

# Herramientas para la implementación del ABP y DIPCING en ingeniería en una modalidad híbrida

## *Tools for the implementation of ABP and DIPCING in engineering in a hybrid modality*

FABIOLA ESCOBAR MORENO\*

GUILLERMINA ÁVILA GARCÍA\*\*

LILIANA SUÁREZ TÉLLEZ\*\*\*

El objetivo de este artículo fue diseñar una secuencia didáctica para el tratamiento del tema de los circuitos eléctricos con una metodología de aprendizaje activo para dar respuesta a la pregunta sobre qué tipo de aprendizaje se promueve en los estudiantes utilizando esas metodologías en las aulas virtuales de las clases de física en ingeniería y su posterior aplicación en modalidad híbrida. El estudio es cualitativo y sigue las fases de la investigación-acción; para la construcción del problema contextualizado, se usó una metodología DIPCING, diseñada ex profeso para la enseñanza de la ingeniería, y se propuso la infografía como producto de aprendizaje integrador. Se empleó un instrumento denominado “aplicación a la ingeniería” para cuantificar habilidades de orden superior. Con el diseño y la evaluación que se documenta, se aportan herramientas para la implementación del ABP en carreras de ingeniería en una modalidad híbrida. Con esta propuesta, los alumnos comprenden conocimientos científicos (sobre circuitos eléctricos) y tienen nociones de cómo utilizarlos en el entorno laboral.

**Palabras clave:** metodología ABP, ingeniería, didáctica de la física, circuitos eléctricos, modelo híbrido

*This article's tar-*

**Recibido:** 1 de julio de 2021 | **Aceptado para su publicación:** 3 de marzo de 2022 |

**Publicado:** 7 de marzo de 2022

**Cómo citar:** Escobar Moreno, F., Ávila García, G. y Suárez Téllez, L. (2021). Herramientas para la implementación del ABP y DIPCING en ingeniería en una modalidad híbrida. *Sinéctica, Revista Electrónica de Educación*, (58), e1343. [https://doi.org/10.31391/S2007-7033\(2022\)0058-009](https://doi.org/10.31391/S2007-7033(2022)0058-009)

get was to design a didactic sequence for the treatment of the topic of electrical circuits with an active learning methodology, to answer the question about what type of learning was promoted in students using this methodology, in the virtual classrooms of Physics classes in engineering, towards a later application in Hybrid Modality. The study is qualitative following the phases of action research, for the construction of the contextualized problem DIPCING's methodology was used, designed specifically for the teaching of engineering and infographics as an integrative learning product are proposed. An instrument called Application to Engineering was used to quantify higher-order skills. The design and evaluation, shown in this research, were provide tools for the implementation of the PBL in engineering careers in a hybrid modality, and the relationship with the learning achieved by the students is explained. Therefore, the students with this proposal understand scientific knowledge (about electrical circuits) and have notions of how to use it in the work environment.

**Keywords:**

PBL methodology, engineering, physics didactics, electrical circuits, hybrid model

\* Doctora en Ciencias con especialidad en Física Educativa por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (Cicata) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Profesora del posgrado Física Educativa del Cicata-IPN. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores 2022-2025. Líneas de investigación: didáctica de la física, neurociencia cognitiva. Correo electrónico: fescobar@ipn.mx/https://orcid.org/0000-0001-8958-2075

\*\* Maestra en Docencia Científica y Tecnológica por el IPN. Profesora del Departamento Formación Básica de la Academia de Física de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas-IPN. Líneas de investigación: uso inteligente de la tecnología e innovación educativa. Correo electrónico: gavalag@ipn.mx/https://orcid.org/0000-0001-5229-3384

\*\*\* Doctora en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa por el Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (Cinvestav). Profesora en la Dirección de Formación e Innovación Educativa del IPN y en la maestría en Docencia Científica y Tecnológica del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales -IPN. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores 2010-2021. Líneas de investigación: matemática educativa e innovación de la práctica docente. Correo electrónico: lsuarez@ipn.mx/https://orcid.org/0000-0002-4689-8050



## INTRODUCCIÓN

### *La necesidad de un diseño pedagógico en escuelas de ingeniería*

**E**l año 2020 representará en la historia de la humanidad un antes y un después; esto no se circunscribe al ámbito social y económico; también será un antes y un después en el ámbito educativo, puesto que puso al descubierto las deficiencias y desigualdades de los sistemas educativos en los países, como lo señala la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2020). En México, la pandemia por la COVID-19 movilizó al sistema educativo para continuar ofreciendo servicios pedagógicos en todos los niveles.

En el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la educación remota de emergencia representó un desafío, dado que expuso la capacitación primitiva en el personal docente de nivel medio superior y superior (Román, 2020). Al respecto, el IPN cuenta con un catálogo de acciones formativas docentes auspiciadas por la Dirección de Formación e Innovación Educativa; esta oferta es continua y diversificada; además, ofrece programas de profesionalización en los ámbitos pedagógico, tecnológico y disciplinar; no obstante, la capacitación es voluntaria. El hecho de que los profesores no se capaciten incide directamente en sus competencias pedagógicas y tecnológicas, ya que las clases a distancia, como las presenciales, también requieren un diseño metodológico y sistemático.

La Encuesta Internacional sobre la Enseñanza y Aprendizaje de 2018, realizada por la OCDE, refiere que "... los docentes necesitan renovar sus competencias con periodicidad para poder innovar sus prácticas y adaptarse a las rápidas transformaciones inherentes al siglo XXI" (OCDE, 2020). En la formalidad, países como Italia y México reportaron capacitación a los docentes universitarios para manejo de plataformas digitales, así como metodologías y técnicas de aprendizaje a distancia (OCDE, 2020; Allan, 2020).

En contraste, los datos reportados por Escobar y Luna (2020) en el ciclo escolar enero-junio de 2020 indican que, de 65 alumnos encuestados de la unidad de aprendizaje Electricidad y Magnetismo de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE) del IPN, el 40% señaló que pocos profesores guiaron sus procesos de aprendizaje. De hecho, la ESIQIE en México es una muestra de lo que Moreno, directora de la UC Online de la Pontificia Universidad Católica de Chile, denomina *coronateaching*, que consiste en trasladar lo realizado en las aulas presenciales a las virtuales de forma improvisada y provocando sentimientos de frustración y agobio para el docente y también para los estudiantes (Ramos, 2020; Pardo y Cobo, 2020).

De lo anterior, producto de la reflexión y capitalización de las voces de los estudiantes, integrantes del grupo de investigación de la Red de Seminarios Repensar del IPN diseñaron y ejecutaron una propuesta didáctica basada en dos marcos teóricos sólidos: aprendizaje basado en problemas (ABP) y DIPCING.

El impacto que tiene esta propuesta permite robustecer la formación técnica y contribuye al desarrollo de las competencias laborales de los estudiantes de nivel superior. Por lo tanto, se da cumplimiento al empleo eficiente de la tecnología, porque

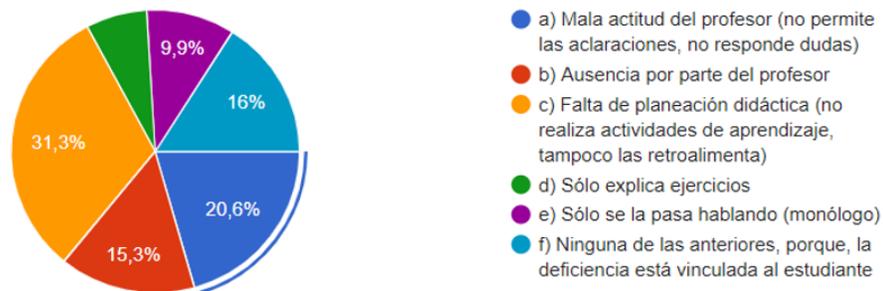
se hace un uso articulado del aprovechamiento de las plataformas al utilizar Google Classroom, material didáctico, actividades de aprendizaje, acompañamiento docente, evaluación congruente (Carman, 2002) y una metodología de aprendizaje activo (ABP) que provee competencias para el siglo XXI, como la resolución de problemas complejos, la cual, para 2025, será la tercera más importante dentro de las habilidades demandadas por las empresas según el World Economic Forum (2020).

Esta propuesta es una innovación pedagógica en la ESIQIE y extrapolable a otras instituciones de educación superior, ya que, de los modelos pedagógicos que implementan los profesores, al menos en las aulas virtuales de la ESIQIE –de acuerdo con datos proporcionados por 131 estudiantes encuestados en el ciclo escolar febrero-julio 2021–, un 77% están basados en el modelo tradicional de instrucción, es decir, recepción-transmisión; de hecho, replicar lo realizado en clases presenciales por parte del profesor es considerado como un error y es muestra de la falta de capacitación de los docentes de nivel universitario en países latinoamericanos (Delgado, 2020; Ramos, 2020).

Los estudiantes encuestados refieren que la sesión síncrona es una especie de monólogo, que el profesor solo explica ejercicios, les proporciona los ejercicios resueltos y les responde dudas; también, mencionan que otra porción de profesores no proponen actividades de aprendizaje y no hay retroalimentación, y lo que constituye la mayor parte de su nota es un examen (ver gráfica 1).

Gráfica 1. Respuestas de los estudiantes de la ESIQIE sobre valoración del trabajo de los profesores  
Esta deficiencia de conocimientos en términos didácticos, entonces, está relacionada con:

131 respuestas



La información anterior es relevante –aun cuando no es nuestro propósito medir la satisfacción de los servicios docentes– si consideramos que este tamaño de muestra tiene un nivel de confianza del 95%. El porcentaje de error se determinó utilizando la Ecuación 1 (Levin y Rubín, 2004), un tamaño de muestra de 131 y la desviación estándar de la población considerada de 627 estudiantes matriculados, de acuerdo con datos proporcionados por el jefe de departamento de Formación Básica de la ESIQIE (F. Escobar, comunicación personal, 7 de junio de 2021); así, el porcentaje de error fue del 7.7%:

$$E = z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Este porcentaje de error es considerado en el rango de aceptable en el espectro de la clasificación de errores (Santo y Lecumberry, 2005).

No obstante, con la innovación pedagógica que presentamos cumplimos y contribuimos a una fracción de las estrategias planteadas por el IPN, a través de la Secretaría Académica, para las actividades académicas: "... formas innovadoras de plantear experiencias de aprendizaje" (IPN, 2020). Por lo tanto, diseñar, documentar, aplicar y analizar los resultados de la puesta en escena del ABP y DIPCING en la unidad de aprendizaje Electricidad y Magnetismo, para el tema de circuitos eléctricos, es relevante y necesario en una institución donde el coronateaching presumiblemente es la guía académica para algunos docentes. Destaca que el proceso de contextualización del aprendizaje de física para ingenieros es posible modelarlo a través de la combinación de estas metodologías que robustecen ambientes virtuales y también ambientes híbridos de instrucción.

Primero, se debe evaluar cómo los estudiantes abordan y proponen soluciones a los problemas con los que quizá se enfrentarán en su futura realidad laboral y qué tipo de aprendizajes logran; segundo, la formación en ingeniería química industrial requiere un modelo híbrido, como el modelo virtual enriquecido (que implica que haya un intenso trabajo en una plataforma educativa con actividades estimulantes, debidamente retroalimentadas, pero también interacción con el profesor); y tercero, se deben analizar y robustecer propuestas que contribuyan al desarrollo de habilidades para el siglo XXI, como resolución de problemas complejos.

Así, diseñar actividades con alto contenido pedagógico incide en el interés de los estudiantes por aprender; esto se considera un factor clave para evitar su deserción, ya que, en la ESQIE, de casi 6,600 estudiantes inscritos en el ciclo escolar enero-junio de 2020 (F. Escobar, comunicación personal, 9 de marzo, 2020), en esta unidad académica desertaron durante la pandemia 2,054, como informó la Dirección de Servicios Educativos del IPN (Ríos, 2021); los factores aún no se han estudiado.

En la página oficial de la Subdirección de Servicios Educativos e Integración Social de la ESQIE observamos que, durante el periodo de confinamiento, se registró absentismo laboral, desconocimiento del manejo de tecnologías educativas y estrategias de enseñanza y aprendizaje por parte de los profesores e, incluso, improvisación y ocurrencias (Allan 2020; Escobar y Luna, 2020; Subdirección de Servicios Educativos e Integración Social, ESQIE, s.f.; Ramos, 2020; Pardo y Cobo, 2020).

### *¿Por qué y para qué el ABP en física para ingeniería?*

Wie (citado en Meinardi, 2010) señala que las clases tradicionales no forman personas creativas, con posibilidades de innovar, de formular nuevas preguntas, planificar, plantear y proponer alternativas de solución a problemas ni tampoco de aprender a trabajar colaborativamente en un equipo. Al respecto, es asignación de los docentes vincular la enseñanza de la ciencia en contextos reales que les permita a los estudiantes tener interés en aprender sobre lo que será su entorno laboral futuro, partiendo de la comprensión conceptual para después aprender cómo utilizarán esos conocimientos.

Esta vinculación de aprendizajes de los escolares a la profesión que estudian data de finales de los años cincuenta y surge en la Escuela de Medicina de la Universidad de McMaster como una necesidad para dotar de mejores recursos profesionales a

sus egresados. Justamente, la innovación consistió en desarrollar una metodología en la que los estudiantes incrementasen sus habilidades de aprendizaje para la adquisición de conocimientos, capacidad de resolución de problemas y habilidades para el trabajo, cuyo elemento innovador fuera una situación problema (Arpí et al., 2012). Lo anterior corrobora que esta metodología es pertinente en la formación de los estudiantes de ingeniería, ya que estimula la gestión del conocimiento, la práctica reflexiva y la adaptación a los cambios (Bernabeu y Cónsul, s.f.). Estos aspectos son *ad hoc* para la compleja y convulsionada realidad del siglo XXI.

Así, el ABP permite la posibilidad de formar a los estudiantes en habilidades que requiere el siglo XXI, porque incorpora el uso de un problema como arranque para la ganancia de conocimientos nuevos y emplaza al estudiante como protagonista de la gestión de su aprendizaje (Bernabeu y Cónsul, s.f.). Nuestra propuesta se considera una innovación pedagógica que utiliza el ABP y DIPCING articulados como una estrategia didáctica aplicada para el cumplimiento de ciertos objetivos de aprendizaje de un curso (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2014). El programa de estudios de Electricidad y Magnetismo de la ESIQIE indica que el docente debe abordar aplicaciones a la ingeniería, y la actividad de aprendizaje que realizan los profesores de la Academia de Física de la ESIQIE para cumplir esa moción es asignar una investigación a los estudiantes, la cual es en formato libre, puede ser un ensayo, una línea del tiempo, entre otras evidencias.

Para resolver la situación problema propuesta, seguimos los pasos sugeridos por la vertiente del ABP que utiliza el Tecnológico de Monterrey, pero con dos variantes que se consideran innovadoras, las cuales abordaremos a lo largo del texto. En este sentido, nuestro trabajo considera problema “una situación problémica, que debe ser, en lo fundamental, de carácter social y relacionada con el perfil profesional, donde el alumno se enfrente con algo incomprensible, que lo alarme y lo asombre” (Mora, 2005).

El problema es el factor clave en la metodología ABP, pero, a su vez, también representa una debilidad, ya que el problema no se diseña de forma sistemática como reportan algunas indagaciones (Cañas, 2019; Bohórquez y Checa, 2019; Zambrano y Naranjo, 2020). Algunas investigaciones que han abordado el uso del ABP presumiblemente lo inventan o adecuan de los ejercicios de los libros de texto, porque señalan el uso de un problema sin describir cómo se construyó y con qué propósito (Cañas, 2019; Bohórquez y Checa, 2019); otros autores refieren que utilizan problemas en el contexto de la vida cotidiana, pero tampoco detallan ni cómo los seleccionan y con base en qué criterios se ajustan a los propósitos del aprendizaje (Zambrano y Naranjo, 2020). Las indagaciones de Cañas (2019), Bohórquez y Checa (2019) y Zambrano y Naranjo (2020) coinciden en que los problemas deben ser reales y de interés para el alumnado.

Incluso, en la Academia de Física de la ESIQIE existe la creencia por parte de algunos profesores sobre que los alumnos, por el hecho de resolver ejercicios de la bibliografía de consulta, aplican la metodología ABP; sin embargo, esto queda de manifiesto en reportes académicos e incluso en los planes y programas de estudio de forma tautológica, sin argumentos y evidencias basados en investigación educativa. Por lo tanto, esta propuesta que utiliza DIPCING permite la sistematización del diseño de un problema contextualizado y alineado con los aprendizajes esperados de un tema específico, dado que el problema es el bastión del ABP.

## *Propuesta de un modelo híbrido para la física en la ESIQIE*

Entendemos como modelo híbrido aquel que no solo involucra el uso de tecnologías para la educación, como plataformas educativas (Google Classroom, Moodle, Teams), servicios de videoconferencia (Zoom, Skype, Meet), sino también fructifica la viabilidad que proporciona internet para proporcionar a cada uno de los estudiantes atención personalizada de acuerdo con sus necesidades (Fredin, 2017).

La Universidad de Maryland, el Imperial College de Londres, el Instituto Tecnológico de Massachusetts y la IE Business School han utilizado este modelo, en el cual el rol del profesor es más cercano a un guía y mediador de aprendizajes y el trabajo intenso es realizado en plataformas virtuales, cargadas de actividades previamente planeadas y estructuradas por un equipo de docentes (Fredin, 2017). El trabajo del profesor se enfoca, pero no se limita, a promover discusiones y contraargumentaciones entre los estudiantes, retroalimentar actividades de aprendizaje, y proponer y probar nuevas estrategias de aprendizaje.

Un modelo híbrido no implica que el profesor tenga que estar presencialmente en las aulas todo el tiempo, sino que incite a la reflexión, discusión e intercambio de ideas, que diseñe actividades de aprendizaje diversificadas y las retroalimente, proponga situaciones problema y que, mediante las propuestas de soluciones del problema planteado, se aprenda de los errores. Por ello, se concibe que el modelo virtual debe sacar lo mejor de la presencialidad que, de acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española (2020), significa: “Hecho de estar presente”.

Con base en lo anterior, formulamos el objetivo de nuestra indagación, que es diseñar e implementar una propuesta pedagógica basada en la metodología ABP (modificada) y DIPCING en el tema de circuitos eléctricos de la materia Electricidad y Magnetismo en la ESIQIE, así como analizar su pertinencia para un modelo híbrido. De este objetivo emana la pregunta de investigación: ¿qué tipo de aprendizajes se promueven en los estudiantes utilizando metodologías de aprendizaje activo como ABP y DIPCING en las aulas virtuales de la ESIQIE?

## **MÉTODO**

Nuestra investigación-acción en su vertiente educativa busca conocer, comprender y realizar una reflexión crítica de la propuesta presentada (Bancayán y Vega, 2020). El marco metodológico permite hacer una interpretación de lo que acontece desde la perspectiva de los actores y las interacciones en la misma situación problema, en el caso que abordamos, de los alumnos y la profesora. La generalización de resultados no es un objetivo de este enfoque metodológico de indagación (Elliot, citado en Berrocal y Expósito, 2011).

### *Contexto*

Este estudio se realizó en las aulas virtuales de la ESIQIE, con una muestra no probabilística por conveniencia de 131 estudiantes del ciclo febrero-julio de 2021, matriculados en la unidad de aprendizaje Electricidad y Magnetismo: el grupo 1IM15 y 1IM16 inscritos en la licenciatura Ingeniería Química Industrial y el grupo 1PM21

de Ingeniería Química Petrolera. El rango de edad es de 18-27 años: 63% son mujeres y 37%, hombres.

### *Fases de la investigación-acción*

Las fases que seguimos en nuestro estudio fueron las sugeridas por Berrocal y Expósito (2011):

Primera fase: diagnóstico de las sesiones virtuales en la ESIQIE, que sitúan a los estudiantes como entes pasivos, por lo que no les permiten edificar conocimientos y habilidades para su futura realidad profesional (Mora, 2005).

#### Segunda fase: planificación

a) Describir la situación problemática. Las sesiones de clases carecen de innovaciones pedagógicas en las aulas virtuales de la ESIQIE, así lo evidencian los datos recolectados en una muestra de 131 estudiantes del ciclo escolar febrero-julio de 2021. Los estudiantes refieren aburrimiento, falta de organización por parte del profesor; actividades de aprendizaje sin sentido, poco interés por parte de los mismos estudiantes e, incluso, cansancio, ya que sus jornadas académicas son de seis a ocho horas frente al monitor.

#### b) Delimitar los objetivos:

- Diseñar una secuencia didáctica que implique la resolución de un problema de física vinculado a la industria química.
- Analizar los aprendizajes de los estudiantes mediante un instrumento (aplicación a la ingeniería) congruente con el objetivo diseñado.
- Analizar las posibilidades de implementación en la Academia de Física de la ESIQIE.

#### c) Organizar la secuencia de actuación:

- Diseñar la secuencia didáctica y esbozar el problema de circuitos eléctricos vinculado a la industria química.
- Elaborar, revisar y corregir el instrumento para evaluación.
- Poner en escena la propuesta (presentarla en el aula virtual).
- Evaluar los productos de aprendizaje (infografía) realizados por los estudiantes.
- Analizar los resultados del instrumento (aplicación a la ingeniería).

#### d) Describir cómo se va a relacionar el grupo de investigación con otras personas implicadas o interesadas en el tema abordado:

- La profesora, al ser parte del equipo de investigación, anima a los estudiantes a realizar la actividad con base en parámetros específicos, como preguntas guía, asesoría en tiempo real y proporcionando una rúbrica para la elaboración de la infografía. Antes de la entrega del producto final, se hace una entrega preliminar, que es revisada por parte de la profesora para reorientar a cada equipo de trabajo (si fuera el caso).

- Las docentes autoras de este trabajo deben tener una visión objetiva de todo el proceso y tener plena libertad de señalar errores y áreas de mejora.
- El producto de esta indagación se pondrá a consideración de la Academia de Física de la ESIQIE, como lo indica el manual de procedimientos: Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas.

e) Describir cómo se van a controlar las mejoras generadas por la investigación.

En congruencia con todo lo planteado, consideramos que, para que haya un progreso sostenido y capacidad de mejora continua, el proceso de control se debe ejecutar mediante el ciclo de Shewhart (Praxis Framework, 2019), ya que, además de ser sistemático, es continuo (ver figura 1).

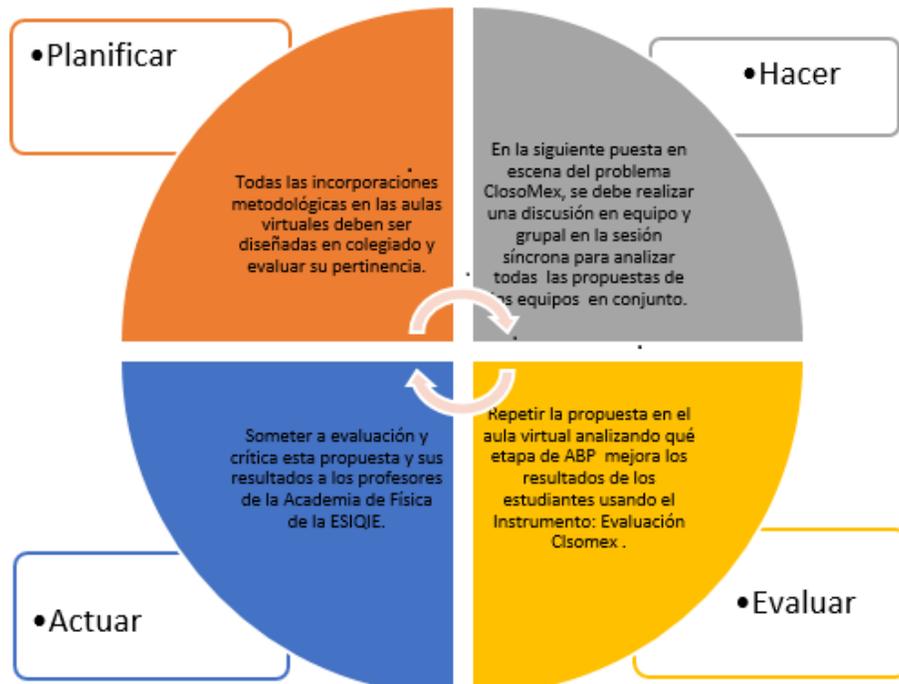


Figura 1. Ciclo Shewhart para controlar las mejoras con la innovación pedagógica.

Tercera fase: observación. Una de las ventajas que permite la educación virtual es que las evidencias quedan en la nube. Incluso, las sesiones síncronas (cara a cara con el profesor a través del monitor de la computadora) también pueden ser grabadas. Aun cuando en nuestro estudio las sesiones síncronas no se grabaron, las evidencias de realización por parte de los estudiantes están en las aulas virtuales.

Cuarta fase: reflexión. Con visión crítica, se analiza la innovación pedagógica desde la perspectiva de pertinencia, desarrollo de habilidades en los estudiantes, valor pedagógico de la propuesta y utilidad en la formación profesional de los estudiantes de ingeniería. Se precisa que la propuesta no pretende generalizar datos, pero sí ofrecer una opción pertinente para un modelo híbrido de aprendizaje basado en marcos teóricos robustos, como ABP, que, con su aplicación sistemática y continua,

probablemente, se desarrollarán habilidades de orden superior y mejora cognitiva, como otras indagaciones han demostrado (Olivares y Heredia, 2012; Hincapié, Ramos y Chirino, 2018; Higuera, Guzmán y Rojas, 2019).

### *Metodología ABP con innovaciones*

Nuestra propuesta utiliza la vertiente del ABP de ocho pasos para el análisis y la solución del problema (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2014); hay dos variantes de la propuesta original: el problema es contextualizado y su esbozo está basado en una metodología DIPCING, usada para el diseño de programas de estudio de las ciencias básicas en ingeniería (Camarena, 2013). Escobar (2019) reporta como efectiva y pertinente su adaptación y uso en el diseño de situaciones problema. Aunado a lo anterior, proponemos que los alumnos, en vez de presentar un reporte de conclusiones y resultados, los hagan a través de una infografía (ver figura 2).

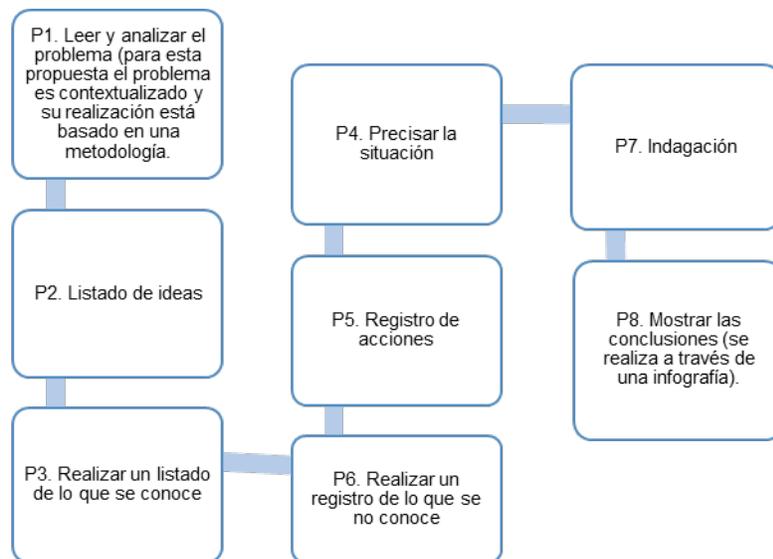


Figura 2. Pasos de ABP con innovaciones.

### *Metodología DIPCIPG para el desarrollo del problema contextualizado de ClosoMex*

El objetivo es aplicar los conocimientos sobre las características de los circuitos eléctricos a un problema de ingeniería química. “El análisis del problema genera la motivación y la gratificación intrínseca que caracteriza a los grandes aprendices”, afirman Gutiérrez y colaboradores (2012, p. 51). Por esa razón, es fundamental que se elabore el problema que vaya más allá de los ejercicios tradicionales (ver figura 3), en un grupo multidisciplinario y con una guía metodológica (Escobar, 2019).

25.51 Como se muestra en la figura, un circuito consta de una fuente de fem con  $V = 20.0 \text{ V}$  y seis resistores. Los resistores  $R_1 = 5.00 \Omega$  y  $R_2 = 10.0 \Omega$  están conectados en serie. Los resistores  $R_3 = 5.00 \Omega$  y  $R_4 = 5.00 \Omega$  están conectados en paralelo y están en serie con  $R_1$  y  $R_2$ . Los resistores  $R_5 = 2.00 \Omega$  y  $R_6 = 2.00 \Omega$  están conectados en paralelo y también están en serie con  $R_1$  y  $R_2$ .

- a) ¿Cuál es la caída de potencial a través de cada resistor?  
 b) ¿Cuánta corriente fluye por cada resistor?

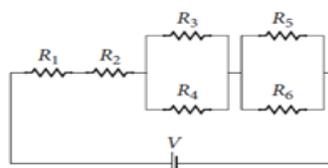


Figura 3. Ejercicio propuesto por Bauer y Westfall (2011, p. 835), capítulo Corriente y resistencia.

En la tabla 1 explicamos y describimos las etapas de la metodología DIPCING de Camarena (2013) para el diseño metodológico del problema.

Tabla 1. Etapas de DIPCING para la elaboración de la situación-problema

Etapas	Descripción	Hallazgos
Central	Analizar la bibliografía de física universitaria, los contenidos implícitos y explícitos	Del análisis de la bibliografía sugerida en los programas de estudio, se tiene que los ejercicios que se proponen se enfocan a la aplicación de las definiciones de los circuitos en serie y paralelo, y que se traducen solo en la sustitución de valores en fórmulas (ver figura 3).  Entonces, la finalidad de los ejercicios propuestos para el tema de circuitos eléctricos en la literatura especializada se ajusta al cálculo de intensidades, voltajes y resistencia equivalente; lo anterior es útil para reforzar el conocimiento explícito, pero, no útil para el desarrollo de habilidades de orden superior
Precedente	Diagnosticar los conocimientos de los estudiantes	De acuerdo con la evaluación diagnóstica aplicada (ver apéndice 1), el 59% de estudiantes muestran un dominio básico suficiente de los temas vinculados a circuitos eléctricos, cuantificadas con la pregunta 8 y 11 de la evaluación diagnóstica (ver apéndice 2 y 3)
Consecuente	Realizar entrevistas a ingenieros en activo, incluso hacer visitas a la empresa	Dada la situación de pandemia, se estableció contacto con la empresa, con la cual ya existen nexos de colaboración para investigación desde 2018. La solicitud de la información y recepción de esta se realizó vía correo electrónico y vía telefónica; las preguntas las respondió el superintendente de mantenimiento de una empresa productora de <i>commodities</i> , cuyo proceso es electroquímico; el corazón del proceso son celdas electroquímicas

Así, del producto anterior emanado de la metodología DIPCING, se procede a diseñar el problema, proceso que estuvo a cargo de una ingeniera química y un físico, ambos con formación y experiencia en física educativa (Escobar y Ramírez, 2021); después, se presentó el escenario problema al ingeniero en activo, superintendente de mantenimiento, de formación ingeniero mecánico eléctrico, quien compartió datos alterados de operación de los electrolizadores (no se permite tomar videos o fotografías por el tema de secreto industrial), ya que, entre sus observaciones a la situación problema, expresó que, sin estos, difícilmente los estudiantes podrían suponer el tipo de asociación de las celdas y, por ende, contestar las otras preguntas guía.

El ingeniero en activo señala que en la empresa uno de los costos de producción fijos más elevado es la energía eléctrica y toda innovación que ayude a bajar esos costos son parte de los proyectos estratégicos de mejora continua de esa planta química. Entonces, se constata la relevancia de exponer a situaciones problema a los estudiantes desde etapas tempranas de su formación, con miras a robustecer el desarrollo de habilidades de orden superior, que la instrucción tradicional no provee (Mora 2005; Meinardi, 2010).

Así, resulta como definitivo el siguiente problema (Escobar y Ramírez, 2021) presentado a los estudiantes, y que es la columna vertebral de la metodología ABP y el punto de partida para la discusión y construcción del conocimiento relativo al tema de circuitos eléctricos:

La empresa ClosoMex requiere determinar y analizar los factores de operación y mantenimiento que están incidiendo en el alto consumo de energía eléctrica dentro de las salas de celdas de esta planta, ubicada en el noreste de México.

La planta está formada por dos electrolizadores (salas) con celdas electrolíticas que, junto con las secciones del tratamiento de salmuera; manejo de cloro e hidrógeno (H) gas, sosa cáustica (NaOH) e hipoclorito de sodio (NaClO), producen un total de 80 t de cloro (Cl) gas por día con su equivalente en sosa caustica al 50%. Las salas de celdas a su vez están divididas en dos sectores:

i) Una sección que cuenta con un total de 27 celdas de tipo Do Nert

ii) La segunda sección cuenta con un total de 19 celdas del tipo Olip

Las celdas Do Nert tienen un área catódica de 11.5 m<sup>2</sup> operando con una carga máxima de 50 KA y un voltaje total entre 115 a 118 V. Las celdas Olin tienen a su vez un área catódica de 14 m<sup>2</sup> operando con una carga máxima de 110 KA y un voltaje total entre 85 a 89 V (ver en apéndice 4).

Preguntas guía:

1. La forma en que están distribuidas las celdas de acuerdo con el problema planteado (considere los datos apéndice 4) se infiere está en:
2. ¿Cómo afecta la carga a la eficiencia de corriente?
3. ¿Qué sucede con el voltaje en cada sala y a qué se debe? Justifique
4. ¿Cómo calcularía el consumo de la energía eléctrica a partir de carga y el número de celdas?
5. Si el costo de 1 KWh, es de \$2.5, ¿cuánto paga ClosoMex por mes considerando un proceso continuo (24x7, considera que un mes tiene 30 días)?

El análisis de un problema real resulta relevante. En el caso expuesto los electrolizadores de esta planta química están constituidos por celdas electrolíticas que usan membranas, y que son consideradas tecnología de punta para la producción de NaOH y Cl (en esta planta, las celdas constituyen un activo fijo de alrededor de cuatro millones de dólares). La operación de estas se vincula a la eficiencia operativa, y el voltaje y el consumo de energía son variables críticas para un adecuado funcionamiento y tiempo de vida útil. Entonces, cuando un estudiante de ingeniería

conoce cómo influyen estas variables en un proceso químico, entiende que el uso de la tecnología en una planta química está articulado no solo al adecuado diseño del equipo, sino a su correcta operación, y que solo con conocimiento teórico sólido y real podrá garantizar su máxima eficiencia y preservación.

#### *Métodos de evaluación. La infografía como producto integrador para la valoración de los aprendizajes*

La evaluación debe ser congruente y estar aparejada con los objetivos de aprendizaje porque "... las prácticas de evaluación tradicionales muchas veces no miden la comprensión de un tema por parte de los estudiantes" (Meinardi, 2010, p. 113). En este sentido, se deben apreciar los logros de los estudiantes; para esto, nos inclinamos por una dicotomía evaluativa que considerara el nivel de desempeño técnico y de desarrollo de habilidades (Pardo y Cobo, 2020). Diversificar la medición de aprendizajes es importante para objetivar, porque, desafortunadamente, se ha documentado deshoonestidad académica en las aulas virtuales de la ESIQIE (Escobar y Luna, 2020).

La primera es la valoración de la infografía: si el objetivo es mostrar los resultados y conclusiones del problema planteado, una forma creativa e innovadora es hacerlo a través de estos recursos gráficos; su uso didáctico en el nivel universitario ha sido reportado como pertinente (Triviño et al., 2018; Roney, Menjiva y Morales, 2015).

La infografía es una representación visual que permite comunicar ideas complejas, de forma lacónica y llamativa (Universidad Complutense de Madrid, s.f.), de tal suerte que su finalidad es didáctica, ya que, bien realizada, puede ser entendida por un público no especializado. En el anexo incluimos un producto elaborado por los estudiantes.

Respecto a la infografía, su elaboración debió efectuarse en equipos de cuatro a cinco personas; a los estudiantes les proporcionamos una rúbrica con validez de contenido y confiable para discriminar calidad en infografías didácticas, la cual les provee de directrices con niveles de logro para la elaboración de esta representación visual (Guzmán, Lima y Meza, 2017).

#### *Métodos de evaluación. Instrumento cualificador y cuantificador de dimensiones cognitivas*

La segunda forma de evaluar es a través de un instrumento de elaboración propia diseñado, revisado y corregido por un ingeniero químico, dos físicos y un matemático educativo, todos con formación y experiencia en didáctica de las ciencias y matemáticas, respectivamente. El instrumento cuantifica dimensiones relevantes dentro del espectro del aprendizaje de orden superior, ya que no se formulan preguntas conceptuales; el estudiante debe razonar, relacionar, inferir e interpretar información. Además, su elaboración estuvo basada en la taxonomía de Bloom (López, s.f.), que es adecuada para valorar la tarea de aplicación a la ingeniería con el tema de intensidad de corriente y voltaje, variables vinculadas a las características de los circuitos y las celdas electrolíticas (ver figura 4).

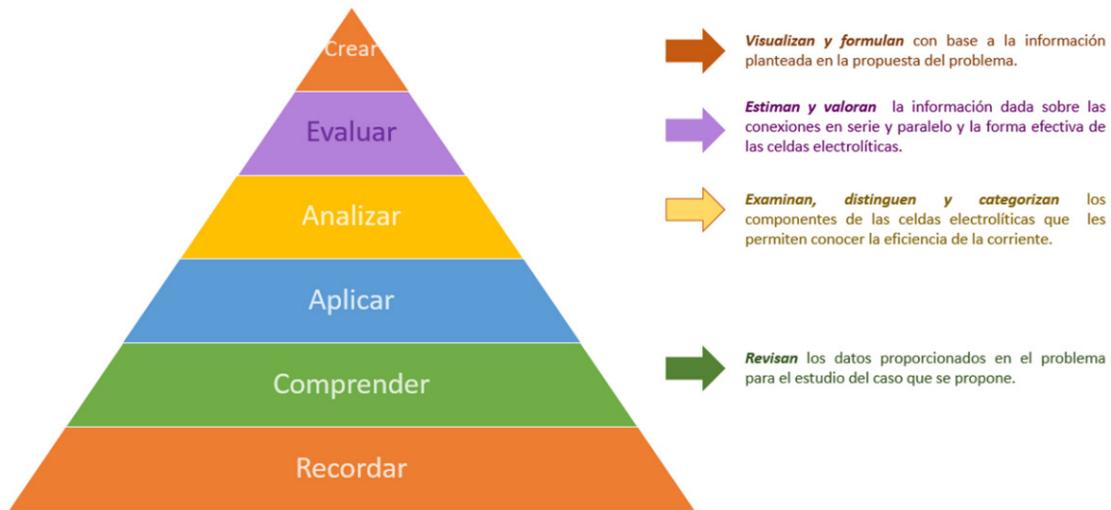


Figura 4. Taxonomía de Bloom articulada al instrumento aplicación a la ingeniería.

El instrumento se aplicó en cuatro sesiones después de la entrega de la infografía y solo estuvo disponible para los estudiantes durante doce minutos; entonces, para poder contestarlo de forma individual, la aplicación se realizó en sesión síncrona en presencia de la docente titular del grupo. En la tabla 2 describimos cada una de las preguntas del instrumento aplicación a la ingeniería, así como el análisis de la dimensión del proceso cognitivo con base en la taxonomía de Bloom.

Tabla 2. Análisis del instrumento aplicación a la ingeniería

Pregunta	Dimensión del proceso cognitivo/ Nivel de taxonomía de Bloom
De acuerdo con el escenario planteado y datos proporcionados (ver apéndice 4), es posible que las celdas estén asociadas en: Serie Paralelo Mixto No es posible determinar la asociación	Comprender Revisan los datos proporcionados de factores de operación y mantenimiento de celdas electrolíticas en el consumo de energía eléctrica respecto a la empresa ClosoMex Requieren la revisión de los datos para poder ir asociándolos en función de las conexiones que se presentan, además de contestar implícitamente la explicación del funcionamiento de las celdas
De acuerdo con los datos proporcionados (ver apéndice 4) de eficiencia de corriente es probable que ClosoMex: Debe hacer un cambio de tecnología Debe solicitar un análisis de la calidad de sus materias primas (salmuera) Esté teniendo incrementos en los costos de energía eléctrica Las celdas no estén siendo operadas correctamente	Analizar Examinan en detalle la información, y los estudiantes pueden hacer listas de las características o la deconstrucción de los datos de operación máxima de corriente entre las celdas electrolíticas

<p>Del escenario planteado:</p> <p>Si se sube la carga, se incrementa el voltaje e incrementa la producción de la celda</p> <p>Si se baja la carga, se incrementa el voltaje y disminuye la producción de la celda</p> <p>Si se sube la carga, se disminuye el voltaje e incrementa la producción de la celda</p> <p>Si se baja la carga, se disminuye el voltaje e incrementa la producción de la celda</p>	<p style="text-align: center;">Analizar</p> <p>Distinguen y categorizan la información proporcionada para la relación de ideas en función de la carga y el voltaje de acuerdo con la producción de cada celda electrolítica</p>
<p>Del escenario planteado, se puede concluir:</p> <p>Que las celdas están conectadas a tierra, por eso el voltaje es el mismo en todas ellas</p> <p>Que las celdas están colocadas en paralelo, por eso la intensidad es diferente en cada una</p> <p>Que las celdas se colocan una tras otra, porque así se mejora la eficiencia del uso de la energía, por funcionalidad y ahorro de materiales para la interconexión</p> <p>Que las celdas se conectan en paralelo debido a: mejora la eficiencia del uso de la energía, por funcionalidad, pero no hay ahorro de materiales para la interconexión</p>	<p style="text-align: center;">Evaluar</p> <p>Estiman mediante los datos y la información proporcionada la funcionalidad de los materiales y con ello la eficiencia que se puede presentar en las celdas electrolíticas</p>
<p>Del escenario planteado se puede inferir que el voltaje depende:</p> <p>De las condiciones del ánodo y el cátodo y de la carga</p> <p style="padding-left: 40px;">De que la CFE suministre carga continua</p> <p style="padding-left: 40px;">Del diseño de la celda</p> <p style="padding-left: 40px;">Del mantenimiento preventivo</p>	<p style="text-align: center;">Evaluar</p> <p>Valoran mediante el informe proporcionado y la información que tiene para considerar las conexiones en serie y paralelo, voltaje y elementos constitutivos de las celdas electrolíticas</p>
<p>De acuerdo con las gráficas (ver apéndice 5) presentadas, se infiere que:</p> <p>La intensidad de corriente es la misma en cada celda de la sala 2</p> <p>La intensidad de corriente es variable en cada celda de la sala 2</p> <p>La intensidad de corriente es diferente en cada celda de la sala 1</p> <p>La intensidad de corriente es igual en las dos salas</p>	<p style="text-align: center;">Crear</p> <p>Visualizan los datos proporcionados en las gráficas que muestran la operación de carga máxima de dos electrificadores (salas)</p>
<p>De acuerdo con las gráficas (ver apéndice 6) de ambas salas:</p> <p>Hay menor variación de corriente en la sala 1</p> <p>No hay variación de corriente en la sala 2</p> <p>Hay mayor variación de voltaje en la sala 1</p> <p>Hay menor variación de voltaje en la sala 2</p>	<p style="text-align: center;">Evaluar</p> <p>Comparan las gráficas presentadas de las dos salas electrificadoras, donde distinguen las variaciones de voltaje que ocurren entre una sala y otra</p>

<p>¿Por qué es importante para ClosoMex monitorear las variables intensidad de corriente y voltaje en su proceso productivo?</p> <p>Porque le permitirá tomar la decisión del cambio de tecnología entre celdas</p> <p>Porque permite referenciar qué voltajes deben tener las celdas, si los voltajes están altos se incrementa la temperatura en la celda y puede dañar los ánodos</p> <p>Porque los operadores deben asegurarse de que la corriente pase por una transformador y rectificador para asegurar la carga de diseño</p> <p>Porque puede provocar un corto circuito, ya que las celdas no están aterrizadas (no tienen conexión a tierra)</p>	<p style="text-align: center;">Crear</p> <p>Formulan supuestos sobre el monitoreo de la intensidad de corriente y el voltaje en el proceso productivo de las celdas a fin de considerar la mejor alternativa para la empresa</p>
--	--

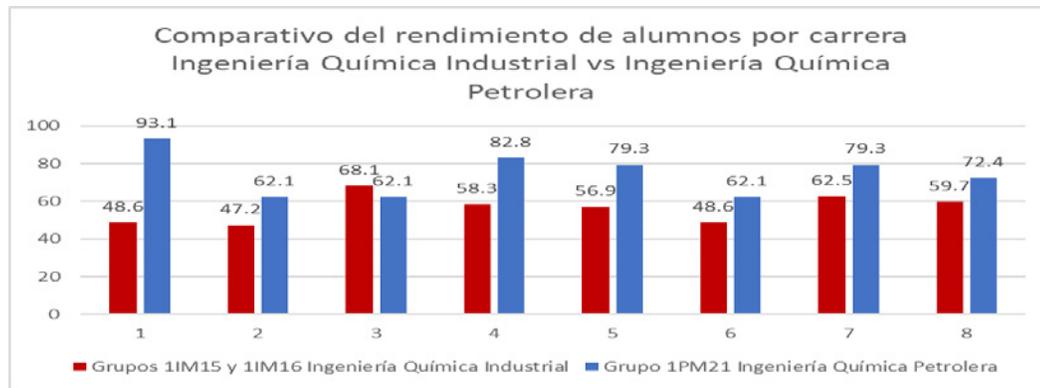
La taxonomía de Bloom es un ordenamiento jerárquico de las habilidades cognitivas (López, s.f.). En este trabajo se realizó con la creación de un instrumento que contiene una serie de preguntas que consolidan estas habilidades utilizando un solo verbo de orden inferior, que implica la revisión de datos proporcionados en el problema y que dan paso a las dimensiones con verbos de orden superior, que dirigen la examinación de manera meticulosa de los datos y distinguen los que van a facilitar la categorización de la información respecto a las celdas electrolíticas para, así, derivar sus respuestas.

Por otro lado, la dimensión de la evaluación se consume cuando los estudiantes estiman y valoran toda la información y pueden entender y distinguir las conexiones tanto de serie y paralelo para saber cómo se asocian las celdas electrolíticas a partir de los datos proporcionados. A continuación, la dimensión de creación se vincula a los verbos de visualización y formulación por parte de los estudiantes, lo que les permite la elaboración de conjeturas sobre el estudio con base en la situación problema que se les ha planteado y estos han analizado y resuelto.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En este apartado presentamos el desempeño de tres grupos relacionando dos dimensiones: la entrega y nota de la infografía (en equipo), y el rendimiento (individual) en cada uno de los reactivos del instrumento de evaluación. Asimismo, confirmamos la aportación al progreso de ambientes híbridos de aprendizaje para la formación de ingenieros.

En la gráfica 2 presentamos la comparación de los resultados por cada pregunta de los tres grupos asociados por carrera.



Gráfica 2. Comparación de rendimiento de alumnos asociados por carrera

El instrumento aplicación a la ingeniería reporta que los que tuvieron mejor desempeño son los estudiantes del grupo 1PM21, lo que también coincide con el promedio de la nota obtenida en la infografía: 79% de rendimiento; el 90% de los estudiantes realizó la entrega de su evidencia de aprendizaje, pero esto no significa que entendieron el problema, como lo pudimos constatar con el citado instrumento.

Lo anterior no ocurrió con el grupo 1IM16 y el grupo 1IM15, en los cuales el porcentaje de entrega de la infografía fue del 85% y 77%, en ese orden, es decir, un moderado porcentaje no realizó la asignación. La nota promedio de la infografía fue del 63% y 53% para el grupo 1IM16 y 1IM15, respectivamente. Con estos resultados, inferimos que la socialización de las ideas, la refutación y la discusión entre pares es útil para edificar conocimientos individuales.

Con base en los resultados de la pregunta uno asociada a la dimensión cognitiva comprender, hubo una mayor comprensión del problema referida a las características de los circuitos por parte del grupo 1PM21, lo que da paso a la reflexión docente sobre el diseño de preguntas que orienten el pensamiento inductivo de los estudiantes que proviene de la realización de la infografía. Respecto a las preguntas dos y tres, vinculadas a la dimensión analizar, son las que reportan menor rendimiento en ambos grupos de carreras. Es posible que esas preguntas representaran una disyuntiva cognitiva para los estudiantes, porque, desde el inicio, no entendieron el problema, no indagaron el concepto nuevo, eficiencia de corriente, o no ejecutaron la actividad tal como indica la metodología.

En cuanto a la dimensión analizar, de acuerdo con la taxonomía de Bloom, requiere que el estudiante relacione las conjeturas necesarias, pero también la deconstrucción de la información que se propone sobre las celdas electrolíticas empleadas en la aplicación de la industria química.

Las preguntas cuatro, cinco y siete se asocian a la dimensión evaluar, que implica atribuir y valorar tomando en cuenta diversos juicios. La pregunta seis, concerniente a crear, está asociada al análisis de los gráficos a partir de una afirmación; en esta, los alumnos tuvieron también dificultades porque debían visualizar los datos proporcionados en las gráficas; esto, a pesar de la identificación previa del número de celdas para cada electrolizador (sala).

En la pregunta ocho, vinculada a crear, los estudiantes debían construir hipótesis, que es una tarea cognitiva demandante porque tienen que seleccionar una explicación tentativa para la situación problema planteada; en ella apreciamos que un 66% en promedio lo logró, lo que lleva al docente a resaltar que los estudiantes desarrollaron la capacidad de integrar y combinar ideas en una aplicación en la industria química respecto a variables críticas (consumo energético y voltaje) en las celdas.

Podemos señalar, entonces, que esta propuesta contribuye a la formación de ingenieros y cumple con los criterios de un modelo híbrido con base en los descriptores de Carman (2002). En la tabla 3 presentamos y contrastamos con nuestra propuesta los cinco componentes clave para un modelo de aprendizaje híbrido.

Tabla 3. Análisis de los componentes según Carman (2002) para un modelo híbrido en la ESIQIE

Componentes	Descripción	Propuesta para un modelo híbrido para el aprendizaje de la ingeniería
Eventos en vivo	Sesiones de aprendizaje sincrónicos dirigidos por el profesor en que todos los alumnos participan al mismo tiempo, como en un “aula virtual” en tiempo real	Para esta propuesta se destinaron dos sesiones de dos horas cada una, en las que la profesora presentó el problema y se discutió en plenaria
Aprendizaje a su propio ritmo	Experiencias de aprendizaje que el alumno desarrolla de forma individual, a su propio ritmo y por su cuenta, como capacitación interactiva	A través de <i>quizes</i> , controles de lectura, crucigramas, preguntas guía, los estudiantes pueden robustecer su conocimiento, con la realización de las actividades, sobre el tema de circuitos eléctricos
Colaboración	Espacios en los que los alumnos se comunican con sus pares, por ejemplo, correo electrónico, hilo discusiones o chat en línea	En nuestro caso, los estudiantes tuvieron que reunirse en sesiones adicionales con sus respectivos equipos de trabajo; se les solicitó evidencia de dicha reunión, que debió ser por videoconferencia (Zoom, Meet, Skype, etc.)
Evaluación:	Medición del conocimiento de los alumnos. Las evaluaciones en el momento pretest pueden venir antes de los eventos en vivo o a su propio ritmo para determinar los conocimientos previos y se puedan realizar evaluaciones posteriores (postest) siguiendo eventos de aprendizaje en vivo o a su propio ritmo para medir transferencia de aprendizaje	Tal como sugiere Carman (2002), para nuestra propuesta, el instrumento que se diseñó ex profeso para la medición del nivel de conocimientos del tema de circuitos se aplica en el momento postest. También se evalúa el producto de aprendizaje (infografía) con una rúbrica enfocada a valorar infografías. Ambos instrumentos dan oportunidad a los estudiantes de reconocer sus áreas de mejora
Materiales de apoyo al desempeño	Son aquellos que mejoran la retención y transferencia del aprendizaje, como imprimibles, resúmenes y ayudas para el trabajo	Ejercicios vinculados al tema de circuitos eléctricos; resumen del marco teórico; presentaciones en Power Point; problema Closomex

## CONCLUSIONES

Los hallazgos expuestos indican que el trabajo colegiado y multidisciplinario permite materializar propuestas robustas basadas en marcos teóricos. Ello se evidencia tanto en las infografías elaboradas por los estudiantes y los resultados que obtuvieron con el instrumento aplicación a la ingeniería. Desde luego, es importante correr riesgos y hacer innovaciones incluso a esos marcos –como en esta indagación–, sistematizar la elaboración de la situación problema y sustituir el clásico reporte de resultados por una infografía didáctica.

No obstante, es destacable la vinculación de los resultados de la investigación educativa con la docencia, porque recurrimos a otras metodologías, rúbricas y referentes teóricos para revitalizar la forma en que se aprende la física en la ESIQIE; además, suministramos a los estudiantes una clase integrada (Pardo y Cobo, 2020), en la que participan docentes de física y matemáticas para ingeniería y expertos de la industria química, todos con perfiles profesionales diferentes, pero con interés común de aportar a la formación de los estudiantes; así, los estudiantes aprenden conocimiento tácito y una manera efectiva de abordar problemas a través del ABP.

El incorporar estrategias de aprendizaje a un modelo híbrido resulta, además de innovador, exitoso, porque los alumnos comprenden conocimientos científicos, pero ahora tienen nociones de cómo utilizarlos, como recomienda la OCDE (2020).

La propuesta presentada tiene todos los componentes para robustecer el aprendizaje y la formación de temas de física para ingenieros en un modelo híbrido. A lo largo del artículo quedó acreditado que la utilización de ABP y DIPCING aplicadas de forma sistemática permiten aprendizajes actuales, contextualizados y pertinentes. La propuesta vincula el entorno laboral al proceso formativo del estudiante, y le ofrece una actividad de aprendizaje estimulante que le ayudará a ir adquiriendo las habilidades que demandan las empresas del siglo XXI (World Economic Forum, 2020).

Los datos de los aprendizajes desarrollados con esta propuesta reflejan que el 65% de los estudiantes están en los tres primeros niveles de la pirámide. Por lo tanto, la propuesta es pertinente para este nivel de estudios y consideramos que, si se continúa usando de forma continua, mejorará la aplicación reflexiva e informada de conocimientos a partir de situaciones reales.

Esta propuesta abre la posibilidad de hacer estudios comparativos entre grupos instruidos con metodologías como ABP que evidencien si factores como la planeación, secuenciación de actividades y un buen problema inciden en el desarrollo de habilidades de orden superior.

La reflexión docente, al efectuar esta actividad y analizar los resultados, destaca la necesaria implementación de este tipo de problemas usados en el ABP que, reiteramos, constituyen la ruta para elevar las habilidades cognitivas de orden superior en los estudiantes de ingeniería. El problema propuesto es indicio para replantear algunas preguntas y, así, profundizar más en el proceso de comprensión e interpretación de los datos por parte de los estudiantes.

A más de un año del coronateaching, los docentes podemos hacer innovaciones en nuestras aulas para evitar sesgos y sobrecarga de trabajo; la recomendación es llevar a cabo este proceso de manera colegiada (Gutiérrez et al., 2012) y usar marcos teóricos provistos por la investigación educativa para enriquecer el proceso (Escobar, 2019). Esta propuesta aspira a ser una brújula para docentes que deseen innovar en la incorporación de estrategias didácticas efectivas y pertinentes para el siglo XXI, como sugiere el mismo IPN (2020).

Finalmente, coincidimos con Berrocal y Expósito (2011) en lo relativo a las limitaciones de la aplicación masiva de esta propuesta de innovación pedagógica, ya que, en algunas instituciones de educación superior en México, en la realidad no hay espacio de reflexión y crítica para la implementación de este tipo de propuestas, razón por la cual no podría aplicarse para todo un curso completo, a pesar de las mejoras

cognitivas basadas en evidencia científica y con metodologías de aprendizaje activo, ya que se privilegia cumplir con los planes y programas de estudio por encima de las habilidades de orden superior como resolución de problemas.

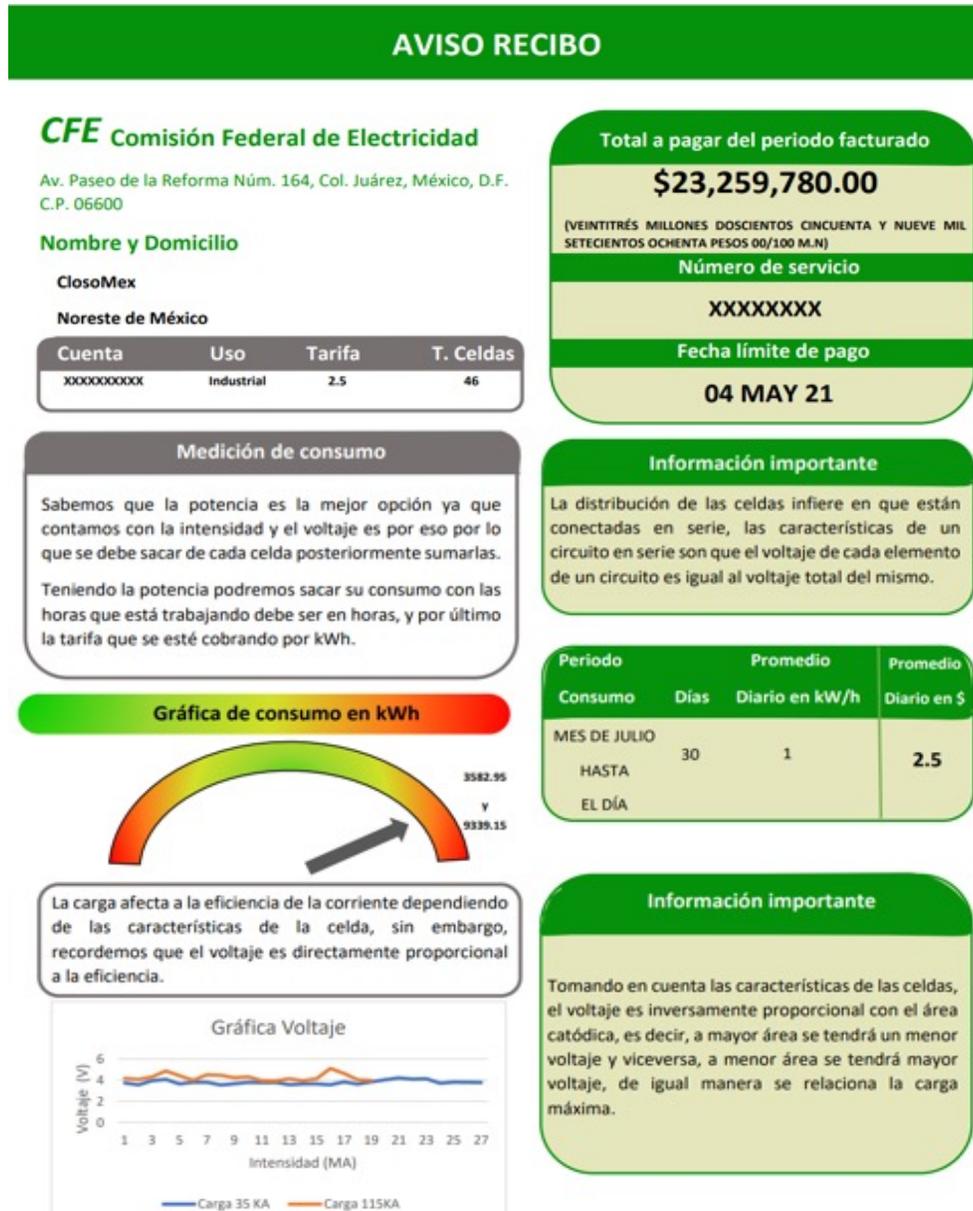
Hacer cambios requeriría el liderazgo de las autoridades académicas con base en el reconocimiento de la realidad. Hasta este momento, las universidades y algunas instituciones de educación superior se han inclinado por el *coronateaching*. El no implementar metodologías de aprendizaje activo, esperando obtener más evidencia sobre su efectividad, podría, finalmente, rezagar a los estudiantes en el desarrollo de habilidades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allan, N. (2020). *IPN inicia capacitación de profesores en herramientas tecnológicas para regreso a clases en nueva normalidad*. <https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/ipn-inicia-capacitacion-profesores-herramientas-tecnologicas-coronavirus-regreso-a-clases/>
- Arpí, C., Ávila, P., Baraldés, M., Benito, H., Gutiérrez, M., Orts, M., Rigall, R. y Rostan, C. (2012). El ABP: origen, modelos y técnicas afines. *Aula de Innovación Educativa*, núm. 216, pp. 14-18. [http://web2.udg.edu/ice/doc/xids/aula\\_educativa\\_1.pdf](http://web2.udg.edu/ice/doc/xids/aula_educativa_1.pdf)
- Bancayán C. y Vega, P. (2020). La investigación-acción en el contexto educativo. *Paideia XXI*, vol. 1, núm. 10, pp. 233-247. <https://doi.org/10.31381/paideia.v10i1.2999>
- Bauer, W. y Westfall, G. D. (2011). *Física para ingeniería y ciencias con física moderna*, vol. 2 (2ª. ed.). México: McGraw-Hill Education.
- Bernabeu, M. y Cónsul, M. (s. f.). *Aprendizaje basado en problemas: el método ABP*. <https://educrea.cl/aprendizaje-basado-en-problemas-el-metodo-abp/>
- Berrocal, E. y Expósito, J. (2011). El proceso de investigación educativa II: investigación-acción. En *Innovación docente e investigación educativa: Máster Universitario de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas* (pp. 35-50). Grupo Editorial Universitario (GEU Editorial). [https://www.ugr.es/~emiliobl/Emilio\\_Berrocal\\_de\\_Luna/Master\\_files/UNIDAD%20%20Investigacio%CC%81n%20-%20Accio%CC%81n.pdf](https://www.ugr.es/~emiliobl/Emilio_Berrocal_de_Luna/Master_files/UNIDAD%20%20Investigacio%CC%81n%20-%20Accio%CC%81n.pdf)
- Bohórquez M. y Checa, I. (2019). Desarrollo de competencias mediante ABP y evaluación con rúbricas en el trabajo en grupo en educación superior. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, vol. 2, núm. 17, pp. 197-210. <https://doi.org/10.4995/redu.2019.9907>
- Camarena, P. (2013). A treinta años de la teoría educativa “Matemática en el Contexto de las Ciencias”. *Innovación Educativa*, vol. 62, núm. 13, pp. 17-44. <https://www.ipn.mx/assets/files/innovacion/docs/Innovacion-Educativa-62/a-treinta-anos-de-la-teoria-educativa-62.pdf>
- Cañas, M. (2019). ABP: repensando los laboratorios de química. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, vol. 2, núm. 17, pp. 25-39. <http://dx.doi.org/10.4995/redu.2019.11667>
- Carman, J. M. (2002). *Blended learning design: Five key ingredients knowledge net*. <http://blended2010.pbworks.com/f/Carman.pdf>
- Delgado, P. (2020). La capacitación docente, el gran reto de la educación en línea. *Observatorio de Innovación Educativa. Tecnológico de Monterrey*. [http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas\\_didacticas/abp/historia.htm](http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abp/historia.htm)

- Escobar, F. (2021). Alumnos inscritos en 2do semestre (faby\_escobar@yahoo.com.mx).
- Escobar, F. (2020). Promocional CICATA (faby\_escobar@yahoo.com.mx).
- Escobar, F. (2019). *Variante metodológica ABP Ctx para el aprendizaje de la dinámica de fluidos. Caso: ecuación de Bernoulli*. Tesis doctoral no publicada. Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, México. <https://tesis-fisedu-cicata.herokuapp.com/tesisdoctorado.html>
- Escobar, F. y Luna, V. H. (2020). Campo magnético en el aula virtual en época de pandemia. *Revista de Enseñanza de la Física*, vol. 2, núm. 32, pp. 109-126. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/31324/31987>
- Escobar, F. y Ramírez, M. (2021). Learning electrical circuits for the development of critical thinking. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2073, núm. 1, pp. 1-7. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2073/1/012001/pdf>
- Fredin, E. (2017). *Aprendizaje híbrido: ¿el futuro de la educación superior*. Observatorio del Instituto Tecnológico de Monterrey, México. <https://observatorio.itesm.mx/edu-news/2017/10/13/aprendizaje-hibrido-el-futuro-de-la-educacion-superior>
- Gutiérrez, J., De la Puente, G., Martínez, A. y Piña, E. (2012). *Aprendizaje basado en problemas: un camino para aprender a aprender*. Coyoacán, México: Comité Editorial del Colegio de Ciencias y Humanidades-Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.22201/cch.9786070239021p.2007>
- Guzmán, Y., Lima, N. y Meza, J. (2017). Diseño y confiabilidad de una rúbrica para evaluar infografías didácticas. *Enseñanza & Teaching*, vol. 35, núm. 2, pp. 17-36. <https://doi.org/10.14201/et20173521736>
- Higuera, D., Guzmán, J. y Rojas, A. (2019). Implementando las metodologías STEAM y ABP en la enseñanza de la física mediante Arduino. En *Memorias de Congresos UTP* (pp. 133-137). <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/2304>
- Hincapié, D., Ramos, A. y Chirino, V. (2018). Aprendizaje basado en problemas como estrategia de aprendizaje activo y su incidencia en el rendimiento académico y pensamiento crítico de estudiantes de medicina. *Revista Complutense de Educación*, vol. 29, núm. 3, pp. 35-52. <https://doi.org/10.5209/RCED.53581>
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (2014). *ABP en ingeniería y ciencias exactas*. <http://sitios.itesm.mx/va/diie/tecnicasdidacticas/2a.htm>
- IPN (2020). Plan de inicio del semestre 21-1 en línea. <https://www.ench.ipn.mx/assets/files/ench/docs/planVirtual/plan-inicio-semestre-21-1-en-linea-IPN.pdf>
- Levin, R. y Rubín, D. (2004). *Estadística para administración y economía*. Pearson Educación.
- López, J. C. (s.f.). *La taxonomía de Bloom y sus actualizaciones*. <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomCuadro.php3>
- Meinardi, E. (2010). ¿Cómo enseñar ciencias? En E. Meinardi (ed.). *Educación en Ciencias* (pp. 95-129).
- Mora, C. (2005). Enseñanza problemática de la física. *Sinéctica, Revista Electrónica de Educación*, vol 1, núm. 27, pp. 1-10. <https://rei.iteso.mx/handle/11117/6813?show=full>

- OCDE (2020). *El impacto del COVID-19 en la educación* –Información del panorama de la educación (Education at a glance) 2020. [https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/EAG2020\\_COVID%20Brochure%20ES.pdf](https://www.oecd.org/centrodemexico/medios/EAG2020_COVID%20Brochure%20ES.pdf)
- Olivares, S. y Heredia, Y. (2012). Desarrollo del pensamiento crítico en ambientes de aprendizaje basado en problemas en estudiantes de educación superior. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 54, núm. 17, pp. 759-778. <http://www.comie.org.mx/documentos/rmie/v17/n054/pdf/ART54003.pdf>
- Pardo, H. y Cobo, C. (2020). *Expandir la universidad más allá de la enseñanza remota de emergencia. Ideas hacia un modelo híbrido post-pandemia*. Barcelona: Outliers School. [https://outliersschool.net/wp-content/uploads/2020/05/Expandir\\_la\\_universidad.pdf](https://outliersschool.net/wp-content/uploads/2020/05/Expandir_la_universidad.pdf)
- Praxis Framework (2019). *El ciclo de Shewhart*. <https://www.praxisframework.org/es/library/shewhart-cycle>
- Ramos, D. (2020). *Coronateaching ¿síndrome o nueva oportunidad para la reflexión? i/ii*. Unesco-IESALC. <https://www.iesalc.unesco.org/2020/07/02/coronateaching-sindrome-o-nueva-oportunidad-para-la-reflexion-i-ii/#.YN-jgGOgzbIU>
- Real Academia Española (2020). *Diccionario de la Lengua Española*. <https://dle.rae.es/presencialidad>
- Ríos, C. (2021). Desertaron más de 23 mil alumnos del Politécnico. *Milenio*, 4 de febrero. <https://www.milenio.com/politica/comunidad/desertaron-mas-de-23-mil-alumnos-del-politecnico>
- Román, J. (2020). IPN sancionará a docentes que no den clases virtuales durante pandemia. *La Jornada*, 20 de mayo. <https://www.jornada.com.mx/ultimas/sociedad/2020/05/20/ipn-sancionara-a-docentes-que-no-den-clases-virtuales-durante-pandemia-3165.html>
- Roney, C., Menjíva, E. y Morales, H. (2015). Elaboración de infografías: hacia el desarrollo de competencias del siglo XXI. *Diálogos*, vol. 1, núm. 15, pp. 23-37. <https://doi.org/10.5377/dialogos.v0i15.2207>
- Santo, M. y Lecumberry, G. (2005). *El proceso de medición: análisis y comunicación de datos experimentales*. Río Cuarto: Universidad Nacional de Río Cuarto. [https://www.unrc.edu.ar/unrc/digital/El\\_proceso\\_de\\_med.pdf](https://www.unrc.edu.ar/unrc/digital/El_proceso_de_med.pdf)
- Subdirección de Servicios Educativos e Integración Social de la ESIQIE (s.f.). Página de Facebook. [https://es-la.facebook.com/pages/category/Community-College/Sseis\\_esiqie-422539851156484/](https://es-la.facebook.com/pages/category/Community-College/Sseis_esiqie-422539851156484/)
- Triviño, P. Ramírez, L. Iborra, F. y Sarrias, R. (2018). Infografías como recurso didáctico en clases de ingeniería. <https://indoc.uca.es/articulos/sol-201800111877-tra.pdf>
- Universidad Complutense de Madrid (s.f.). Infografías científicas innovación educativa. <https://www.ucm.es/infografias/>
- World Economic Forum (2020). *The future of jobs report 2020*. Ginebra, Suiza. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2020.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf)
- Zambrano, V. y Naranjo, A. (2020). ABP: estrategia didáctica en las matemáticas. *593 Digital Publisher CEIT*, vol. 1, núm. 5, pp. 69-77. <https://doi.org/10.33386/593dp.2020.1.184>



## Apéndice 1

### Resultados de la evaluación diagnóstica de la unidad de aprendizaje Electricidad y Magnetismo de los grupos 1IM15, 1IM16 y 1PM21 de la ESIQIE

Pregunta	Tipología	Porcentaje de alumnos que respondieron correctamente
1	Conceptual	89.5
2	Resolución de ejercicio	17.7
3	Resolución de ejercicio	26.3
4	Resolución de ejercicio	52.5
5	Comprensión	34.8
6	Conceptual	42
7	Resolución de ejercicio	21
8	Resolución de ejercicio	58
9	Resolución de ejercicio	37
10	Dicotómica	56.9
11	Conceptual	60.2
12	Dicotómica	85.1
13	Conceptual	72.4
14	Conceptual	19.3
15	Resolución de ejercicio	45.9

## Apéndice 2

### Pregunta 8 de la evaluación diagnóstica de electricidad y magnetismo

8. Aplicando la ley de Ohm determine: cuál de las opciones corresponde a los valores de las variables requeridas para completar la tabla. \*

V, Volts	12		4		25
I, Ampere	6	6		2	
R, $\Omega$		18	20	20	25

- a) 18, 12, 16, 18, 0
- b) 2, 108, 0, 2, 40, 1
- c) 72, 3, 5, 10, 1
- d) 6, 24, -16, 22, 0

## Apéndice 3

### Pregunta 11 de la evaluación diagnóstica de electricidad y magnetismo

11. La cantidad de energía calorífica producida por una corriente eléctrica a través de un resistor, \* es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente eléctrica, del tiempo de que ésta circula por el resistor y de la resistencia de éste.

- a) Efecto Watt
- b) Efecto Ohm
- c) Efecto Joule
- d) Efecto Faraday

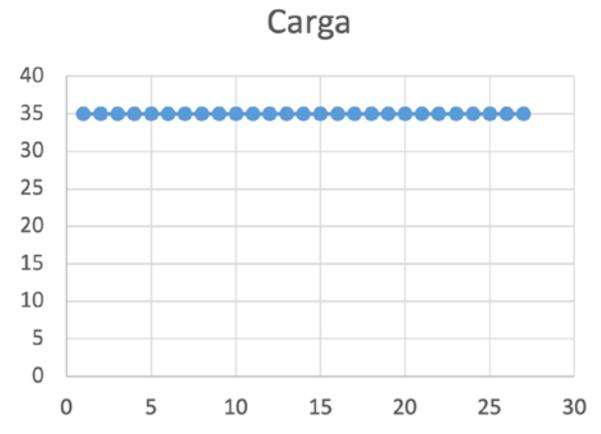
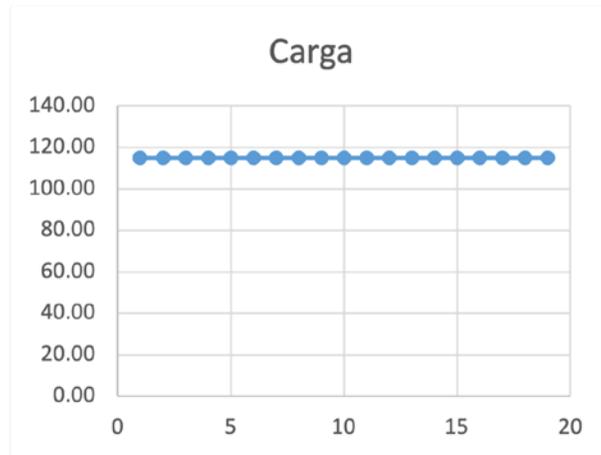
## Apéndice 4

### Datos de operación de las celdas por electrolizador (sala)

Celda	Edad días	V prom (V)	Kf	Tipo ánodo	Observaciones
1 OM	586	4.17	0.124	ROD	
2 OM	442	4.06	0.111	ROD	
3 OM	32	4.31	0.142	BLADE	Ánodos nuevos
4 OM	234	4.88	0.211	ROD	Cambio de ánodos
5 OM	131	4.42	0.154	BLADE	Ánodos nuevos
6 OM	623	3.99	0.102	ROD	
7 OM	856	4.51	0.165	ROD	
8 OM	828	4.47	0.160	ROD	
9 OM	653	4.23	0.131	ROD	
10 OM	532	4.32	0.142	ROD	
11 OM	888	3.96	0.099	ROD	
12 OM	348	3.94	0.096	ROD	
13 OM	791	4.12	0.119	ROD	
14 OM	77	3.95	0.097	BLADE	Ánodos nuevos
15 OM	425	4.13	0.111	ROD	
16 OM	680	5.11	0.238	ROD	
17 OM	261	4.63	0.180	ROD	
18 OM	245	4.04	0.108	ROD	
19 OM	642	3.97	0.099	ROD	
1 DN	363	3.74	0.192	ROD	
2 DN	659	3.55	0.132	ROD	Bajo pendiente
3 DN	853	3.95	0.260	ROD	
4 DN	1644	4.07	0.301	ROD	
5 DN	1941	3.64	0.158	ROD	
6 DN	1913	3.80	0.213	ROD	
7 DN	623	3.80	0.214	ROD	
8 DN	443	3.54	0.127	ROD	
9 DN	1537	3.66	0.166	ROD	Bajo pendiente
10 DN	1935	3.79	0.208	ROD	
11 DN	756	3.76	0.200	ROD	
12 DN	580	3.78	0.205	ROD	
13 DN	335	3.57	0.136	ROD	
14 DN	247	3.64	0.158	ROD	
15 DN	489	3.65	0.164	ROD	
16 DN	138	3.56	0.135	ROD	Bajo pendiente
17 DN	280	3.83	0.221	ROD	
18 DN	695	3.62	0.152	ROD	
19 DN	593	3.84	0.224	ROD	
20 DN	1882	4.04	0.289	ROD	
21 DN	1698	4.21	0.344	ROD	
22 DN	1698	4.10	0.309	ROD	
23 DN	1698	4.13	0.319	ROD	
24 DN	1698	3.70	0.179	ROD	Bajo pendiente
25 DN	1698	3.82	0.218	ROD	
26 DN	562	3.80	0.212	ROD	Bajo pendiente
27 DN	314	3.78	0.206	ROD	

## Apéndice 5

Gráficos requeridos para responder pregunta 6 de la tabla 2. Análisis del instrumento aplicación a la ingeniería



## Apéndice 6

Gráficos requeridos para responder pregunta 6 de la tabla 2. Análisis del instrumento aplicación a la ingeniería

