



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA  
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

USO DE MÓDULOS EXPERIMENTALES PARA FOMENTAR  
UN APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN LA MATERIA  
DE FÍSICA DEL BACHILLERATO

*T E S I S*

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA  
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (FÍSICA)

P R E S E N T A:

PASCUAL DI BELLA NAVA

TUTOR PRINCIPAL:  
DR. VÍCTOR MANUEL VELÁZQUEZ AGUILAR  
FACULTAD DE CIENCIAS

COMITE TUTOR:  
DRA. MARIA DEL PILAR SEGARRA ALBERÚ  
FACULTAD DE CIENCIAS

M. EN D. ANA FLORES FLORES  
ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA

CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# Agradecimientos

A mis padres, por haberme apoyado durante todos estos años. Sin su apoyo incondicional no habría llegado hasta donde me encuentro en este momento. A mi hermano, que siempre está presente cuando más se le necesita. A mi familia, que me motivó a seguir adelante durante la maestría.

A Aramis, Viridiana y Serafín, por todos esos ratos de diversión. Ya saben que son muy importantes para mí. A Cipactli, que además de haberme apoyado como amigo, me guió durante todo el proceso de realización de este trabajo. A Manik, que a pesar de la distancia nos hemos ido acompañando durante estos últimos años. A Dione, gracias por tu amistad y por motivarme a terminar de redactar la tesis. A Leonardo, por ayudarme a conseguir donde realizar mi práctica docente. A mis compañeros de la maestría, Sofía, Shirley, Florencio y Marco, sin ustedes las clases habrían sido un martirio total.

A Víctor, por haber estado presente durante todo el proceso y haberme ayudado cuando los datos parecían no tener sentido alguno. A todos los miembros del sínodo, Pilar, Nora, Alicia y Ana, por el tiempo invertido en leer y revisar este trabajo para que fuera comprensible a los demás. A Lety, que siempre estuvo ahí para escucharme cuando necesitaba desahogarme.

Al grupo de divulgación *Predice*, en especial a Xanat, María y Pilar, por haber sido la fuente de inspiración que terminó siendo la base de todo este proyecto. Muchas gracias por las ideas, por mostrarme como se realiza un taller y sobre todo por su amistad.

A Andrés, por tu infinita paciencia y por haberme casi amarrado a la silla para que terminara este proyecto. Gracias por las correcciones de los trabajos, por la guía pedagógica, por esas palabras de aliento cuando más lo necesitaba. Muchas gracias por todo lo que me has dado y espero algún día pueda apoyarte de la misma manera.



# Índice general

	<b>Página</b>
Resumen . . . . .	1
<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1. Marco teórico . . . . .	3
1.2. Antecedentes . . . . .	8
1.3. Motivación . . . . .	11
1.4. Objetivos . . . . .	12
<b>2. Propuesta Metodológica</b>	<b>13</b>
2.1. Módulos Experimentales . . . . .	13
2.2. Intervenciones . . . . .	16
<b>3. Resultados y Análisis</b>	<b>19</b>
3.1. Resultados . . . . .	19
3.2. Análisis y Discusión . . . . .	28
<b>4. Conclusiones y Propuestas</b>	<b>33</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>39</b>
<b>Apéndice A</b>	<b>A-1</b>
Plan de Clase . . . . .	A-2
Examen Diagnóstico/Evaluación . . . . .	A-6
Módulo Experimental: Tren Magnético . . . . .	A-7
Módulo Experimental: Polos y Cargas . . . . .	A-8
Módulo Experimental: Inducción Eléctrica . . . . .	A-9
Módulo Experimental: Corrientes y Campos . . . . .	A-10
Módulo Experimental: Imanes y Bobinas . . . . .	A-11
Ejercicios . . . . .	A-12
Autoevaluación Alumnos . . . . .	A-13
<b>Apéndice B</b>	<b>B-1</b>
Resultados de Evaluaciones . . . . .	B-2
Rúbrica . . . . .	B-6
Resultados de Módulos . . . . .	B-7



## Resumen

En el presente trabajo se desarrolla la propuesta didáctica del uso de módulos experimentales para fomentar un aprendizaje significativo de los conceptos de electromagnetismo por parte de los estudiantes de Física IV del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Oriente (CCH Oriente). La propuesta está basada en el método POE (Predecir, Observar, Explicar). Se desarrollaron las actividades experimentales con respecto al tema de electromagnetismo, se creó el formato donde los alumnos plasmarían sus hipótesis, observaciones y conclusiones y se llevó a cabo.

La propuesta se implementó en dos grupos del CCH Oriente, uno matutino y otro vespertino, del mismo profesor titular. Se llevaron a cabo 4 intervenciones durante las cuales se aplicaron los módulos experimentales en una clase de modalidad expositiva. Para poder medir el aprendizaje de los estudiantes se aplicó un examen diagnóstico y 2 exámenes de evaluación, los cuales eran de opción múltiple. La ganancia normalizada se midió con respecto al promedio que obtuvo cada grupo o el total de alumnos por cada evaluación. De esta manera la ganancia promedio normalizada para el grupo 1 fue de: 0.345 y de 0.367 para la evaluación 1 y la evaluación 2 respectivamente. La ganancia promedio normalizada del grupo 2 fue de 0.082 y 0.172 para cada una de las evaluaciones y para el total de alumnos fue de 0.222 y 0.276. Por lo que se concluyó que los módulos ayudan a que el aprendizaje sea significativo, pero requieren de otras estrategias para que los estudiantes comprendan mejor conceptos.

De la misma manera se realizó una prueba T de Student para verificar que los estudiantes no hubieran respondido de manera aleatoria a los exámenes. Se encontró que las probabilidades estaban por debajo del 0.005 a excepción de una, por lo que se concluyó que los estudiantes no respondieron de manera aleatoria en las pruebas. También se realizó un análisis con una rúbrica al trabajo escrito realizado en los módulos. De acuerdo con esta rúbrica se le asignó un resultado a cada uno de los módulos de los estudiantes. Se verificó cómo fueron las modificaciones a las respuestas de las diversas evaluaciones y se les asignó una variable. Con esta información se realizó una prueba  $\chi^2$  para verificar si existe una relación entre ambas variables. En ninguno de los casos la probabilidad fue menor al 0.005 por lo que se concluyó que no existe relación entre el trabajo escrito en el módulo y la modificación de las respuestas en los exámenes.





# Capítulo 1

## Introducción

En este capítulo se desarrollan algunos de los conceptos teóricos que se utilizarán a lo largo del presente trabajo. De igual manera se incluye la revisión trabajos similares que ayudaron a sustentar la propuesta que se desarrolló durante la intervención. Cabe aclarar que no se ahondan a profundidad los elementos teóricos, ya que su objetivo es proveer al lector con las bases necesarias para poder comprender los fundamentos del trabajo y no un desarrollo bibliográfico con respecto a los diferentes paradigmas, modalidades y métodos de enseñanza.

### 1.1. Marco teórico

Existen diversos paradigmas en psicología de la educación, dos de los cuales son el conductista y el cognitivo o constructivista. En el presente trabajo nos enfocaremos en el segundo de ellos, debido a que fue el paradigma utilizado para elaborar la propuesta. El paradigma cognitivo analiza la problemática de la organización de las representaciones mentales o dicho de otra manera, la organización de la información por parte del ser humano durante el acto del aprendizaje. Existen diversos enfoques del paradigma cognitivo, siendo los más importantes la teoría de esquemas de Rumelhart, la teoría de la equilibración de Piaget, la teoría sociocultural de Vigotsky y la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (Hernández, 2012; Pozo, 2013). A continuación se hará un breve análisis de cada una, poniendo mayor énfasis en las partes que serán de utilidad más adelante.

#### 1.1.1. Enfoques del Paradigma Cognitivo

##### Teoría de los Esquemas

El primero de los enfoques es la teoría de los esquemas de Rumelhart: su principal premisa es que la organización de la información por parte del ser humano durante el aprendizaje es similar a una computadora (Hernández, 2012). La información se almacena en estructuras llamadas *esquemas*, las cuales representan

conceptos genéricos almacenados en la memoria (Rumelhart, 1984, en Pozo 2013). Estos conceptos pueden referirse tanto a personas, objetos o situaciones cuyos rasgos constituyentes corresponden con las características del objeto (Pozo, 2013). Los esquemas no son entidades estáticas; al contrario, son flexibles y pueden ser utilizados para almacenar información tanto declarativa como procedimental.

La manera en la que se propone que se da el aprendizaje en la teoría de esquemas es a través de 3 formas diferentes. La primera de ellas es el *crecimiento* y como su nombre lo indica es incrementar el tamaño del esquema a través de la inclusión de información nueva en el mismo. Es importante enfatizar que en el crecimiento no hay reacomodo de información; ésta simplemente se anexa al esquema correspondiente aumentando la complejidad del mismo. La segunda forma que propone la teoría es el *ajuste*, la cual es muy similar al crecimiento pero difiere en que sí hay una modificación interna de los esquemas. Los conceptos nuevos que se anexan al esquema fomentan un reacomodo de la información del mismo. Finalmente, la tercera forma en que se puede dar el aprendizaje es a través de la *reestructuración*. En este caso la nueva información no es compatible con los esquemas previos y se da una reorganización de los conceptos en nuevos esquemas (Pozo, 2013).

La teoría de los esquemas tiene su fundamento en la manera en que las computadoras almacenan su información (Hernández, 2012). Éstas, a través de los receptores, captan la información del ambiente o del objeto de estudio. La información es almacenada en una memoria de corto plazo y en caso de que se requiera una reacción inmediata, se realiza una acción a través de los efectores sobre el objeto. Si la información es de interés, se almacena en la memoria de largo plazo, la cual puede ser accedida cuando se le requiera. En el caso de la mente humana la memoria de largo plazo serían los esquemas donde se almacena la información de importancia para la persona. Uno de los problemas de esta teoría es que la reacción está condicionada por el objeto; el sujeto que interactúa con el mismo reacciona por instinto (Pozo, 2013).

### **Teoría de la Equilibración**

La segunda teoría de relevancia es la teoría de la equilibración de Piaget que describe el desarrollo de las estructuras cognitivas, los esquemas de Rumelhart, a través de un proceso de adaptación. Este proceso consta de dos partes: la asimilación y la acomodación, y que el proceso de las estructuras cognitivas se basa en la tendencia al equilibrio entre ambos procesos pero sólo de los desequilibrios surge el aprendizaje (Pozo, 2013).

El proceso de aprendizaje de acuerdo a Piaget es el siguiente: primero, el sujeto interactúa con el objeto y obtiene información del mismo. Posteriormente, el sujeto compara esta información con la que se encuentra en sus esquemas cognitivos.

Si la información es muy similar a la que se encontraba en los esquemas del sujeto se agregará a ellos, en caso de que la información no concuerde con los esquemas previos que el sujeto tenía se entra en un estado de desequilibrio o crisis. Durante esta fase hay una acomodación de los esquemas cognitivos para poder dar cabida a la nueva información que acaba de obtenerse y se regresa nuevamente a un estado de equilibrio (Hernández, 2012; Pozo, 2013).

El problema de esta teoría a diferencia de la de esquemas es que sí puede haber una interacción bidireccional con el objeto (Hernández, 2012). Durante la interacción el sujeto modifica al objeto y a su vez el objeto modifica al sujeto. El problema radica en que nos dice cómo se reestructuran los esquemas una vez que se encuentran con una nueva información, pero no cómo se produce el primer esquema contra el cual se hace la comparación.

### **Teoría Sociocultural**

La tercera teoría sí nos dice de donde se obtienen estos esquemas básicos contra los cuales el sujeto hace sus comparaciones, ésta es la teoría sociocultural de Vigotsky. Él propone que los significados provienen del medio social pero deben de ser interiorizados por el sujeto. Por lo tanto hay una interacción bidireccional entre el sujeto y el objeto inmerso en un contexto sociocultural, el cual le proporciona las herramientas para modificar no sólo al objeto sino también al estímulo, por lo cual el sujeto no responde de la misma manera al objeto (Hernández, 2012; Pozo, 2013).

Por lo tanto, el sujeto obtiene los conocimientos dos veces, primero a través del intercambio social de manera interpersonal y posteriormente lo interioriza de manera intrapersonal (Vigotsky, 1978, en Pozo, 2013). De esta manera se genera un primer conocimiento espontáneo el cual proviene de la vida cotidiana y a través de la interacción social. Este tipo de conocimiento va de lo específico a lo general. El segundo tipo de conocimientos se le denomina científico y es parte de un sistema que se adquiere por medio de la metacognición, internalizando el concepto que va de lo general hacia lo particular (Pozo, 2013). El conocimiento científico es el que los estudiantes adquieren durante la educación formal.

Estos conocimientos espontáneos es a lo que se le denominan ideas previas del estudiante. Son conocimientos que ha aprendido de manera empírica o a través de las interacciones con otros miembros de la sociedad. Por eso es que antes de la clase el profesor debe preguntarse que saben los alumnos (Viennot, 1978, en Picquart 2008). Estas ideas previas son persistentes debido a que como fueron obtenidas por el sujeto a través de su experiencia propia para explicar los fenómenos naturales (Wandersee *et al.*, 1994, en Ferreira y Rodríguez 2011; Picquart 2008; Pozo y Gómez 2013). Más adelante utilizaremos más este concepto de ideas previas.

Un término muy importante que Vigotsky propone es el de *zona de desarrollo próximo* o **ZDP**. La ZDP es la distancia entre el nivel de desarrollo real, el que el estudiante puede alcanzar por sí mismo, y el potencial que puede alcanzar a través de otra persona (Hernández, 2012). Por lo tanto, a través de la interacción social el estudiante logra desarrollarse más que de manera individual. Esta interacción dentro de un ambiente formal favorece la transición de conocimientos espontáneos a conocimientos científicos. El problema de la teoría es que no explica qué información es la que el sujeto transformará de un conocimiento espontáneo en un conocimiento científico.

### Teoría del Aprendizaje Significativo

Finalmente, la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel es la que termina por explicar el problema de la teoría de Vigotsky, aunque dista de ser una teoría completa. Su premisa principal es que los conceptos verdaderos se construyen a partir de los conceptos formados del entorno, y sólo se da un aprendizaje significativo cuando se relaciona la información existente con la información nueva y de esta manera se modifican los esquemas cognitivos de la persona (Pozo, 2013). En el aprendizaje significativo el sujeto realiza una relación entre los conocimientos nuevos con los existentes y los relaciona con experiencias hechos u objetos, contrario al aprendizaje memorístico.

En resumen, durante el aprendizaje las personas comparan los conocimientos nuevos con los que se encuentran en sus esquemas cognitivos y que fueron adquiridos a través de la experiencia y las interacciones sociales. Si los conocimientos son similares a los contenidos en los esquemas los añade sin que haya cambios sustanciales en los mismos. En caso contrario, si la información se contrapone con los esquemas del sujeto, se realiza una reestructuración de los mismos. Por lo tanto, al relacionar los conocimientos previos y los nuevos y relacionarlos con experiencias propias, el aprendizaje obtiene un significado propio para el sujeto, lo cual lo hace significativo.

#### 1.1.2. Métodos y Modalidades de Enseñanza

Dentro del paradigma cognitivo se pueden utilizar dos tipos de métodos de enseñanza: el inductivo o el deductivo. En el método inductivo se parte de una idea general y se prosigue hacia conceptos específicos y en el método deductivo se parte de ideas específicas hacia un concepto general. De acuerdo a Eggen y Kauchak (2009), el método inductivo está fundamentado en que los estudiantes forman su propia comprensión del mundo en lugar de recibirla de manera organizada. Esta comprensión depende de las experiencias de los estudiantes, los cuales deben de ser cognitivamente activos. Al darle sentido a estas experiencias es co-

mo las personas forman su entendimiento y depende de la interacción social. En este tipo de método, el papel del profesor consiste en guiar a los estudiantes a que puedan realizar las generalizaciones apropiadas y lleguen a una comprensión válida del concepto.

El método inductivo puede utilizar diversas modalidades de enseñanza. De acuerdo a de Miguel (2006b), las modalidades son las distintas maneras de organizar y de llevar a cabo los procesos de enseñanza-aprendizaje. Dos son las modalidades de relevancia dentro de la clase de física: las clases teóricas y las clases prácticas. También existen las metodologías de enseñanza que son la forma en la que los profesores tienen que proceder para desarrollar su actividad docente (de Miguel, 2006b). Las metodologías más utilizadas dentro de la enseñanza de la física son: las lecciones magistrales, el estudio de casos y la resolución de problemas.

La modalidad teórica es aquella que se basa principalmente en la exposición verbal por parte del profesor de los contenidos de la materia de estudio (de Miguel, 2006a). Esta tiende a emparejarse normalmente con las lecciones magistrales aunque en menor medida la resolución de problemas. Por esta razón tanto de Miguel (2006a) como Pozo y Gómez (2013) incluyen como actividades inherentes a la clase teórica la exposición de los temas por parte del profesor, la resolución de ejercicios o demostraciones por parte del profesor para ilustrar las explicaciones.

La modalidad práctica es aquella donde se desarrollan actividades de aplicación de conocimientos a situaciones concretas y a la adquisición de habilidades procedimentales de la materia de estudio (Arias, 2006). El ejemplo clásico dentro de la clase de física son las prácticas de laboratorio, las cuales tienen como fin el desarrollo de habilidades propias de la metodología científica (Pozo y Gómez, 2013), pero de igual manera se pueden utilizar dentro de esta modalidad la resolución de ejercicios por parte de los estudiantes y las experiencias prácticas dentro del aula (Arias, 2006).

Por lo general, es la clase teórica la que se quiere modificar ya que se asocia el método expositivo con un aprendizaje memorístico por parte de los alumnos y se engrandece la clase práctica ya que al ser un aprendizaje por descubrimiento se presupone que el estudiante logrará un aprendizaje significativo. Ausubel *et al.* (1983) muestran que este no es el caso ya que el aprendizaje memorístico y el significativo se encuentran en una dimensión, y el aprendizaje por recepción y por descubrimiento en otra. Lo anterior se ilustra en la figura 1.1. Como se puede observar, hay ocasiones en que el aprendizaje por recepción, como en el caso expositivo, puede generar aprendizaje significativo, y el aprendizaje por descubrimiento generar aprendizaje memorístico.

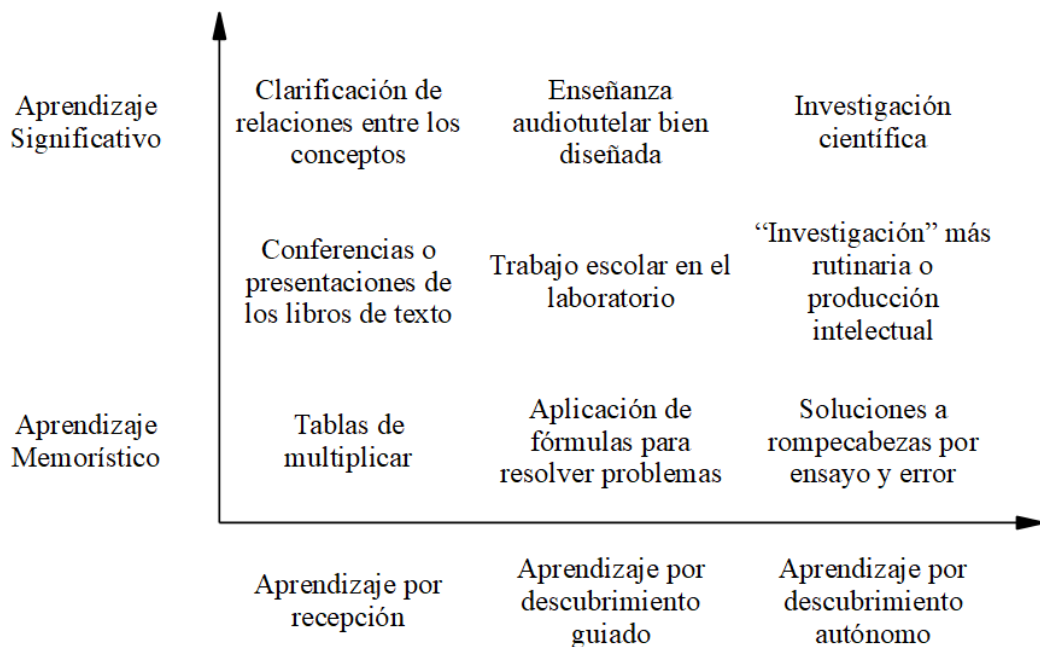


Figura 1.1: Clasificación de las situaciones de aprendizaje de Ausubel *et al.* 1983

De lo anterior se llega a las críticas expuestas por Gil *et al.* (1999) hacia la separación de las clases de ciencias en 3 tipos distintos: teóricas, laboratorios y resolución de problemas. Ésto porque como mencionan Pozo y Gómez (2013), durante las clases magistrales los profesores se limitan a hablar y los estudiantes a escuchar y escribir. El estudiante es consumidor de conocimientos acabados, los cuales son presentados casi como hechos. Hodson (1994) menciona que las prácticas de laboratorio no son por descubrimiento, ya que son recetas de cocina donde los estudiantes se limitan a recolectar los datos que van de acuerdo con lo que el profesor quiere leer.

## 1.2. Antecedentes

De acuerdo a Pozo y Gómez (2013) la física, como el resto de las ciencias, debería de tener diversas finalidades como lo son: el aprendizaje de conocimientos y la construcción de modelos, el desarrollo de destrezas cognitivas, la resolución de problemas y el desarrollo de conocimientos experimentales, actitudes y valores, así como la construcción de una imagen de ciencia. Pero la enseñanza de la misma tiene diversos problemas por lo cual no se alcanzan dichas finalidades; desde el hecho de que se piensa que la física es sólo para algunos elegidos (Arandia *et al.*, 2016; Pozo y Gómez, 2013; Solbes *et al.*, 2007), los profesores cuya formación no es en física por lo cual no enseñan con el mismo entusiasmo (Williams *et al.*, 2003), o en el caso contrario, los profesores elaboran conceptos que son demasiado abstractos para los estudiantes (Alvarado y Flores, 2001; Ferreira y Rodríguez, 2011) por lo que los estudiantes llegan a creer que la física es una habilidad matemática

(Williams *et al.*, 2003). Nott y Wellington (1996) mencionan que el conocimiento científico le es transmitido a los estudiantes como una caja negra, donde los estudiantes se limitan a repetir ciegamente (Pozo y Gómez, 2013).

Picquart (2008) establece que una de las graves deficiencias de la educación en México es una enseñanza demasiado enfocada hacia la memorización en detrimento del razonamiento, por lo cual hay se da una valoración negativa de las ciencias: que es poco interesante, difícil, o aburrida (Solbes *et al.*, 2007). Todo esto va en detrimento del interés y la motivación del estudiante en el estudio de las ciencias (Holstermann *et al.*, 2010) y se resume de manera muy concisa en la siguiente frase:

**“Los alumnos no están interesados en la ciencia, no quieren esforzarse ni estudiar y, por consiguiente, dado que aprender ciencia es una tarea intelectual compleja y exigente, fracasan.”** - (Pozo y Gómez, 2013 pp.44-45)

El concepto de motivación es algo nebuloso como lo mencionan Arandia *et al.* (2016), aunque Ryan y Deci (2000) y Pozo y Gómez (2013) lo definen de manera muy similar, ser movido o tener una cantidad de movimiento tal que el estudiante salga de su estado actual, respectivamente. La motivación se subdivide en dos tipos: la motivación extrínseca y la motivación intrínseca. La primera es la realización de algo como medio para un fin (Pintrich y Schunk, 2002, en Eggen y Kauchak 2009; Ryan y Deci 2000). Lo que hace al alumno esforzarse no es la ciencia, sino las consecuencias de aprobar o no (Pozo y Gómez, 2013). La motivación intrínseca en cambio se refiere a hacer algo por la actividad misma (Pintrich y Schunk, 2002, en Eggen y Kauchak 2009), porque es interesante divertido o por el gusto de hacerlo (Ryan y Deci, 2000). Lo que hace al alumno esforzarse es comprender lo que estudia, darle un significado (Pozo y Gómez, 2013).

El incentivar la motivación de los estudiantes se puede abordar desde distintos frentes, el primero de ellos es el uso del modelo inductivo que de acuerdo a Eggen y Kauchak (2009) contribuye a la motivación de los estudiantes. Picquart (2008) y Vázquez *et al.* (2011) proponen mezclar la clase magistral con el trabajo en equipo, específicamente el trabajo en equipos de 3 a 4 alumnos para resolver problemas de interés, ayuda a motivar a los estudiantes. Uno de estos trabajos en equipo pueden ser las demostraciones interactivas propuestas por Sokoloff y Thornton (2004, 1997) o el aprendizaje activo, *Hands-On*. Ambas propuestas están basadas en el método *Predecir, Observar, Explicar (POE)* propuesto por White y Gunstone (1992), el cual a su vez es una modificación del aprendizaje por descubrimiento de Bruner (1961).

Como su nombre lo indica, el método consta de 3 tareas: predecir y justificar el resultado del experimento, describir que es lo que observan y reconciliar la predicción con la observación. Las actividades POE evalúan la capacidad del



estudiante para utilizar su conocimiento, ya que ellos deciden que tipo de razonamiento utilizar, el cotidiano o el científico, lo cual ayuda a conocer la manera en que ellos interpretan los fenómenos. Es muy importante que los estudiantes escriban sus hipótesis, ya que esto compromete el tipo de conocimiento y cómo lo utilizarán. Miller *et al.* (2013) llegan a una conclusión muy similar con respecto al hecho de que se debe de realizar una hipótesis para que una demostración cumpla su función, además de que es una manera de evocar las ideas previas de los estudiantes y confrontarlas con las observaciones. Las actividades experimentales de este tipo ayudan a que los estudiantes desarrollen una comprensión intuitiva del mundo y permiten a los estudiantes generarse incógnitas (Miller *et al.*, 2013; Avendaño *et al.*, 2012).

Para realmente aprender los conceptos, los estudiantes necesitan oportunidades para aplicar el conocimiento, lo que se logra a través de actividades Hands-On ya que en ellas los estudiantes aprenden a través de la experiencia (Ateş y Erylmaz, 2011; Holstermann *et al.*, 2010). Éstas fomentan la participación activa y mejora la actitud de los estudiantes hacia la materia (Avendaño *et al.*, 2012; Vázquez *et al.*, 2011). Dado que en este tipo de actividades se sigue el método POE, funcionan para ayudar a que los estudiantes confirmen o rechacen ideas previas que tengan con respecto a ciertos temas. Las actividades Hands-On no requieren materiales especializados o costosos (Ateş y Erylmaz, 2011), como son de uso común favorecen la contextualización y a su vez la comprensión de conceptos (Vázquez *et al.*, 2011; Okono, 2015). Dado que las actividades Hands-On exigen análisis y reflexión del problema (Avendaño *et al.*, 2012) contribuyen a que los estudiantes usen conceptos básicos y habilidades experimentales enfatizando los aspectos procedimentales de la adquisición de conocimientos (Vázquez *et al.*, 2011; Okono, 2015). Las demostraciones activas de Sokoloff son muy similares a las Hands-On, ya que ambas siguen el método POE, pero utilizan equipos más especializados (proyectores, computadoras, osciloscopios, etc.) (Sokoloff y Thornton, 2004).

De este modo, al modificar la forma en que se imparten las clases se obtiene un cambio en las actitudes de los estudiantes. Por lo cual, son una buena manera de fomentar la motivación y así lograr influir en su aprendizaje. En México, específicamente en la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) en el plan de estudios anterior (UNAM, 2016d, e, f) existían las *Secuencias Didácticas Teórico Experimentales* (**SEDITES**), las cuales eran actividades de tipo Hands-On. En el nuevo plan de las materias de Física I y II de la ENP ya no se mencionan de manera explícita (UNAM, 2016a, b, c) pero dado que es un curso más abierto y a elección del profesor, se pueden seguir utilizando. En el caso del Colegio de Ciencias y Humanidades, tales tipos de actividades no están contempladas en el plan de estudios (UNAM, 2016g, h); de hecho, las actividades experimentales tienden a ser del tipo que criticaba Hodson. Por lo anterior, se puede ver que incluso dentro de los dos bachilleratos pertenecientes a la UNAM hay diferencias en la manera de impartir los temas.

## 1.3. Motivación

Durante mi experiencia docente me he encontrado con que los estudiantes de primer ingreso a la carrera de biología tienen problemas con los conceptos de física. Estos problemas conceptuales van desde la ausencia de los conceptos hasta ideas previas fuertemente arraigadas y fomentadas por los docentes de las materias de ciencias. Aunado a esto, los estudiantes tienen una aversión hacia la física, la cual es generada por la manera en que la física es impartida en nivel medio y medio superior. La física tiende a ser impartida en México de manera expositiva lo cual deriva en falta de comprensión conceptual, la falta de actitudes científicas, el mecanicismo al resolver ejercicios, así la falta de interés y motivación por parte de los estudiantes. Estos problemas son los mismos que han sido descritos previamente por Pozo y Gómez (2013) y Gil *et al.* (1999) en España y Hodson (1994) Estados Unidos.

Debido a estas razones se investigó cual es la situación de México en enseñanza de las ciencias con respecto a otros países del mundo. El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos evalúa la formación de los estudiantes al final de la etapa obligatoria. Una de las áreas evaluadas se encuentra la competencia científica que incluye los conocimientos científicos y el uso que de esos conocimientos haga el individuo para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar los fenómenos científicos y sacar conclusiones basadas en evidencias sobre asuntos relacionados con la ciencia (OCDE, 2010). México en el PISA 2015 se coloca muy por debajo de la media de la OCDE y ligeramente por encima de la media de América Latina en el área de competencia científica (INEE, 2016). En ese año el puntaje obtenido por México fue de  $416 \pm 2.1$  siendo el promedio de la OCDE  $493 \pm 0.4$  y el de América Latina  $408 \pm 0.8$ .

Tomando en cuenta lo anterior, se buscó una manera de modificar la forma de impartir las clases sin modificar sustancialmente la forma preferida por el docente para impartir su clase. De esta manera se propuso el uso de módulos experimentales para fomentar un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes. Se eligieron las experiencias experimentales que pudieran ayudar al estudiante a aprender de manera más significativa, contextualizando la sesión teórica posterior. De acuerdo con Miller *et al.* (2013) cuando un estudiante postula una hipótesis es más probable que éste entienda los conceptos que subyacen en la experiencia experimental. Tomando lo anterior se creó un formato para que los estudiantes realizaran un pequeño reporte de laboratorio, el cual incluye: hipótesis, observaciones y conclusiones. Finalmente, se buscaba verificar que el aprendizaje de los estudiantes fuera significativo e investigar si hay una relación entre el trabajo escrito realizado en el formato del módulo experimental y las evaluaciones que se les aplicaron posteriormente.

## 1.4. Objetivos

Los objetivos generales y específicos del presente trabajo son los siguientes:

### Objetivos Generales

- Utilizar los módulos experimentales dentro de una clase.
- Fomentar un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes.

### Objetivos Específicos

- Elaborar módulos experimentales adecuados al tema.
- Elaborar la rúbrica para analizar el trabajo escrito realizado en el módulo.
- Verificar si hay un aprendizaje por parte los alumnos.
- Recharzar que los estudiantes respondan aleatoriamente en las distintas evaluaciones.
- Comprobar si existe una relación entre las respuestas de las evaluaciones y la calidad del trabajo escrito en el módulo experimental.

## Capítulo 2

# Propuesta Metodológica

En este capítulo se detalla la propuesta que se llevó a cabo para realización del presente trabajo. En la sección *Módulos Experimentales* se describe la herramienta medular de la estrategia, cómo se utiliza y algunos ejemplos que se han utilizado en diversas ocasiones. En la siguiente sección del capítulo se detalla la metodología utilizada durante la aplicación de la propuesta didáctica que generó el presente trabajo, así como el contexto donde fue realizada.

### 2.1. Módulos Experimentales

Los módulos experimentales mencionados en la sección anterior son el eje principal de la propuesta de este trabajo. Éstos son actividades Hands-On, y como se mencionó en el capítulo anterior están basados en el método POE. Al estar basados en éste método los módulos constan de 3 partes principales: la generación de una hipótesis a partir de preguntas guiadas, la realización de observaciones y discusión en equipo y finalmente la redacción de sus conclusiones con respecto al fenómeno observado. Los módulos experimentales tienen una duración máxima de 30 minutos y están pensados para que sean realizados con materiales de uso cotidiano. Al ser actividades sencillas y que utilizan materiales de uso común, promueven que el estudiante reflexione acerca del problema (Avendaño *et al.*, 2012), favorecen la contextualización del fenómeno y la comprensión de conceptos (Vázquez *et al.*, 2011; Okono, 2015).

Los módulos pueden ser aplicados antes, durante o posterior a la instrucción, dependiendo del objetivo que se persiga con los mismos. En el caso que se apliquen previo a la instrucción se busca generar expectativa en el estudiante con respecto al tema. Por lo tanto, su función es para sacar a flote sus ideas previas y que las confronten con la realidad y de esta manera a través de la instrucción generar el vínculo entre el fenómeno observado y el conocimiento nuevo. Si los módulos son aplicados durante la explicación del tema, su función primordial será la de ayudar al profesor a ejemplificar el concepto que se esté impartiendo. Finalmente, si el

módulo se aplica hacia el final de la sesión, su objetivo será el de corroborar por parte de los estudiantes la información presentada por el docente y a éste le sirve para evaluar su propio desempeño.

Los módulos experimentales constan de dos partes principales: la hoja del estudiante y la actividad experimental. En la hoja del estudiante se encuentra el título del módulo, una breve introducción, las preguntas guía y las instrucciones para responder las preguntas, redactar las observaciones y las conclusiones. A pesar de que las instrucciones y la introducción se encontraban escritas en el formato, el profesor repitió las mismas y dio una breve introducción para que el uso del módulo fuera más llamativo al estudiante. El profesor puede decidir cuánto tiempo se le da al estudiante por cada una de las secciones. Es parte del trabajo del docente el vigilar que los estudiantes estén siguiendo los pasos del módulo experimental para lograr que observen los fenómenos de la manera adecuada. Los estudiantes pueden discutir entre ellos sus teorías u observaciones ya que esto fomenta que vayan contrastando diversos puntos de vista. Una vez que los estudiantes han terminado de redactar sus conclusiones se recogen los formatos para poder evaluarlos posteriormente, y se realiza una participación grupal para conocer cuáles fueron las conclusiones a las que llegaron. El profesor debe de verificar que las conclusiones vayan encaminadas al objetivo del módulo y en caso de que no sea así, orientar la discusión para que los estudiantes visualicen cuáles eran las conclusiones correctas.

Como docente he aplicado diversos módulos experimentales, algunos de los cuales no fueron aplicados en la presente propuesta, ya que estaban fuera de los temas de las sesiones. Dos de los módulos que no fueron aplicados durante la propuesta corresponden a los temas de circuitos y emisión de luz. El primero tiene como uno de sus objetivos que los estudiantes se familiaricen con el uso del protoboard y el armado de los circuitos en serie y paralelo. Un objetivo adicional es ver si los estudiantes logran encontrar la diferencia entre un LED y un foco incandescente, este objetivo se pone aparte ya que depende del docente si es de relevancia para la clase. Una imagen del módulo se observa en la figura 2.1a. El otro módulo corresponde a un espectroscopio, donde los estudiantes observan distintas fuentes luminosas y distinguen sus líneas de emisión. De igual manera deben de explicar la manera en que funciona el mismo. Unas imágenes del espectroscopio y de las líneas observadas con el mismo se encuentran en la figura 2.1b.

Los módulos utilizados durante la propuesta fueron cinco, los cuales tenían cada uno su objetivo particular. El primero de ellos fue el tren levitante, del cual se observan dos imágenes en la figura 2.1c. En este caso su objetivo principal era el de romper el hielo entre los estudiantes y el profesor y se fueran acostumbrando a la manera de trabajar con los módulos. Los materiales necesarios para este módulo son imanes, abatelenguas, cartón y silicón.

El segundo módulo fue un péndulo electrostático al cual se le acercaba un imán, el cual se observa en la figura 2.1f. El objetivo de éste era que los estu-

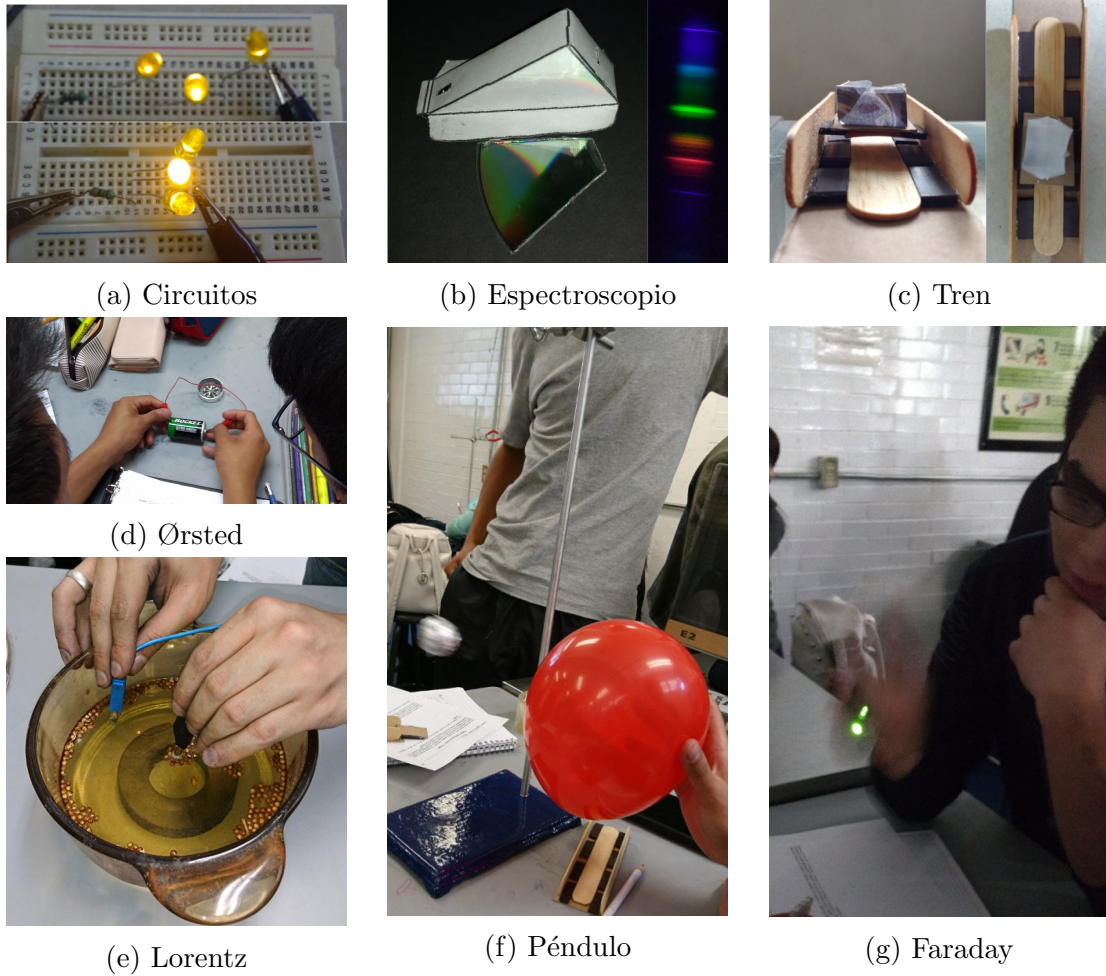


Figura 2.1: Ejemplos de módulos experimentales

diantes llegaron a la conclusión que no hay interacción entre cargas eléctricas y polos magnéticos. Los materiales que se requieren para el módulo son imanes, hilo, soporte universal, globos, pelotas de unicel y papel estaño.

El tercer módulo tenía por objetivo que los alumnos observaran la relación entre corriente eléctrica y los campos magnéticos. Esto se realizó a través del experimento de Ørsted, el cual puede observarse en la figura 2.1d. Para poder realizar el módulo se requieren brújulas, cables y baterías.

El siguiente módulo fue para ejemplificar la fuerza de Lorentz. En este caso se realizó de manera demostrativa porque se requería una fuente de voltaje y la corriente utilizada fue de 1 A. Debajo de un traste que contenía agua salada con semillas de cilantro se colocó un imán de dona y se le aplicó una corriente al agua para observar el giro de las semillas. Una imagen de esto se encuentra en la figura 2.1e.

Para finalizar, el último módulo tenía por objetivo que los estudiantes identificaran las distintas variables que intervienen en la inducción eléctrica. Para esto se utilizó una jeringa que tenía una bobina de cobre alrededor y unos LEDs para cerrar el circuito. Un imán de neodimio se hacía mover por dentro o por fuera de la bobina a distintas velocidades para ver cuándo y cuánto se encendía el LED. Una imagen del LED encendiendo se observa en la figura 2.1g.

## 2.2. Intervenciones

La investigación se llevó a cabo en dos grupos de Física IV del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Oriente de la UNAM, donde el grupo 613 era del turno matutino y el grupo 651 del turno vespertino. Ambos grupos consistían de 30 estudiantes cuyas edades oscilaban entre los 16 y 18 años y la profesora titular era la misma en ambos casos. Física IV es el curso de física del sexto semestre del bachillerato y es de tipo propedéutico. Las sesiones de clase de la materia tienen una duración de 2 horas por sesión y se imparten 2 sesiones por semana. No se tomó un grupo control ya que se prefirió tener una muestra homogénea, mismo semestre y profesora titular, más grande.

Los objetivos de la materia de Física IV de acuerdo al plan de estudios vigente (UNAM, 2016h) son:

- Describir el comportamiento de sistemas electromagnéticos y ópticos.
- Utilizar la experimentación como elemento esencial en el aprendizaje del electromagnetismo y la óptica.
- Emplear la herramienta vectorial como apoyo de los aprendizajes que lo requieran.
- Emplear modelos matemáticos a partir de resultados experimentales, que expresen relaciones entre las magnitudes que caracterizan a los sistemas electromagnéticos y ópticos.
- Resolver situaciones o problemas donde se manifiesten procesos: de transmisión de carga eléctrica, energía y luz.
- Desarrollar y presentar proyectos de investigación escolar, ya sean experimentales, de campo, de desarrollo tecnológico o documentales, relativos al curso y que respondan a sus intereses.
- Reconocer la trascendencia y el impacto en la sociedad de los sistemas electromagnéticos y ópticos.

La intervención se realizó dentro de la primera unidad de Física IV, la cual se titula “Sistemas Electromagnéticos”. Específicamente se impartieron los temas de magnetismo y electromagnetismo de dicha unidad. Sus objetivos específicos son los siguientes (UNAM, 2016h):

- Describirá el funcionamiento de dispositivos electromagnéticos y electrónicos en aplicaciones cotidianas.
- Comprenderá las implicaciones y consecuencias físicas de las ecuaciones de Maxwell.
- Resolverá situaciones teóricas y experimentales donde se relacionen las variables eléctricas, magnéticas y electromagnéticas.

El esquema del diseño de la investigación que se siguió en el presente trabajo se muestra en la figura 2.2. Las intervenciones, marcadas  $X_i$ , fueron de tipo expositivo y durante las mismas se aplicaron los módulos experimentales. Se eligió que fueran de tipo expositivo para poder medir el impacto de los módulos experimentales en el aprendizaje de los estudiantes y éste no se viera influenciado por alguna otra estrategia que se hubiera aplicado dentro de la intervención. En cada una de las sesiones se vio un subtema diferente: Magnetismo, Ley de Ampère, Fuerza de Lorentz y Ley de Faraday. Se diseñaron módulos para cada una de estos temas y un quinto módulo como rompehielo. Las fechas de las intervenciones fueron las siguientes: 28 de febrero, 5 de marzo, 7 de marzo y 12 de marzo del 2018. Las hojas de trabajo de los módulos experimentales aplicados se encuentran en el Apéndice A.

Como se mencionó previamente se aplicaron 5 módulos experimentales a ambos grupos durante la intervención, cada uno de ellos con objetivos diferentes. En el caso del primer módulo aplicado, *Tren Levitante* el objetivo primordial era romper el hielo con el grupo además de que se fueran familiarizando con la forma de trabajar con los módulos. Esto debido a que no es algo que se aplique dentro del CCH. En el caso de los módulos experimentales *Polos y Cargas*, *Inducción Eléctrica e Imanes y Bobinas*, se buscó fomentar el trabajo colaborativo entre los estudiantes, así como su capacidad de analizar los fenómenos propuestos. El cuarto módulo aplicado, *Corrientes y Campos*, fue demostrativo. La complejidad del experimento no era grande, pero debido a que se estaban utilizando una corriente elevada se decidió dejar como demostración e ir preguntando a los estudiantes que creían que estaba ocurriendo. Por lo tanto, el objetivo del módulo fue fomentar el pensamiento crítico.

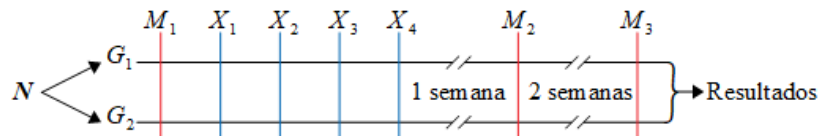


Figura 2.2: Esquema del diseño de investigación

Como se observa en el esquema del diseño de la investigación, se realizaron 3 mediciones, marcadas  $M_i$ , con diferentes tiempos entre ellas. Esto se realizó para poder ver si el aprendizaje de los estudiantes fue significativo. Lo anterior se puede inferir si los estudiantes tiempo después de haber visto los temas aún comprendían



los conceptos necesarios para poder responder los exámenes de evaluación. Cabe mencionar que entre el fin de la intervención y el primer examen de evaluación hubo un fin de semana largo y entre el primer examen de evaluación y el segundo los estudiantes gozaron de un periodo vacacional de 1 semana. El primer examen de evaluación se aplicó 10 días después de la última intervención, el 21 de marzo del 2018, y la segunda evaluación 2 semanas después de la primera, el 4 de abril del 2018.

# Capítulo 3

## Resultados y Análisis

En este capítulo se plasman los resultados obtenidos de las tres evaluaciones aplicadas a ambos grupos, el análisis del trabajo escrito en los módulos experimentales y los resultados más relevantes de las autoevaluaciones de los estudiantes. De igual manera se explica la forma en que fueron analizados dichos datos, las pruebas estadísticas que se les aplicaron, los valores obtenidos y sus implicaciones.

### 3.1. Resultados

A continuación se presentarán los diferentes tipos de evaluaciones aplicadas: exámenes, rúbricas, autoevaluaciones de los estudiantes y evaluaciones al profesor. Se detallan las características de cada uno de ellos, así como los resultados que se obtuvieron de cada una de ellas.

#### Exámenes

Los exámenes, diagnóstico y de evaluación, están basados en Maloney (1985) y Maloney *et al.* (2001) y son utilizados para explorar ideas previas de los estudiantes en nivel medio superior y superior. De ambos trabajos se seleccionaron y tradujeron algunas preguntas para generar los exámenes utilizados en el presente trabajo, los cuales se pueden encontrar en el Apéndice A. Los ítems fueron pilotados en un grupo de Física de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM (Di Bella *et al.*, 2017) y validados por pares. Se hicieron algunas adecuaciones debido a problemas encontrados durante el pilotaje y la validación, para que fueran más comprensibles para los estudiantes de nivel medio superior.

Se aplicaron 3 de estos exámenes: el primero para conocer las ideas previas de los estudiantes, el segundo para observar si los estudiantes aprendieron con la intervención y finalmente el tercero que se aplicó tiempo después para verificar si comprendían el concepto tiempo después de la intervención. Lo que se esperaba es que en la tercera evaluación el promedio grupal disminuyera con respecto a la segunda. Si la disminución era significativa entonces el aprendizaje no fue significativo, como dice el dicho: “*Tema evaluado, tema olvidado*”. En caso de que la

disminución no fuera significativa entonces supondríamos que los conceptos y los ejemplos vistos fueron significativos para los estudiantes.

Las preguntas de los exámenes fueron de opción múltiple, salvo donde se les pedía dibujar el campo magnético entre dos polos. A continuación se detalla información acerca de cada pregunta:

- La pregunta 1 tenía la intención de conocer si los estudiantes sabían o aprendieron acerca de la no existencia de los monopolos magnéticos, la respuesta correcta era “c) se parte en dos imanes con la misma intensidad del campo del original”. Si bien esta respuesta no es válida a niveles microscópicos, los estudiantes observan este fenómeno a niveles macro por lo cual es la respuesta correcta para esta situación.
- La pregunta 2 pretendía verificar si los estudiantes tienen claro que **en reposo** las cargas eléctricas y los polos magnéticos no interactúan. La respuesta correcta a este ítem es “d) todas sienten la misma fuerza”.
- La pregunta 3 constaba de 3 incisos, el inciso “i” era dibujar el campo magnético entre dos imanes. Si el estudiante dibujaba el campo correctamente la respuesta era correcta, en caso contrario se tomaba como error. El inciso “ii” verificaba si los estudiantes comprendían que el campo magnético es tridimensional, contrario a los diagramas que encontramos normalmente en los libros de texto. La respuesta correcta es “sí”, el campo sale del plano del papel. El tercer inciso preguntaba acerca de la fuerza de Lorentz y su respuesta correcta es “d) la partícula se mueve en otra dirección (dentro o fuera del papel).”
- La pregunta 4 tenía dos objetivos distintos, el primero saber si el estudiante comprendía la ley de Ampère y el segundo si entendió la regla de la mano derecha. La respuesta correcta es “b) gira contra de las manecillas del reloj” aunque algunos de los estudiantes respondían que era en dirección de las manecillas, lo cual indica que comprendían ley de Ampère pero no regla de la mano derecha.
- La pregunta 5 era acerca de la ley de Faraday y requería que los estudiantes leyeran con atención la pregunta para poder discernir entre las dos posibles respuestas correctas. Esto se debe a que en los diagramas se observa que en uno el imán se aleja del aro y en otro el aro pasa alrededor del imán, la respuesta correcta es “c) III” debido a que el foco brilla más intensamente cuando el imán pasa por dentro del aro.

Se calificaron cada uno de los exámenes de los estudiantes y se obtuvieron los aciertos y errores para cada uno de los ítems. Para poder visualizar la relación entre el examen diagnóstico y las evaluaciones posteriores de una manera más clara se decidió ver cuando el estudiante mantenía su respuesta (correcta o incorrecta) o la modificaba (de correcta a incorrecta o viceversa). Así se construyeron

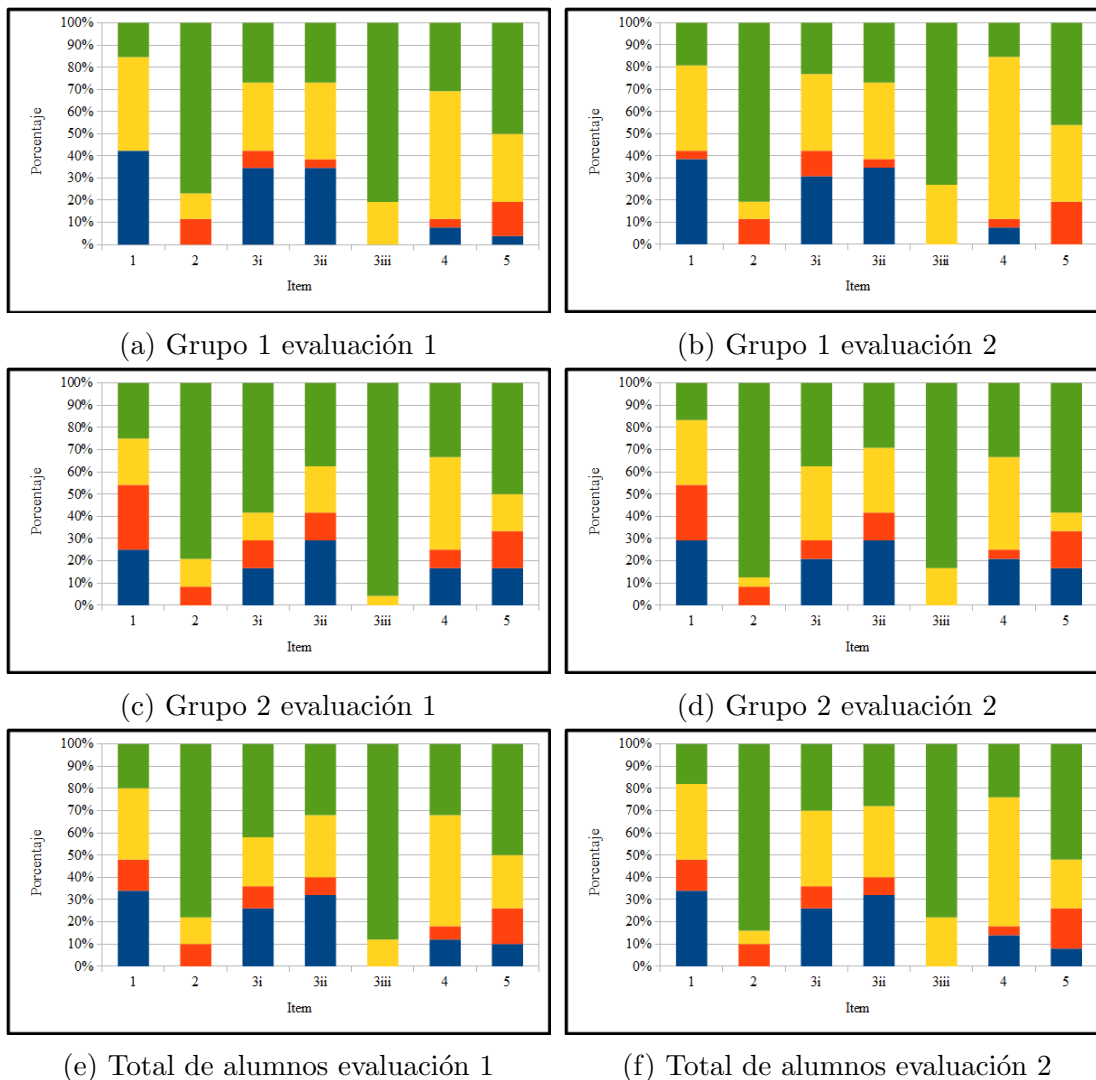


Figura 3.1: Modificaciones en las respuestas entre el diagnóstico y la evaluación

las gráficas que se muestran en la figura 3.1.

La figura 3.1a corresponde a los cambios en las respuestas entre el diagnóstico y la primera evaluación y la figura 3.1b entre el diagnóstico y la segunda evaluación, ambas del grupo 1. De manera análoga se tienen las figuras 3.1c y 3.1d que corresponden a los cambios entre el diagnóstico y la primera evaluación y entre el diagnóstico y la segunda evaluación del grupo 2, respectivamente. La figura 3.1e muestra las modificaciones hechas por el total de los alumnos que participaron en el estudio entre el diagnóstico y la evaluación 1 y la figura 3.1f entre el diagnóstico y la evaluación 2.

El código de colores de las 6 figuras anteriores es el siguiente: el color azul corresponde a aquellos que tuvieron la respuesta correcta en ambos exámenes, el naranja a los que tuvieron una respuesta correcta y la modificaron por una

incorrecta después de la intervención, el amarillo representa a los estudiantes que tenían una respuesta errónea y la cambiaron por la correcta y finalmente el color verde corresponde a los estudiantes que tuvieron una respuesta errónea en ambas evaluaciones.

## Rúbrica

Se utilizó una rúbrica para analizar el trabajo escrito realizado en el módulo experimental. Esta rúbrica fue validada por expertos encontrando inconsistencias en la misma. Finalmente se utilizó con algunas modificaciones. La rúbrica se encuentra en el Apéndice B y consta de 5 rubros con 4 valores distintos. Los rubros son los siguientes: *Hipótesis*, *Conocimiento Previo*, *Observaciones*, *Conclusiones* y *Justificación*, y podían tener 4 niveles de desarrollo, del 0 al 3.

El primer rubro, *Hipótesis*, evaluaba si los alumnos se limitaron a responder las preguntas o desarrollaron una hipótesis formal con justificación de la misma. Por ejemplo la pregunta “¿Por qué el cielo es azul?” en el nivel 0 el estudiante no responde la pregunta, en el nivel 1 el estudiante responde “por refracción”, en el nivel 2 responde “debido a la refracción de la luz en el aire”, finalmente en el nivel 3 una respuesta justificada sería “la atmósfera actúa como un prisma, el cual refracta la luz del sol por lo cual el cielo se ve azul”. Como se puede observar, en cada uno de los niveles el estudiante desarrolló más su respuesta hasta tener una hipótesis formal.

En el segundo rubro, *Conocimiento Previo*, se analiza el uso de los conocimientos previos dentro de la hipótesis formulada. Con referencia a la pregunta ejemplo de la sección anterior, un conocimiento previo no es “porque alguien lo pintó”, “porque todo está en nuestra mente” o alguna otra respuesta que no esté aterrizada en la realidad; en cambio una respuesta del tipo “porque refleja el color del mar” es una respuesta de ideas previas aceptable. Dicho esto el segundo rubro se elige si el estudiante logra identificar el fenómeno, por ejemplo “debido a la interacción de la luz con el aire y el océano”. Finalmente si el estudiante sugiere la causa “a que el aire absorbe todos los colores menos el azul y es por eso que lo vemos” es una respuesta que se encuentra en el último rubro.

El tercer rubro, *Observaciones*, es que tan a profundidad el estudiante redactó sus observaciones del módulo. Una respuesta del nivel 1 sería “se movió”, lo cual establece lo que observó sin detalle alguno. Si el alumno redactó “se movió cuando se conectaba a la corriente y regresaba a su posición inicial al desconectarla” es una respuesta del nivel 2. Finalmente si el estudiante redactó “se movía cuando se conectaba a la corriente porque ésta la empujaba y por eso regresaba cuando la desconectábamos” es una respuesta del nivel 3.

En el rubro *Conclusiones* el estudiante debía explicar el fenómeno de acuerdo

a sus observaciones. Si su conclusión fue “se movió, por lo que estaba en lo correcto” cae en el nivel 0. En cambio si su respuesta fue “se movió cuando había corriente por lo tanto el movimiento era causado por ésta”, la cual corresponde al nivel 1. Una respuesta del nivel 2 sería si el estudiante responde “se movió cuando había corriente porque la corriente realizó una fuerza sobre el objeto”. En cambio si el estudiante concluye “se movió porque la corriente creó un campo que obligó al objeto a moverse” es una respuesta del nivel 3.

El último rubro, *Justificación*, el estudiante debió comparar sus conclusiones con sus respuestas a las preguntas guía. Por lo tanto una conclusión aceptable del nivel 1 sería “estaba en lo correcto” o “no estuve en lo correcto porque no ocurrió lo que creía”. En cambio si el estudiante escribió “se movió porque hubo una fuerza y éstas son las que generan movimientos” es una respuesta del nivel 2. Una respuesta del nivel 3 sería “cuando se movió porque al haber una corriente se generó un campo que realizó una fuerza en el objeto que lo movió”.

Las tablas con los valores asignados a cada rubro por medio de la rúbrica para el trabajo escrito de cada módulo se encuentran en el Apéndice B. Las tablas están divididas por grupo y cada módulo tiene cinco valores, una por cada rubro. Al final se sumaron las calificaciones por rubro para obtener una calificación total del trabajo escrito.

### **Autoevaluación del Estudiante**

En la autoevaluación se le pidió al estudiante reflexionar sobre su participación, su trabajo en clase y su actitud. Un ejemplo del formato de autoevaluación del estudiante se encuentra en el Apéndice A. La autoevaluación se realizó de manera anónima para que los estudiantes se sintieran con la confianza de responder de forma sincera y objetiva. Los porcentajes por respuesta a cada una de las preguntas de la autoevaluación se encuentran en la tabla 3.1.

Al haber realizado la evaluación de manera anónima los estudiantes se vieron en confianza para poder responder con mayor sinceridad que si hubiera sido de otra manera. Esto se ve reflejado en el hecho de que fueron bastante críticos en sus autoevaluaciones. En la figura 3.2 se muestran los porcentajes a las frases con mayor variación o con valor para el presente trabajo. Los items fueron los siguientes: “Participé activamente en las discusiones de clase” (figura 3.2a), “Formulé preguntas pertinentes relacionadas al tema” (figura 3.2b), “Los integrantes del equipo participamos por igual durante las actividades experimentales” (figura 3.2c), “Escuché con atención al profesor en la clase” (figura 3.2d) y “Realicé actividades que atraen mi interés” (figura 3.2e). La figura 3.2 muestra el código de colores para las gráficas anteriores.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Item 1	0.00 %	2.08 %	4.17 %	56.25 %	37.50 %
Item 2	2.04 %	2.04 %	18.37 %	53.06 %	24.49 %
Item 3	0.00 %	0.00 %	4.08 %	38.78 %	57.14 %
Item 4	0.00 %	8.16 %	26.53 %	34.69 %	30.61 %
Item 5	0.00 %	2.04 %	12.24 %	34.69 %	51.02 %
Item 6	0.00 %	2.04 %	16.33 %	28.57 %	53.06 %
Item 7	0.00 %	0.00 %	4.08 %	20.41 %	75.51 %
Item 8	0.00 %	0.00 %	4.08 %	26.53 %	69.39 %
Item 9	0.00 %	0.00 %	2.04 %	38.78 %	59.18 %
Item 10	0.00 %	0.00 %	4.08 %	38.78 %	57.14 %
Item 11	0.00 %	0.00 %	4.08 %	34.69 %	61.22 %

Tabla 3.1: Porcentaje de respuesta en la autoevaluación del estudiante

### Evaluación al Profesor

En otra sección de la misma evaluación se pidió a los estudiantes evaluar el trabajo docente del profesor, su actitud hacia los estudiantes y su dominio del tema. Al final se incluyó una sección para que los estudiantes escribieran una opinión o comentario para el profesor. Un ejemplo de la evaluación al profesor se encuentra al final del Apéndice A. Esta evaluación, al igual que la autoevaluación, fue anónima. En la tabla 3.2 se muestran los porcentajes por respuesta para las preguntas de la evaluación al docente.

	Nunca	Casi Nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
Item 1	0.00 %	4.08 %	4.08 %	8.16 %	83.67 %
Item 2	0.00 %	0.00 %	0.00 %	4.08 %	95.92 %
Item 3	0.00 %	0.00 %	0.00 %	18.37 %	81.63 %
Item 4	0.00 %	0.00 %	2.04 %	26.53 %	71.43 %
Item 5	0.00 %	0.00 %	8.16 %	18.37 %	73.47 %
Item 6	0.00 %	0.00 %	0.00 %	2.04 %	97.96 %
Item 7	0.00 %	2.04 %	8.16 %	42.86 %	46.94 %
Item 8	0.00 %	0.00 %	0.00 %	36.73 %	63.27 %
Item 9	0.00 %	0.00 %	0.00 %	4.08 %	95.92 %
Item 10	0.00 %	0.00 %	0.00 %	12.24 %	87.76 %
Item 11	0.00 %	2.04 %	0.00 %	10.20 %	87.76 %
Item 12	2.04 %	0.00 %	0.00 %	10.20 %	87.76 %

Tabla 3.2: Porcentajes de respuesta en la evaluación al docente

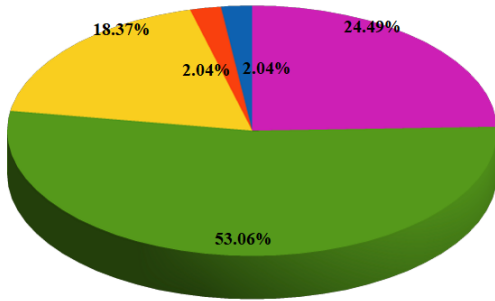
En la figura 3.3 se muestran los ítems que tuvieron mayor variabilidad y los que son de mayor relevancia para el trabajo. Las frases que se muestran en las figuras son las siguientes: “El profesor dio a conocer los objetivos de las clases” (figura 3.3a), “Consideras que el profesor organizó adecuadamente los contenidos expuestos en clase” (figura 3.3b), “El profesor facilitó la participación en clase” (figura 3.3c), “Las explicaciones del profesor te ayudaron a mantenerte atento” (figura 3.3d) y “Los experimentos planteados por el profesor te permitieron comprender mejor el tema” (figura 3.3e). Al igual que en la sección anterior, la figura 3.3 muestra el código de colores para las gráficas anteriores.

Algunos de los comentarios expresados por los estudiantes en las evaluaciones con respecto a las intervenciones fueron las siguientes:

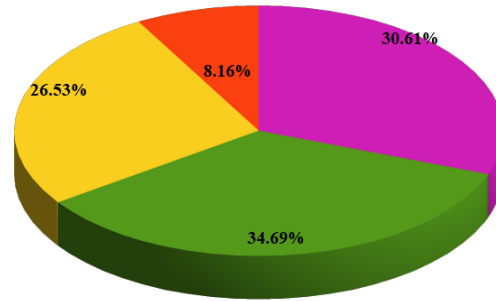
- Explica bien, me gustó que hubieran experimentos en clase.
- Es un buen profesor considerando su buena explicación de los temas y su apoyo en las cosas didácticas (experimentos).
- En lo personal me hubiera gustado hacer ejercicios con las fórmulas y la información dada. Fuera de eso su clase me gustó mucho y no me aburrí nada, a pesar de que no voy a esa área.
- Me gustó mucho esta clase, a pesar de que fueron 2 temas aprendí muchísimo y una rama de la física en 4 clases. Los experimentos llamaron mucho mi atención. Quiero uno de ellos en mi cuarto.
- Me parecieron muy interesantes más que nada por los experimentos ya que así me ayudan a comprender mejor el tema.
- Me gustó mucho el poner en práctica “realizar hipótesis” ya que los conocimientos previos los pones en práctica y los complementas con la realización del experimento.
- Me pareció una excelente clase donde las ecuaciones se vieron muy fácilmente y estuvo bastante claro y eso me gustó muchísimo ya que eso muchos profesores no lo aclaran. Aparte de que los experimentos se explicaban complementariamente los experimentos con fórmulas y explicación.
- Solo que se realicen más ejemplos con videos, para ejemplificar aún más los temas.

De ellas se observa que les gustó la manera de utilizar los módulos y sintieron que aprendieron con ellos. También es importante recalcar que como bien se ve en dos de los comentarios, los módulos no son ni pueden ser la única estrategia utilizada durante la sesión. Otro detalle que se aprecia de los comentarios es la manera en que los módulos allanaron el camino para la comprensión no sólo de los conceptos, sino de las ecuaciones que modelan los fenómenos.

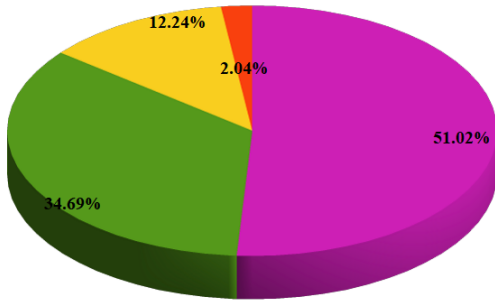




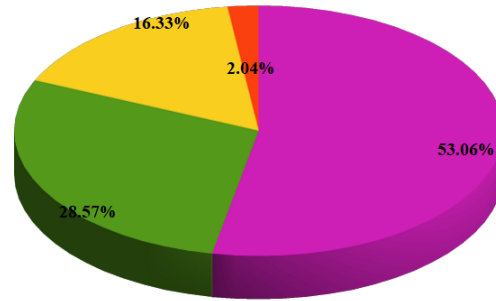
(a) 2. Participé activamente en las discusiones de clase



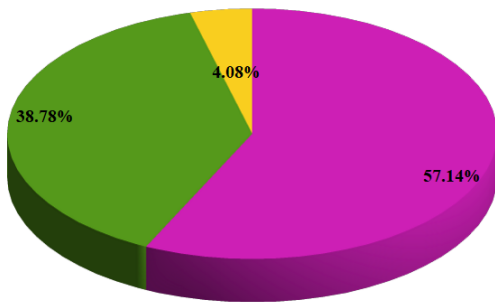
(b) 4. Formulé preguntas pertinentes relacionadas al tema



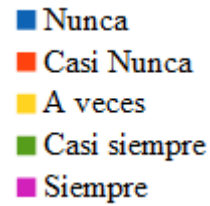
(c) 5. Los integrantes participamos por igual en las actividades



(d) 6. Escuché con atención al profesor en clase

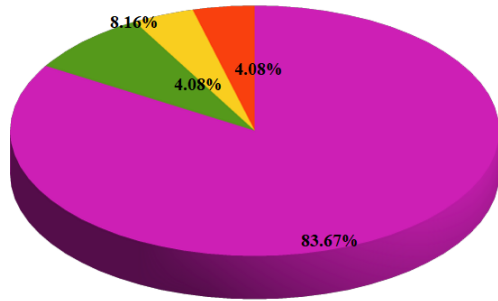


(e) 10. Realicé actividades que atraen mi interés

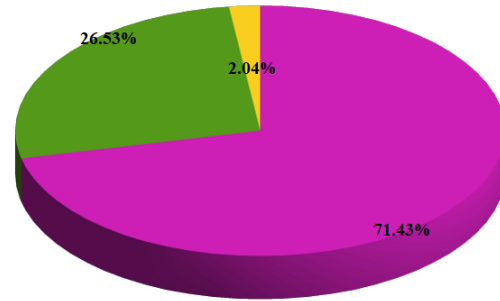


(f) Leyenda para las gráficas de la autoevaluación

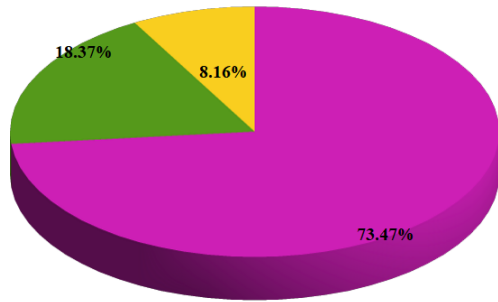
Figura 3.2: Gráficas relevantes de la autoevaluación del estudiante



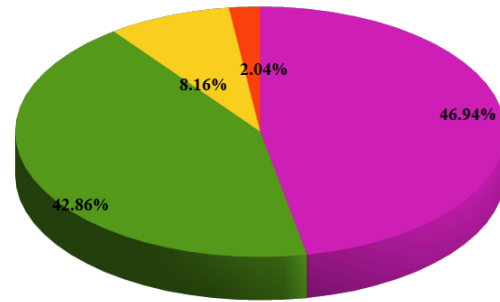
(a) 1. El profesor dio a conocer los objetivos de la clase



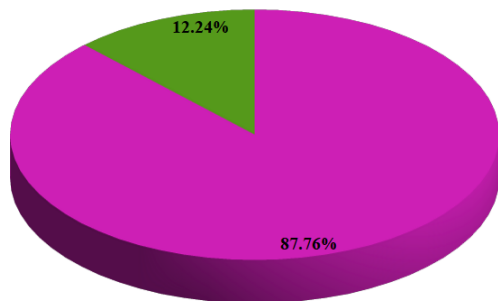
(b) 4. Organizó adecuadamente los contenidos expuestos



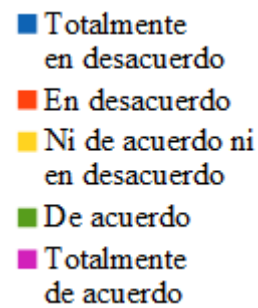
(c) 5. El profesor facilitó la participación en clase



(d) 7. Las explicaciones te ayudaron a mantenerte atento



(e) 10. Los experimentos te permitieron comprender mejor el tema



(f) Leyenda para las gráficas de la evaluación al profesor

Figura 3.3: Gráficas relevantes de la evaluación al profesor

## 3.2. Análisis y Discusión

A los resultados obtenidos de las evaluaciones, las relaciones entre respuestas de las evaluaciones y los puntajes de la rúbrica se les aplicaron 4 pruebas estadísticas. Dos de ellas fueron del tipo descriptivo, media y ganancia normalizada, y las otras dos del tipo inferencial, t de Student y  $\chi^2$ . En cada sección se explica la manera en que se llevó a cabo cada prueba, los valores obtenidos y las implicaciones que tienen estos resultados con respecto a la hipótesis nula.

### Promedio y Ganancia Normalizada

A partir de los exámenes, diagnóstico y de evaluación, se obtuvieron los promedios para cada uno de ellos con su error estándar asociado. También se calcularon las desviaciones estándar de las calificaciones de los exámenes. Los promedios y la desviación estándar se pueden observar en la tabla 3.3 y visualmente pueden observarse en la figura 3.4.

		Diagnóstico	Evaluación 1	Evaluación 2
Grupo 1	$\mu \pm \sigma_{\bar{x}}$	2.3626±0.2738	5.0000±0.3653	5.1848±0.3177
	$\sigma$	1.3963	1.8626	1.6201
Grupo 2	$\mu \pm \sigma_{\bar{x}}$	2.7381±0.4205	3.3333±0.3293	3.9881±0.4031
	$\sigma$	2.0602	1.6133	1.9750
Total de Alumnos	$\mu \pm \sigma_{\bar{x}}$	2.5429±0.2459	4.2000±0.2720	4.6000±0.2654
	$\sigma$	1.7387	1.9234	1.8769

Tabla 3.3: Promedios y desviación estándar de los exámenes

De igual manera se calculó la ganancia normalizada con los resultados de los exámenes. La ganancia normalizada es un valor que muestra cuánto podía mejorar un estudiante o un grupo contra lo que realmente mejoró (Hake, 1998). Ésta puede ser calculada de dos maneras distintas, la primera es la ganancia normalizada promedio (ecuación 3.1) y la segunda la ganancia normalizada de los promedios (ecuación 3.2). Las fórmulas son iguales, lo único que cambia es la manera en que son utilizados los resultados obtenidos de las distintas evaluaciones.

$$\langle g_x \rangle = \left\langle \frac{Post - Pre}{10 - Pre} \right\rangle \quad (3.1) \qquad g_{\langle x \rangle} = \frac{\langle Post \rangle - \langle Pre \rangle}{10 - \langle Pre \rangle} \quad (3.2)$$

En el presente trabajo se utilizó la ganancia normalizada de los promedios ya que nos muestra cuál fue la ganancia real que se tuvo como grupo de estudiantes. La ganancia normalizada promedio contabiliza valores negativos y cero con lo cual se pierde la ganancia real del grupo al realizar el promedio. Por esta razón fue que se eligió una y no la otra para el análisis.

Se calcularon tres ganancias diferentes: la primera es del examen diagnóstico contra la primera evaluación para conocer cuánto mejoraron inmediatamente después de la intervención, la segunda contra la segunda evaluación para saber

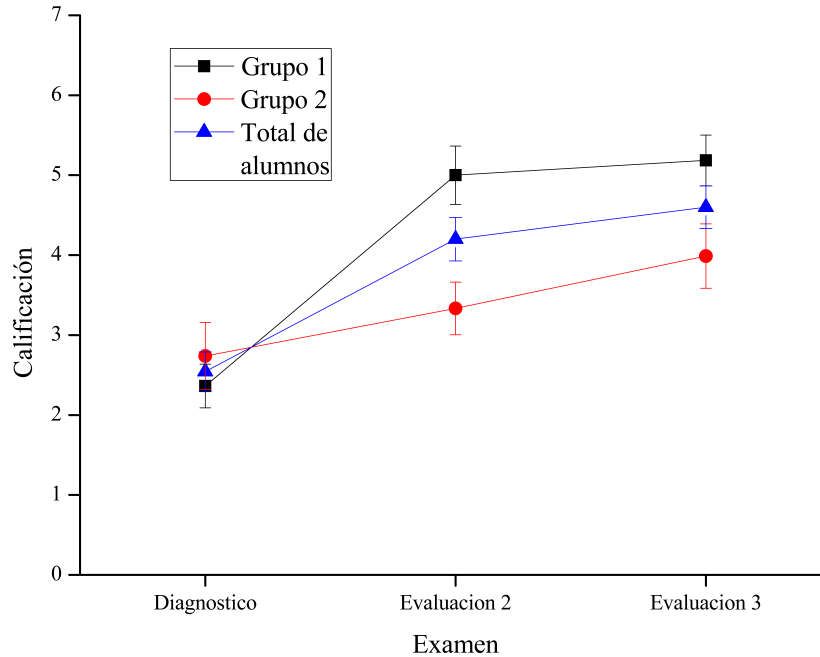


Figura 3.4: Gráfica de los promedios

cuánto fue el conocimiento que retuvieron los estudiantes tiempo después de las clases y de esta manera inferir si el aprendizaje fue significativo o no y por último la ganancia entre ambas evaluaciones para observar cuánto cambiaron entre sí. En la tabla 3.4 se muestran los valores de ambas ganancias para el grupo 1, el grupo 2 y el total de alumnos de la muestra.

	Ganancia 1	Ganancia 2	Ganancia 3
Grupo 1	0.345	0.367	0.033
Grupo 2	0.082	0.172	0.098
Total de alumnos	0.222	0.276	0.069

Tabla 3.4: Ganancias entre los distintos exámenes

A partir de los valores obtenidos para los promedios y las ganancias de los diferentes exámenes se observa que los estudiantes mejoraron su conocimiento de los conceptos vistos en clase. Las mejorías no fueron considerables, Hake (1998) obtiene que valores de 0.2 corresponden a una enseñanza tradicional, pero sí lo suficiente para que hubiera una ganancia notoria en el grupo 1 sobre todo. De lo anterior se llega a la conclusión que la intervención funcionó mejor con un grupo que con el otro, a pesar de que los estudiantes del grupo 1 estaban mas renuentes al cambio de metodología. Otro detalle importante que se puede observar de los datos previos es que los promedios mejoraron 3 semanas después de haber terminado la intervención. Parte de esto se atribuye a que la profesora titular les dejó un trabajo de evaluación del tema donde condensaron los conceptos vistos durante

las sesiones. Este trabajo se entregó la semana de la primera evaluación, pero es la única razón por la cual los estudiantes podrían haber mejorado sus calificaciones posterior a la primera evaluación.

### Prueba t de Student

El siguiente análisis que se hizo con los datos fue verificar que los estudiantes no hubieran respondido aleatoriamente a los exámenes. Esto debido a que eran de opción múltiple y ese tipo de exámenes se prestan para que se responda de esa manera. Para realizarlo se utilizó una t de Student para muestras relacionadas, la cual dio los valores que se muestran en la tabla 3.5. Como se puede observar los valores de la significancia estadística  $p$  están por debajo del 0.05, excepto en la primera evaluación del grupo 2, que es el mínimo requerido para rechazar la hipótesis nula. Esto quiere decir que las respuestas a los exámenes no fueron aleatorias, por lo cual los estudiantes responden de acuerdo a lo que creen que es correcto. En el caso de la evaluación del grupo 2 con  $p=0.162$  no puede descartarse la hipótesis nula, lo cual es un indicativo de que algunos de los estudiantes respondieron de manera aleatoria.

	Diagnóstico-Evaluación 1		Diagnóstico-Evaluación 2	
	t	p	t	p
Grupo 1	5.651	$6.997 \times 10^{-6}$	6.513	$8.032 \times 10^{-7}$
Grupo 2	1.446	0.162	3.308	0.003
Total de alumnos	4.840	$1.335 \times 10^{-5}$	6.725	$1.767 \times 10^{-5}$

Tabla 3.5: Valores de la t de Student y su significancia estadística

### Prueba $\chi^2$

Finalmente, se analizaron los datos para comprobar si existía una relación entre el trabajo escrito realizado en los módulos experimentales y la modificación de las respuestas en las diferentes evaluaciones. Para poder corroborar lo anterior se utilizó la prueba de  $\chi^2$  relacionando la etiqueta correspondiente a la calificación del trabajo escrito en el módulo contra una etiqueta generada dependiendo de si la respuesta entre el examen diagnóstico y en la evaluación fue correcta o errónea. En la parte inferior de la rúbrica que se encuentra en el Apéndice B se encuentran las etiquetas que se le asignó al trabajo escrito en el módulo dependiendo del puntaje obtenido al utilizar la rúbrica. Estas etiquetas son las siguientes: Insuficiente ( $I$ ), Suficiente ( $S$ ), Bien ( $B$ ), Muy Bien ( $M$ ) y Excelente ( $E$ ).

En el caso de las evaluaciones se crearon etiquetas para los items 2, 3iii, 4 y 5 de los exámenes diagnóstico y de evaluación. El nombre de la etiqueta depende de si la respuesta fue incorrecta en ambas evaluaciones ( $mm$ ), si la respuesta fue errónea en el diagnóstico solamente ( $mb$ ), si la respuesta fue correcta sólo en el

diagnóstico (*bm*) y si la respuesta fue correcta en ambas evaluaciones (*bb*). La elección de los items se debe a que eran aquellos que evaluaban los conceptos directamente relacionados con un módulo experimental específico.

De acuerdo con las etiquetas propuestas se organizaron los datos como se muestra en las tablas 3.6 y 3.7, para el grupo 1 y grupo 2 respectivamente. En los encabezados se observa que no están incluidos los 5 módulos ni todas las preguntas de las evaluaciones. Esto se debe a que en las evaluaciones había preguntas que iban muy relacionadas con cada uno de los módulos, por lo cual la relación se buscó entre los módulos y dichas preguntas. En el caso del primer módulo, *Tren Magnético*, su objetivo era actitudinal por lo cual no se puede realizar una correspondencia con alguna de las preguntas de las evaluaciones.

Item 2			Item 3iii			Item 4			Item 5		
Mod 2	Eva 1	Eva 2	Mod 3	Eva 1	Eva 2	Mod 4	Eva 1	Eva 2	Mod 5	Eva 1	Eva 2
I	mb	mb	I	mm	mb	B	mm	mb	M	mm	mm
S	mm	mm	I	mm	mm	S	mb	mb	B	mm	mb
S	mm	mm	I	mm	mm	I	mb	mb	M	bb	bm
S	mm	mm	S	mb	mb	S	bb	bb	S	mm	mm
B	mb	mm	B	mm	mm	S	mm	mb	S	mm	mm
S	bm	bm	S	mm	mm	S	mb	mb	I	mb	mm
I	mm	mm	S	mb	mm	S	bb	bb	S	mb	mb
B	mm	mm	S	mm	mm	I	mb	mb	B	mm	mb
B	mm	mm	S	mm	mm	S	bm	bm	S	bm	bm
S	mm	mm	S	mm	mb	I	mb	mb	B	mm	mm
S	bm	bm	I	mm	mm	I	mm	mb	S	mm	mb
B	mm	mm	S	mm	mm	M	mm	mm	B	bm	bm
B	mm	mm	S	mm	mm	S	mb	mb	M	mm	mb
I	mm	mm	S	mb	mm	S	mb	mm	E	bm	bm
S	mm	mm	S	mm	mm	S	mm	mm	I	mm	mm
I	mm	mm	S	mm	mm	I	mb	mb	I	mm	mb
I	mm	mm	I	mm	mm	S	mm	mb	I	mb	mm
B	bm	bm	S	mm	mb	I	mb	mb	B	bm	bm
S	mm	mm	B	mm	mm	B	mb	mb	B	mm	mb
S	mm	mm	I	mm	mm	I	mb	mb	S	mm	mm
I	mm	mm	S	mm	mm	I	mb	mb	S	mb	mm
S	mm	mm	S	mm	mm	B	mb	mb	S	mm	mm
S	mb	mb	B	mm	mb	S	mm	mb	M	mb	mb
S	mm	mm	I	mm	mm	B	mb	mb	S	mb	mm
I	mm	mm	I	mb	mb	I	mb	mb	B	mb	mm
I	mm	mm	I	mb	mb	S	mm	mm	S	mb	mb

Tabla 3.6: Tabla de datos analizados para  $\chi^2$  del grupo 1

Los valores encontrados para la  $\chi^2$  se encuentran en la tabla 3.8. Debido a que los valores de “*p*” son superiores a 0.05 se debe rechazar la hipótesis nula. Esto lleva a la conclusión de que no hay relación entre el trabajo escrito en los módulos y el cambio en las respuestas del examen. Este resultado parece que contradice el encontrado por medio de la *t* de Student, pero no es el caso. Los estudiantes responden conforme lo que ellos creen que es correcto, pero no hay una relación entre el trabajo escrito y las respuestas debido a que el módulo se

Item 2			Item 3iii			Item 4			Item 5		
Mod 2	Eva 1	Eva 2	Mod 3	Eva 1	Eva 2	Mod 4	Eva 1	Eva 2	Mod 5	Eva 1	Eva 2
S	mm	mm	S	mm	mm	S	mm	mm	S	bm	bb
S	mb	mm	S	mm	mb	I	bm	bm	S	bm	bb
B	mm	mm	I	mm	mm	I	bb	bb	I	bb	bb
I	bm	bm	B	mm	mm	I	mm	mb	S	mb	mb
B	mm	mm	B	mm	mm	B	mm	mb	I	mm	mm
B	mm	mm	S	mm	mm	S	mb	mm	M	bm	bm
I	mm	mm	S	mm	mm	S	mb	mb	M	mm	mm
S	mm	mm	B	mb	mm	I	mm	mm	I	mb	mm
I	mm	mm	S	mm	mm	B	mm	mb	M	mm	mm
S	mb	mm	S	mm	mm	I	mb	mm	S	mm	mm
I	mm	mm	S	mm	mm	B	mb	mb	I	mm	mm
I	mm	mm	S	mm	mm	B	mb	mb	I	bb	bm
S	mm	mm	I	mm	mm	S	bb	bb	S	bb	bm
S	mm	mm	B	mm	mm	M	mb	mb	I	mm	mm
S	mm	mm	S	mm	mm	B	mb	mb	E	mb	mb
I	mm	mm	S	mm	mm	S	mm	mm	S	mm	mm
S	mm	mm	S	mm	mm	B	bm	bb	S	bm	bm
I	mm	mm	I	mm	mm	I	mm	mm	S	mb	mm
S	bm	bm	I	mm	mm	S	mb	mb	B	mm	mm
I	mb	mb	S	mm	mm	B	mm	mb	I	mm	mm
S	mm	mm	B	mm	mb	I	mb	mm	B	mm	mm
I	mm	mm	S	mm	mm	I	bb	bb	S	mm	mm
B	mm	mm	S	mm	mb	S	bb	bb	B	bb	bb
S	mm	mm	S	mm	mb	I	mb	mm	S	mm	mm

Tabla 3.7: Tabla de datos analizados para  $\chi^2$  del grupo 2

		Diagnóstico-Evaluación 1		Diagnóstico-Evaluación 2	
		$\chi^2$	p	$\chi^2$	p
Grupo 1	Mod 2	1.787	0.775	2.141	2.710
	Mod 3	0.810	0.667	0.465	0.792
	Mod 4	10.231	0.332	13.770	0.131
	Mod 5	14.663	0.260	8.372	0.398
Grupo 2	Mod 2	1.501	0.826	2.274	0.685
	Mod 3	3.965	0.138	0.960	0.619
	Mod 4	4.686	0.861	12.800	0.172
	Mod 5	11.790	0.463	14.694	0.259
Total de alumnos	Mod 2	0.652	0.957	2.201	0.699
	Mod 3	0.218	0.897	0.080	0.961
	Mod 4	5.280	0.809	8.644	0.471
	Mod 5	8.504	0.745	7.450	0.827

Tabla 3.8: Valores de  $\chi^2$  obtenidos entre los módulos y los exámenes

realiza pre-instrucción por lo que los conocimientos plasmados en el mismo son los realizados con sus ideas previas y sólo nos deja observar el andamiaje cognitivo que el estudiante tenía antes de la intervención. Por lo que el resultado obtenido con la prueba  $\chi^2$  va de acuerdo a la estructura que se utilizó durante la intervención.

## Capítulo 4

# Conclusiones y Propuestas

### Conclusiones

En el presente trabajo se indagó si el uso de módulos experimentales dentro de una clase de formato expositivo fomentaba un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes. Para lograrlo se crearon 5 módulos experimentales, con su respectivo formato escrito, que fomentaran la contextualización de los conceptos que se impartirían posterior al módulo. También se seleccionaron preguntas de las evaluaciones de Maloney (1985) y Maloney *et al.* (2001) de acuerdo a los temas y los conceptos que se buscaba que los estudiantes reforzaran a través de los módulos. Estas evaluaciones fueron piloteadas previo a su implementación. De igual manera se creó una rúbrica para analizar el trabajo escrito realizado por los estudiantes en los módulos y se validó por pares. Se analizaron las respuestas de los estudiantes para verificar si hubo una ganancia en los exámenes de evaluación con respecto al diagnóstico, se analizó si los estudiantes respondieron de manera aleatoria en las evaluaciones y se verificó si el trabajo escrito en el formato del módulo experimental influía en el cambio de las respuestas de los estudiantes en los exámenes de evaluación.

Los promedios en los exámenes diagnóstico fueron  $2.3626 \pm 0.2738$  para el grupo 1 y  $2.7381 \pm 0.4205$  para el grupo 2. Posterior a la intervención se aplicaron dos exámenes de evaluación, el primero 10 días después de la última intervención y el segundo 2 semanas después del primero. En estas evaluaciones el grupo 1 tuvo un promedio de  $5.0000 \pm 0.3653$  en la evaluación 1 y  $5.1848 \pm 0.3177$  en la evaluación 2. En cambio el grupo 2 obtuvo en las mismas evaluaciones un promedio de  $3.3333 \pm 0.3293$  y  $3.9881 \pm 0.4031$ . Las ganancias fueron calculadas de acuerdo a Hake (1998) y se realizaron entre la evaluación diagnóstica y las 2 evaluaciones posteriores a la intervención. Las ganancias calculadas para el grupo 1 fueron de 0.345 y 0.367, y para el grupo 2 de 0.082 y 0.172 para cada una de las dos evaluaciones. Los valores de las ganancias del grupo 1 se encuentran por encima de los valores reportados por Hake (1998) para una clase tradicional pero por debajo de los encontrados para una clase “interactiva”. En el caso del grupo 2 la ganancia se encuentra ligeramente por debajo de las reportadas en el mismo



artículo para una clase tradicional.

Se aplicaron dos pruebas estadísticas a los resultados obtenidos: calificaciones, modificación de respuesta y trabajo escrito en los módulos. La primera fue una *t* de Student para muestras emparejadas, en la cual se utilizaron las calificaciones de la primera evaluación contra la prueba diagnóstica y de igual manera la segunda evaluación contra el diagnóstico. Esta prueba se realizó para verificar que los estudiantes no hubieran respondido de manera aleatoria a las evaluaciones, ya que al ser de opción múltiple se prestan para ello. Los valores calculados para el grupo 1 fueron de 5.651 con una *p* de  $6.997 \times 10^{-6}$  para la primera evaluación y de 6.513 con *p* de  $8.032 \times 10^{-7}$  para la segunda. En el caso del grupo 2 los valores de la *t* de Student fueron de 1.446 con *p* de 0.162 y 3.308 con *p* de 0.003, para la primera y segunda evaluación respectivamente. La segunda prueba estadística que se aplicó fue una  $\chi^2$  para verificar si existía una relación entre el trabajo escrito en el módulo experimental y la persistencia o modificación de las respuestas en las evaluaciones posteriores a la intervención. Los resultados de la prueba se encuentran en la tabla 3.8. En este caso todos los valores de *p* estuvieron por encima del percentil 5, lo cual rechaza la hipótesis nula.

Como conclusión de lo anterior tenemos que los estudiantes sí aprenden utilizando los módulos experimentales, lo cual se observa en los valores de las ganancias y de los promedios. Los módulos son una herramienta valiosa que los profesores deberían de incorporar ya sea en el formato individual de hipótesis, observaciones y conclusiones o como una actividad grupal donde entre todos propongan estos pasos. Pero no se deben de utilizar como la única estrategia pedagógica ya que, como se observó en los resultados, no estimula a todos los estudiantes por igual. Cada grupo es diferente y cada estudiante en los diversos grupos son diferentes, por lo tanto hay que utilizar las estrategias que se adecúen al tipo de población que queremos impactar. Si se combinan diversas estrategias de aprendizaje las calificaciones de las evaluaciones podrían mejorar aún más.

De igual manera podemos concluir que el uso de los módulos ayuda a que los estudiantes comprendan el concepto que se explica posterior al mismo, esto debido a que está contextualizado. Generalmente se dice que para contextualizar la clase se debe recurrir a elementos de la vida cotidiana del estudiante pero al haber ellos realizado el experimento, éste se vuelve parte de sus vida. Por lo tanto al referir la sesión teórica hacia lo visto previamente en el módulo, esto ayuda a que los estudiantes comprendan lo que se les está explicando mejor. Otro detalle importante con respecto a la contextualización es que ayuda a que el aprendizaje sea significativo. Esto es un poco más complicado de aseverar completamente pero el hecho de que los resultados de la segunda evaluación sean superiores a los de la primera, contrario a lo esperado, nos indica que los estudiantes comprendieron el concepto y lo recuerdan debido a que les fue significativo. Por lo tanto, los módulos experimentales ayudan a contextualizar la clase y de esta manera fomentan el aprendizaje significativo por parte de los estudiantes.

De las pruebas estadísticas se puede concluir que, salvo en el caso de la primera evaluación del grupo 2, los estudiantes no respondieron de manera aleatoria en los exámenes. Esto se puede asegurar ya que los valores de la *t* de Student se encuentran por debajo del percentil 5. Quizás el hecho de haberles comentado que no había respuestas correctas ni erróneas y que contestaran con lo que ellos creían que era correcto ayudó a que no eligieran al azar. También se concluye que no hubo relación entre el trabajo escrito en el módulo experimental y el cambio en las respuestas en los exámenes. Esto se debe a la manera en que fue organizada la clase y la forma en que fueron aplicados los módulos. Más adelante se mencionan los detalles encontrados durante la aplicación de los módulos y propuestas para solucionarlos.

### CONCLUSIONES:

- Los estudiantes **SÍ** aprenden con la utilización de los módulos experimentales.
- Los módulos experimentales favorecen la contextualización de los conceptos.
- Los módulos fomentan el aprendizaje significativo por parte de los estudiantes.
- Los estudiantes **NO** respondieron aleatoriamente en las evaluaciones.
- No se encontró relación entre el trabajo escrito en el módulo experimental y el cambio en las respuestas en los exámenes.

### Propuestas

El primer detalle que se puede mejorar es la planeación didáctica. En algunas ocasiones parecía que las actividades tomaban más o menos tiempo del que tenían asignadas. Esto se debió a la falta de pericia del docente para calcular adecuadamente los tiempos necesarios para los diversos temas y a que se sobreestimó la capacidad de comprensión de los estudiantes en ciertos conceptos. En este rubro hay que mencionar que sólo se utilizaron los módulos como estrategia didáctica ya que se quería medir que tan efectivos eran estos para fomentar el aprendizaje significativo. Una modificación que se puede y se debe de hacer es incluir estrategias diversas para que todos los estudiantes puedan obtener el mayor provecho de las sesiones. Un ejemplo claro de la importancia de esto se encuentra en la evaluación de tema que la profesora titular implementó con los estudiantes. Ella les solicitó un trabajo de fin de unidad donde plasmaran los conceptos, ecuaciones, personajes y aplicaciones vistos durante las 4 sesiones. Esto ayudó a que los estudiantes consolidaran el conocimiento y tuvieran una mejor calificación en la segunda evaluación que en la primera. Por lo tanto un cambio que incluiría sería este tipo de evaluaciones (mapas conceptuales o un resumen) además del clásico examen, para que los estudiantes puedan realizar nuevas relaciones entre los con-

ceptos vistos en clase.

Con respecto a los problemas durante la aplicación en los módulos hay uno muy específico que me gustaría enfatizar. Éste tiene que ver con el segundo módulo *Polos y Cargas*, en el cual los estudiantes no observan la no interacción entre polos y cargas en reposo sino completamente lo opuesto. Esto puede ser la causa de que la pregunta acerca de las interacciones entre ambos campos estáticos sea la de menor cantidad de aciertos. El problema con dicho módulo es que forzosamente al cargar el péndulo electrostático éste se mueve y a pesar de que los estudiantes lo hayan colocado en reposo, al acercarse el imán al péndulo, éste “veía” un campo en movimiento por lo tanto había una interacción. Para solucionarlo se debe evitar que haya movimientos tanto de las cargas como de los campos magnéticos, y para esto el campo magnético debe de “aparecer” de manera instantánea a un lado de la carga en reposo. Una propuesta para lograrlo sería el cargar el péndulo electrostático y en cuanto se encuentre inmóvil encender un electroimán, específicamente unas bobinas de Helmholtz, para que el campo sea uniforme y aparezca casi instantáneamente. De esta manera se minimiza la interacción entre la partícula y el campo magnético. Al realizarlo de esta manera, y debido a la construcción en materiales en los salones, se debe modificar el módulo a que sea una demostración pero la esencia del mismo no se modifica.

Otra situación que se debe tener mucho en cuenta es el vigilar de manera atenta que los estudiantes sigan las instrucciones durante la realización del módulo. Debido a que los estudiantes tienden a divagar y comenzar a jugar con los materiales, lo que conlleva a que observen otros fenómenos que no son el objetivo del módulo y puede generar confusiones. Un claro ejemplo es lo ocurrido con el péndulo electrostático y el imán, donde los estudiantes comenzaron a mover el imán para “ver que pasaba” lo cual, aunado a los problemas de fondo del módulo mismo, coadyuvó a que se fijara aún más la idea previa de que los polos magnéticos y las cargas eléctricas interactúan entre sí. Por lo tanto, una clara vigilancia de las acciones de los estudiantes es vital para que el objetivo del módulo se cumpla.

Como se observó con los resultados de la  $\chi^2$ , no hay relación entre el trabajo escrito en los módulos y el resultado de las evaluaciones. El módulo fue realizado antes de impartir el tema, de manera que los estudiantes utilizaran sus conocimientos previos para tratar de explicar lo que ocurría. Por esta razón, lo que se evaluó en el módulo fue el conocimiento y los esquemas cognitivos que el estudiante ya poseía. Quizás en las discusiones grupales durante la realización de los módulos se enriqueció un poco las respuestas en el módulo mismo pero no al grado de ser significativo en el momento de responder a las evaluaciones. Por lo tanto se propone que posterior al módulo el profesor homogenice el conocimiento de los estudiantes. Esto se puede lograr ya sea que el profesor proponga las conclusiones basándose en las respuestas de los equipos, o que los mismos estudiantes después de escuchar las observaciones de sus compañeros lleguen a una conclusión grupal. Esta conclusión puede y debe ser afinada por el profesor para

minimizar la propagación de ideas equivocadas a todo el grupo. Una vez hecho esto se le puede dar la oportunidad al estudiante pueda reescribir, más no eliminar, su conclusión previa y de esta manera no sólo tener los esquemas cognitivos previos sino también uno posterior a la instrucción o explicación. Esta conclusión puede usarse para verificar si el estudiante ha entendido el concepto en el momento y hacer una relación con las respuestas que haga en las evaluaciones posteriores.

Debido a que no se sabía si daría tiempo los estudiantes no realizaron su propia bobina durante el quinto módulo sino que utilizaron una ya hecha, lo cual pudo haber sido una especie de *caja negra* para los estudiantes. Una vez que se han verificado los tiempos se sabe que los estudiantes son capaces de armar su propia bobina para el módulo. El beneficio que tiene esto es que cada uno puede elegir la cantidad de vueltas que le pone a la bobina y que tan larga es ésta. Ya que cada uno elegirá un valor distinto para estas dos variables, se puede realizar una discusión entre los diversos miembros del equipo para ver cuál encendía más y el porqué. Esta discusión enriquecerá sus conclusiones y las del grupo, con beneficios directos en la comprensión del tema de inducción de Faraday que se imparte posterior al módulo.

Un detalle que tenían los exámenes y que fue notado posterior a la aplicación de los mismos es en el diagrama de la pregunta 5. Se había llegado a la conclusión de que la línea del imán en el inciso **I** no debía de atravesar el anillo para evitar confusiones en los estudiantes. Por un error se colocó la imagen sin modificar en el documento lo cual pudo haber causado que algunos estudiantes no comprendieran los diagramas como se esperaba. De igual manera, quizás el ampliar el examen a dos páginas en lugar de aglutinarlo en una sola podría ayudar a que los estudiantes leyeran con más cuidado que dice cada una de las preguntas y así evitar problemas de interpretación de las mismas. Las evaluaciones con respecto a su contenido estaban a buen nivel para los estudiantes ya que por lo menos uno de ellos logró una calificación perfecta, y no hubo una sola pregunta que no tuviera al menos una respuesta correcta. Por lo cual se puede utilizar el mismo para otras evaluaciones posteriores.

### **Trabajo a Futuro**

Como trabajo a futuro queda verificar si la propuesta del uso de las bobinas de Helmholtz para mostrar que no hay interacción entre polos y cargas funciona. De igual manera corroborar si existe una relación entre los cambios en las respuestas de las evaluaciones y una nueva conclusión que el estudiante le de al módulo posterior a la impartición del tema. Ésto sirve también con el fin de evaluar la efectividad de la secuencia de clase elegida por el profesor para ese tema en específico. También queda como trabajo a futuro el proponer más módulos para otros temas y aplicarlos. De esta manera se puede ir acostumbrando a los estudiantes a que la física no son sólo ecuaciones en el pizarrón y recetas de co-

cina en el laboratorio, sino que también es aplicada y que se puede realizar con materiales cotidianos. Si los estudiantes ven que la física tiene aplicaciones y que se encuentra en lo que los rodea, se puede impactar no sólo en su aprendizaje sino también en su motivación hacia el aprendizaje de la física y las ciencias en general.

Queda pendiente realizar un estudio más largo para poder asegurar que el aprendizaje de los estudiantes fue significativo. Esto no se puede lograr a menos que los estudiantes se comprometan a continuar con el estudio después de su egreso de bachillerato, en el caso de Física IV. Lo anterior complica el estudio, pero puede realizarse en Física I, II o III para poder realizar las mediciones durante su último semestre del bachillerato. Incluso, se podría conocer cuál fue su elección de carrera universitaria y si la manera en que se impartió la materia de física tuvo alguna influencia en dicha elección. Por lo tanto, queda como trabajo abierto el realizar un estudio similar en otros niveles del bachillerato para conocer el impacto real de los módulos a largo plazo.

# Bibliografía

- Alvarado, M. E. y Flores, F. (2001). Concepciones de ciencia de investigadores de la UNAM. Implicaciones para la enseñanza de la ciencia. *Perfiles Educativos*, **23**(92) pp. 32–53.
- Arandia, E., Zuza, K., y Guisasola, J. (2016). Actitudes y motivaciones de los estudiantes de ciencias en bachillerato y universidad hacia el aprendizaje de la física. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, **13**(3) pp. 558–573.
- Arias, J. M. (2006). Clases prácticas. En M. de Miguel (Ed.), *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias: Orientaciones para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior.*, (pp. 83–102). Madrid: Alianza.
- Ateş, O. y Erylmaz, A. (2011). Effectiveness of hands-on and minds-on activities on students' achievement and attitudes towards physics. En *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, volume **12**(1).
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Ciudad de México: Editorial Trillas.
- Avendaño, R., Lancheros, W., Castiblanco, O., y Arcos, F. O. (2012). La enseñanza de la física a través de módulos experimentales. *Góndola*, **7**(1) pp. 32–49. En <http://comunidad.udistrital.edu.co/geaf/files/2012/08/2012Vo17No1-003.pdf> recuperado el 14 de diciembre del 2016.
- Bruner, J. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, **31**(1). En <https://digitalauthorshipuri.files.wordpress.com/2015/01/the-act-of-discovery-bruner1.pdf> recuperado el 22 de junio del 2017.
- de Miguel, M. (2006a). Clases teóricas. En M. de Miguel (Ed.), *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias: Orientaciones para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior.*, (pp. 27–52). Madrid: Alianza.
- de Miguel, M. (2006b). Métodos y modalidades de enseñanza en la educación superior. En M. de Miguel (Ed.), *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias: Orientaciones para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior.*, (pp. 17–26). Madrid: Alianza.

- Di Bella, P., Velázquez, V. M., y Segarra, M. P. (2017). Uso de módulos experimentales para fomentar un aprendizaje significativo en la materia de física. *Latin American Journal of Science Education*, **4**(2). En [http://www.lajse.org/nov17/22042\\_Pascual\\_2017.pdf](http://www.lajse.org/nov17/22042_Pascual_2017.pdf) recuperado el 9 de enero del 2017.
- Eggen, P. y Kauchak, D. (2009). *Estrategias docentes: Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Ferreira, J. y Rodríguez, R. (2011). Efectividad de las actividades experimentales demostrativas como estrategia de enseñanza para la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton en los estudiantes de fundamentos de física del IPC. *Revista de Investigación*, **35**(73) pp. 61–84.
- Gil, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, J., González, E., Dumas-Carré, A., Goffard, M., y Pessoa del Carvalho, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las ciencias.*, **17**(2) pp. 311–320.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-studen survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics.*, **66**(1) pp. 64–74.
- Hernández, G. (2012). *Paradigmas en psicología de la educación*. Ciudad de México: Paidós.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias.*, **12**(3) pp. 299–311.
- Holstermann, N., Grube, D., y Bögeholz, S. (2010). Hands-on activities and their influence on students interest. *Research in Science Education*, **40**(5) pp. 743–757.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (2016). *México en PISA 2015*. En <http://publicaciones.inee.edu.mx/buscadorPub/P1/D/316/P1D316.pdf>. recuperado el 14 de diciembre del 2016.
- Maloney, D. (1985). Charged poles? *Physics Education*, **20**(5) pp. 310–316.
- Maloney, D., O’Kuma, T., Hieggelke, C., y van Heuvelen, A. (2001). Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, **69**(S1) pp. S12–S23.
- Miller, K., Lasry, N., Chu, K., y Mazur, E. (2013). Role of physics lecture demonstrations in conceptual learning. *Physical Reviews Special Topics - Physics Education Research*, **9**(2).

- Nott, M. y Wellington, J. (1996). When the black box springs open: Practical work in schools and the nature of science. *International Journal of Science Education*, **18**(7) pp. 807–818.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2010). *El programa PISA de la OCDE: Qué es y para qué sirve*. En <http://www.oecd.org/centrodemexico/medios/41479051.pdf>. recuperado el 14 de diciembre del 2016.
- Okono, E. O. (2015). Experimental approach as a methodology in teaching physics in secondary schools. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, **5**(6) pp. 388–406.
- Picquart, M. (2008). ¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje significativo de la física? *Latin American Journal of Physics Education*, **2**(1) pp. 29–36.
- Pintrich, P. y Schunk, D. (2002). *Motivation in education: Theory, research, and applications*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Pozo, J. I. (2013). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Ciudad de México: Ediciones Morata / Colofón.
- Pozo, J. I. y Gómez, M. A. (2013). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.
- Rumelhart, D. (1984). Schemata and the cognitive system. En R. Wyer y T. Skroll (Eds.), *Handbook of Social Cognition. Vol. 1*, (pp. 161–188). Hillsdale: Erlbaum.
- Ryan, R. y Deci, E. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, **25**(1) pp. 54–67.
- Sokoloff, D. y Thornton, R. (2004). *Interactive lecture demonstrations: Active learning in introductory physics*. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Sokoloff, D. R. y Thornton, R. K. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. *The Physics Teacher.*, **35**(6) pp. 340–347.
- Solbes, J., Montserrat, R., y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: Implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, **21**() pp. 91–117.
- Universidad Nacional Autónoma de México (2016a). *Programa de estudios 2016 de la asignatura de física III*. En [http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/cuarto-2016/1401\\_fisica\\_3.pdf](http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/cuarto-2016/1401_fisica_3.pdf). recuperado el 21 de enero del 2017.
- Universidad Nacional Autónoma de México (2016b). *Programa de estudios 2016 de la asignatura de física IV área I*. En [http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/actualizados/sexta-2018/1611\\_fisica4\\_area\\_1.pdf](http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/actualizados/sexta-2018/1611_fisica4_area_1.pdf). recuperado el 14 de agosto del 2018.



- Universidad Nacional Autónoma de México (2016c). *Programa de estudios 2016 de la asignatura de física IV área II*. En [http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/actualizados/sexta-2018/1621\\_fisica\\_4\\_area\\_2.pdf](http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/actualizados/sexta-2018/1621_fisica_4_area_2.pdf). recuperado el 14 de agosto del 2018.
- Universidad Nacional Autónoma de México (2016d). *Programa de estudios de la asignatura de física III*. En <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/cuarto/1401.pdf>. recuperado el 21 de enero del 2017.
- Universidad Nacional Autónoma de México (2016e). *Programa de estudios de la asignatura de física IV área I*. En <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/sexta/1611.pdf>. recuperado el 21 de enero del 2017.
- Universidad Nacional Autónoma de México (2016f). *Programa de estudios de la asignatura de física IV área II*. En <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/sexta/1621.pdf>. recuperado el 21 de enero del 2017.
- Universidad Nacional Autónoma de México (2016g). *Programas de Estudio: Áreas de ciencias experimentales Física I-II*. En [http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/FISICA\\_I\\_II.pdf](http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/FISICA_I_II.pdf). recuperado el 21 de enero del 2017.
- Universidad Nacional Autónoma de México (2016h). *Programas de Estudio: Áreas de ciencias experimentales Física III-IV*. En [http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/FISICA\\_III\\_IV.pdf](http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/FISICA_III_IV.pdf). recuperado el 21 de enero del 2017.
- Vázquez, J. B., Blanco-García, J., y Costa, M. (2011). Hands-on physics experiments for classroom. En *8th International Conference on Hands-On Science*.
- Viennot, L. (1978). Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. *Revue Française de Pédagogie.*, **45** pp. 16–24.
- Vigotsky, L. (1978). *Mind in society. The development of higher psychological process*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wandersee, J., Mintzes, J., y Novak, J. (1994). Research on alternative conceptions in science. En D.Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning.*, (pp. 177–210). Nueva York: MacMillan.
- White, R. y Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. Londres: The Falmer Press.
- Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K., Boyes, E., y Dickson, D. (2003). Why aren't secondary students interested in physics? *Physics Education*, **38**(4) pp. 324–329.

# Apéndice A

Este apéndice contiene los documentos utilizados durante la intervención donde se puso en práctica la propuesta. Primero se presenta el plan de clase de las cuatro sesiones donde se utilizaron los módulos experimentales. Posteriormente se incluye el examen diagnóstico que se utilizó para evaluar los conocimientos previos que poseían los estudiantes. Este examen es igual al examen de evaluación aplicado en fechas posteriores, la diferencia se encuentra en las instrucciones del mismo. Debido a que no presentan diferencias sustanciales entre uno y otro, el examen de evaluación no fue incluido. Después se anexan los formatos utilizados en los cinco diferentes módulos experimentales realizados durante la intervención. Finalmente se encuentra la rúbrica utilizada para evaluar el trabajo escrito realizado por el estudiante en la hoja del módulo.

## Objetivos

- Conceptuales
  - Comprender los conceptos de:
    - Polos magnéticos
    - Campo magnético
    - Dominios magnéticos
  - Conocer:
    - Interacciones entre campos
    - Diferencias entre polo y carga
    - Tipos de materiales magnéticos
- Procedimentales
  - Comprender el funcionamiento de una brújula
  - Visualizar las líneas de campo de un iman
- Actitudinales
  - Fomentar el trabajo colaborativo en los estudiantes
  - Fomentar el pensamiento crítico en los estudiantes

Tiempo	Estrategias	Recursos
45 min ● 5 min  ● 10 min  ● 30 min	Introducción ● Presentación  ● Examen Diagnóstico  ● Módulo Tren Magnético	● Examen Diagnóstico ● Módulo Tren ● Abatelenguas ● Imanes ● Silicón ● Pistola de Silicón ● Cartón
60 min ● 35 min  ● 30 min	Desarrollo ● Clase Teórico-demostrativa  ● Módulo Polos y Cargas	● Plumón ● Pizarrón ● Imanes de neodimio ● Semiesferas de unicel ● Imanes de dona ● Alfileres ● Módulo Polos y Cargas ● Imanes de barra ● Papel estaño ● Hilo ● Soporte universal ● Globos ● Cinta adhesiva
10 min	Cierre	● Plumón ● Pizarrón

Tabla A.1: Plan de clase de la primera sesión

Objetivos

- Conceptuales
  - Comprender los conceptos de:
    - Ley de Biot-Savart
    - Regla de la mano derecha
    - Electroimanes
    - Solenoide
    - Inductancia
    - Ley de Ampère
  - Conocer:
    - Fuerza magnética entre cables
- Procedimentales
  - Aplicar la regla de la mano derecha
- Actitudinales
  - Fomentar el trabajo colaborativo en los estudiantes
  - Fomentar el pensamiento crítico en los estudiantes

Tiempo	Estrategias	Recursos
10 min	Introducción <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inducción Eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarrón</li> <li>• Plumón</li> </ul>
100 min <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 min</li> <li>• 65 min</li> <li>• 10 min</li> </ul>	Desarrollo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo Inducción Eléctrica</li> <li>• Clase Teórico-demostrativa</li> <li>• Demostración Electroimán</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo Inducción Eléctrica</li> <li>• Brújula</li> <li>• Cables Banana-Banana</li> <li>• Baterías D</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Plumón</li> <li>• Cargador de Celular con Caimanes</li> <li>• Electroimán</li> </ul>
10 min	Cierre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plumón</li> <li>• Pizarrón</li> </ul>

Tabla A.2: Plan de clase de la segunda sesión

## Objetivos

- Conceptuales
  - Comprender los conceptos de:
    - Fuerza de Lorentz
    - Campo magnético terrestre
  - Conocer las aplicaciones:
    - Auroras boreales
    - Aceleradores de partículas
    - Efecto Hall
    - Brújulas de celulares
- Procedimentales
  - Resolver ejercicios de electromagnetismo
- Actitudinales
  - Fomentar el trabajo colaborativo en los estudiantes
  - Fomentar el pensamiento crítico en los estudiantes

Tiempo	Estrategias	Recursos
10 min	Introducción <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza de Lorentz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarrón</li> <li>• Plumón</li> </ul>
100 min <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 min</li> <li>• 45 min</li> <li>• 5 min</li> <li>• 10 min</li> <li>• 20 min</li> </ul>	Desarrollo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo Corrientes y Campos</li> <li>• Clase Teórico-demostrativa</li> <li>• Demostración Campo Magnético Terrestre</li> <li>• Demostración Fuerza de Lorentz</li> <li>• Ejercicios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo Corrientes y Campos</li> <li>• Agua</li> <li>• Sal</li> <li>• Cables Banana-Banana</li> <li>• Fuente de Voltaje</li> <li>• Semillas de Cilantro</li> <li>• Imanes de Dona</li> <li>• Recipiente de vidrio</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Plumón</li> <li>• Semiesferas de Unicel</li> <li>• Alfileres</li> <li>• Esfera de Plasma</li> <li>• Imán de Neodimio</li> <li>• Ejercicios</li> </ul>
10 min	Cierre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plumón</li> <li>• Pizarrón</li> </ul>

Tabla A.3: Plan de clase de la tercera sesión

Objetivos

- Conceptuales
  - Comprender los conceptos de:
    - Inducción electromagnética
    - Ley de Faraday
    - Leyes de Maxwell
  - Analizar las aplicaciones
    - Generación de electricidad
    - Corriente alterna y directa
    - Transformadores
    - Capacitores
    - Superconductores
- Actitudinales
  - Fomentar el trabajo colaborativo en los estudiantes
  - Fomentar el pensamiento crítico en los estudiantes

Tiempo	Estrategias	Recursos
10 min	Introducción <ul style="list-style-type: none"> <li>● Inducción Magnética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pizarrón</li> <li>● Plumón</li> </ul>
100 min <ul style="list-style-type: none"> <li>● 25 min</li> <li>● 55 min</li> <li>● 20 min</li> </ul>	Desarrollo <ul style="list-style-type: none"> <li>● Módulo Imanes y Bobinas</li> <li>● Clase Teórico-demostrativa</li> <li>● Demostración Bobina de Inducción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Módulo Imanes y Bobinas</li> <li>● Jeringa</li> <li>● Alambre de cobre</li> <li>● LEDs</li> <li>● Imanes de Neodimio</li> <li>● Pizarrón</li> <li>● Plumón</li> <li>● Bobina de Inducción</li> <li>● Aro de Aluminio</li> <li>● Aro de Aluminio Cortado</li> <li>● Generador de Voltaje</li> </ul>
10 min	Cierre <ul style="list-style-type: none"> <li>● Conclusión de Intervención</li> <li>● Autoevaluación Alumnos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Plumón</li> <li>● Pizarrón</li> <li>● Autoevaluación Alumnos</li> </ul>

Tabla A.4: Plan de clase de la cuarta sesión





Nombre: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** *Este es un examen de evaluación diagnóstica el cual sirve para conocer lo que sabes acerca del tema. El resultado no afectará de manera alguna a tu evaluación. No hay respuestas correctas ni erróneas, elige la que creas correcta para cada una de las preguntas.*

1.- Un imán de barra golpea contra el suelo y se parte exactamente por la mitad. Elige la opción que creas explica lo que ocurre con los pedazos.

- Se parte en 2 imanes con la mitad de la intensidad del campo magnético del original.
- Se parte en un imán norte y un imán sur con la misma intensidad del campo magnético del original.
- Se parte en 2 imanes con la misma intensidad del campo magnético del original.
- Se parte en un imán norte y un imán sur con la mitad de la intensidad del campo magnético del original.

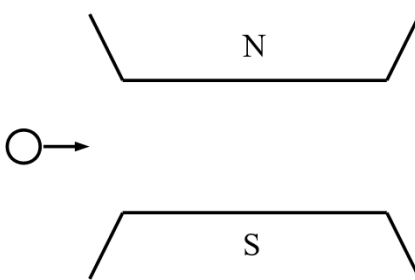
2.- Las siguientes imágenes muestran una partícula cargada en reposo frente a un imán. La magnitud y el signo se muestra dentro del círculo que representa la carga. ¿Cuál de las opciones muestra el ordenamiento del más atractivo al más repulsivo?

1.  2.  3.  4. 
- 3, 2, 1, 4
  - 2, 1, 3, 4
  - 1, 3, 2, 4
  - Todas sienten la misma fuerza.

3.- i) En la figura inferior dibuja como crees que es o se ve el campo magnético.

ii) ¿Crees que el campo salga del plano del papel?

Sí	No	No sé
----	----	-------



iii) Una partícula cargada se mueve a través del campo magnético generado por unos imanes. Elige la respuesta que creas explica lo que le ocurre a la partícula.

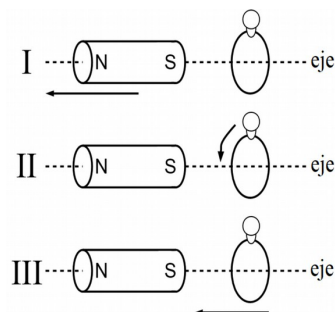
- La partícula se mueve hacia alguno de los imanes (arriba o abajo).
- La partícula no modifica su camino.
- La partícula se frena y se regresa.
- La partícula se mueve en otra dirección (dentro o fuera del papel).

4.- La figura de la derecha muestra un corte de un alambre el cual es perpendicular a la hoja. El alambre tiene una corriente  $I$  que sale del papel. ¿Cómo es la forma del campo magnético?

- Gira en dirección de las manecillas del reloj.
- Gira contra las manecillas del reloj.
- Sale desde el centro en todas direcciones.
- No hay campo magnético.



5.- Las siguientes figuras muestran un imán cilíndrico y un foco conectado a un aro de cobre. El plano del alambre es perpendicular al eje de referencia. El movimiento de alguno de los elementos se indica con una flecha en el diagrama, ya sea rotación o traslación. Elige la opción donde el foco enciende más intensamente.



- I, II, III
- I, II
- III
- I
- Ninguno enciende.

Nombre: \_\_\_\_\_

### Módulo Experimental: Tren Magnético

Un maglev o tren magnético es un medio de transporte que utiliza la levitación magnética como medio de transporte sin tener contacto con el suelo. El vehículo viaja a lo largo de una vía magnética tanto para levantarse del suelo así como para moverse. En este módulo armarás un modelo a escala de un tren magnético utilizando imanes y otros materiales de uso común.

¿Por qué crees que los trenes magnéticos pueden alcanzar velocidades más altas que los trenes comunes? ¿Por qué tanto el maglev como el modelo a escala utilizan una barrera para contener al tren en la vía? ¿Cómo crees que el tren magnético inicie el movimiento o se frene? Justifica brevemente tu respuesta.

En el centro del cartón grande pegarás un abatelenguas y a cada lado del mismo (lo más pegado que puedas) pegarás 4 imanes con la parte lisa hacia arriba. Trata de que los imanes no estén ni muy juntos ni muy separados. Una vez que lo hayas hecho pegarás dos abatelenguas de lado (parados) lo más pegado que puedas a los imanes, trata que queden lo más derechos posible. Una vez hecho esto, repite lo mismo en el cartón pequeño con el pedazo de abatelenguas y los otros dos imanes (igualmente con el lado liso hacia arriba).

Describe brevemente lo observado durante el módulo experimental. ¿Qué fue lo que observaste? ¿Tus hipótesis planteadas previamente fueron correctas? ¿Por qué sí o por qué no? Justifica tu respuesta de manera breve.



Nombre: \_\_\_\_\_

### Módulo Experimental: Polos y Cargas

Como has visto en clase los polos y las cargas comparten similitudes. Una de ellas es que el campo eléctrico es generado por las cargas eléctricas y los campos magnéticos son generados por la existencia de los polos magnéticos. Pero no son idénticos, ya que las cargas positivas y negativas pueden existir independientemente mientras que los polos magnéticos no pueden estar aislados.

Pero, ¿pueden las cargas y los polos interactuar entre sí? ¿Por qué sí o por qué no? Justifica tu respuesta.

Vas a construir un péndulo electrostático, el cual es una esfera de unicel recubierta de papel estaño y colgada con ayuda de un hilo. Esta esfera la vas a cargar por contacto con un globo cargado por fricción. Una vez cargada prueba si se repele del globo. Trata de que la esfera se quede quieta sin tocarla con las manos para evitar descargarla. Una vez que esté quieta acerca un imán.

¿Qué ocurre? ¿Tus hipótesis previas estaban correctas? ¿Por qué sí o por qué no? Justifica tu respuesta.

Nombre: \_\_\_\_\_

### Módulo Experimental: Inducción Magnética

En 1819 Hans Oersted notó que cuando conectaba y desconectaba una batería, la aguja de una brújula cambiaba. Esto lo llevó a pensar que los efectos magnéticos se propagaban a través del aire como la luz o el calor. Para corroborarlo colocó un cable sobre una brújula y lo conectó a una batería.

¿Qué crees que ocurra si el cable y la aguja de la pila están en la misma dirección? ¿Qué crees que ocurra si están en direcciones perpendiculares? ¿Afectará si volteas la pila en los experimentos anteriores? ¿Por qué crees que ocurre lo anterior? Justifica brevemente tu respuesta.

Bien una vez que ya hayas realizado tus posibles hipótesis de qué ocurre en cada una de las situaciones anteriores, vamos a probarlas. Recuerda que tienes que ver lo que ocurre con el cable paralelo a la aguja de la brújula y cuando está perpendicular a la misma, así como si ocurre algo distinto si volteas los polos de la pila. Describe lo que ocurre. ¿Tus hipótesis fueron correctas? ¿Por qué sí o por qué no? Justifica tu respuesta.

Nombre: \_\_\_\_\_

### **Módulo Experimental: Corrientes y Campos**

Vamos a colocar en un refractario de vidrio un poco de agua con sal. La sal es un mineral que se disuelve en agua liberando iones, lo cual la vuelve conductora. En esta agua salada vamos a colocar unas semillas de cilantro, las cuales son muy ligeras y flotan en su superficie. Debajo del refractario vamos a colocar un imán de dona muy potente. Finalmente insertaremos dentro del agua las puntas de una fuente de voltaje para producir una corriente. Una punta la colocaremos en el centro del refractario y la otra en la orilla.

¿Qué crees que ocurra con las semillas al colocar las puntas de la fuente de voltaje dentro del agua? ¿Qué crees que pase si invertimos las posiciones de las puntas? Justifica tus respuestas.

Una vez que hayas realizado tus hipótesis procederemos a realizar el experimento. Describe lo que observas en ambos casos. ¿Tus hipótesis fueron correctas? ¿Por qué sí o por qué no? Justifica brevemente tu respuesta.

Nombre: \_\_\_\_\_

### Módulo Experimental: Imanes y Bobinas

Has visto en clases anteriores que se puede generar un campo magnético con una corriente, pero ¿se puede generar una corriente con un campo magnético? Para corroborarlo utilizarás un solenoide o bobina conectada a un LED y un imán de neodimio.

¿Qué pasa cuando el imán se mueve a través de la bobina? ¿Pasa lo mismo si mueves el imán por fuera? ¿Afecta la velocidad con la que mueves el imán? Explica brevemente lo que crees que ocurrirá utilizando las preguntas anteriores como guía. Justifica tus respuestas.

Una vez que has terminado de escribir tus hipótesis procede a realizar las diversas situaciones planteadas. Ten cuidado con los imanes ya que son muy potentes y pueden dañar aparatos electrónicos. ¿Qué observaste? ¿Concuere lo observado con tus hipótesis? ¿Por qué sí o por qué no? Justifica brevemente tu respuesta.

1. Sabemos que Magneto (el mutante) puede generar campos magnéticos a voluntad. Supongamos que es un solenoide (bobina) de 1.83 m de altura y 60 cm de diámetro, el cable del embobinado es de un grosor de 0.5 mm. En una batalla épica contra Thor logra levantar a Mjólnir a 150 cm del suelo.
    - a) Si Mjólnir tiene una masa de 19.6 kg, ¿cuál es la corriente necesaria para levantarlo?
    - b) Si el voltaje que pasa por el cable es de 80 mV, ¿cuál es la resistencia del mismo?
  2. Las torres de alta tensión en México están separadas 400 m aproximadamente. Su voltaje es de 240 kV y tienen una potencia de 2.4 MW. Si la separación entre los cables dentro de la torre es de 20 m, ¿cuál es la fuerza que hay entre dos cables en la misma torre?
- 

1. Sabemos que Magneto (el mutante) puede generar campos magnéticos a voluntad. Supongamos que es un solenoide (bobina) de 1.83 m de altura y 60 cm de diámetro, el cable del embobinado es de un grosor de 0.5 mm. En una batalla épica contra Thor logra levantar a Mjólnir a 150 cm del suelo.
    - a) Si Mjólnir pesa 19.6 kg, ¿cuál es la corriente necesaria para levantarlo?
    - b) Si el voltaje que pasa por el cable es de 80 mV, ¿cuál es la resistencia del mismo?
  2. Las torres de alta tensión en México están separadas 400 m aproximadamente. Su voltaje es de 240 kV y tienen una potencia de 2.4 MW. Si la separación entre los cables dentro de la torre es de 20 m, ¿cuál es la fuerza que hay entre dos cables en la misma torre?
- 

1. Sabemos que Magneto (el mutante) puede generar campos magnéticos a voluntad. Supongamos que es un solenoide (bobina) de 1.83 m de altura y 60 cm de diámetro, el cable del embobinado es de un grosor de 0.5 mm. En una batalla épica contra Thor logra levantar a Mjólnir a 150 cm del suelo.
  - a) Si Mjólnir pesa 19.6 kg, ¿cuál es la corriente necesaria para levantarlo?
  - b) Si el voltaje que pasa por el cable es de 80 mV, ¿cuál es la resistencia del mismo?
2. Las torres de alta tensión en México están separadas 400 m aproximadamente. Su voltaje es de 240 kV y tienen una potencia de 2.4 MW. Si la separación entre los cables dentro de la torre es de 20 m, ¿cuál es la fuerza que hay entre dos cables en la misma torre?

### Autoevaluación del Estudiante

Estimado alumno(a):

Se te pide que respondas a la siguiente encuesta seleccionando la casilla que vaya más acorde con las afirmaciones. Esto es para evaluar tu desempeño durante las clases del profesor. Esta encuesta es anónima. Por favor responde con sinceridad y objetividad.

Gracias por tu colaboración.

**Instrucciones:** Elige la opción que mejor describa tu grado de acuerdo con las siguientes actividades.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1. Cumplí con las tareas acordadas en el grupo.					
2. Participé activamente en las discusiones de clase.					
3. Traté con respeto a mis compañeros.					
4. Formulé preguntas pertinentes relacionadas con el tema.					
5. Los integrantes del equipo participamos por igual durante las actividades experimentales.					
6. Escuché con atención al profesor en la clase.					
7. Traté con cuidado el material en las actividades experimentales.					
8. Cumplí con los trabajos que se realizaron en equipo.					
9. Adquirí nuevos conocimientos que me parecen interesantes.					
10. Realicé actividades que atraen mi interés.					
11. Creo que he aprendido con el profesor.					

¿A cuántas clases asististe durante la participación del profesor Pascual Di Bella?

### Evaluación al Profesor

Estimado alumno(a):

Este instrumento tiene la finalidad de recabar información acerca del desempeño del profesor durante su práctica docente. Por favor responde con sinceridad y objetividad.

Gracias por tu colaboración.

**Instrucciones:** Selecciona la opción que te parezca más adecuada.

	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
1. El profesor dio a conocer los objetivos de las clases.					
2. El profesor llegó puntualmente a clase.					
3. El profesor puso ejemplos claros de los temas vistos en clase.					
4. Consideras que el profesor organizó adecuadamente los contenidos expuestos en clase.					
5. El profesor facilitó la participación en clase.					
6. El profesor trató por igual a todos sin descalificar a nadie.					
7. Las explicaciones del profesor te ayudaron a mantenerte atento.					
8. El profesor se expresó claramente en las explicaciones.					
9. El profesor aclaró las dudas de manera amable.					
10. Los experimentos planteados por el profesor te permitieron comprender mejor el tema.					
11. El profesor promovió el buen uso de los materiales y equipo de laboratorio.					
12. El profesor realizó una evaluación diagnóstica al inicio del tema o unidad.					

Comentarios y Observaciones:

## Apéndice B

Este apéndice contiene los resultados que se obtuvieron en durante el desarrollo de la propuesta. Primero se muestran los resultados de los exámenes, diagnóstico y ambas evaluaciones, para cada uno de los grupos de estudiantes. Posteriormente se encuentra la rúbrica utilizada para evaluar el trabajo escrito realizado por los estudiantes en el formato del módulo experimental. Finalmente se muestran los puntajes obtenidos para cada una de las secciones de la rúbrica así como el total obtenido para ese módulo. Los resultados tanto de las evaluaciones como de los módulos se encuentran divididos en dos partes ya que por su extensión no era posible mostrarlos en una sólo página.



Clave	Diagnóstico							Total	Evaluación 1							Total
	Item								Item							
	1	2	3i	3ii	3iii	4	5		1	2	3i	3ii	3iii	4	5	
GA01	c	c	x	no se	b	a	e	1	c	d	si	no se	b	a	e	3
GA02	a	b	x	no	b	d	e	0	b	a	x	no	a	b	d	1
GA03	c	b	si	no	b	c	c	3	c	c	si	si	b	b	c	5
GA04	b	b	si	no	a	b	b	2	c	c	si	si	d	b	b	5
GA05	d	b	si	no	b	c	b	1	c	d	x	no se	b	a	b	2
GA06	c	d	x	no se	c	a	b	2	c	a	x	si	b	b	c	4
GA07	c	a	x	no se	a	b	b	2	c	a	x	si	d	b	c	5
GA08	a	a	x	si	a	c	b	1	c	a	si	si	a	b	d	4
GA09	d	a	x	no	b	b	c	2	c	b	x	si	b	c	b	2
GA10	b	a	x	si	a	c	e	1	c	b	si	si	c	b	b	4
GA11	a	d	si	no	b	c	b	2	a	b	si	no	b	a	d	1
GA13	c	a	si	no	a	c	c	3	c	a	x	no	b	a	d	1
GA14	b	b	x	si	a	c	b	1	c	a	si	si	a	b	e	4
GA15	a	x	si	no	a	a	c	2	c	b	si	si	d	b	b	5
GA17	c	a	si	si	a	c	e	3	c	a	si	si	a	c	e	3
GA18	a	a	si	no se	a	c	d	1	c	a	si	no	a	b	d	3
GA19	a	a	si	si	a	c	d	2	a	a	si	si	a	c	c	3
GA20	c	d	x	si	c	d	c	4	c	b	si	si	c	b	b	4
GA21	c	b	x	si	a	d	e	2	c	a	x	si	a	b	b	3
GA22	a	b	si	si	a	c	e	2	c	a	si	no	a	b	d	3
GA23	c	b	x	no	b	c	b	1	c	a	x	si	b	b	c	4
GA24	a	c	si	si	b	a	b	2	c	b	si	si	b	b	b	4
GA25	c	c	x	si	a	a	b	2	c	d	x	si	a	a	c	4
GA26	a	c	x	no	a	a	e	0	a	c	si	si	a	b	c	4
GA27	a	c	x	no	a	c	b	0	c	c	si	si	d	b	c	6
GA29	c	a	x	no	b	c	e	1	c	a	si	no	d	a	c	4

Tabla B.1: Respuestas de los exámenes del grupo 1

Evaluación 2

Clave	Item							Total
	1	2	3i	3ii	3iii	4	5	
GA01	c	d	x	no se	d	b	b	4
GA02	b	a	si	no	a	b	c	3
GA03	c	c	si	si	b	b	b	4
GA04	c	c	si	si	d	b	b	5
GA05	c	b	x	si	b	b	b	3
GA06	c	b	x	si	b	b	b	3
GA07	c	a	x	si	b	b	c	4
GA08	b	a	si	si	a	b	c	4
GA09	c	b	x	si	b	c	b	2
GA10	a	c	si	si	d	b	b	4
GA11	c	a	x	si	b	b	c	4
GA13	c	a	x	no	b	c	d	1
GA14	c	b	si	si	a	b	c	5
GA15	c	b	si	no	b	c	b	2
GA17	c	a	si	si	a	c	e	3
GA18	c	a	si	no	a	b	c	4
GA19	a	a	si	si	a	b	d	3
GA20	a	c	si	si	d	b	a	4
GA21	c	a	si	no se	a	b	c	4
GA22	c	a	si	si	a	b	d	4
GA23	c	a	x	si	b	b	b	3
GA24	c	c	si	si	a	b	d	4
GA25	c	d	si	si	d	b	c	7
GA26	a	c	si	si	a	b	b	3
GA27	c	c	si	no se	d	b	b	4
GA29	c	a	x	no	d	a	c	3

Tabla B.1: Respuestas de los exámenes del grupo 1 (Cont.)

Clave	Diagnóstico							Total	Evaluación 1							Total
	Item								Item							
	1	2	3i	3ii	3iii	4	5		1	2	3i	3ii	3iii	4	5	
GB01	a	a	si	no	b	c	c	2	a	a	x	si	b	c	d	1
GB02	c	b	si	si	a	b	c	5	c	d	si	si	b	a	b	4
GB04	c	a	x	no	b	b	c	3	c	a	x	no	b	b	c	3
GB05	a	d	x	si	b	c	b	2	d	b	x	no	b	c	c	1
GB06	c	b	x	no	a	c	a	1	c	c	x	no	b	a	b	1
GB08	a	a	x	no se	a	c	c	1	c	a	si	no se	a	b	b	3
GB09	c	c	x	no	a	c	b	1	a	c	x	no	b	b	b	1
GB10	a	c	x	si	a	c	a	1	a	c	x	si	d	a	c	3
GB11	c	c	x	si	a	c	b	2	b	c	si	si	a	a	b	2
GB12	c	a	x	no se	a	d	b	1	b	d	x	no se	c	b	b	2
GB13	d	c	x	no se	a	a	e	0	b	c	x	no	a	b	b	1
GB15	c	b	si	no	a	a	c	3	a	b	si	si	a	b	c	4
GB16	a	a	x	si	a	b	c	3	c	b	si	no	a	b	c	4
GB17	d	a	si	si	a	d	a	2	a	c	x	si	a	b	d	2
GB18	c	c	si	si	a	c	b	3	a	c	si	si	a	b	c	4
GB19	c	a	x	no se	b	c	b	1	c	b	x	si	b	c	b	2
GB20	c	b	x	no se	b	b	c	3	c	b	x	no	a	a	a	1
GB21	a	c	x	no	c	d	b	0	c	c	x	si	c	a	c	3
GB22	c	d	si	si	b	c	a	4	a	a	x	no	a	b	b	1
GB23	a	b	x	si	a	a	e	1	c	d	x	si	a	a	e	3
GB24	c	b	x	no se	a	c	b	1	c	c	x	no	a	b	b	2
GB25	a	b	x	no	a	b	b	1	a	b	x	si	a	b	b	2
GB26	c	b	si	si	a	b	c	5	a	a	si	si	a	b	c	4
GB27	a	b	x	no	a	c	b	0	c	b	x	no	a	b	b	2

Tabla B.2: Respuestas de los exámenes del grupo 2

Evaluación 2

Clave	Item							Total
	1	2	3i	3ii	3iii	4	5	
GB01	a	a	si	si	b	c	c	3
GB02	c	c	si	si	d	a	c	5
GB04	c	a	x	si	b	b	c	4
GB05	c	b	si	no	b	b	c	4
GB06	c	c	si	no se	b	b	a	3
GB08	c	a	si	no se	a	a	b	2
GB09	a	a	x	no	b	b	b	1
GB10	c	c	si	si	a	c	a	3
GB11	c	c	si	si	a	b	a	4
GB12	a	c	x	no	c	c	b	0
GB13	c	c	x	no se	a	b	b	2
GB15	a	c	si	si	a	b	b	3
GB16	c	a	si	no se	a	b	b	3
GB17	a	a	x	si	a	b	b	2
GB18	a	a	si	si	a	b	c	4
GB19	c	a	si	si	b	c	b	3
GB20	c	b	si	si	b	b	b	4
GB21	a	c	x	no se	c	d	b	0
GB22	a	b	x	no	a	b	b	1
GB23	c	d	x	si	a	b	b	4
GB24	c	b	x	si	d	c	b	3
GB25	a	c	x	si	a	b	b	2
GB26	a	c	si	si	d	b	c	5
GB27	c	b	x	no	d	c	b	2

Tabla B.2: Respuestas de los exámenes del grupo 2 (Cont.)

**Rúbrica de evaluación del trabajo escrito realizado por el estudiante en los módulos**

Instrucciones: La rúbrica evalúa el trabajo cognitivo plasmado por el estudiante en la hoja del módulo experimental. Por cada rubro si el estudiante no cubre con las características del nivel siguiente se le colocará en el último nivel alcanzado para ese rubro. El nivel alcanzado por rubro equivale al puntaje obtenido en ese rubro en específico. El total del trabajo realizado por el alumno se obtiene sumando los puntajes obtenidos en cada rubro.

	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
<b>Hipótesis</b>	El alumno no realizó el módulo o no respondió a las preguntas guía.	El alumno respondió brevemente a las preguntas guía.	El alumno desarrolló las preguntas guía.	El alumno justificó las respuestas a las preguntas guía.
<b>Conocimiento Previo</b>	El alumno no realizó el módulo o no respondió a las preguntas guía.	El alumno utilizó conocimientos previos para responder a las preguntas guía.	El alumno distinguió los fenómenos involucrados en las preguntas guía.	El alumno opinó acerca de cuáles podrían ser las causas detrás de los fenómenos planteados en las preguntas guía.
<b>Observaciones</b>	El alumno no realizó el módulo o no registró sus observaciones en la hoja.	El alumno estableció brevemente los fenómenos observados en el módulo.	El alumno explicó los fenómenos observados en el módulo.	El alumno fundamentó las observaciones con conocimientos previos.
<b>Conclusiones</b>	El alumno no realizó el módulo o no explicó sus observaciones en la hoja.	El alumno redactó una explicación al fenómeno basándose en las observaciones.	El alumno relacionó las observaciones con conocimientos previos.	El alumno dedujo ideas o conceptos a partir de las observaciones realizadas en el módulo.
<b>Justificación</b>	El alumno no realizó el módulo o no comparó las observaciones con las preguntas guía.	El alumno comparó y/o contrastó sus observaciones contra las respuestas a las preguntas guía.	El alumno argumentó sus conclusiones basándose en conocimiento previo.	El alumno propuso una explicación a las observaciones basándose en las preguntas guía y su conocimiento previo.

Total: 15 puntos.

Insuficiente (I): 0-3

Suficiente (S): 4-6

Bien (B): 7-9

Muy Bien (M): 10-12

Excelente (E): 13-15

Clave	Módulo 1						Módulo 2						Módulo 3						
	Rubro					Tot	Rubro					Tot	Rubro					Tot	
	H	CP	O	C	J		H	CP	O	C	J		H	CP	O	C	J		
GA01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GA02	3	1	0	0	0	4	2	1	0	1	0	4	1	1	1	0	0	0	3
GA03	2	2	1	1	1	7	2	2	1	0	1	6	1	1	1	0	0	0	3
GA04	1	1	1	2	2	7	2	1	2	1	0	6	2	0	1	0	1	1	4
GA05	2	2	2	1	1	8	2	1	3	2	1	9	1	2	2	2	2	2	9
GA06	3	3	2	1	0	9	2	1	1	1	0	5	2	2	1	1	0	0	6
GA07	2	1	1	1	1	6	1	1	1	0	0	3	2	2	1	1	0	0	6
GA08	3	3	2	1	1	10	3	3	0	1	1	8	1	2	1	0	0	0	4
GA09	2	2	2	2	2	10	2	1	2	2	2	9	2	0	1	0	1	1	4
GA10	2	2	0	1	0	5	2	1	0	1	1	5	1	1	1	0	1	1	4
GA11	1	1	1	0	0	3	2	1	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0
GA13	2	1	0	1	0	4	2	2	1	2	1	8	2	2	1	0	1	1	6
GA14	3	3	3	2	1	12	3	1	2	1	0	7	2	0	2	1	0	0	5
GA15	3	3	0	1	2	9	2	1	0	0	0	3	1	2	0	1	1	1	5
GA17	2	1	1	1	1	6	1	1	1	1	0	4	1	1	0	2	2	2	6
GA18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	4
GA19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GA20	2	1	0	1	1	5	1	1	1	2	2	7	2	2	1		1	1	6
GA21	2	2	2	0	0	6	2	1	0	1	0	4	2	2	2	1	0	0	7
GA22	1	2	0	0	0	3	1	1	0	2	0	4	1	1	1	0	0	0	3
GA23	1	2	1	1	0	5	1	1	0	1	0	3	2	2	0	0	1	1	5
GA24	3	1	1	1	2	8	1	1	2	0	0	4	1	2	1	0	0	0	4
GA25	1	2	0	1	0	4	2	1	1	0	0	4	3	2	2	0	0	0	7
GA26	2	1	0	1	1	5	1	0	2	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0
GA27	3	2	0	1	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GA29	2	3	1	1	1	8	1	0	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0

Tabla B.3: Evaluación del trabajo escrito en los módulos del grupo 1

Clave	Módulo 4					Tot	Módulo 5					Tot
	Rubro						Rubro					
	H	CP	O	C	J		H	CP	O	C	J	
GA01	2	2	2	1	1	8	2	3	1	2	3	11
GA02	1	1	1	1	0	4	2	2	1	1	2	8
GA03	0	0	0	0	0	0	1	2	2	3	2	10
GA04	1	1	2	0	1	5	1	1	2	1	1	6
GA05	2	1	1	0	1	5	1	2	1	1	0	5
GA06	2	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0
GA07	2	1	1	1	0	5	1	1	1	1	2	6
GA08	0	0	0	0	0	0	2	2	1	2	1	8
GA09	2	1	1	1	1	6	1	2	1	1	1	6
GA10	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	2	8
GA11	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	5
GA13	3	1	2	2	2	10	2	2	2	1	0	7
GA14	2	2	2	0	0	6	3	2	2	2	2	11
GA15	1	1	1	0	1	4	3	3	3	3	2	14
GA17	1	2	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0
GA18	1	1	0	0	1	3	1	0	1	0	1	3
GA19	1	1	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0
GA20	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	1	7
GA21	2	2	1	1	2	8	1	1	1	2	2	7
GA22	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	0	6
GA23	1	1	1	0	0	3	1	1	2	1	1	6
GA24	2	1	1	1	2	7	1	2	1	0	1	5
GA25	2	1	1	0	0	4	2	1	1	3	3	10
GA26	2	2	1	2	1	8	1	1	2	1	0	5
GA27	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	1	7
GA29	2	1	1	0	1	5	1	2	0	0	1	4

Tabla B.3: Evaluación del trabajo escrito en los módulos del grupo 1 (*Cont.*)

Clave	Módulo 1						Módulo 2						Módulo 3					
	Rubro					Tot	Rubro					Tot	Rubro					Tot
	H	CP	O	C	J		H	CP	O	C	J		H	CP	O	C	J	
GB01	2	1	0	0	1	4	1	1	1	0	1	4	1	1	1	0	1	4
GB02	3	2	1	0	0	6	2	1	1	0	0	4	1	2	0	0	1	4
GB04	2	2	1	1	0	6	1	1	2	1	2	7	0	0	0	0	0	0
GB05	1	2	1	0	1	5	0	0	1	1	0	2	2	2	1	2	0	7
GB06	2	1	2	1	0	6	2	1	2	1	1	7	2	2	2	1		7
GB08	2	1	1	2	1	7	1	1	2	2	3	9	2	1	1	1	1	6
GB09	2	2	1	1	1	7	1	1	1	0	0	3	2	1	0	0	1	4
GB10	2	2	1	1	2	8	2	1	1	1	0	5	1	2	1	1	2	7
GB11	2	2	2	2	2	10	1	1	1	0	0	3	1	2	1	0	0	4
GB12	2	0	1	1	1	5	2	1	1	1	0	5	2	1	1	1	0	5
GB13	1	2	1	1	2	7	1	0	0	1	1	3	2	1	1	1	0	5
GB15	1	2	1	0	1	5	1	1	1	0	0	3	1	2	1	0	1	5
GB16	2	2	1	0	1	6	1	1	1	1	0	4	0	0	1	1	0	2
GB17	2	2	1	1	2	8	2	1	1	1	1	6	1	1	2	2	2	8
GB18	2	2	1	2	1	8	2	1	1	1	0	5	1	2	2	1	0	6
GB19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	4
GB20	2	2	2	1	1	8	1	1	1	1	0	4	1	2	1	0	1	5
GB21	2	2	0	1	1	6	1	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0
GB22	2	3	1	1	0	7	2	1	1	0	0	4	1	1	1	0	0	3
GB23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1	6
GB24	2	1	1	1	2	7	2	1	1	1	1	6	2	2	2	1	0	7
GB25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	5
GB26	1	2	1	2	1	7	2	2	1	1	1	7	2	1	1	1	1	6
GB27	1	1	1	1	0	4	1	1	1	1	0	4	2	1	1	1	0	5

Tabla B.4: Evaluación del trabajo escrito en los módulos del grupo 2



Clave	Módulo 4					Tot	Módulo 5					Tot
	Rubro						Rubro					
	H	CP	O	C	J		H	CP	O	C	J	
GB01	1	1	1	0	1	4	1	2	0	0	1	4
GB02	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	5
GB04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GB05	1	0	1	0	1	3	2	1	1	0	1	5
GB06	3	2	1	1	2	9	0	0	0	0	0	0
GB08	2	1	1	1		5	2	2	2	2	2	10
GB09	1	1	1	1	1	5	2	2	2	2	2	10
GB10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GB11	2	2	1	1	2	8	2	3	2	2	2	11
GB12	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	5
GB13	2	1	1	1	2	7	1	0	1	0	1	3
GB15	2	1	1	1	2	7	1	0	1	0	1	3
GB16	2	1	1	1	1	6	1	2	0	1	1	5
GB17	2	2	3	3	2	12	0	0	0	0	0	0
GB18	2	2	2	1	0	7	3	3	3	2	2	13
GB19	2	1	0	0	1	4	1	0	1	0	2	4
GB20	2	1	2	1	2	8	1	2	1	0	0	4
GB21	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	1	6
GB22	1	1	1	0	1	4	2	3	2	2	0	9
GB23	2	2	2	1	1	8	0	0	0	0	0	0
GB24	0	0	0	0	0	0	2	3	3	1	0	9
GB25	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	6
GB26	1	1	1	1	1	5	1	2	1	1	2	7
GB27	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	5

Tabla B.4: Evaluación del trabajo escrito en los módulos del grupo 2 (*Cont.*)