



## Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas y Aprendizaje Activo para enseñar circuitos eléctricos con simulaciones PhET

César Mora<sup>a, b</sup>, Marco Antonio Moreira<sup>b</sup>, Jesús Ángel Meneses Villagra<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional.

<sup>b</sup>Facultad de Educación de la Universidad de Burgos.

### ARTICLE INFO

**Received:** 12 de febrero de 2022

**Accepted:** 20 de abril de 2022

**Available on-line:** 31 de mayo de 2022

**Keywords:** Aprendizaje Significativo, Aprendizaje Activo, Secuencia didáctica.

**E-mail addresses:** [cmoral@ipn.mx](mailto:cmoral@ipn.mx), [moreira@if.ufrgs.br](mailto:moreira@if.ufrgs.br), [meneses@ubu.es](mailto:meneses@ubu.es)

ISSN 2007-9847

© 2022 Institute of Science Education.  
All rights reserved

### ABSTRACT

Moreira propuso la construcción de Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas (UEPS) lo cual es una secuencia didáctica fundamentada en diversas teorías de aprendizaje. Se parte de la premisa de que no hay enseñanza sin aprendizaje y que la enseñanza es el medio y el aprendizaje es el fin. Presentamos la construcción de una secuencia didáctica para enseñar circuitos eléctricos basada en UEPS en donde incluimos Simulaciones PhET, así como actividades del Aprendizaje Activo de la Física propuesto por Sokoloff, en donde se utiliza el ciclo cognitivo basado en Predecir, Observar, Discutir y Sintetizar (PODS).

Moreira proposed the construction of Potentially Significant Teaching Units (UEPS) which is a didactic sequence based on various learning theories. It starts from the premise that there is no teaching without learning and that teaching is the means and learning is the end. We present the construction of a didactic sequence to teach electrical circuits based on UEPS where we include PhET Simulations, as well as Active Physics Learning activities proposed by Sokoloff, where the cognitive cycle based on Predict, Observe, Discuss and Synthesize (PODS) is used.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la Educación en Ciencias es una disciplina que reúne diferentes propuestas de modelos y metodologías desarrolladas a lo largo de los años con el fin de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en todos los niveles educativos (Callahan & Dopico, 2016). No obstante, los diferentes avances en la Educación en Ciencias (Voelker *et al.*, 2006), no se trata de un problema trivial de utilizar alguna metodología exitosa y obtener los mejores resultados del aprendizaje después de su aplicación, ya que el problema educativo es complejo y de grandes implicaciones sociales (Sawyer, 2008), y más cuando intervienen conceptos asociados con el leguaje matemático (Yeo & Gilbert, 2022). Desde el siglo pasado y en la actualidad se han dado diversos adelantos en la didáctica de la física (Jacobson, 1975; Campanario *et al.* 1999), así como la inclusión de avances tecnológicos, curriculares (Ramal, 1999) y de nuevas teorías del aprendizaje (Moreira 1997, 2005). Todo ello presenta un alentador panorama para mejorar la enseñanza de la Física, sin embargo los desafíos continúan y no obstante los valiosos aportes de la investigación educativa, su incorporación en la práctica docente es complicado y las nuevas tendencias en la enseñanza tienen un fuerte énfasis en el uso de la tecnología y de las simulaciones computacionales, tales como las simulaciones PhET (Sánchez & Mora, 2021).

Moreira (2005) ha desarrollado una vasta producción sobre el Aprendizaje Significativo en la Educación en Ciencias, por otro lado, el Aprendizaje Activo de la Física ha sido una de las metodologías más exitosas en la enseñanza de la física en sus diferentes presentaciones, siendo la Clases Demostrativas Interactivas (CDI) una de las más utilizadas (Metzler & Thornton, 2012; Günter, 2008). Asimismo, las simulaciones computacionales constituyen una herramienta poderosa y de fácil acceso para realizar experimentos de física. En particular, las simulaciones PhET son recursos de simulación muy versátiles y de libre acceso en internet para recrear diversos tipos de experimentos de física, ya que buscar divertir al estudiante y son interactivas, incluso basadas en investigación, en general son simulaciones escritas en HTML5, y además de realizarse en línea también se pueden descargar. Este tipo de simulaciones son de código abierto. Inicialmente las actividades de Aprendizaje Activo de la Física han sido experimentos físicos de fácil realización en el aula de clases, pero poco a poco se ha ido incorporando la tecnología en las demostraciones físicas, no solo en la captura de datos a través de sensores, es así como se han creado las variantes de Aprendizaje Activo de la Física Basado en la Tecnología (*Technology Enabled Active Learning*, TEAL) que han reportado resultados alentadores respecto a la enseñanza tradicional (Dori & Belcher, 2009; Shieh, Chang & Liu, 2011).

Considerando que tanto el Aprendizaje Significativo, como el Aprendizaje Activo de la Física son dos de las mejores estrategias de enseñanza de la física y dada la situación actual mundial sanitaria derivada por el COVID-19, la cual nos llevó al distanciamiento social como una medida preventiva para evitar los contagios masivos, por ello utilizamos algunos elementos de estos modelos educativos auxiliados por las simulaciones computacionales como complemento o sustituto de la experimentación física. En este artículo mostramos cómo estructuramos una clase combinada de ley de Ohm y circuitos eléctricos utilizando Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas, Aprendizaje y simulaciones PhET.

El artículo está organizado de la siguiente forma, en la Sección II mostramos algunos rudimentos del Aprendizaje Significativo y qué son las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. En la Sección III, abordamos las características del Aprendizaje Activo de la Física y las Clases Demostrativas Interactivas. En la Sección IV, presentamos nuestra propuesta para enseñar la ley de Ohm mediante PhET, finalmente en la Sección V, mostramos nuestras conclusiones.

## II. APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

El Aprendizaje Significativo es una teoría psicológica del aprendizaje en el aula propuesta por Ausubel en la década del sesenta (Ausubel, 1976), y se dio como contraparte al modelo de enseñanza aprendizaje basado en el descubrimiento, en donde se afirma que se aprende lo que se descubre. Ausubel asume que, para aumentar y preservar el conocimiento, el aprendizaje debe ser receptivo significativo y no tanto tratando de descubrirlo todo, lo cual llevaría a la construcción del conocimiento de una forma muy lenta y poco práctica (Ausubel, 2002). La propuesta de Ausubel de la Teoría del Aprendizaje Significativo aborda de manera integral todos y cada uno de los elementos, factores, condiciones y tipos que garantizan la adquisición, la asimilación y la retención del contenido que la escuela ofrece a los estudiantes, de modo que adquiera conocimiento estable con significado individual y social (Rodríguez, 2004). Para poder lograr un aprendizaje significativo en el estudiante, hay dos condiciones que se deben cumplir, y la primera es que el estudiante desee aprender significativamente. La segunda tiene que ver con el material de la clase y el papel del profesor para proveer materiales potencialmente significativos, esto es, se requieren materiales que tengan significado lógico y que existan ideas de anclaje o subsumidores adecuados en el estudiante que permitan la interacción con el material nuevo que se presenta.

Ausubel (2002) plantea que la construcción del conocimiento en el estudiante no se da desde cero, sino que hay una interacción entre los nuevos contenidos y los elementos relevantes preexistentes en su estructura cognitiva (subsumidores). La interacción de ideas, conceptos o proposiciones inclusivas, claras y disponibles en la mente del estudiante es lo que proporciona de significado a ese nuevo contenido en esa interacción didáctica, en la que hay la transformación de los subsumidores en la estructura cognitiva, que van quedando así progresivamente más diferenciados, elaborados y estables (Moreira, 2000).

Por otro lado, Moreira (2008) propuso un modelo de enseñanza en el marco de la Teoría del Aprendizaje Significativo, desde una perspectiva conceptual del conocimiento, el cual consiste en que:

- 1) El profesor debe determinar la estructura conceptual y proposicional de aquello que va a enseñar.
- 2) Identificar cuáles son los conceptos subsumidores relevantes para el aprendizaje de los nuevos contenidos.
- 3) Organizar la enseñanza, articulándola en torno a la estructura conceptual del contenido curricular previamente realizada.
- 4) Implementar la enseñanza, esto es, la hoja de ruta o el conjunto de pautas que se desarrollen en el aula.

Más específicamente, Moreira (2011) propuso la construcción de una secuencia didáctica fundamentada también en el aprendizaje significativo conocida como *Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa* (UEPS), que es una secuencia de enseñanza para el aprendizaje no mecánico, que puede estimular la investigación aplicada en enseñanza, es decir la investigación dedicada directamente a la práctica de la enseñanza en el día a día de las clases. Los pasos para estructurar una UEPS son los siguientes (Moreira, 2011):

1. Definir el tema específico que será abordado, identificando sus aspectos declarativos y procedimentales tal y como se aceptan en el contexto de la materia de enseñanza en la que se inserta el tema escogido.
2. Crear situaciones – discusión, cuestionario, mapa conceptual, situación-problema, etc. – que lleve al estudiante a exteriorizar su conocimiento previo, aceptado o no aceptado en el contexto de la asignatura de enseñanza, supuestamente relevante para el aprendizaje significativo del asunto en cuestión.
3. Proponer situaciones-problema, en un nivel bastante introductorio, teniendo en cuenta el conocimiento previo del estudiante, que preparen el terreno para la introducción del conocimiento que se pretende enseñar; estas situaciones-problema pueden incluir, desde ya, el asunto en pauta, pero no para empezar a enseñarlo; tales situaciones-problema pueden funcionar como organizador previo; son las situaciones que dan sentido a los nuevos conocimientos, pero para eso el estudiante tiene que percibirlos como problemas y debe ser capaz de modelarlos mentalmente; estas situaciones-problema iniciales pueden ser mediante simulaciones computacionales, demostraciones, vídeos, problemas del cotidiano, representaciones vehiculadas por los medios de comunicación, problemas clásicos de la materia de enseñanza, etc., pero siempre de modo accesible y problemático, es decir, no como ejercicio de aplicación rutinaria de algún algoritmo.
4. Una vez trabajadas las situaciones iniciales, se presenta el conocimiento que debe ser enseñado aprendido, teniendo en cuenta la diferenciación progresiva, es decir, empezando con aspectos más generales, inclusivos, dando una visión inicial del todo, de lo que es más importante en la unidad de enseñanza, pero después se ponen ejemplos, abordando aspectos específicos; la estrategia de enseñanza puede ser, por ejemplo, una breve exposición oral seguida de una actividad colaborativa en pequeños grupos que, a su vez, debe ser seguida de una actividad de presentación o discusión en el grupo grande.

5. A continuación, se retoman los aspectos más generales, del contenido de la unidad de enseñanza, en nueva presentación (que puede ser a través de otra breve exposición oral, de un recurso computacional, de un texto, etc.), pero con un nivel más alto de complejidad con relación a la primera presentación; las situaciones-problema deben ser propuestas en niveles crecientes de complejidad; dar nuevos ejemplos, destacar semejanzas y diferencias con relación a las situaciones y ejemplos ya trabajados, o sea, promover la reconciliación integradora; después de esta segunda presentación, hay que proponer alguna otra actividad colaborativa que lleve a los estudiantes a interactuar socialmente, negociando significados, contando con el profesor como mediador; esta actividad puede ser la resolución de problemas, la construcción de un mapa conceptual o un diagrama V, un experimento de laboratorio, un pequeño proyecto, etc., pero necesariamente tiene que haber negociación de significados y la mediación docente.

6. Concluyendo la unidad, se da continuidad al proceso de diferenciación progresiva retomando las características más relevantes del contenido en cuestión, pero desde una perspectiva integradora, o sea, buscando la reconciliación integrativa; eso debe ser realizado a través de una nueva presentación de los significados que puede ser, otra vez, una breve exposición oral, lectura de un texto, recurso computacional, audiovisual, etc.; lo importante no es la estrategia en sí, sino el modo de trabajar el contenido de la unidad; después de esta tercera presentación, se deben proponer y trabajar nuevas situaciones-problema en un nivel más alto de complejidad con relación a las situaciones anteriores; esas situaciones deben ser resueltas en actividades colaborativas y después presentadas y/o discutidas en el grupo grande, siempre contando con la mediación del docente.

7. La evaluación del aprendizaje en la UEPS debe ser realizada a lo largo de su implementación, anotando todo lo que pueda ser considerado evidencia de aprendizaje significativo del contenido de la misma; además, debe haber una evaluación sumativa después del sexto paso, en la que se deben proponer cuestiones/situaciones que impliquen comprensión, que manifiesten captación de significados e, idealmente, alguna capacidad de transferencia; tales cuestiones/situaciones deben ser previamente validadas por profesores experimentados en la asignatura de enseñanza; la evaluación del desempeño del estudiante en la UEPS deberá estar basada, en pie de igualdad, tanto en la evaluación formativa (situaciones, tareas resueltas colaborativamente, registros del profesor) como en la evaluación sumativa.

8. La UEPS solamente será considerada exitosa si la evaluación del desempeño de los estudiantes suministra evidencias de aprendizaje significativo (captación de significados, comprensión, capacidad de explicar, de aplicar el conocimiento para resolver situaciones-problema). El aprendizaje significativo es progresivo, el dominio de un campo conceptual es progresivo; por eso, el énfasis en evidencias, no en comportamientos finales.

### **III. APRENDIZAJE ACTIVO DE LA FÍSICA**

El Aprendizaje Activo de la Física involucra la participación activa de los estudiantes en su propio aprendizaje, pero de una forma más intensa y más profunda que en la enseñanza tradicional (Meltzer & Thornton, 2012). Por consiguiente, cuando hablamos de Aprendizaje Activo, no solo nos referimos a un método sino a una gran variedad de métodos “activos”, los cuales involucran técnicas como la recolección y manejo de datos computarizados en tiempo real, el diálogo Socrático guiado, simulaciones computacionales interactivas y la resolución de problemas bien estructurados. En la siguiente tabla comparativa podemos ver las principales características de las metodologías activas (Sokoloff & Thornton, 2004).

**TABLA I.** Comparativa de características entre un ambiente de aprendizaje pasivo y un ambiente de aprendizaje activo.

Ambiente de aprendizaje pasivo	Ambiente de aprendizaje activo
El instructor y el libro de texto son las autoridades y fuente de todo conocimiento.	Los alumnos construyen su conocimiento al poner manos a la obra y al hacer observaciones. Las observaciones reales del mundo real son la autoridad.
Las creencias de los alumnos rara vez son contrastadas.	Se utiliza el ciclo de aprendizaje en el que los alumnos son desafiados a comparar sus predicciones (basadas en sus creencias) con las observaciones de experimentos reales.
Puede ser que los alumnos nunca perciban el conflicto entre sus creencias y lo que se les enseña en clase.	Las creencias de los alumnos cambian cuando los alumnos son confrontados ante las diferencias entre sus observaciones y sus creencias.
El rol del profesor es de autoridad.	El papel del instructor es de guía en el proceso de aprendizaje.
La colaboración entre compañeros no es fomentada.	Se fomenta la colaboración entre compañeros.
Las clases de Física a menudo presentan los “hechos” de la Física con poca referencia a la experimentación.	Los resultados de experimentos reales son observados en formas comprensibles.
El trabajo de laboratorio, si lo hay, se usa para confirmar teorías “aprendidas” en clase.	El trabajo de laboratorio se utiliza para aprender conceptos básicos.

Una de las metodologías que más aplicación ha tenido es la de Clases Demostrativas Interactivas (CDI), es una propuesta didáctica constructivista basada en un ciclo cognitivo basado en la demostración de experimentos sencillos, la observación de fenómenos físicos, la discusión de resultados en equipo y en forma grupal, y la síntesis de ideas para construir conceptos científicos. El acrónimo de este ciclo es PODS, y las actividades a realizar tanto del docente, que actúa más como facilitador y mediador, así como las de los estudiantes, deben de estar claramente fundamentadas en este ciclo, mediante las hojas de control de resultados y el material escrito de la secuencia didáctica. Thornton y Sokoloff (1990) señalan que las principales características de las herramientas didácticas que fundamentan el Aprendizaje Activo son:

- 1) Las herramientas tecnológicas las cuales permiten a los estudiantes dirigir su práctica sin consumir la mayor parte del tiempo en recolectar datos para su demostración.
- 2) Los datos son graficados en tiempo real y permiten a los estudiantes una inmediata retroalimentación y poder ver los datos en forma comprensible.
- 3) Debido al hecho de que los datos son rápidamente obtenidos y analizados, los estudiantes pueden examinar fácilmente las consecuencias de un gran número de cambios en las condiciones experimentales durante una sesión de laboratorio.
- 4) Las herramientas de hardware y software son generales, es decir, son independientes de los experimentos, por lo cual los estudiantes son capaces de enfocarse en la investigación de muchos fenómenos físicos sin perder tiempo usando instrumentos más complicados.

5) Las herramientas tecnológicas no determinan ni el fenómeno a investigar, los pasos de la investigación, ni el nivel o sofisticación del objetivo de aprendizaje por lo que son útiles desde el nivel elemental hasta el universitario.

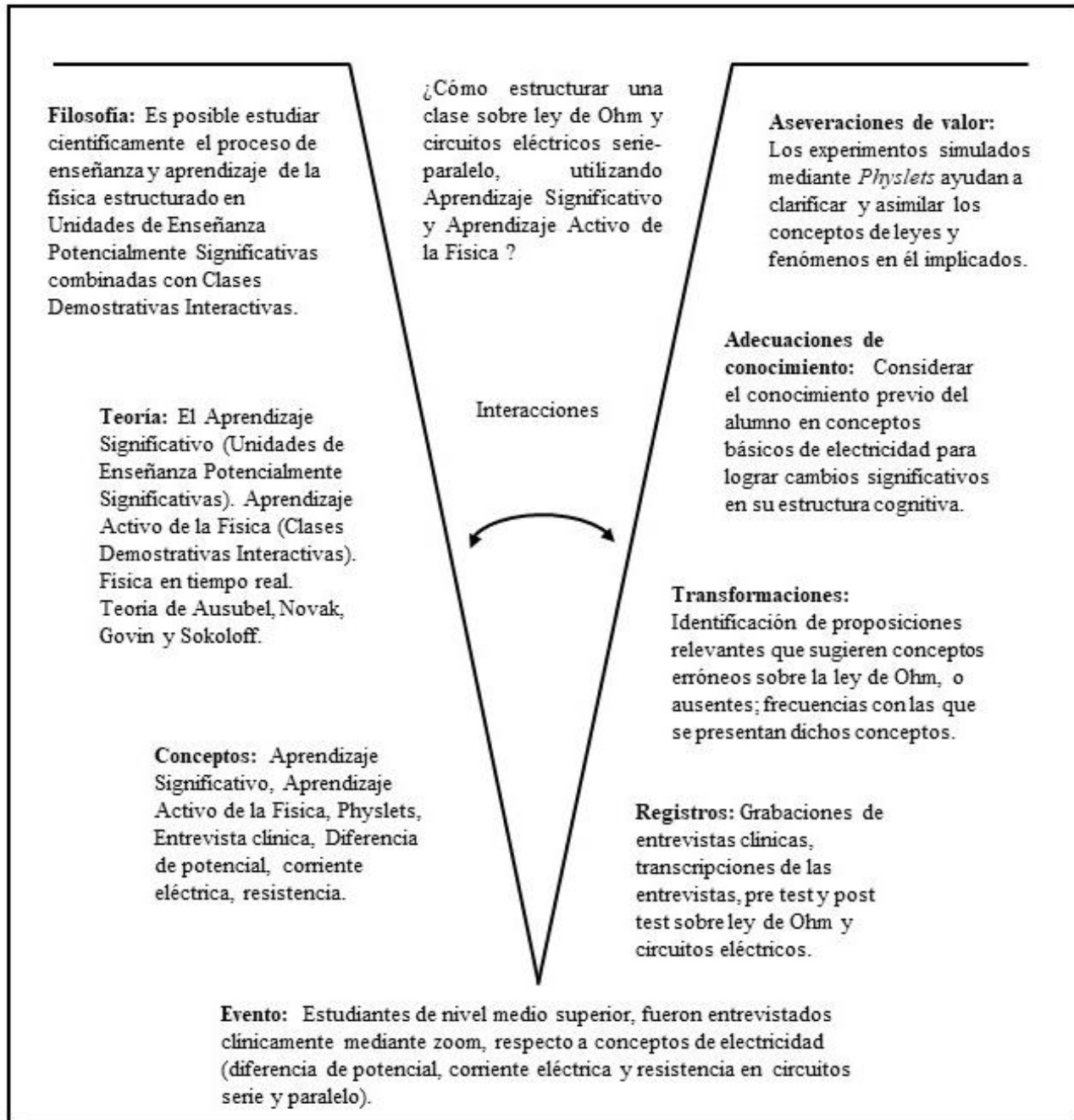
Las Clases Demostrativas Interactivas se estructuran mediante ocho pasos (Sokoloff, 2006), y se efectúan con equipos pequeños de estudiantes, no excediendo de 4 integrantes. A continuación, se muestran detalladamente las diferentes fases para lograr el aprendizaje de conceptos físicos:

- 1) El docente describe el experimento, y, si fuera necesario, lo realiza sin proyectar el resultado del experimento.
- 2) Los estudiantes deben registrar su predicción individual en la Hoja de Predicciones, la cual será recogida al final de la clase, y donde el estudiante debe poner su nombre. (Se debe asegurar a los estudiantes que estas predicciones no tendrán nota, aunque una parte de la nota final del curso puede ser asignada por la asistencia a las CDI).
- 3) Los estudiantes discuten sus predicciones en un pequeño grupo de discusión con sus 2 o 3 compañeros más cercanos.
- 4) El docente obtiene las predicciones más comunes de toda la clase.
- 5) Los estudiantes registran la predicción final en la Hoja de Predicciones.
- 6) El docente realiza la demostración mostrando claramente los resultados.
- 7) Se pide a algunos estudiantes que describan los resultados y los discuten en el contexto de la demostración. Los estudiantes registran estos resultados en la Hoja de Resultados, la cual se llevan para estudiar.
- 8) Los estudiantes (o el profesor) discuten situaciones físicas análogas con diferentes características superficiales (o sea, diferentes situaciones físicas, pero que responden al mismo concepto(s)).

En los pasos 7 y 8, se enfatiza que la tarea del profesor es hacer que sean los estudiantes los que proporcionen las respuestas deseadas. El profesor debe tener previamente un guion de la clase bien definido, guiando la discusión hacia los puntos centrales de cada CDI. Debe además evitar “enseñar” a los estudiantes, sino más bien ayudar a los estudiantes a construir por ellos mismos los conceptos físicos a tratar. La discusión debe utilizar los resultados experimentales como la fuente del conocimiento acerca de la demostración planteada. Solo en caso de que los estudiantes no hayan discutido todos los puntos que sean importantes, el profesor puede aportar para llenar lo faltante.

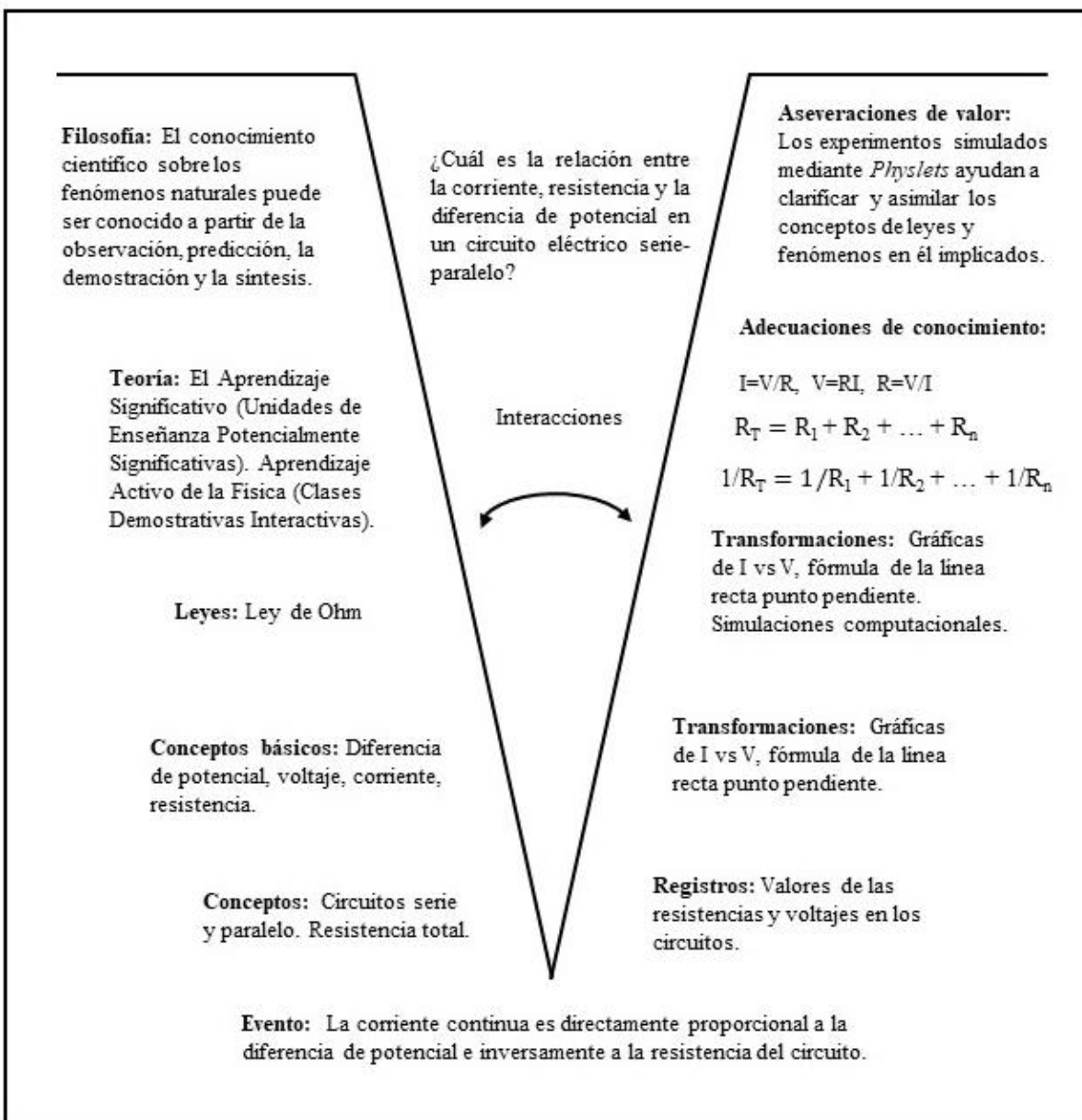
#### **IV. PROPUESTA PARA ENSEÑAR LA LEY DE OHM CON PHYSLETS**

En esta sección mostraremos la estructuración del tema de la Ley de Ohm para estudiantes de nivel medio superior en el marco de la UEPS y las CDI, utilizando como recurso didáctico las simulaciones computacionales. Es importante señalar que como parte del proceso de enseñanza aprendizaje, el profesor, el estudiante y los materiales educativos del currículum constituyen un eje básico en donde se busca llegar a acuerdos sobre los significados atribuidos al material de estudio. *"La enseñanza se consume cuando el significado del material que el estudiante capta es el significado que el profesor pretende que ese material tenga para el estudiante."* (Gowin, 1981, pág. 81). Gowin aportó un recurso didáctico para estructurar el proceso de enseñanza, conocido como la V heurística o epistemológica de Gowin.



**FIGURA 1.** Se muestra el diagrama de V de Gowin que aborda la cuestión sobre cómo estructurar una clase que combine tanto la metodología de Unidades de Enseñanza Potencialmente significativas de la teoría del Aprendizaje Significativo y las Clases Demostrativas Interactivas de la teoría del Aprendizaje Activo de la Física.

A continuación, se muestra el diagrama de Gowin para la enseñanza de la ley de Ohm utilizando el recurso didáctico de las simulaciones PhET, las cuales son de fácil manipulación en línea o incluso sin conexión a internet.



**FIGURA 2.** Se muestra el diagrama de V de Gowin correspondiente a la estructuración de una clase sobre ley de Ohm utilizando Aprendizaje Significativo y Activo de la Física mediante el uso de *PhET*.

Siguiendo el planteamiento mostrado en la Figura 2, al combinar la metodología de Aprendizaje Activo de las CDI utilizando Tecnología con la metodología de Aprendizaje Significativo de las UEPS, podemos tener la siguiente secuencia didáctica descrita a continuación la cual considera tres elementos: la teoría educativa, el tema de estudio y la tecnología educativa (Dori & Belcher, 2009), y la cual llamaremos en general **Clase Demostrativa Interactiva Significativa (CDIS)**.

**Título:** Clase Demostrativa Interactiva Significativa sobre Circuitos en Serie y Paralelo

**Contexto:** Esta unidad de enseñanza fue planificada y desarrollada para un curso de Física III, con duración de 6 horas (3 encuentros), ofrecido a estudiantes de Nivel Medio Superior del Instituto Politécnico Nacional, impartidas durante el ciclo escolar 2020-2021 en plena contingencia sanitaria del COVID-19.

**Objetivo:** Enseñar la ley de Ohm en circuitos serie y paralelo para estudiantes de Educación Media utilizando simulaciones PhET.

**Secuencia:** Se sugiere hacer las siguientes Demostraciones utilizando el simulador Phet.

**1. Situación inicial:** Explicar las relaciones eléctricas básicas en los circuitos en serie y en paralelo. Utilizar un amperímetro y un voltímetro para realizar lecturas en circuitos. Razonar para explicar las mediciones y las relaciones en los circuitos. Construir circuitos a partir de dibujos esquemáticos. (Tiempo estimado 30 min de duración).

**2. Situaciones-problema:** Conectar un foco A a una batería perfecta (sin resistencia interna). Luego, añadir un Foco B (idéntico al Foco A) en serie con el Foco A. Después, comparar la brillantez del foco A con respecto al foco B. Medir y comparar la corriente en los puntos intermedios de los Focos A y B. Comparar la diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco A en el primer circuito con la diferencia de potencial a través del Foco A en el circuito con los 2 Focos A y B en una configuración en paralelo. Hacer el mismo procedimiento anterior con 2 focos idénticos pero conectados en paralelo, esto es, comparar la brillantez de los Focos A y B. Comparar la corriente a través del Foco B con la corriente a través del Foco A conectados en paralelo. Con el switch cerrado, comparar la diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco A con la diferencia de potencial a través del Foco B. Comparar la diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco B con la diferencia de potencial a través de la batería. (Tiempo estimado 1 h de duración).

**3. Revisión:** Revisar los conceptos de voltaje, corriente y resistencia eléctrica. Enfocarse en el concepto de ley de Ohm. Proponer el establecimiento de relaciones entre el concepto de diferencia de potencial, corriente y resistencia eléctrica. También se puede proponer la construcción de nuevas configuraciones de circuitos eléctricos en serie y paralelo más complejas, desde diseños 3D hasta 2D, de forma que puedan reducir las estructuras complejas a su expresión más sencilla de circuitos serie y paralelo. (Tiempo estimado 1 h de duración).

**4. Nueva situación problema, con nivel más alto de complejidad:** Se aumentará el número de focos en serie y paralelo (de 3 a 5 elementos) de forma tal que se comparará la brillantez de los Focos A, B, C, ... E en cada arreglo serie y paralelo. De igual forma se medirá la diferencia de potencial en los diferentes Focos y las corrientes a través de ellos. Los Focos serán sustituidos por resistencias eléctricas de diversos valores y se conectarán en configuraciones serie y paralelo, y se calcularán y medirán las corrientes y caídas de voltaje en diferentes puntos de los circuitos. (Tiempo estimado 3 h de duración).

**5. Evaluación sumativa individual:** Esta actividad se realizará en una clase. Se propondrán preguntas abiertas en las que los estudiantes puedan expresar libremente su comprensión de la ley de Ohm y del análisis de circuitos eléctricos de corriente continua en serie y paralelo. Se realizarán preguntas, se pedirá algún esquema o diagrama que dé evidencias de aprendizaje significativo. (Tiempo estimado 1 h de duración).

**6. Clase expositiva dialogada integradora final:** Se retomará todo el contenido de la CDIS, repasar los casos, actividades y estrategias de utilizadas en las clases anteriores para destacar la importancia de la comprensión de cada uno de los puntos de la evaluación sumativa individual (5) para la formación científica del estudiante. Destacar la relación de

la idea central con todos los tópicos abordados y con otros tópicos ya estudiados por los estudiantes. Destacar las dificultades del estudio y de la investigación del tema. (Tiempo estimado 1 h de duración).

**7. Evaluación del aprendizaje en la CDIS:** Se realizará una evaluación individual a través de preguntas abiertas sobre los conceptos abordados en la unidad sobre circuitos eléctricos serie paralelo de corriente directa. La actividad ocupará una clase. El profesor deberá registrar evidencias de aprendizaje significativo mediante la adquisición y dominio de niveles representacionales que los estudiantes. Además, estas representaciones deben ser articuladas y utilizadas para resolver situaciones-problema típicas de los circuitos eléctricos en serie y paralelo. Destacar la relación de la idea central con todos los tópicos abordados y con otros tópicos ya estudiados por los estudiantes. Enfatizar las dificultades del estudio y de la investigación del tema, la importancia de este conocimiento para la comprensión de los circuitos eléctricos. (Tiempo estimado 30 min de duración).

**8. Clase final y evaluación de la CDIS en el grupo:** Se realizará un análisis de las respuestas a las preguntas propuestas en la evaluación individual ante todo el grupo. Se analizarán los comentarios finales integradores vertidos sobre el tema abordado. También se realizará una evaluación oral de los estudiantes sobre las estrategias de enseñanza utilizadas y sobre su aprendizaje. La actividad ocupará una clase. Las actividades de los estudiantes serán grabadas en audio, previa autorización de los mismos. (Tiempo estimado 30 min de duración).

**9. Evaluación de la CDIS:** La CDIS sólo podrá ser considerada exitosa si hay un progresivo dominio del concepto de la ley de Ohm mediante la adquisición de diferentes niveles representacionales, debidamente articulados y generando significados para el análisis de circuitos eléctricos en serie y paralelo. Por consiguiente, se realizará un análisis cualitativo, por parte del profesor, sobre las evidencias que percibió, o no, de aprendizaje significativo de los conceptos de diferencia de potencia, corriente eléctrica y resistencia en circuitos eléctricos en serie y paralelo, en la evaluación individual y en la observación participante, así como de la evaluación de la CDIS realizada por los estudiantes en la última clase. (Tiempo estimado 30 min de duración).

**Total estimado de duración:** 9 horas

## V. CONCLUSIONES

El diseñar e implementar secuencias didácticas para la enseñanza de la física y en general de las ciencias, no es una cuestión trivial, por ello en este trabajo nos hemos dado a la tarea de estructurar una secuencia especial para la enseñanza de la ley de Ohm y para resolver circuitos eléctricos de corriente continua en serie y paralelo, en especial para estudiantes del nivel medio superior (nivel preuniversitario en México). Con este fin exploramos el Aprendizaje Activo de la Física y el Aprendizaje Significativo que son dos de las propuestas más exitosas para la enseñanza de la física, es así pues, que combinamos ambas metodologías, las Clases Demostrativas Interactivas y las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas utilizando el recurso de simulaciones computacionales. Así, desarrollamos una propuesta que le hemos llamado Clase Demostrativa Interactiva Significativa. Como parte de las actividades para desarrollar en un nivel de complejidad más alto utilizamos simulaciones PhET, las cuales son de fácil acceso en la web además de ser bastante amigables para los docentes y estudiantes. Este tipo de recurso es muy socorrido en ambas metodologías, aunque sabemos que las simulaciones numéricas o computacionales no pueden sustituir a los experimentos físicos, ya Finkelstein *et al.* (2006), ha señalado que “las simulaciones muestran fenómenos físicos utilizando objetos del mundo real, pero permiten que el tiempo se ralentice y no incluyen otros detalles innecesarios que distraen y que normalmente acompañan a una demostración con equipos reales”. No obstante, algunas desventajas, hay resultados de investigación que muestran que

las simulaciones ayudan a los estudiantes a comprender conceptualmente los fenómenos (Finkelstein *et al.*, 2005). En este artículo, mostramos pues, nuestra propuesta metodológica para la enseñanza de circuitos eléctricos en serie y paralelo y en otras publicaciones, reportaremos nuestros resultados sobre su implementación con los estudiantes. Se comienza utilizando focos en configuraciones serie y paralelo, y después se hace la sustitución por resistencias eléctricas para realizar el mismo análisis. Los circuitos son simulados mediante PhET, pero también los estudiantes pueden hacer configuraciones físicas. Un siguiente estadio es revisar los conceptos de leyes de Kirckhoff para mallas de circuitos en serie y paralelo, y calcular corrientes y caídas de voltaje en diferentes puntos de los nodos de los circuitos eléctricos.

## AGRADECIMIENTOS

C. Mora agradece el apoyo otorgado por el Instituto Politécnico Nacional mediante el proyecto de investigación SIP-20221757 “Aprendizaje Activo y Significativo de la Física mediante Physlets”.

## REFERENCIAS

- Ausubel, D. P. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Ed. Trillas.
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Ed. Paidós.
- Callahan, B. E. & Dopico, E. (2016). Science teaching in Science Education, *Cultural Studies of Science Education* **11**, 411–418.
- Campanario, J. M. & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? principales tendencias y propuestas, *Enseñanza de las Ciencias* **17**, No. 2, 179-192.
- Dori, Y. J. & Belcher, J. (2009). How Does Technology-Enabled Active Learning Affect Undergraduate Students’ Understanding of Electromagnetism Concepts? *The Journal of the Learning Sciences* **14**, No. 2, 243–279.
- Finkelstein, N. D., Adams, W.K., Keller, C. K., Kohl, K.K., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S., LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* **1**, 010103.
- Finkelstein, N. D., Adams, W.K., Keller, C. K., Perkins, K. K., Wieman, C.E. and the PhET Team (2006). High-Tech Tools for Teaching Physics: the Physics Education Technology Project. *Journal of Online teaching and Learning*.
- Gowin, D. B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.
- Günter, L. H. (2008). Aprendizaje activo y metodologías educativas. *Revista de Educación*, Número extraordinario, pp. 59-81.
- Jacobson, W. J. (1975). Fifty years of research in Science Education, *Journal of Research in Science Teaching* **12**, No. 4, 457-461.
- Meltzer, D. E. & Thornton, R. K. (2012). Resource Letter ALIP–1: Active-Learning Instruction in Physics. *Am. J. Phys.* **80**, No. 6, 478-496.
- Moreira, M.A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor.

- Moreira, M. A. (2005). *Aprendizaje Significativo Crítico, Indivisa: Boletín de Estudios e Investigación*, ISSN 1579-3141, ISSN-e 2254-5972, No. 6, págs. 83-102.
- Moreira, M. A. (2008). Conceptos de la educación científica: ignorados y subestimados. *Curriculum*, No. 21, págs. 9-26, Tenerife: Universidad de La Laguna. Servicio de Publicaciones.
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS, *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review* **1**, No. 2, 43-63.
- Ramal Zea, J. M. (1999). Por una concepción moderna de la enseñanza de la física, *Enseñanza de las Ciencias* **17**, No. 1, 131-135.
- Rodríguez M. L. (2004). *La teoría del aprendizaje significativo* en A. J. Cañas, J. D. Novak, F. M. González, Eds. Concept Maps: Theory, Methodology, Technology Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping, Pamplona, Spain 2004.
- Sánchez, R. & Mora, C. (2021). Analysis of some properties of the Rasch model in Physics Education, *American Journal of Educational Research* **9**, No. 3, 125-132.
- Sawyer, R. K. (2008). *Optimising Learning: Implications of Learning Sciences Research*, in OECD/CERI International Conference “Learning in the 21st Century: Research, Innovation and Policy”. Disponible en <https://www.oecd.org/site/educeri21st/40554221.pdf> (Consultado el 11 de abril de 2022).
- Shieh, R. S., Chang, W. & Liu, E. Z.-F. (2011). Technology enabled active learning (TEAL) in introductory physics: Impact on genders and achievement levels. *Australasian Journal of Educational Technology* **27**, No. 7, 1082-1099.
- Sokoloff, D. & Thornton, R. K. (2004). *Interactive Lecture Demonstration Active Learning in Introductory Physics*. John Wiley and Sons: USA.
- Sokoloff, D. (2006). *Active Learning of Optics and Photonics*. Paris: UNESCO.
- Thornton, R. K. & Sokoloff, D. (1990). Learning motion concepts using-time microcomputer-based laboratory tools, *Am. J. Phys.* **58**, 858-867.
- Voelker, A. M., Thompson, T. E., Vandeman, B. A. (2006). Research Reviews in Science Education: An update, *Science Education* **10**, 1002/sce.3730640407, **64**, 4, (569-578).
- Yeo, J. & Gilbert, J. K. (2022). Producing Scientific Explanations in Physics—a Multimodal Account, *Research in Science Education* **52**, 819–852.

## ANEXO 1

Entregar esta hoja

CLASE DEMOSTRATIVA INTERACTIVA SIGNIFICATIVA  
HOJA DE PREDICCIÓN --- **CIRCUITOS EN SERIE Y PARALELO**

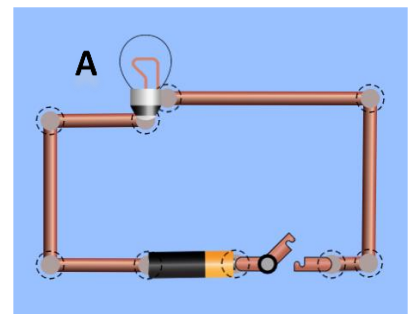
**Instrucciones:** Esta hoja será recogida. Escriba su nombre en la parte superior para registrar su asistencia y participación en estas demostraciones. Siga las instrucciones de su instructor. Puede escribir lo que desee en la hoja adjunta y llevársela.

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

**Demostración 1:** En el circuito de arriba a la derecha, se conecta un foco a una batería perfecta (sin resistencia interna). En el circuito inferior, se añade el Foco B (el cual es idéntico al Foco A) en serie con el Foco A, como se muestra.

Compare la brillantez del Foco A en el circuito de abajo, con la brillantez del Foco A en el circuito de arriba.

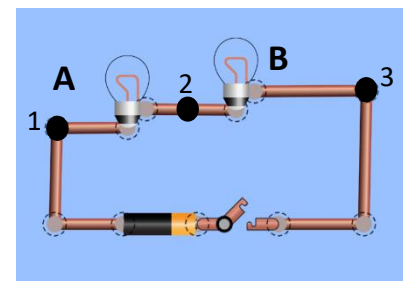
En el circuito de abajo, compare la brillantez del Foco A con la brillantez del Foco B.



**Demostración 2:** Compare la corriente en los puntos 1, 2 y 3 en el circuito de abajo.

Compare la corriente a través del Foco A en el circuito de arriba con la corriente a través del Foco A en el circuito de abajo.

Compare la corriente a través de la batería en el circuito de arriba con la corriente a través de la batería en el circuito de abajo.



**Demostración 3:** Compare la diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco A en el circuito de al lado con la diferencia de potencial a través del Foco A en el circuito de abajo.

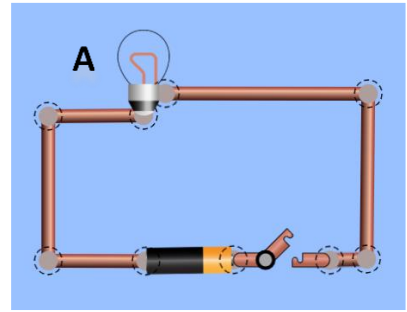
En el circuito de abajo, compare la diferencia de potencial a través del Foco A con la diferencia de potencial a través del Foco B.

En el circuito de abajo, compare la diferencia de potencial a través del Foco A con la diferencia de potencial a través de la batería.

**Demostración 4:** En el circuito de arriba a la derecha, el Foco A se conecta a una batería perfecta (sin resistencia interna). En el circuito de arriba, el Foco B que es idéntico al Foco A se añade como se muestra.

Con el switch abierto, compare la brillantez del Foco A en el circuito de arriba, con la brillantez del Foco A en el circuito de abajo.

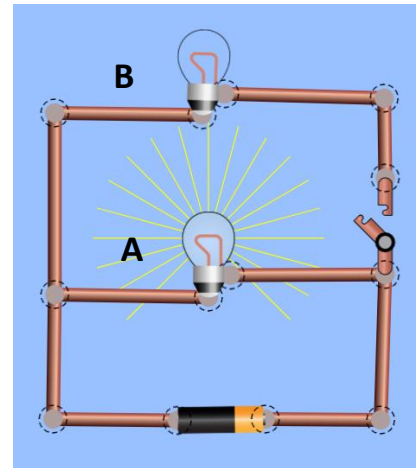
Con el switch cerrado, compare la brillantez del Foco A del circuito de arriba con la brillantez del Foco B en el circuito de abajo.



**Demostración 5:** En el circuito de abajo: Con el switch cerrado, compare la corriente a través del Foco B con la corriente a través del Foco A.

Compare la corriente a través de la batería con el switch cerrado con la corriente a través de la batería con el switch abierto.

Con el switch cerrado, compare la corriente a través de la batería con la corriente a través del Foco B.



**Demostración 6:** En el circuito de abajo: Con el switch cerrado, compare la diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco A con la diferencia de potencial a través del Foco B.

Con el switch cerrado, compare diferencia de potencial (voltaje) a través del Foco B con la diferencia de potencial a través de la batería.