



Planteamiento de una estrategia didáctica encaminada a resolver algunos problemas en la enseñanza-aprendizaje del electromagnetismo en el nivel superior.

M. Villavicencio^a, R. Méndez-Fragoso^b y J. A. E. Roa-Neri^c

^aDepartamento de Física. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 04510, Cd. Mx. e-mail: mirnavt@ciencias.unam.mx

^bDepartamento de Física. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 04510, Cd. Mx. e-mail: rich@ciencias.unam.mx

^cÁrea de Física Teórica y Materia Condensada. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco. México 02011, Cd. Mx. Apartado Postal 16225. e-mail: rnajae@correo.azc.uam.mx

ARTICLE INFO

Received: June 4, 2017

Accepted: July 10, 2017

Available on-line: November 2, 2017

Keywords: electromagnetismo, enseñanza del electromagnetismo, estrategia didáctica

E-mail addresses:

mirnavt@ciencias.unam.mx

rich@ciencias.unam.mx

rnajae@correo.azc.uam.mx

ISSN 2007-9842

© 2017 Institute of Science Education.

All rights reserved

ABSTRACT

In the syllabus of the high school and undergraduate physics courses, the discussion of the basic concepts of electromagnetism is always included due to their knowledge is necessary to guarantee the integral formation of the students and practically all the technology that is within our reach is based on them. In addition, a basic knowledge of this area of Physics will introduce the student to scientific thinking and will provide them a better understanding of the world and society around them.

At the undergraduate level, either in Physics or in engineering, electromagnetism becomes a required subject, giving at least two courses, one at the basic level and the other on advanced subjects. In general, these courses present a high rate of reprobation due to multiple factors: lack of student motivation, difficulties encountered by students in the use of mathematical tools, the high level of abstraction required and the complexity associated with the concepts involved.

In this work, we will focus on discussing each of the problems mentioned above with the aim to propose a didactic strategy, based on ICT and experimental activities, which can be used to support the teacher to improve the teaching-learning process.

En los programas de estudio de las asignaturas de Física que se imparten tanto en el nivel medio superior como superior siempre se incluye la discusión de los conceptos básicos del electromagnetismo, ya que resultan indispensables en la formación integral de todo estudiante y prácticamente toda la tecnología que se encuentra a nuestro alcance está basada en ellos. Además, un conocimiento básico en esta área de la Física introducirá al estudiante al pensamiento científico y le proporcionará un mejor entendimiento del entorno que le rodea.

En el nivel superior, ya sea en la licenciatura en Física o en las ingenierías, el electromagnetismo se convierte en una asignatura obligatoria, impartándose al menos dos cursos, uno a nivel básico y otro sobre temas avanzados. En general, estos cursos presentan un alto índice de reprobación debido a múltiples factores entre los que se encuentran: la falta de motivación del estudiante, la dificultad que encuentran los alumnos en el manejo de las herramientas matemáticas, el alto nivel de abstracción que se requiere y la complejidad asociada a los conceptos involucrados.

En este trabajo, nos enfocaremos a discutir cada uno de los problemas antes mencionados y planteamos una estrategia didáctica, que basada en las TIC y las actividades

experimentales, puede servir de apoyo al docente para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

I. INTRODUCCIÓN

En el nivel medio superior, la mayoría de los estudiantes que cursan las asignaturas de Física perciben a esta área del conocimiento como complicada y difícil de entender, sobre todo si consideramos que a ella siempre van ligadas las matemáticas, su lenguaje natural. En el nivel superior esta idea persiste, inclusive en algunos de los estudiantes que han elegido un área científica para su desarrollo profesional. Esta perspectiva sobre la dificultad inherente al estudio de la Física representa muchas veces un reto para el estudiante, quien, o lo enfrenta con gran ahínco, o lo ve como un obstáculo insuperable que puede conducirle al fracaso escolar.

Sin embargo, a pesar de las dificultades que los alumnos encuentran en las asignaturas de Física, en los últimos años el número de solicitudes de ingreso a la licenciatura en Física ha aumentado significativamente¹, siendo quizá la continua divulgación de temas científicos que realizan los medios de comunicación uno de los factores que más han influido en este incremento.

Actualmente, la población en general puede acceder fácilmente a la información científica, sobre todo a través de la Internet, lo que hace que algunos temas de física que en principio pudieran parecer muy especializados se conviertan en parte de la cultura general y sean parte de la conversación cotidiana.

Ante esta situación, el profesor de Física de cualquier nivel educativo se ve en la obligación de incluir entre los objetivos de su práctica docente el lograr que los estudiantes aprendan física de forma significativa y la dejen de ver como algo alejado de su vida cotidiana, al mismo tiempo que se mantienen motivados. Esto claramente representa un reto y una posible forma de afrontarlo es presentar a la Física como un área del conocimiento en continuo desarrollo, en donde las ideas evolucionan y se consolidan en la generación de la tecnología que cotidianamente usamos para hacer más sencilla y cómoda nuestra vida.

Ahora bien, entre los temas que se incluyen en los planes de estudio de la licenciatura en Física², Química o las ingenierías, destaca el relacionado con la interacción electromagnética, pues, a diferencia de las otras tres interacciones fundamentales (la gravitacional, la débil y la fuerte), ésta se encuentra presente en toda escala, desde lo macroscópico hasta lo microscópico. En el mundo microscópico, la interacción electromagnética juega un papel fundamental en la estructura atómica, pues los electrones se mantienen unidos al núcleo gracias a ella, mientras que la fuerza que existe entre dos átomos próximos es precisamente la fuerza electromagnética entre sus electrones y núcleos. Por otro lado, fuerzas como la fricción, la tensión superficial, el empuje, etc., son en realidad el resultado de la interacción electromagnética. Así pues, podemos decir que la mayoría de las fuerzas que observamos en nuestra vida cotidiana, con excepción de la gravedad, son de origen electromagnético e inclusive nuestro cuerpo funciona debido a impulsos eléctricos. Por otra parte, es importante recalcar que la estructura teórica del electromagnetismo ha permeado a otras áreas de la Física y del conocimiento científico.

Así pues, los conceptos básicos del electromagnetismo no sólo explican gran parte de los fenómenos que gobiernan la física y la química de la materia, sino que su entendimiento y aplicación adquieren gran importancia debido a la necesidad que tiene nuestra sociedad de producir energía eléctrica y fabricar motores, generadores, alumbrado, calefacción, aparatos médicos, teléfonos celulares, etc., es decir, nuestra vida diaria no sería como la conocemos si no hubiese un estudio sistemático y continuo del electromagnetismo y sus aplicaciones.

Dado que la educación superior se enfrenta con la necesidad de adaptarse a los requerimientos presentes y futuros de la sociedad, en la que se espera una mejor articulación entre las universidades con los problemas que aquejan a la comunidad (UNESCO 1998), en el nivel superior, en las licenciaturas en Física, en Química y en algunas de las ingenierías, el electromagnetismo se convierte en una asignatura obligatoria en la que los conceptos básicos se discuten con mayor o menor detalle dependiendo del perfil de egreso, con el objetivo de formar profesionales capaces de resolver los problemas que aquejan a la sociedad con un sentido ético y socialmente responsable.

Ahora bien, independientemente de la licenciatura de la que se trate, los cursos de electromagnetismo presentan un alto índice de reprobación convirtiéndolos en un problema para la eficiencia terminal. Este problema ha convertido al proceso de enseñanza-aprendizaje del electromagnetismo en un tema de estudio en la investigación educativa. Si se

¹ Los datos pueden consultarse en la página electrónica <http://www.estadistica.unam.mx>

² <http://www.fcencias.unam.mx/licenciatura/mapa/106/1081>

reflexiona sobre los obstáculos que encuentran los estudiantes en el aprendizaje del electromagnetismo, tal vez los más importantes sean: dificultades en el manejo de las herramientas matemáticas, la abstracción y la complejidad de los conceptos involucrados, la práctica docente tradicional y la falta de motivación.

En este trabajo analizaremos estos problemas y plantearemos una estrategia didáctica, basada en las TIC y las actividades experimentales, encaminada a servir de apoyo al docente para el mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta estrategia se encuentra en fase de implementación en algunos de los cursos básicos de electromagnetismo que se imparten en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, por lo que también se presentan los resultados que se han obtenido hasta el momento.

II. ALGUNOS PROBLEMAS EN LA ENSEÑANZA DEL ELECTROMAGNETISMO EN EL NIVEL SUPERIOR

II.1 Problemas con el manejo de las herramientas matemáticas

Aunque en casi todas las licenciaturas que incluyen al electromagnetismo en su plan de estudios los estudiantes han cursado previamente asignaturas de matemáticas en las que han adquirido conocimientos básicos en álgebra, álgebra lineal, cálculo diferencial e integral, geometría analítica y ecuaciones diferenciales; el lenguaje y el tipo de conocimientos y de problemas que se resuelven en estos cursos de matemáticas están más enfocados a la parte abstracta del concepto que a su aplicación a la solución de los problemas de la física, lo que implica que a pesar de que el estudiante cuenta con las herramientas matemáticas necesarias para tener un buen desempeño académico en el curso de electromagnetismo no sabe cómo aplicarlas (Roa-Neri, 2015). Inclusive, si en dichos cursos de matemáticas se incluyen problemas de física, éstos se relacionan típicamente solo con temas de mecánica clásica.

Debemos recalcar que el tipo de dificultades que el estudiante encuentra cuando no conoce, o no maneja, las herramientas matemáticas son totalmente diferentes a aquellas a las que se enfrenta cuando no conoce la explicación física o no puede construir modelos que le lleven a ella.

A continuación enumeraremos algunas de las dificultades que encuentran los estudiantes en los cursos de electromagnetismo y que hemos detectado a lo largo de nuestra experiencia impartiendo el curso básico en el nivel superior:

- En los cursos previos de matemáticas y mecánica vectorial, el estudiante ha tenido contacto con el concepto de vector y lo ha manejado con soltura. Sin embargo, cuando se le pide hacer lo mismo, pero ahora en el contexto físico del electromagnetismo, tiene dificultades para hacerlo correctamente, lo que es un problema común como exhibe Planinic (2006). Esto se traduce en que al estudiante se le dificulte calcular la fuerza que ejercen entre sí partículas cargadas, la Fuerza de Coulomb, principalmente por el hecho de que ahora la fuerza puede ser tanto atractiva como repulsiva dependiendo del signo de las cargas. El problema se complica aún más cuando se trata con sistemas constituidos por más de dos cargas en los que se tiene que aplicar el principio de superposición y por ende se deben sumar vectores.
- Aunque los estudiantes pueden dibujar correctamente un diagrama de cuerpo libre, es común que se equivoquen al determinar las componentes de los vectores involucrados, así como en la suma éstos, pues suelen tratarlos como escalares simplemente sumando sus magnitudes. En casos extremos algunos estudiantes llegan incluso a tratar de dividir vectores, por lo que en este punto se hace necesario que el docente vuelva a repasar las principales características de un vector y las operaciones básicas con esta entidad matemática.
- Es común que los estudiantes se confundan al definir el sistema de referencia a partir del cual definirán las variables físicas que caracterizan al sistema y el tipo de coordenadas que es más conveniente utilizar, cabe mencionar que los estudiantes están acostumbrados a trabajar en coordenadas cartesianas y el cambio a coordenadas polares, esféricas o cilíndricas les es muy complicado.
- Ya que el campo eléctrico en un punto del espacio se define en términos de la fuerza por unidad de carga que experimentaría una partícula cargada de prueba al colocarse en ese punto, los mismos problemas que enfrenta el estudiante en el cálculo de la Fuerza de Coulomb vuelven a aparecer, aunados al hecho de que además no sólo deberá entender el concepto matemático de campo vectorial, es decir una función que asocia a cada punto del espacio un vector, sino que además deberá representarlo gráficamente y posteriormente dibujar las conocidas líneas de campo.

- En el entendimiento y aplicación de la ley de Gauss se encuentran involucrados los conceptos matemáticos de superficie abierta, superficie cerrada, producto escalar, integral de superficie e integral sobre un volumen, lo que detona la frustración del estudiante, quien a pesar de conocer estas entidades y operaciones matemáticas no tiene idea de cómo utilizarlas en la resolución de problemas. Una vez establecida la simetría del problema le resulta difícil plantear las integrales involucradas, problema que se ve acrecentado cuando se plantean ejercicios que involucran distribuciones de carga no homogéneas, lo que lleva necesariamente a tener que calcular integrales sobre volúmenes para calcular la carga encerrada por la superficie gaussiana. Para encontrar la expresión diferencial de la Ley de Gauss, el estudiante deberá aplicar el Teorema de Gauss, el cual fue visto en su curso previo de cálculo vectorial, sin embargo, es usual que el profesor no discuta su significado físico, generando confusión en el estudiante, con la complicación adicional de que al hacer uso de esta expresión deberá aplicar el operador divergencia que implica tanto derivadas parciales como un producto escalar.
- En el cálculo de la fuerza ejercida por un campo magnético sobre una partícula cargada en movimiento y la Ley de Biot-Savart, utilizada para calcular el campo magnético generado por una corriente, el producto vectorial representa un problema ya que es claro que ahora deberán de trabajar con vectores y el resultado del producto es un vector. La mayoría de los estudiantes encuentran difícil definir la dirección del vector resultante de realizar el producto vectorial, o producto cruz, lo que implica que no han comprendido esta operación vectorial.
- En el caso de la Ley de Ampère, la determinación de la expresión del campo magnético generado por una distribución de corriente implica el planteamiento de una integral de línea y con ello no sólo elegir el contorno cerrado apropiado con las coordenadas correspondientes, sino también usar la regla de la mano derecha para saber la dirección del campo magnético una vez que se conoce la dirección de la corriente eléctrica. Más aún, en caso de densidades de corriente no homogéneas los estudiantes se encuentran con el problema de calcular la corriente que atraviesa el circuito amperiano. Ahora bien, llegar a la expresión diferencial de la Ley de Ampère implica aplicar el Teorema de Stokes y en la resolución de problemas aplicar el operador rotacional, el cual implica derivadas parciales y al producto vectorial.
- Cuando se discute la ley de Faraday-Lenz y sus aplicaciones, el estudiante debe determinar el sentido de la corriente inducida, plantear integrales de línea y derivar respecto al tiempo. Esta ley, que es la más utilizada en la vida cotidiana para la producción de energía, es poco entendida por el estudiante, sobre todo por no conocer cómo aplicar adecuadamente las operaciones matemáticas.
- Cotidianamente el estudiante ha escuchado hablar de las ondas electromagnéticas, este concepto se encuentra en la tecnología que le es familiar, por ejemplo, en el horno de microondas o en el teléfono celular que se ha convertido en uno de sus dispositivos electrónicos indispensables. Cuando se obtiene la ecuación de onda a partir de las ecuaciones de Maxwell, deben aplicarse las operaciones comunes entre los vectores y los operadores vectoriales. Por otra parte, deberá resolverse una ecuación diferencial de segundo grado homogénea. En la radiación electromagnética está involucrado el concepto de campo eléctrico y campo magnético como vectores. Así pues, es común que se presenten los mismos problemas en la aplicación de las herramientas matemáticas que ya hemos mencionado. De hecho, hemos llegado a detectar que los alumnos tienen problemas con el significado y las implicaciones que tienen las derivadas parcial y total.

II.2 La abstracción de los conceptos involucrados

Cuando el conocimiento es abstracto y tiene consecuencias cotidianas que son familiares a los estudiantes, éstos tienden a utilizar su sentido común en una manera que les conduce a cometer errores conceptuales que pueden propagarse e impactar de manera negativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el caso del electromagnetismo nos encontramos con una gran cantidad de conceptos abstractos cuya enseñanza se complica si el estudiante no ha alcanzado el nivel cognitivo adecuado o posee ideas previas equivocadas. Es aquí cuando las Tecnologías de la Información y la Comunicación se vuelven una herramienta más que útil para el docente, quien a través de ellas podrá ejemplificar y ayudar al estudiante a visualizar el concepto.

Uno de los conceptos más importantes en la física es el de campo y en el caso del electromagnetismo el estudiante debe enfrentarse al reto de asimilar el concepto de campo eléctrico y, posteriormente, el de campo magnético, ambos conceptos son abstractos y no los puede asociar tan fácilmente a su realidad como el caso del campo gravitacional, que, desde luego, está directamente asociado con el tiro parabólico y lo que conocen del movimiento

planetario. Un aprendizaje significativo de conceptos científicos claves, como el concepto de campo, es una condición necesaria para la formación científica de los estudiantes.

En el caso en que deban aplicar el principio de superposición del campo eléctrico se observan dificultades de comprensión de dicho principio que evidencian la ausencia de representaciones mentales o concepciones del campo aceptables, así como, una vez más, problemas en el manejo de sumas de vectores.

Por otro lado, los alumnos no tienen una clara idea del concepto de potencial eléctrico, y tienen dificultades para distinguir y utilizar términos como diferencia de potencial, energía potencial eléctrica, voltaje, corriente, energía, potencia, etc. Por ejemplo, los términos corriente eléctrica, electricidad y voltaje los utilizan como sinónimos. Esta confusión puede deberse a que el concepto de potencial eléctrico se relaciona cotidianamente con el concepto de corriente eléctrica.

II.3 La práctica docente en la enseñanza del electromagnetismo en el nivel superior

Actualmente, la sociedad en que vivimos se encuentra inmersa en un proceso de cambio constante, lo que se traduce en la necesidad de modificar la forma en que enseñamos en las universidades de tal manera que podamos brindar a nuestros estudiantes una formación que además de prepararles en el ámbito disciplinario, les posibilite responder a los requerimientos de la sociedad y de los avances tecnológicos (Beneitone, 2007). En este cambio, el docente tiene un rol central y la innovación exige a los profesores y estudiantes una modificación de su concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje. Requiere de un cambio de roles en el que ahora el profesor sea un orientador del aprendizaje y el alumno sea el responsable último de su proceso de aprendizaje.

A pesar de esto, en el nivel superior es usual que el profesor del curso de electromagnetismo se niegue al cambio y se incline por impartir una clase tradicional, idéntica a la que el recibió cuando era estudiante, en la que expone el tema sin más ayuda que el gis y el pizarrón, confiando en que el estudiante tiene el suficiente nivel de abstracción para comprender los conceptos que no son tangibles a simple vista. Posteriormente resuelve con todo detalle una gran cantidad de ejercicios que usualmente son los ejemplos resueltos de los libros de texto usuales, o pequeñas variaciones a éstos. En este tipo de clase, el estudiante asume un papel pasivo de observador que cree comprender el concepto y se siente seguro de poder aplicarlo en la resolución de problemas por lo que al estudiar para el examen se enfoca solamente en la información que presenta el libro de texto y sus notas de clase y vuelve a repasar los ejemplos resueltos. Sin embargo, cuando trata de resolver los problemas de final de capítulo o los problemas de examen se da cuenta de que tiene serias deficiencias conceptuales y que muchas de ellas tienen que ver con su poca habilidad para aplicar las herramientas que ya ha adquirido en sus cursos de matemáticas.

Así pues, uno de los retos en la labor docente del profesor de electromagnetismo, es la redefinición del proceso enseñanza-aprendizaje, así como el cambio en la organización de las actividades de enseñanza y aprendizaje, que permitan pasar de una enseñanza centrada en el profesor y en la transmisión de conocimientos teóricos, abstractos y descontextualizados, a una enseñanza centrada en los estudiantes. Esto implica el uso de nuevas herramientas y recursos didácticos como son las actividades experimentales en las clases teóricas y el uso de las TIC, así como el diseño de nuevos problemas o retos al estudiante en donde el estudiante pueda entender claramente la forma en la que los conceptos se aplican.

II.4 La motivación

Uno de los factores desencadenantes de la frustración y posterior abandono escolar en los cursos de electromagnetismo en el nivel superior es la falta de motivación que encuentra el estudiante, entendiendo a ésta como “el conjunto de procesos implicados en la activación, dirección y persistencia de la conducta” (Romero, 2009).

En el estudio del electromagnetismo la motivación juega un papel importante ya que favorece la relación de los estudiantes con el medio que los rodea y fomenta en ellos una participación social competente. La motivación puede además llevar a que los alumnos desarrollen habilidades sociales que les ayuden a expresar: sentimientos, actitudes y conductas de seguridad y confianza, independencia y autonomía, valoración positiva y alta autoestima, actitud de tolerancia, respeto y comprensión, amistad, cooperación y servicio (García, 2005), lo cual no sólo favorece el trabajo colaborativo, indispensable en la investigación en Física, sino que además permite que el aprendizaje se desarrolle en un ambiente de armonía y compañerismo, en donde tanto el docente como los estudiantes trabajan pensando en lograr un fin común, el entendimiento y aprendizaje de los conceptos básicos del electromagnetismo.

Es claro que en la motivación del estudiante la actitud del profesor juega un papel determinante ya que la actitud y la propia motivación del docente influye ya sea positiva o negativamente en el estudiante, pues no hay nada que

desanime más a los estudiantes a participar e involucrarse en la clase que un profesor que no se muestra dispuesto a interactuar con su grupo y tiene una actitud de apatía con respecto a lo que pretende enseñar.

Ahora bien, la motivación no es inmutable, ni permanente, y depende no sólo de las actividades de aprendizaje que se esté realizando, sino también de cómo éstas se implementen, es decir, el profesor debe ir adaptando el desarrollo de las actividades de forma que la motivación se mantenga de forma continua y esté presente tanto al inicio de un nuevo tema, como en el desarrollo de la clase y en las actividades extra clase que debe desarrollar el estudiante.

Debido a que la motivación debe mantenerse desde el inicio hasta el final, el profesor debe plantearse un triple objetivo en su acción motivadora (Navarrete, 2009): suscitar el interés, dirigir y mantener el esfuerzo y lograr el objetivo de aprendizaje.

En el caso del electromagnetismo, consideramos que una forma de motivar al estudiante en el estudio de éste, es la presentación de los alcances y aplicaciones que tiene esta teoría en la sociedad a la que pertenecen, así como el involucrarlos en el desarrollo de proyectos y actividades experimentales que representen un reto para ellos.

III. LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Con el objetivo de resolver los problemas existentes con la enseñanza del electromagnetismo es necesario la generación de una metodología didáctica que enriquezca los cursos. En la estrategia didáctica que proponemos -basada en la cognición situada, el uso de actividades experimentales, el desarrollo de proyectos y el uso de la multidisciplinaria-, además de cumplir con los objetivos específicos del programa de la asignatura de electromagnetismo, se fomenta una actualización continua de la información y la discusión de las aplicaciones del electromagnetismo en un ambiente multidisciplinario de forma que se promueve el logro de aprendizajes significativos en los alumnos, el desarrollo de competencias y el que los alumnos sientan cercanos a ellos los conocimientos que están adquiriendo. En el caso particular de la licenciatura en Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, los estudiantes deben cursar dos asignaturas obligatorias: “Electromagnetismo I”, una asignatura en la que se discuten los conceptos fundamentales, su significado físico y sus aplicaciones; y “Electromagnetismo II”, una asignatura avanzada en la que se discute la estructura teórica de la Electrodinámica Clásica y sus implicaciones. Aunque ambos cursos presentan un alto índice de reprobación, el caso de Electromagnetismo I resulta preocupante pues se trata de una asignatura de formación básica en la que los problemas de aprendizaje generan en el estudiante un sentimiento de frustración que en muchas ocasiones lo llevan a abandonar el curso y retrasar con ello su egreso de la licenciatura. En los semestres en los que los alumnos que usualmente se inscriben son aquellos que previamente han reprobado la asignatura o van desfasados con respecto a su generación, el índice de aprobación apenas sobrepasa el 40%, mientras que en los semestres en los que la gran mayoría de los estudiantes es la primera vez que cursan la asignatura, el índice de aprobación es del 50%. Estas cifras indican que nos encontramos ante un serio problema, por lo que debemos revisar cada una de las posibles facetas para determinar las razones que llevan al fracaso escolar.

La estrategia didáctica que se presenta en este trabajo ha sido diseñada con base en la experiencia de impartir el curso básico de electromagnetismo en repetidas ocasiones en el nivel superior a estudiantes con diferentes perfiles y tiene por objetivo que los estudiantes:

- Conozcan y comprendan los conceptos fundamentales del electromagnetismo,
- Comprendan las aplicaciones prácticas y las implicaciones sociales que tiene el electromagnetismo,
- Puedan explicar cómo funcionan algunos de los dispositivos tecnológicos que utilizan en su vida cotidiana, en términos de los conceptos básicos del electromagnetismo,
- Comprendan la relación que existe entre el electromagnetismo y otras áreas de la ciencia, la tecnología y las humanidades,
- Comprendan la naturaleza del conocimiento científico y del método científico,

al mismo tiempo que adquieren las habilidades y competencias necesarias para que

- Sean gestores de su propio conocimiento,
- Desarrollen la capacidad y actitud de investigar, construir, aprender e innovar de forma individual,
- Trabajen en equipo, desarrollando a la vez una autonomía intelectual y responsabilidad individual y colectiva,
- Adquieran las capacidades y estrategias cognitivas para la resolución de problemas,

- Adquieran competencias comunicativas,
- Sean capaces de buscar información en diferentes medios,
- Dejen de ver a los textos y al profesor como la única fuente de información y conocimiento.

A partir de estos objetivos, la propuesta metodológica que presentamos está estructurada de forma que el estudiante adquiera un aprendizaje significativo al hacer que sienta la necesidad de encontrar respuesta a un problema o situación determinada, es decir, que se interese por aprender.

Ya que el enfoque de la cognición situada, basada en la idea original de Vigostky de que el conocimiento se adquiere en y está ligado a situaciones históricas y sociales específicas (Knoers, 1996), se opone directamente a la aproximación cognitiva tradicional y a las innumerables prácticas educativas en donde se olvidan los factores situacionales contextuales en el aprendizaje y la cognición al considerar que el conocimiento puede abstraerse de las situaciones en que se aprende y se emplea; en esta estrategia didáctica cada uno de los temas contenidos en el programa de la asignatura básica de electromagnetismo se relacionan con los conocimientos que ya posee el alumno, pues cualquier objeto nuevo de conocimiento no debe quedar demasiado alejado de las construcciones cognitivas que ya tiene, aunque tampoco debe parecer demasiado semejante a las mismas para no eliminar la motivación por aprender.

Cabe mencionar que la cognición situada tiene como beneficio adicional la motivación y ésta y el aprendizaje están relacionados, puesto que la buena enseñanza eleva la motivación y los estudiantes motivados buscan medios educativos eficaces (Schunk, 1991).

Además, en cada tema el profesor presenta, apoyado en las Tecnologías para la Información y la Comunicación, una aplicación práctica, ya sea de la vida cotidiana o de otras disciplinas, de los conceptos de electromagnetismo que se quiere que aprendan, puesto que se ha mostrado que los alumnos desarrollan destrezas de mayor nivel cognitivo en contextos educativos próximos a contextos de actividad reales aprendiendo a identificar y definir variables, interpretar, transformar y analizar datos, planificar y diseñar experimentos y formular hipótesis.

Entre los temas que se han elegido para discutir las aplicaciones del electromagnetismo en la vida cotidiana se encuentran: el funcionamiento de las fotocopiadoras y las impresoras, funcionamiento y uso de las cámaras semianecoicas, explicación de las tormentas eléctricas, el uso y funcionamiento de los desfibriladores, diseño y funcionamiento de las baterías, funcionamiento del horno de microondas, ventajas y desventajas de las conexiones en series y en paralelo, estufas de inducción magnéticas, detectores de metal, funcionamiento de las antenas, los rayos x, las tomografías y los aparatos de resonancia magnética, entre otros.

Cada una de las aplicaciones que se presentan fomentan la motivación y se encuentran relacionadas con los objetivos que se persiguen, se han adaptado a la capacidad y conocimientos de los alumnos y situadas en contexto. Además, se discuten ejemplos y se resuelven problemas en los que se favorece la multidisciplina.

Cabe mencionar que el uso de simulaciones computacionales interactivas, diseñadas específicamente para esta estrategia y algunas que se encuentran libremente en la internet, facilita al estudiante la comprensión de los conceptos con un alto grado de abstracción. Además, se hace uso de actividades experimentales demostrativas que permiten visualizar algunos de los resultados obtenidos en clase.

Durante las clases se invita a los alumnos a explicitar las ideas y modelos explicativos que tienen relación con el tema de estudio y se le facilita el acceso a la página electrónica del curso en donde podrá obtener información adicional, vertir comentarios y comunicarse con los profesores y ayudantes del curso.

Ahora bien, es claro que la implementación de una estrategia didáctica que se aleje de la enseñanza tradicional conlleva la búsqueda de nuevas formas de evaluación que al mismo tiempo que permiten analizar el alcance de la estrategia y el mejoramiento en la comprensión de los conceptos expuestos nos permitan analizar los retos y problemas que aún debemos afrontar, por lo consiguiente, la evaluación del aprendizaje y la asignación de una calificación se lleva a cabo a través de tareas semanales, enfocadas a la solución de problemas cualitativos y cuantitativos, exámenes y el desarrollo del proyecto final. En la evaluación del proyecto no sólo se tomó en cuenta el producto final y su exposición, sino también se consideró el proceso de planeación y desarrollo.

Las tareas diseñadas para ser resueltas por el estudiante en casa contienen dos tipos de problemas: cualitativos y cuantitativos. Los problemas cualitativos, que son aquellos que los alumnos pueden resolver a partir de sus conocimientos por medio de razonamientos teóricos sin necesidad de recurrir a cálculos numéricos, están dirigidos a establecer relaciones entre los contenidos específicos del tema estudiado y los fenómenos que éstos permiten explicar. Los problemas cuantitativos, que son aquellos en los que el estudiante debe trabajar con información cuantitativa y datos numéricos para alcanzar una solución, aunque el resultado pueda no ser cuantitativo, se utilizan

fundamentalmente para entrenar al alumno en el uso de herramientas matemáticas que le permitan abordar problemas más complejos, a la vez que facilitan la comprensión de los conceptos estudiados.

Con el objetivo de vincular el aprendizaje significativo y la cognición situada se utiliza el método de proyectos como una estrategia para el aprendizaje significativo centrado en el aprendizaje experiencial y situado que se enfoca en la construcción del conocimiento en contextos reales, en el desarrollo de capacidades reflexivas, críticas y en el pensamiento de alto nivel.

Así pues, se propone a los estudiantes el desarrollo, por equipos, de un proyecto final en el que se apliquen los conceptos fundamentales del electromagnetismo. Este proyecto no es asignado por el profesor, sino que los estudiantes pueden elegirlo libremente. De este modo, los estudiantes van haciendo suyos los conceptos y se sienten motivados e interesados. El desarrollo de proyectos brinda, además, la oportunidad de que los alumnos actúen como investigadores, estimulen su análisis crítico y propongan acciones. Los proyectos permiten la movilización de aprendizajes que contribuyen en los alumnos al desarrollo de competencias a partir del manejo de la información. En la conducción de un proyecto, los alumnos contribuyen de manera productiva y colaborativa en la construcción conjunta del conocimiento, en la búsqueda de una solución o de un abordaje innovador ante una situación relevante (Díaz-Barriga, 2002, 2003).

Durante el desarrollo de sus proyectos finales, los estudiantes, supervisados por el profesor o ayudantes asociados al curso, generan hipótesis, dan sentido a lo aprendido y entienden su ámbito de aplicación. En esta fase, que se enfoca en la construcción del conocimiento en contextos reales, promoviendo el desarrollo de capacidades reflexivas y críticas, el estudiante buscará información en diferentes fuentes y muchas veces necesitará de nuevos conceptos para interpretar y dar solución a los problemas que se le presentan. El desarrollo de las redes sociales y la gran cantidad de información que se puede encontrar en internet ha cambiado radicalmente la forma en que la información fluye, teniendo como consecuencia que los estudiantes se vean cada vez más inmersos en un mar de información que les lleva a buscar encontrar un significado de ésta y la forma en que se relaciona con su vida cotidiana. Así pues, como resultado de la búsqueda de información para el desarrollo de su proyecto, los estudiantes ven la relevancia y utilidad de lo aprendido. Al final se espera que el estudiante haya conceptualizado y estructurado los conocimientos implicados en su proyecto, además de que se promueven las habilidades de aplicación e integración del conocimiento, juicio crítico, toma de decisiones y solución de problemas en los alumnos.

Por otra parte, dado que uno de los puntos esenciales del desarrollo humano y social es la comunicación, se realiza la presentación, durante la última semana del curso, de los proyectos elaborados por los estudiantes, lo que fomenta el desarrollo de competencias comunicativas que son indispensables si consideramos que vivimos en una sociedad en donde la información y el conocimiento circulan a través una gran diversidad de medios. Además, es indispensable que los estudiantes no sólo sean capaces de apropiarse del conocimiento, sino que también puedan transmitirlo a través de distintos medios y recursos.

IV. RESULTADOS

Esta estrategia didáctica ha sido implementada en seis cursos de electromagnetismo, de la licenciatura en Física de la Facultad de Ciencias de la UNAM, impartidos a partir del semestre 2014-2. Durante las primeras semanas, los estudiantes de los cursos en los que se implementó la propuesta presentaron problemas en el manejo de los conceptos de fuerza de Coulomb y campo eléctrico como vectores, a pesar de la formación matemática que habían recibido en cursos previos, lo cual pudo constatar en los resultados obtenidos en el primer examen dedicado a la evaluación del aprendizaje de estos dos conceptos, en donde un 75% de los estudiantes obtuvo una calificación no aprobatoria. Cabe mencionar que este resultado se obtuvo pese a que en las tareas los estudiantes resolvieron problemas, cualitativos y cuantitativos, dirigidos a fomentar y medir el aprendizaje del concepto de vector. Una posible explicación de este resultado son los problemas que los estudiantes presentan en relación al lenguaje. El tipo de conocimientos y problemas que se resuelven en sus cursos de matemáticas, en donde se concentran más en la parte abstracta del concepto que a su aplicación a la solución de los problemas de física.

La resolución y discusión de los problemas del primer examen parcial en conjunto con los estudiantes, llevó a que muchos de ellos cambiaran de una actitud pasiva a una ampliamente participativa y constituyeran grupos de trabajo fuera de clase con lo que se fomentó el trabajo colaborativo. Cabe mencionar que, durante la clase, continuamente los profesores fomentan la participación de los estudiantes solicitando su opinión o comentarios sobre lo que se acaba de exponer sin importar si ellos consideran que sus aportaciones son relevantes o no.

Ya que los conceptos fundamentales del electromagnetismo requieren un alto grado de abstracción y tienen consecuencias cotidianas que son familiares a los estudiantes, éstos tienden a utilizar su sentido común de manera que les conduce a cometer errores conceptuales. En este sentido, la discusión de aplicaciones prácticas del electromagnetismo y su relación con otras áreas de la Física y del conocimiento, tuvo un excelente resultado al fomentar un aprendizaje significativo en donde los errores conceptuales fueron minimizados al motivar a los estudiantes a participar en clase explicitando sus ideas. En algunos casos los estudiantes propusieron el desarrollo de algunos temas que les resultaban interesantes.

A lo largo de los cursos, los estudiantes desarrollaron por equipo sus proyectos, bajo la supervisión de los profesores y los ayudantes asociados. Se observó el trabajo colaborativo y el interés que los estudiantes demostraban en la búsqueda de información en distintos medios, siendo la internet el más utilizado. Algunos estudiantes solicitaron asesoría académica a profesores de otros cursos de Física, lo que les llevó a concluir que la física debe de ser vista como un todo y no como serie de conocimientos asociados a un área específica.

En las presentaciones que se realizaron de los proyectos desarrollados, los alumnos expresaron sus ideas, presentaron sus argumentos, escucharon opiniones y retomaron ideas para reconstruir las propias, favoreciendo el desarrollo de sus competencias en colectivo.

Resulta contrastante que algunos estudiantes desarrollaron en sus proyectos demostraciones experimentales en las que se evidenciaron los conceptos básicos del electromagnetismo, reforzando el hecho de que en la enseñanza del electromagnetismo el uso de modelos y analogías es esencial debido a que la mayoría de los fenómenos no pueden ser observados directamente como lo son sus consecuencias, mientras que otros se inclinaron hacia las aplicaciones del electromagnetismo en dispositivos que se utilizan cotidianamente. Independientemente del grupo de estudiantes, la elaboración de estos proyectos estimuló su creatividad, sus habilidades en la construcción de objetos y el manejo de herramientas y materiales.

Finalmente, después de realizar la evaluación, se observó una ligera mejora en las calificaciones y un aumento en los índices de aprobación que llegó hasta un 66%. Esto último permitió establecer que los recursos utilizados, puntos de vista y estrategias implementadas son lo suficientemente consistentes para ser aplicados en grupos con diferentes contextos, pero con una finalidad común.

VII. CONCLUSIONES

Nuestra estrategia didáctica es un primer paso hacia el cambio en la forma que se enseña el electromagnetismo en algunas de las licenciaturas de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Hasta el momento, su impacto ha sido positivo al obtener una pequeña mejora en el índice de aprobación con respecto al que se obtiene en cursos tradicionales. Sin embargo, como siempre, aún quedan detalles que deben ser mejorados y que muchas veces dependen del tipo de estudiantes que constituyen el grupo en el que se aplica la estrategia.

Desde siempre, las matemáticas y la física han constituido un binomio inseparable, en donde no se puede concebir a una sin la otra. El desarrollo de las matemáticas se ha visto fortalecido por el avance de la física y nuevas teorías matemáticas surgen junto con teorías de la física. Por otro lado, para la física las matemáticas constituyen un lenguaje que le permiten describir, modelar y predecir lo que ocurre en la naturaleza. Así que es imposible diseñar un curso de física en el nivel superior en el que las matemáticas no se encuentren presentes.

Aunque en el nivel superior los alumnos que cursan la asignatura básica de electromagnetismo deben poseer las herramientas matemáticas que les permitan entender y resolver los problemas que se plantean, es común que éstas les hayan sido enseñadas de forma totalmente abstracta sin plantear la estrecha relación entre las matemáticas y la física, dificultando con ello la enseñanza de los conceptos básicos del electromagnetismo. Esto evidencia la existencia de una falta de comunicación y sincronización entre los cursos de matemáticas y Física, lo que nos obliga a revisar los programas y enfoques de los cursos de matemáticas que se imparten en la Facultad de Ciencias, o bien, incluir en los programas de los cursos de electromagnetismo una revisión de las herramientas matemáticas necesarias. Puesto que lo primero incluye la revisión y modificación tanto de la licenciatura en Matemáticas como de la Licenciatura en Física, la segunda opción parece ser la más adecuada y factible a corto plazo.

Generalmente, la enseñanza del electromagnetismo se caracteriza por la excesiva abstracción de los problemas que se le plantean al estudiantes, así que análisis y discusión de las numerosas aplicaciones que tiene el electromagnetismo en las distintas áreas del conocimiento y la vida cotidiana no sólo enriquece la enseñanza de los conceptos básicos del electromagnetismo sino que también motiva a los estudiantes hacia el aprendizaje, fomenta

estrategias cognitivas complejas, les proporciona una formación integral y fomenta un pensamiento crítico que les permitirá acceder a mejores oportunidades para su desarrollo profesional.

El desarrollo de proyectos no sólo fomenta el trabajo colaborativo, sino que además favorece el aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias de resolución de problemas mediante la investigación autodirigida de los estudiantes. La convivencia y trabajo de investigación en equipos lleva a que los estudiantes expresen sus descubrimientos, soluciones, reflexiones, dudas, coincidencias y diferencias construyendo en colectivo. Además, esto permite que el alumno esté más cerca de situaciones o ambientes que se le presentarán en el ámbito profesional.

El uso intensivo de las tecnologías de la información y la comunicación en las clases presenciales con la finalidad de que los alumnos tengan acceso a simulaciones computacionales que representen fenómenos electromagnéticos, así como el uso de actividades experimentales demostrativas, facilita que los estudiantes visualicen conceptos que poseen un alto grado de abstracción.

Finalmente, es conveniente mencionar que aprender electromagnetismo, no es solo aprender conceptos y modelos, sino también practicar en alguna medida el trabajo científico, lo que en esta estrategia didáctica se fomenta a través del desarrollo de proyectos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de DGAPA-UNAM a través del proyecto PAPIME PE104917 y PE105017.

REFERENCIAS

Beneitone, P. (2007). Reflexiones y Perspectivas de la Educación Superior en América Latina: *Informe Final-Proyecto Tuning América Latina 2004-2007*.

Díaz Barriga, F. & Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista* (2a ed.). México: McGraw Hill.

Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5 (2). Consultado el 5 de julio de 2014: <http://redie.ens.uabc.mx/vol5no2/contenido-arceo.html>

García Bacete, F. J. & Doménech, F. (2002). “Motivación, aprendizaje y rendimiento escolar”, en *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*, 1(6).

Knoers, A. (1996). Paradigms in instructional psychology. In: De Corte E, Weinert FE (eds) *Developmental and Instructional Psychology*. Pergamon, Oxford, pp 317–321

Navarrete Ruiz de Clavijo, B. (2009), “La motivación en el aula. Funciones del profesor para mejorar la motivación en el aprendizaje” en *Revista Digital Innovación y Experiencias Educativas*, núm. 15.

Planinic, M. (2006). Assessment of difficulties of some conceptual areas from electricity and magnetism using the Conceptual Survey of Electricity and Magnetism. *American Journal of Physics*, 74, 1143-1148

Roa-Neri, J. A. E. y Villavicencio, M. (2015). Algunos Problemas en la Aplicación de las Matemáticas en la Enseñanza del Electromagnetismo en el Nivel Superior. *Atenas. Revista Científico Pedagógica*, 2, 133-145.

Romero, M. y Pérez, M. (2009). Cómo motivar a aprender en la universidad: una estrategia fundamental contra el fracaso académico en los nuevos modelos educativos. en *Revista Iberoamericana de Educación*, Núm. 51, 87-105.

Schunk D. H. (1997). *Teorías del Aprendizaje*. (2ª ed.). México: Prentice Hall.

UNESCO. (1998). *La educación encierra un tesoro. Informe de la Comisión Internacional de Educación para el siglo XXI*. Informe Delors. Madrid: Santillana.