ante una situación real de diseño, unificando conceptos de instrumentación y medidas, laboratorio de circuitos y procesadores, para diseñar un medidor programado por los estudiantes con una tarjeta electrónica embebida en lenguaje de programación C. El medidor debe registrar la potencia activa del sistema de generación con carga y su resultado se contrasta con un medidor comercial instalado en la instrumentación del banco de trabajo.

Estas prácticas ponen a prueba diferentes áreas de conocimiento y experticia del estudiante, logrando reunir las para que el conocimiento adquirido de los sistemas de energía eléctrica sea global u holístico. La mediación de las prácticas se realiza por medio de un sistema de gestión de aprendizaje y contenidos alojado en los servidores de la Universidad Nacional de Colombia bajo la plataforma Moodle, con material diseñado por los autores. Las Fig. 5, Fig. 6 y Fig. 7, muestran pantallas de la plataforma Moodle, donde se han subido los contenidos de las tres prácticas diseñadas.



Fig. 5. Vista general de la agrupación de contenido de las PICAR en la plataforma de gestión de enseñanza Moodle.



Fig. 6. Visualización del contenido agrupado en la sección de prelaboratorio para la PICAR 1.

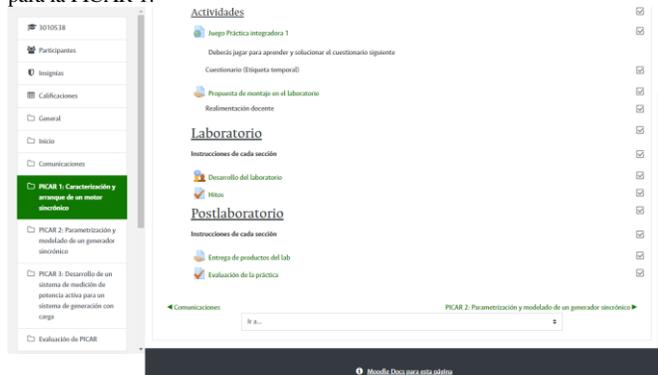


Fig. 7. Visualización del contenido agrupado en la sección de laboratorio y poslaboratorio, además se visualizan algunas actividades introductorias.

## V. CONCLUSIONES

La necesidad de estrategias innovadoras de enseñanza/aprendizaje son más importantes ahora que nunca. Pero en la actualidad los cursos con componente práctico se imparten de manera independiente, y la razón principal es la estructura misma de las carreras universitarias. En este artículo se presentó el método de enseñanza/aprendizaje PICAR, el cual está conformado por dos partes, el método que se aplica al estudiante y el método que debe seguir el docente.

En el método que sigue el estudiante se introducen los momentos pedagógicos basados en técnicas didácticas contemporáneas como el aprendizaje activo, auto-ritmo y la gamificación, estructurado por tres secciones: prelaboratorio, laboratorio y poslaboratorio. La segunda parte muestra el método que debe seguir el docente o instructor para elaborar la temática y el material necesario para las PICAR, con base en su formación y bajo el criterio de su experiencia para determinar que contenidos puede integrar y articular con los recursos del laboratorio que considere necesarios.

El método propuesto cumple con las especificaciones de planificación de prácticas desde la perspectiva docente hacia la experimentación integral que los estudiantes requieren en su formación como futuros profesionales en campos laborales cada vez más heterogéneos y diversos, es decir, con un conocimiento holístico.

Los resultados de este estudio tienen el potencial para futuras investigaciones en el campo, modificaciones curriculares o implementación de nuevos cursos con contenido práctico, que

incluya experimentación basada en diferentes áreas de conocimiento, incluso de áreas más heterogéneas.

## REFERENCIAS

- [1] A. A. Maciejewski *et al.*, "A Holistic Approach to Transforming Undergraduate Electrical Engineering Education," *IEEE Access*, vol. 5, no. c, pp. 8148–8161, 2017.
- [2] T. W. Gedra, S. An, Q. H. Arsalan, and S. Ray, "Unified Power Engineering Laboratory for Electromechanical Energy Conversion, Power Electronics, and Power Systems," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 19, no. 1, pp. 112–119, 2004.
- [3] J. M. Maza-Ortega *et al.*, "A Multi-Platform Lab for Teaching and Research in Active Distribution Networks," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 32, no. 6, pp. 4861–4870, 2017.
- [4] F. Shahnia, M. Moghbel, and H. H. Yengejeh, "Motivating Power System Protection Course Students by Practical and Computer-Based Activities," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 59, no. 2, pp. 81–90, 2016.
- [5] E. SERNA and A. SERNA, "Crisis de la Ingeniería en Colombia," *Ing. y Compet.*, vol. 17, no. 1, pp. 63–74, 2015.
- [6] T. Chen, A. A. Maciejewski, B. M. Notaros, A. Pезeshki, and M. D. Reese, "Mastering the core competencies of electrical engineering through knowledge integration," *ASEE Annu. Conf. Expo. Conf. Proc.*, vol. 2016-June, 2016.
- [7] H. Chowdhury, F. Alam, and I. Mustary, "Development of an innovative technique for teaching and learning of laboratory experiments for engineering courses," *Energy Procedia*, vol. 160, no. 2018, pp. 806–811, 2019.
- [8] M. R. S. Herrera, J. M. A. Márquez, A. M. Borrero, and M. A. M. Sánchez, "Testing bench for remote practical training in electric machines," in *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 2013.
- [9] F. Perez Pinal, S. Nava, J. Nunez Perez, I. Araujo Vargas, E. Vera Cardenas, and A. Barranco Gutierrez, "Experimental B-learning laboratory for an electrical machines undergraduate course," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 14, no. 2, pp. 524–529, 2016.
- [10] S. Nikolic, C. Ritz, P. J. Vial, M. Ros, and D. Stirling, "Decoding Student Satisfaction: How to Manage and Improve the Laboratory Experience," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 58, no. 3, pp. 151–158, 2015.
- [11] M. Muñoz-Organero, P. J. Muñoz-Merino, and C. D. Kloos, "Sending learning pills to mobile devices in class to enhance student performance and motivation in network services configuration courses," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 55, no. 1, pp. 83–87, 2012.
- [12] A. A. Choudhury and J. Rodriguez, "A New Curriculum in Fluid Mechanics for the Millennial Generation," *Rev. Iberoam. Tecnol. del Aprendiz.*, vol. 12, no. 1, pp. 48–51, 2017.
- [13] M. Zeuch and T. Janssen, "ALLES ING! Count me in!," no. April, pp. 1003–1005, 2014.
- [14] U. Aut, D. C. Lagar, U. Aut, C. S. Rodr, and U. Aut, "Educación STEM en y para el mundo digital. Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias, matemáticas y tecnologías STEM education for and with a digital era. How and why bringing digital tools into science, maths and techno," p. 27, 2017.
- [15] H. Gardner, *La inteligencia reformulada: las inteligencias múltiples en el siglo XXI*, no. 159.955 G171i Ej. 1 020338. Paidós, 2001.
- [16] D. Ktoridou and E. Epaminonda, "Measuring the compatibility between engineering students' personality types and major of study: A first step towards preventing engineering education dropouts," *IEEE Glob. Eng. Educ. Conf. EDUCON*, no. April, pp. 192–195, 2014.
- [17] A. Fidai, C. Jarvis, M. Benzor, S. Verma, M. M. Capraro, and R. M. Capraro, "Motivating Future Engineers: Building Situation Sensing Mars Rover with Elementary School Students," *Proc. - Front. Educ. Conf. FIE*, vol. 2019-October, 2019.
- [18] A. Shoufan, "Estimating the cognitive value of YouTube's educational videos: A learning analytics approach," *Comput. Human Behav.*, vol. 92, pp. 450–458, 2019.
- [19] L. Lagerstrom, P. Johanes, and U. Ponsukcharoen, "The myth of the six minute rule: Student engagement with online videos," *ASEE Annu. Conf. Expo. Conf. Proc.*, vol. 122nd ASEE, no. 122nd ASEE Annual Conference and Exposition: Making Value for Society, 2015.
- [20] F. Llorens-Largo, F. J. Gallego-Duran, C. J. Villagra-Arnedo, P. Compan-Rosique, R. Satorre-Cuerda, and R. Molina-Carmona,

- “Gamification of the Learning Process: Lessons Learned,” *Rev. Iberoam. Tecnol. del Aprendiz.*, vol. 11, no. 4, pp. 227–234, 2016.
- [21] EDUCACIÓN 3.0, “Aprender Jugando: Las mejores plataformas educativas,” 2020. [Online]. Available: <https://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/plataformas-para-aprender-jugando/>. [Accessed: 14-Jul-2020].
- [22] itch.io, “itch.io.” [Online]. Available: <https://itch.io/>. [Accessed: 14-Jul-2020].



**Gabriel Jaime Sanchez Zuluaga** Nació en Medellín, Colombia, 1983. Recibió el título de Ingeniero electrónico de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, en 2017. Es Master en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia. Sus intereses en investigación son la educación en ingeniería, el diseño y control de sistemas de almacenamiento de energía, sistemas de energía renovable y soluciones de diseño y control electrónico.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2529-5082>



**Andrés J. Saavedra-Montes** nació en Palmira, Colombia, en 1974. Obtuvo el título de ingeniero electricista de la Universidad del Valle en 1998. Es Master en sistemas de generación de energía eléctrica y Doctor en Ingeniería de la misma universidad. Actualmente es profesor asociado en la Universidad Nacional de Colombia. Entre sus

intereses de investigación están el análisis de los sistemas eléctricos, la enseñanza en ingeniería, la calidad de la potencia, las fuentes renovables de energía y las máquinas eléctricas.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0447-4716>