

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA
Facultad de Matemática, Astronomía, Física y
Computación

Trabajo Final del Profesorado de Física
Didáctica Especial y Taller de Física

**Introducción al Electromagnetismo:
Propuesta Didáctica para la Enseñanza a través de un
Programa-Guía de Actividades**

Marcuzzi, Juan Pablo
jupama2002@yahoo.com.ar

Febrero de 2010

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	Pág. 2
CAPÍTULO 1: EL MODELO DIDÁCTICO	Pág. 3
CAPÍTULO 2: PROGRAMA-GUÍA DEL DOCENTE	Pág. 10
CAPÍTULO 3: PROGRAMA-GUÍA DEL ALUMNO	Pág. 26
APÉNDICE	Pág. 37
BIBLIOGRAFÍA	Pág. 42

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en la presentación y justificación de una propuesta didáctica para la enseñanza del electromagnetismo en el ciclo de especialización (alumnos entre 15 y 18 años) y representa el trabajo final de la materia Didáctica Especial y Taller de Física de la carrera del Profesorado en Física dictada durante el ciclo lectivo 2008, a cargo de la Lic. Adriana Ferreyra.

En el capítulo I se presenta el modelo utilizado en el diseño de las actividades así como los resultados de las investigaciones que lo fundamentan. En el capítulo II se presenta la guía de actividades para llevar a cabo en el aula, junto con los correspondientes comentarios didácticos (en letra pequeña) sobre los fines de la actividad, sugerencias para llevarla a cabo, y posibles respuestas o razonamientos de los alumnos. El capítulo III exhibe sólo las actividades para el alumno.

Se recoge en el apéndice la base orientadora utilizada en la elaboración del PGA así como el detalle de las actividades propuestas como instancias de evaluación. Finalmente se cita la bibliografía utilizada, tanto la que corresponde a investigaciones específicas en el campo de la didáctica de las ciencias, como aquella de tipo académico.

CAPÍTULO 1: EL MODELO DIDÁCTICO

Una tendencia didáctica actual que goza del consenso y la valoración positiva en el campo de la Didáctica de las Ciencias es aproximar a los estudiantes, a través de las actividades escolares, a la forma en que se trabaja en las comunidades científicas y que, como fruto de este perfil de trabajo, se favorezca formalmente el logro de aprendizajes comprensivos, es decir, se promuevan avances en el proceso de (re) construcción personal y social de los conocimientos científicos escolares.

Daniel Gil Pérez (1991), físico y especialista en Didáctica de las ciencias experimentales de la Universidad de Valencia, junto a otros investigadores en educación en ciencias de diferentes países del mundo, han elaborado una estrategia didáctica para la enseñanza de las ciencias experimentales, que, superando lo habitual, da una respuesta a diferentes aspectos que han salido a la luz en contextos críticos de la enseñanza tradicional.

Esta propuesta innovadora resulta propicia para abordar integralmente la enseñanza de todas las actividades de las clases de ciencias (adquisición de conocimientos teóricos, resolución de problemas de papel y lápiz, trabajos prácticos de laboratorio y la evaluación de los aprendizajes), y resume los resultados convergentes de distintas investigaciones didácticas sobre la ciencia y su enseñanza (Gil Pérez et al., 1999) realizadas tanto en países de Europa como de América.

Fundamentos epistemológicos y psicológicos

El puente entre “las características del conocimiento científico” y “las actividades de enseñanza-aprendizaje” no ha surgido históricamente de manera “natural” y su laboriosa construcción ha sido y es tarea de la Didáctica, que ha puesto sus fundamentos especialmente en la Epistemología y la Psicología cognitiva, disciplinas cuyas aportaciones han resultado convergentes en el área de la enseñanza de las ciencias especialmente en las últimas dos décadas. Si bien el “eslogan: enseñar ciencia haciendo ciencia” no es nuevo, sí lo es la concepción epistemológica de las últimas décadas, así como los aportes de la psicología cognitiva denominada constructivista.

Los resultados de la investigación didáctica que paulatinamente fueron convergiendo para dar origen al modelo provienen de numerosas vertientes; entre ellas, pueden citarse aquellas que consideran la necesidad de un aprendizaje significativo —no memorístico— de las ciencias (Ausubel, 1978), las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y su aprendizaje (Furió y Vilches, 1997), la crisis en la educación científica actual (Pozo, 2002), los objetivos y metas de la educación científica (Lemke, 2005), el interés por sacar a luz y trabajar sobre las visiones erróneas acerca del trabajo científico presentes en la educación habitual (Gil Pérez, 1993), la importancia del conocimiento previo de los alumnos (Driver, 1986; Gil Pérez, 1993), etc. En particular, nos detendremos en los resultados que las dos últimas líneas de investigación citadas han arrojado en las últimas décadas. Éstos contribuyen a fundamentar el modelo y al mismo tiempo aportarán a una comprensión más profunda del mismo.

Las visiones deformadas de la ciencia

Se ha comprendido que si se pretende cambiar lo que los profesores y los alumnos hacemos en las clases de ciencias, es preciso iniciar un proceso de reflexión sobre algunas “concepciones de sentido común” relacionadas al perfil personal de los científicos, y a las características de su trabajo cotidiano, es decir, se debe modificar previamente la epistemología de los profesores (Bell y Pearson, 1992). Y aunque poseer concepciones válidas acerca de la ciencia no garantiza que el comportamiento docente

sea coherente con dichas concepciones, su conocimiento constituye un requisito *sine qua non* (Hodson, 1993). El estudio de dichas concepciones se ha convertido, por esa razón, en una potente línea de investigación y ha planteado la necesidad de establecer lo que puede entenderse como una imagen básicamente correcta sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica, coherente con la epistemología actual. El motivo por el cual constituyen un verdadero obstáculo en la práctica docente es que son adquiridas de forma acrítica y sin reflexión, el profesor muchas veces no es consciente de que las posee y por tanto no las explicita, resultando así muy difícil su modificación. A continuación resumimos los resultados de las investigaciones acerca de las visiones de la ciencia y la actividad científica que usualmente tenemos y transmitimos (Gil Pérez, 1993).

1. *Una visión descontextualizada*, socialmente neutra que olvida su impacto en el medio natural y social o los intereses e influencias de la sociedad en su desarrollo (relaciones CTSA). Relación C-T: se tiene la idea común de “la tecnología como subproducto de la ciencia”. La tecnología (aspecto práctico, operativo; se pregunta el "cómo") permite conectar la ciencia (aspecto teórico; se pregunta el "por qué") con la vida diaria de los estudiantes.

2. *Una concepción individualista y elitista*. Los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos. Relación C-T: se tiene una visión elitista y socialmente asumida de un trabajo científico-intelectual por encima del trabajo técnico. En realidad, la mayoría de los avances científicos están basados en la tecnología.

3. *Una concepción empiro-inductivista y ateórica* en que se defiende el papel de la observación y de la experimentación “neutras” (no contaminadas por ideas priorísticas), olvidando el papel esencial de las hipótesis como focalizadoras de la investigación y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) disponibles, que orientan todo el proceso. Usualmente el problema no viene dado y, es necesario formularlo de manera precisa, modelizando la situación, haciendo determinadas opciones para simplificarlo más o menos con el fin de poder abordarlo, clarificando el objetivo, etc.

4. *Una visión rígida, algorítmica, infalible*. En realidad, no se razona en términos de certezas sino de hipótesis o “tentativas de respuesta”, que han de ser puestas a prueba lo más rigurosamente posible, lo que da lugar a un proceso complejo, en el que no existen principios normativos, de aplicación universal, para su aceptación o rechazo. Este carácter tentativo se traduce en dudas sistemáticas, en replanteamientos, búsqueda de nuevas vías, etc., que muestran el papel esencial de la invención y la creatividad, contra toda idea de método riguroso, algorítmico. Son las hipótesis, pues, las que orientan la búsqueda de datos. Unas hipótesis que, a su vez, nos remiten al paradigma conceptual de partida, poniendo de nuevo en evidencia el error de los planteamientos empiristas.

5. *Una visión aproblemática y ahistórica* (ergo acabada y dogmática). No se tienen en cuenta las limitaciones del conocimiento científico actual o las perspectivas abiertas. Además, al presentar unos conocimientos ya elaborados, sin referirse a los problemas que están en su origen, se pierde de vista que “todo conocimiento es la respuesta a un problema”. Esto dificulta captar la racionalidad del proceso científico y hace que los conocimientos aparezcan como construcciones arbitrarias. Por otra parte, al no contemplar la evolución de los conocimientos (historia de las ciencias), se desconoce

cuáles fueron las dificultades, los obstáculos epistemológicos que fue preciso superar, lo que resulta fundamental para comprender las dificultades de los alumnos.

6. *Visión exclusivamente analítica.* El trabajo científico exige tratamientos analíticos, simplificadoros, artificiales. Pero ello no supone, como a veces se critica, incurrir necesariamente en visiones parcializadas y simplistas: en la medida en que se trata de análisis y simplificaciones conscientes, se tiene presente la necesidad de síntesis y de estudios de complejidad creciente.

7. *Visión acumulativa, de crecimiento lineal.* Se presenta el desarrollo científico como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo, ignorando las crisis y las remodelaciones profundas, fruto de procesos complejos que no se dejan ahormar por ningún modelo definido de desarrollo científico. Es una interpretación simplista de la evolución de los conocimientos científicos a lo largo del tiempo.

El conocimiento previo

La orientación psicológica constructivista ha sido calificada como la aportación más relevante de las últimas décadas al campo de la enseñanza de las ciencias (Gruender y Tobin, 1991), y aparece como una coincidencia básica entre las propuestas de diversos autores. El consenso alcanzado alrededor de un modelo psicológico constructivista para el aprendizaje de las ciencias podría ser representado sintéticamente a través de los siguientes aspectos (Salinas et. al., 1995):

- * El estudiante es artesano de sus propios conocimientos
- * El conocimiento es de naturaleza sistémica
- * Todo conocimiento se construye sobre la base de conocimientos precedentes

Este último aspecto alude al hecho de que todo intento educativo debe tener en cuenta lo que el alumno ya sabe (Ausubel, 1978). Sin embargo, es importante destacar que las estrategias del modelo didáctico no buscan sacar a la luz tales ideas para "reemplazarlas" —tal como sugerían las propuestas constructivistas del aprendizaje basadas en el cambio conceptual, de auge en los 90 (Driver, 1986)— sino para que el estudiante reconstruya a partir de ellas, el conocimiento científico escolar mediante un cambio no sólo conceptual, sino también metodológico y actitudinal (Gil Pérez, 1993).

Dentro del conocimiento previo del alumno se encuentra aquel que ha sido adquirido mediante la instrucción formal como así también ideas de sentido común o preconcepciones: modelos cotidianos sobre los hechos de la realidad que los estudiantes van construyendo a lo largo de su vida y que proceden de sus experiencias sensoriales. Así, los alumnos tienen formas de interpretar y dar explicaciones particulares sobre algunos sucesos y fenómenos que son coherentes, es decir que encajan con sus campos de experiencia personal, pero que pueden discrepar sustancialmente de las concepciones científicas. Las características de estas ideas de sentido común o preconcepciones que tienen los estudiantes al enfrentar la educación formal, son (Driver, 1986; Gil Pérez, 1993):

- Parecen dotadas de cierta coherencia interna
- Son comunes a estudiantes de diferentes medios y edades
- Presentan cierta semejanza con concepciones que estuvieron vigentes a lo largo de la historia del pensamiento
- No son simples construcciones *ad hoc*
- Son persistentes, es decir, no se modifican fácilmente mediante la enseñanza habitual

A la luz de las consideraciones desarrolladas, un modo adecuado de orientar las actividades educativas de acuerdo con un modelo psicológico constructivista para el aprendizaje de las ciencias y con una forma científica de abordar las situaciones, podría consistir en diseñar y realizar tales actividades como "investigaciones colectivas, orientadas por el docente de modo de asegurar un abordaje coherente con el científico, en torno a situaciones problemáticas significativas, interesantes y abordables. Los estudiantes desempeñarían el papel de investigadores noveles, que se inician en la investigación científica, y el docente asumiría las funciones de un director de investigación experimentado, conocedor del tema (Gil y Carrascosa, 1985; Salinas y Cudmani, 1992)

La propuesta

El modelo propone el desarrollo de estrategias de enseñanza coherentes con un aprendizaje centrado en un proceso de indagación o investigación de situaciones problemáticas abiertas, cuyo camino de respuesta, por parte de los alumnos, debe estar debidamente orientado por el docente. A continuación citamos brevemente los aspectos fundamentales que debería incluir una propuesta de enseñanza concebida de esta manera, es decir, como investigación orientada por el docente (Gil Pérez et. al., 2005):

- *La discusión del posible interés y relevancia de las situaciones* propuestas que dé sentido a su estudio y evite que los alumnos se vean sumergidos en el tratamiento de una situación sin haber podido siquiera formarse una primera idea motivadora.
- *El estudio cualitativo, significativo, de las situaciones problemáticas* abordadas, que ayude a comprender y acotar dichas situaciones a la luz de los conocimientos disponibles, de los objetivos perseguidos... y a formular preguntas operativas sobre lo que se busca, que proporcionen una concepción preliminar de la tarea y favorezcan la implicación en un plan (que constituirá el hilo conductor o índice del tema).
- *La invención de conceptos y emisión de hipótesis* fundamentadas, susceptibles de focalizar y orientar el tratamiento de las situaciones, al tiempo que permiten a los estudiantes hacer predicciones susceptibles de ser sometidas a prueba.

- *La elaboración y puesta en práctica de estrategias de resolución*, incluyendo, en su caso, el diseño y realización de montajes experimentales para someter a prueba las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone, lo que exige un trabajo de naturaleza tecnológica para la resolución de los problemas prácticos que suelen plantearse.
- *El análisis y comunicación de los resultados*, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de estudiantes y por la comunidad científica.
- *La consideración de las posibles perspectivas*: conexión de los conocimientos construidos con otros ya conocidos, elaboración y perfeccionamiento de los productos tecnológicos que se buscaban o que son concebidos como resultado de las investigaciones realizadas, planteamiento de nuevos problemas. Todo ello se convierte, con ocasión del manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones, contribuyendo a su profundización y resaltando en particular las relaciones ciencia, tecnología sociedad y ambiente (CTSA) que enmarcan el desarrollo científico, con atención a las repercusiones de toda índole de los conocimientos científicos y tecnológicos, propiciando, a este respecto, la toma de decisiones.

Éstas orientaciones no constituyen un algoritmo que pretenda guiar paso a paso la actividad de los alumnos, sino indicaciones genéricas que llaman la atención sobre aspectos esenciales en la construcción de conocimientos científicos que, a menudo, no son suficientemente tenidos en cuenta en la educación científica.

Para el caso de ciencias como la Física, la concreción de este modelo en el aula de ciencias, es un programa-guía de actividades (PGA) sobre el tema a enseñar. Éste consiste en un conjunto de actividades que orienten y establezcan una secuencia para el alumno, que le dé sentido al trabajo. Las actividades deben ser seleccionadas de modo que, siguiendo un ordenamiento lógico adecuado, faciliten al alumno la reconstrucción compartida de los conocimientos a medida que éste se ejercita en las características propias del trabajo de un “investigador novel” (Gil Pérez y Valdés Castro, 1996). Dicha secuencia debe lograr que el estudiante sea el artífice, el protagonista de su propio avance en el proceso de aprendizaje: aportando ideas, poniéndolas a prueba en experiencias sencillas y reconstruyendo —a partir de ellas y mediante la orientación oportuna del docente— los significados científicos correspondientes.

Para su puesta en acción se puede organizar la clase en pequeños grupos de trabajo, de forma que se realicen puestas en común para cotejar y discutir los diferentes resultados y para que el docente —en permanente diálogo con los alumnos— pueda ayudar a clarificar y completar el trabajo, incluir información complementaria y orientar las actividades siguientes. De este modo, el docente cumple un rol de guía del trabajo del alumno, mediante intervenciones, preguntas, debates, etc. Esto beneficia el trabajo colectivo de los alumnos, tanto dentro de cada pequeño grupo como por la interacción entre grupos y con el docente, lo que facilita el seguimiento del proceso de aprendizaje. A su vez, se favorece de este modo la visión de ciencia en su carácter social y colectivo, y permite a los alumnos explicitar lo que llevan dentro e interaccionar con el medio.

La evaluación

La evaluación debe ser entendida como un instrumento de recapitulación, impulso y afianzamiento de los avances producidos en la resolución de una situación problemática. La orientación constructivista del modelo permite que cada actividad realizada en clase por los alumnos, constituya una ocasión para el seguimiento de su trabajo, la detección de las dificultades que se presentan, los progresos realizados, etc. Esta es una forma de evaluación extraordinariamente eficaz para incidir sobre la marcha en el proceso de aprendizaje que se produce, además, en un contexto de trabajo colectivo sin la interferencia que produce una prueba (Gil Pérez et. al., 1991).

De este modo, la evaluación adquiere un significado diferente al habitual, transformándose en una instancia de valoración permanente —por medio del contenido de los diálogos de la clase— de los avances y dificultades de los alumnos. La evaluación queda integrada de esta forma al proceso de enseñanza-aprendizaje y regula su desarrollo a lo largo de todo el proceso didáctico. En síntesis, puede decirse que "enseñar, aprender y evaluar" son tres procesos inseparables (Sanmartí y Jorba, 1995).

Esta visión no descarta las instancias de evaluación individual de los aprendizajes, sean parciales o finales, siempre que no signifiquen una ruptura o discontinuidad de algún tipo respecto a aquellas presentes en el PGA que se ha trabajado durante las clases. No se trata de poner un nuevo obstáculo a superar —potenciando el sentido de “interferencia” con el que Gil alude a la prueba habitual— sino de dar la oportunidad al alumno de demostrar lo que ha aprendido mediante actividades afines a las que ya ha estado resolviendo, por más o menos tiempo, junto a sus compañeros y el docente. El hilo conductor del PGA podría preservarse, por ejemplo, retomando cuestiones ya estudiadas o que quedaron abiertas durante el proceso de resolución del mismo. Por último, ya que la evaluación es también una instancia de aprendizaje el docente no debería privar al alumno de los ajustes necesarios con los que también contó durante las clases, como así también de la bibliografía pertinente.

Las categorías que Sanmartí y Jorba proponen evaluar —identificar objetivos, anticipar y planificar las operaciones, identificar los criterios de evaluación— ya están contempladas en el modelo didáctico de D. Gil. No obstante, el aporte de estos autores reside principalmente en los conceptos de *autoevaluación* y de *coevaluación*, actividades coherentes con el enfoque constructivista del modelo que ahora involucra directamente al alumno. Esta visión, que se diferencia del proceso evaluativo habitual que corre sólo por cuenta del docente, enriquece y complementa el modelo didáctico permitiendo "concretar" las puestas en común o los diálogos didácticos contemplados en un dado PGA.

Planificación de un PGA

La elaboración de un PGA implica por parte del docente un trabajo de investigación, creación e innovación. El PGA debe estar en constante reelaboración, es decir, debe ser flexible para atender a las necesidades, demandas o ideas de los alumnos que se planteen en su desarrollo. Se debe estructurar el hilo conductor del PGA de forma que permita a los alumnos comprender qué va a hacerse y cómo se conecta una actividad con la siguiente. El docente deberá prever especialmente sus intervenciones en aquellas actividades que podrían desorientar a los alumnos con mayor facilidad, no sólo por la dificultad intrínseca de la misma, sino también por el hecho que los estudiantes suelen estar habituados a prácticas demasiado conductistas. Así, la actitud del docente debe ser de gran receptividad hacia lo que los alumnos producen, tanto para orientar como para enriquecer el trabajo cuando las ideas de los alumnos lo demanden.

Para planificar la enseñanza de un tema, el profesor necesita disponer de un conocimiento en profundidad de la materia a tratar, entendiendo por ello un conocimiento “problematizado”, consciente de cuáles fueron los problemas que están en el origen de los conocimientos en un campo determinado, cómo se ha llegado hasta ahí, cuáles fueron las dificultades que hubo que superar y las ideas que permitieron avanzar, el contexto social y las repercusiones tecnológicas que tuvieron y tienen los estudios en dicho campo, etc. Adquirir dicha formación requiere un estudio histórico y epistemológico del campo a tratar, pero —algo fundamental— realizado con “intencionalidad didáctica” y con conocimiento práctico sobre los alumnos y el aula, con el fin de que sea útil y factible para enseñar y aprender (Duit et al., 2005; Furió et al., 2006; Verdú et al., 2002).

En el presente trabajo, el hilo conductor o camino didáctico que se siguió para orientar a los alumnos en el proceso de reconstrucción de los conceptos básicos de la teoría electromagnética se concretó mediante la elaboración de una base de orientación¹, inspirada principalmente en el desarrollo histórico de la ciencia electromagnética.

La resolución de la guía requiere conocimientos previos en electrostática y circuitos eléctricos y su desarrollo puede resumirse básicamente en dos grandes etapas (partes I y II). En la primera se proponen actividades que apuntan a una descripción puramente fenomenológica y macroscópica de las propiedades básicas de los imanes permanentes mediante el trabajo con objetos magnéticos ordinarios. Luego, se procura que el alumno formule conjeturas acerca del fenómeno magnético —cotejando y contrastando sus propias ideas frente a las de los antiguos griegos— y finalmente que las someta a prueba mediante experiencias sencillas realizables en aula.

En la segunda parte las actividades orientan al alumnado para que, a través del trabajo y análisis de las experiencias de Oersted, Ampère y Faraday, puedan reconstruir paulatinamente la relación existente entre los fenómenos eléctricos y magnéticos, primero hipotéticamente, y luego mediante la contrastación empírica de sus ideas. Por último, se estudian y analizan las implicancias tecnológicas de los principios estudiados a lo largo de la unidad.

Finalmente, cabe mencionar que la tarea más ardua en la elaboración de actividades coherentes con el modelo de D. Gil ha resultado la redacción de enunciados coherentes con el enfoque constructivista de la propuesta. De hecho, la dificultad más frecuentemente observada en los prácticos del curso de Didáctica del año 2008 fue el hecho de que las actividades estaban “demasiado guiadas o conducidas”. El instrumento óptimo que ha permitido evaluar y mejorar este aspecto fueron las correcciones de la profesora a los trabajos prácticos que luego fueron discutidas en clase.

¹ La base de orientación se detalla en el Apéndice.

CAPITULO 2: PROGRAMA-GUÍA DEL DOCENTE

Parte I: Magnetismo

¿Cómo funcionan los imanes?

¡De interés para los alumnos...!

Para aprender el tema que comenzamos a estudiar hoy, vamos a trabajar con actividades que nos ayudarán a aproximarnos a las características del trabajo de la comunidad científica. Dichas actividades son las que se enuncian en este Programa Guía que les ofrezco.

Nuestra metodología de trabajo en el aula será la siguiente: se agruparán en equipos de 3 o 4 alumnos como máximo y debatiremos nuestras ideas entre todos. Además, es muy importante que vayan registrando en forma permanente y ordenada en sus carpetas todo el trabajo que vayamos realizando dentro del equipo, así como las ideas que van surgiendo en el grupo y en toda la clase sobre las diferentes actividades. Particularmente, para cada actividad debieras registrar qué discutes en tu grupo de trabajo, las mediciones que hagan, a qué conclusiones llegan entre todos y todo aquello que te parezca interesante de lo tratado en clase. También lo que el docente anota en el pizarrón.

Propiedades de los imanes

Los fenómenos magnéticos son los que mayor curiosidad han despertado en el hombre desde épocas remotas. En China, antes del siglo I de nuestra era, ya se sabía de la existencia de unos minerales a los que denominaron "piedras amantes" por su propiedad de atraer al hierro. También los antiguos griegos conocían estos minerales a los que dieron el nombre de piedras de Hércules. De este modo, a lo largo de los siglos, se fueron acumulando observaciones sobre los imanes, bastante de las cuales forman ya parte de la experiencia cotidiana.

Actividad 1. Reflexionemos todos juntos analizando la siguiente cuestión: ¿qué interés puede tener hoy el estudio del magnetismo? Discuta qué artefactos de su hogar utilizan imanes para su funcionamiento y qué otras aplicaciones tecnológicas de los imanes usted conoce.

Comentarios A.1: Iniciar la primera clase comentando la importancia del estudio planteado, contribuye a que los estudiantes comiencen a formarse una concepción preliminar de la situación problemática a tratar y a motivarlos, ilusionándolos en el proceso de respuesta de la misma. Al mismo tiempo, se procura generar interés hacia el tema proponiendo una toma de conciencia de las relaciones CTSA. Posibles respuestas de los alumnos podrían ser las siguientes: *la brújula, un tren en Japón que viaja sobre imanes, la búsqueda de alfileres caídos en el piso. También se utilizan en adornos para la heladera, tableros de automóviles y fabricación de parlantes. La punta de algunos destornilladores tienen magnetismo y también los burleros de las puertas de las heladeras. Cintas de audio o video y disquetes. El monitor de la computadora también se magnetiza...*

Actividad 2. Para la clase de hoy ustedes trajeron imanes y objetos sencillos, pero de materiales diversos: un clavo, una moneda, una cucharita, un clip, una goma de borrar, un cospel, un vaso con agua, etc.

¿Cómo describiría las características de la atracción que un imán ejerce sobre los diferentes objetos? ¿Cómo clasificaría tales objetos? Realice experiencias incluyendo otro imán entre los objetos utilizados.

Comentarios A.2: Se pretende que el alumno identifique las características de la atracción magnética desde una perspectiva fenomenológica: la existencia de objetos que son atraídos y otros que no, la existencia en los imanes de zonas de mayor o menor “fuerza magnética” (polos), la existencia de fuerzas de repulsión entre imanes, etc. De esta manera se favorece la introducción de fenómenos referidos a conceptos como el de “polos” de un imán, etc. Algunas preguntas que el docente podría aportar para orientar el trabajo de los alumnos podrían ser: *¿Hay una interacción entre el imán y el objeto? ¿Cómo es? ¿Es igual para todos los objetos? ¿Es igual en todo el imán? ¿Cómo se modifica la situación en el caso de que el objeto sea otro imán?* Posibles respuestas de los alumnos podrían ser: *el imán no atrae a todos los objetos. Puedo armar una cadena de alfileres. Cuando utilizo dos imanes distintos veo algo nuevo: aparece la repulsión. Los imanes pueden repelerse o atraerse según cómo los coloqué...*

Actividad 3. *¿Qué cree que sucedería si partimos un imán en varias partes? Realice la experiencia.*

Comentarios A.3: Por último, se orienta el trabajo de los grupos hacia la constatación de una importante propiedad de los imanes naturales que aún no ha sido verificada: la inseparabilidad de los polos magnéticos. Para ello el docente podría añadir: *¿Creen que los pedacitos obtenidos seguirán manteniendo las mismas propiedades que el imán original?* La justificación de esta propiedad es planteada más adelante (cfr. Losano y Parietti, 2005) cuando los estudiantes ya se encuentran en condiciones de formular hipótesis acerca de la naturaleza microscópica de la atracción magnética (véase A.20). Posibles respuestas pueden ser: *El imán deja de funcionar. ¡Nooo!: yo una vez rompí uno y me quedé con dos imanes más chiquitos.... pero más débiles. Cada pedacito va a tener polos...*

Actividad 4. *Ahora daremos a conocer nuestros hallazgos y nos enteramos del trabajo de nuestros compañeros. Hacemos una “puesta en común” donde debatimos los resultados que han obtenido los diferentes grupos en las actividades 2 y 3.*

Hemos examinado las propiedades magnéticas de diferentes materiales, muchas de las cuales son conocidas desde la antigüedad. Sin embargo, a la ciencia le llevó muchos siglos más explicar qué es lo que los hace a los imanes funcionar de esta manera tan curiosa.

Actividad 4.bis *¿Tú te has imaginado alguna vez cómo es que se produce el fenómeno de atracción? ¿Qué preguntas te parece que deberíamos intentar responder para profundizar en la comprensión acerca de cómo funcionan los imanes?*

Comentarios A.4 bis: Es la actividad más creativa y difícil para los alumnos. Convendrá que la intervención docente oriente el diálogo para que los alumnos focalicen su atención en los elementos fundamentales que intervienen en toda interacción magnética: un imán, un objeto y quizá algo más.... Posibles planteos de los alumnos podrían ser: *¿Cómo funciona un imán? ¿De dónde saca esa fuerza que tiene? ¿Qué tiene adentro? ¿Por qué atrae a unos objetos y a otros no?*

Las etapas que a modo de estrategia seguiremos para avanzar en el problema acerca de cómo funcionan los imanes, será:

1. Elaboración de un modelo macroscópico de atracción magnética.
2. Puesta a prueba de los modelos elaborados.
3. Aplicaciones tecnológicas del magnetismo.

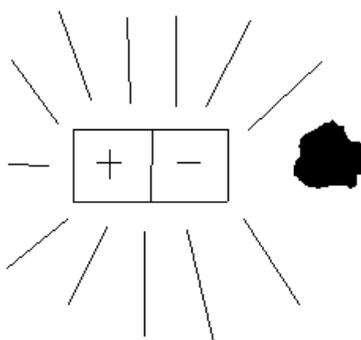
1. Elaboración de un modelo macroscópico de la atracción magnética

Actividad 5. Retomemos el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas a en la actividad 2, pero ahora procurando tener una mirada “más científica” de las mismas, es decir, formulando conjeturas o “hipótesis” acerca de cómo se produce el fenómeno de atracción.

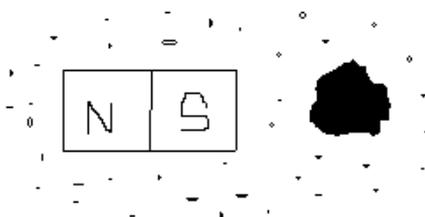
¿Qué ideas le sugieren, acerca del fenómeno de atracción, los resultados de las experiencias realizadas en la actividad 2? Descríbalas verbal y gráficamente, con el mayor detalle posible.

Comentario A.5: Esta actividad es ocasión para que los alumnos comiencen a explicitar funcionalmente sus ideas acerca de la naturaleza de los imanes, realicen hipótesis, tomen decisiones, busquen bibliografía y precisen el problema. Se procura además que los alumnos tomen conciencia sobre sus posibles preconcepciones erróneas acerca de la interacción magnética. En esta instancia, podría resultarle de utilidad al docente el conocimiento didáctico sobre las preconcepciones de los alumnos sobre los fenómenos magnéticos. Estudios acerca de éstas (Guisasola et. al., 2003) muestran que en general los alumnos suponen la existencia de algún medio que sirva de soporte para la interacción magnética. Por tal razón el docente podría orientar la aparición de estos modelos preguntando: *¿Será necesario que exista “algo” entre el imán y el objeto para que se produzca la interacción magnética? ¿Qué se imagina? ¿Recuerda usted algún otro fenómeno de “interacción a distancia” que pudiera ayudarle a resolver esta cuestión?* Posibles respuestas a esta actividad podrían ser:

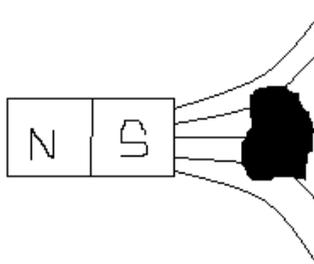
- a. *Hace falta que el imán esté cargado eléctricamente*



b. *Hace falta que el imán emita “algo” que llegue hasta el objeto y lo atraiga.*



c. *Hace falta que las líneas de fuerza magnética “toquen” al objeto.*



2. Puesta a prueba de los modelos elaborados

a) La concepción “eléctrica” del magnetismo

Actividad 6. (opcional) Hemos analizado teóricamente nuestras ideas sobre los fenómenos de atracción que hemos observado. Ahora debemos someter a prueba las hipótesis formuladas.

Conciba varios dispositivos para estudiar si el imán podría tener carga eléctrica.

Comentarios A.6: la actividad podría llevarse a cabo en el caso de que hubiese varios alumnos que razonaran el fenómeno en base a la “concepción eléctrica” del magnetismo. Si los alumnos ya han visto el capítulo de electrostática, es posible que aún recuerden con claridad el concepto de atracción y repulsión eléctrica y pretendan extrapolarlo al caso de las interacciones magnéticas para dar una explicación del fenómeno (es usual que los alumnos confundan magnetismo y electricidad). Por idéntica razón, los alumnos no deberían tener mayores dificultades en el diseño de alguna experiencia para verificar la existencia o no de carga eléctrica en los imanes, por ejemplo, conectando el imán a un electroscopio sencillo, un dispositivo que posiblemente ya hayan estudiado en el capítulo de electrostática. No obstante, esta actividad puede obviarse si la “concepción eléctrica” del magnetismo no aparece en escena al realizar la actividad 5.

b) la hipótesis de las “emanaciones magnéticas”

Entre las primeras interpretaciones del magnetismo, se encuentra la de Tales de Mileto (624-546 a.C.), que consideraba que los imanes poseían alma; Empédocles (483-430 a.C.), por su parte, explicó la atracción magnética atribuyéndola a ciertas emanaciones materiales” del imán y del hierro. Esta idea sería luego desarrollada por los "atomistas", entre los que se destacó Lucrecio.

Actividad 7. Lea el siguiente texto extraído y adaptado de “De la naturaleza de las cosas” del pensador latino Lucrecio Caro (96-55 a.C.).

La acción de una piedra imán sobre el hierro es debida a las emanaciones de átomos, que al salir del imán y desplazar al aire circundante, crean el vacío. Las partículas de hierro deben precipitarse a ese vacío de modo semejante a como el viento arrastra una embarcación. Los imanes no actúan sobre todos los cuerpos, como por ejemplo los hechos de oro, que obstaculizan el camino a las emanaciones magnéticas.

a) Comente si está de acuerdo con esas explicaciones y proponga, en su caso, otras teorías alternativas mejores. Plantee también las dudas que surjan.

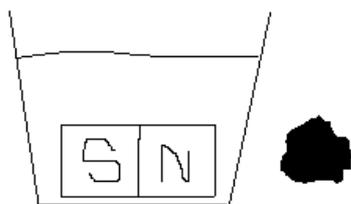
b) Hacemos nuevamente una puesta en común donde debatiremos los resultados que han obtenido los diferentes grupos en las actividades 5, 6 y 7a.

Comentarios A.7: Trabajamos sobre la segunda hipótesis (b) o “concepción atomista” de los fenómenos magnéticos. A través del análisis de un texto histórico se busca que el alumno ponga a prueba sus propias ideas, las defienda o las descarte. De este modo se enriquece la puesta en común introduciendo intencionalmente una concepción errónea sobre el fenómeno (“algo” sale del imán) si es que ésta no apareció explícitamente en la actividad 5. La introducción de esta concepción errónea es con el fin de que alumnos constaten cómo las ideas científicas van evolucionando con el tiempo y que los fenómenos “no nos hablan” directamente o por sí mismos. Resulta a la vez interesante y motivador para el alumno constatar que tales interpretaciones, aún precarias, muchas veces resultan similares o incluso las mismas que ellos se forjan ante una primera aproximación al análisis de un determinado fenómeno físico.

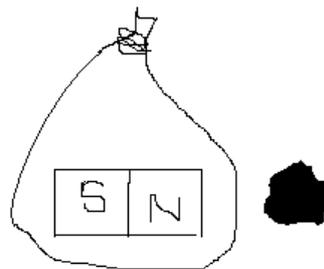
Actividad 8. Ahora que ya hemos discutido las ideas de Lucrecio sobre los fenómenos de atracción, debemos someter a prueba las hipótesis formuladas.

¿Qué experiencias diseñaría usted para probar la existencia o no de emanaciones magnéticas? ¿Cómo relacionaría lo observado con la posible existencia de tales emanaciones? Justifique su respuesta.

Comentarios A.8: El objetivo es cuestionar directamente la concepción atomista de las interacciones magnéticas introducida en el aula en la actividad anterior. De esta manera se retoman las concepciones previas del alumno pero proponiéndole un abordaje más científico de su experiencia con imanes, en este caso, la contrastación experimental de las hipótesis que él ha construido. El docente podría preguntar, por ejemplo: *¿Qué imagina usted que ocurriría con la atracción magnética de un imán si se interpone “algo” entre éste y el objeto atraído?* De esta forma se orienta a los alumnos para que diseñen experiencias acordes a sus ideas sobre las emanaciones materiales, por ejemplo, interponiendo “barreras” de distinto tipo entre el imán y el objeto y constando luego si la atracción magnética del imán disminuye o no. En efecto, si fuese cierto que “algo” sale del imán, éste dejaría de funcionar o al menos algo debería cambiar. Posibles diseños que podrían esperarse podrían ser: envolver el imán con papel, colocarlo dentro de una bolsa de nailon, dentro de un frasco con agua, etc.



Imán dentro de un vaso con agua



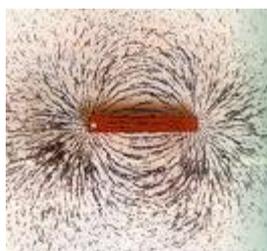
Imán dentro de una bolsa

Actividad 9. Realice las experiencias diseñadas en la actividad anterior anotando e interpretando las observaciones. Luego comentamos con nuestros compañeros los resultados obtenidos en las actividades 8 y 9.

c) La hipótesis de las “líneas de fuerza”

Actividad 10. Hemos cuestionado la concepción atomista de las interacciones magnéticas poniendo a prueba nuestras ideas. Ahora procederemos de manera similar pero con respecto a otra de las hipótesis que hemos discutido en la **actividad 5**: la existencia de líneas de campo magnético en el espacio cercano a un imán. Para ello realizamos la siguiente experiencia:

Realice la experiencia que se muestra en la imagen solicitando al profesor los elementos que considere necesarios.



¿Cómo describiría lo observado? ¿De qué forma lo explicaría? Ponemos en común nuestras ideas con el resto de los equipos.

Comentarios A.10: Se propone el estudio cualitativo de la experiencia con limaduras de hierro con el objeto de poner a prueba la hipótesis sobre la existencia “real” de líneas de campo magnético. De esta manera se manifiesta una vez más el uso flexible y no lineal de los lineamientos propuestos por el modelo para la introducción de conceptos teóricos de D. Gil Pérez. A continuación se presenta un diálogo hipotético (muy deseable por cierto) que podría resultar en el aula a raíz de la actividad planteada. Las preguntas que se ponen en boca del docente podrían ser de utilidad para éste último a fin de orientar la reflexión de los alumnos si fuese necesario. El docente debe hacer notar en todo momento que las ideas de los alumnos surgidas del diálogo no son “conclusiones directas” de las observaciones sino sólo conjeturas que posteriormente deberán ponerse a prueba.

- **D:** ¿Se ven las líneas del campo magnético?
- **A1:** En realidad no. Lo que vemos son las limaduras de hierro que forman un dibujo de lo que emite el imán...
- **A2:** ¿Pero no habíamos quedado en que el imán no emite nada?
- **D:** Es verdad. Entonces ¿qué es lo que vemos realmente?
- **A2:** Vemos que las limaduras se acomodan sobre “caminitos o líneas” que entran y salen del imán...
- **D:** ¿Qué quiere decir con que: “las limaduras se acomodan”?
- **A1:** Que el imán hace fuerza sobre las limaduras...
- **D:** entonces ¿qué podrían representar las líneas observadas?
- **A1:** Representan las fuerzas que sienten las limaduras...
- **D:** ¿Y qué más puede decirse del esquema formado por las limaduras?
- **A2:** Bueno...se ve que hay una gran concentración de limaduras en los extremos y pocas en el centro...
- **D:** ¿Y qué podría significar esa acumulación de limaduras en los extremos del imán?
- **A1:** Parece que el imán tiene más fuerza en las puntas...

Para realizar la experiencia debe contarse con un imán recto que luego se cubre con una cartulina; luego se espolvorea la hoja con limaduras de hierro y por último se golpea suavemente con un lápiz para que se acomoden las limaduras. El docente puede intervenir aportando algunas de las preguntas o comentarios disparadores que aparecen en el diálogo hipotético detallado arriba. No sería extraño, tal vez, que en el diálogo aún persista el modelo de “emanación” subyacente en los razonamientos pues las ideas pre-científicas pueden estar muy arraigadas y no se modifiquen de una actividad a la siguiente.

En 1813, Michael Faraday (1791-1867), contando entonces con 23 años y siendo aprendiz de encuadernador, fue contratado por Davy como su ayudante en la Royal Institution. Faraday, sin lugar a dudas uno de los grandes genios de la física, tenía un tremendo poder de visualización, el cual, al combinarse con su gran paciencia y habilidad observacional, lo llevó a una vida de descubrimientos casi sin paralelo en la historia de la ciencia. Así, en 1831 descubrió la inducción electromagnética, que veremos más adelante en nuestro trabajo. Indudablemente fue su capacidad de “ver” las líneas de fuerza que salían del imán lo que le permitió observar este fenómeno en diez días de febril investigación. En sus propias palabras:

"... se describieron y definieron ciertas líneas alrededor de una barra imán, aquellas que se visualizan esparciendo limaduras de hierro en la vecindad de éste y se reconocieron como descripción precisa de la naturaleza, condición, dirección e intensidad de la fuerza en cualquier región dada, dentro y fuera de la barra. Esta vez las líneas se consideraron en abstracto. Sin apartarse en nada de lo dicho, ahora emprendemos la investigación de la posible y probable existencia física de tales líneas..."

Actividad 10.bis Teniendo en cuenta las palabras que el mismo Faraday dejó registradas entre sus notas de laboratorio...

¿Qué características del trabajo científico puedes identificar en su trabajo de investigación?

Posteriormente Faraday elaboró la teoría de campo, uno de los conceptos o “abstracciones” más fructíferas en la historia de la Física.

3. Aplicaciones tecnológicas del magnetismo

Los antiguos chinos construyeron diversos objetos con el mineral de magnetita. Quizás, el más popular de ellos sea la brújula. En sus orígenes y durante mucho tiempo fue usada principalmente por los viajeros, para orientarse en las expediciones y en los viajes por tierra. Más tarde, comenzaron a utilizarla los constructores de monumentos y casas, para orientarse en los terrenos destinados a esas construcciones y para confeccionar los planos correspondientes. Sólo después de la generalización de su uso terrestre, se emplearon brújulas en la navegación marítima. Si el barco abandonaba su derrotero y se apartaba de la costa, los navegantes debían apelar, para fijar su rumbo, a la posición de los astros. Pero esa orientación geográfica podía confundirse durante el día, aún más si las nubes no permitían fijar correctamente la posición del sol. Con las brújulas, el rumbo se corregía tanto de día como de noche. Fue entonces cuando empezaron a aparecer los mapas náuticos con indicaciones precisas sobre la dirección que debía seguir una nave según los puntos cardinales.

Actividad 11. A pesar del paso de los siglos y de que el hombre moderno cuenta con dispositivos tecnológicos más sofisticados, la brújula sigue siendo aún de mucha utilidad.

- a) *¿Cómo cree usted que funciona? Explíquelo con sus palabras.*
- b) *Compare sus argumentos con lo encontrado en libros, internet, etc.*
- c) *Profundice su explicación y comente por escrito los nuevos aportes que realizó a su primera explicación.*

Comentarios A.11: Las respuestas que se esperan son: *la aguja magnética de una brújula se orienta aproximadamente en dirección norte-sur debido a la existencia del campo magnético terrestre. La tierra se comporta como un gran imán. Yo también ví en “Discovery Channel” que las aves migratorias a veces se orientan en sus viajes siguiendo las líneas de campo magnético terrestre, como si tuvieran dentro una brújula...*

Actividad 11.bis La profundización en nuestro estudio acerca del comportamiento de este antiquísimo instrumento que es la brújula puede llevarnos a considerar algunas de las interesantes relaciones que tiene el magnetismo con otras áreas de la ciencia, tales como la geología, la geografía, la historia, la biología, etc.

Lee y comenta el siguiente texto:

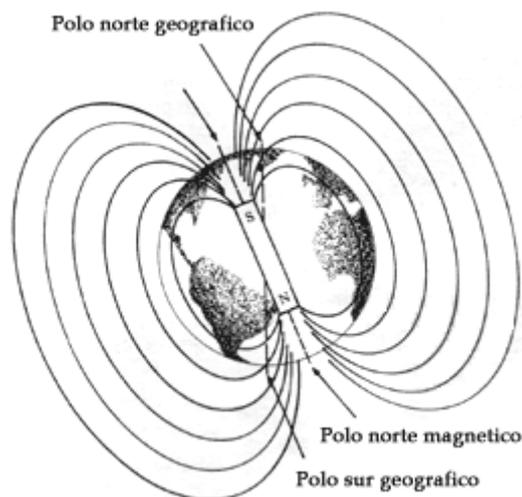
¿Sabías que la tierra se comporta como un gran imán?

El hecho de que una brújula adquiera, aproximadamente, la dirección geográfica norte-sur revela la existencia de un campo magnético en la tierra. En otras palabras, la Tierra se comporta como un gran imán, genera un campo magnético y toda brújula puede considerarse como un imán de prueba colocado en el campo terrestre, que fija la posición de sus líneas de fuerza y se orienta según la fuerza magnética terrestre. Fué el físico inglés William Gilbert (1544-1603) el primero que sugirió, en el año 1600, que la tierra se comportaba como un imán.

Para estudiar el campo magnético terrestre es preciso determinar, básicamente, dos elementos:

- *la dirección de las líneas de fuerza de ese campo*
- *su intensidad en cada punto*

Los estudios revelan que el norte magnético se encuentra a 1200 km del polo norte geográfico. Esto se debe a que el eje magnético no está alineado con su eje de rotación. Aunque aún no se sabe con certeza porqué la tierra se comporta como un gran imán, se piensa que podría ser causado por la presencia de corrientes eléctricas generadas en el núcleo terrestre. Se denomina geomagnetismo a la disciplina que se ocupa del estudio del campo magnético de la tierra. Los estudios geomagnéticos son particularmente importantes para la determinación de yacimientos geológicos de diferentes minerales y también para comprender y prever ciertos fenómenos atmosféricos. Los estudios realizados por los geólogos permiten afirmar que los polos magnéticos terrestres habrían cambiado su orientación varias veces a lo largo de la historia del planeta.



Actividad 12. Ahora que hemos aprendido un poco más acerca del funcionamiento de este antiquísimo instrumento...

- ¿Cuál esperaría usted que fuese su comportamiento en el espacio que rodea a un imán?*
- Realice la experiencia anotando y dibujando sus hallazgos.*

Comentarios A.12: Esta actividad permite visualizar que las líneas de fuerza “lleen” todo el espacio tridimensional que circunda al imán y no sólo las zonas de la cartulina donde se ven limaduras. Se intenta que los alumnos constaten que la aguja magnética se comporta como las astillas o limaduras de hierro de la actividad 10, es decir, que la orientación de la aguja se corresponde con el diagrama de líneas confeccionado sobre cartulina. Los alumnos deberían constatar que cualquiera sea la posición en donde la coloquemos, ésta gira y se coloca en la dirección de las líneas de fuerza. Y lo hace tanto más rápido cuanto más cerca estamos de los extremos del imán. El docente podría orientar al alumnado comentando: *¿Se acuerdan del diagrama de limaduras de la actividad 10? Bien, entonces podríamos pensar que ahora la aguja magnética se comporta como una pequeña “limadura móvil”. Luego... ¿Cómo piensan que se comportará al acercarla a las diferentes zonas del imán? Intenten verlo...¿La aguja detecta magnetismo en todo el espacio que rodea al imán? ¿Qué ocurrirá si nos alejamos demasiado de éste...?*

Actividad 13. Hemos corroborado nuevamente la existencia de líneas de fuerza en las cercanías de un imán, tal como hicimos en la actividad 10, pero ahora mediante el uso de un instrumento más adecuado. Teniendo en cuenta todo lo que hemos aprendido hasta el momento, estamos ya en condiciones de realizar la siguiente actividad de trabajo individual:

Realice un diseño para la construcción de una brújula casera describiendo con el mayor detalle posible las etapas a seguir y los materiales a utilizar.

Comentarios A.13: Antes de empezar con el estudio de las relaciones entre la electricidad y el magnetismo, resulta conveniente llevar a cabo una evaluación integradora que dé cuenta de lo visto hasta el momento (ver apéndice). Esta actividad resulta interesante en cuanto requiere la integración de varios de los contenidos conceptuales adquiridos hasta el momento (propiedades básicas de los imanes, materiales magnéticos y no magnéticos, imantación, líneas de campo, principio de funcionamiento de la brújula, etc.) y que pueden ser aplicados en una situación problemática nueva y abierta. Al mismo tiempo requiere creatividad e ingenio por parte del alumno. El fundamento de una actividad evaluativa en esta instancia del programa-guía, es que no sólo se cierra una etapa de trabajo en que conviene hacer una síntesis, sino que además nos hallamos en un punto de inflexión en la progresión del aprendizaje de los alumnos sobre la concepción de los fenómenos magnéticos (Guisasola et. al., 2003). A partir de la siguiente actividad y hasta el final de la guía se procurará que los estudiantes inicien el camino de reconstrucción de las nociones científicas derribando paulatinamente el muro conceptual con que en general separan a los fenómenos eléctricos de los magnéticos, tal como históricamente aconteció en la comunidad científica a partir de la experiencia de Oersted.

Actividad 13.bis *Tienes como tarea para el hogar la construcción de la brújula que has diseñado y que deberás traer la clase próxima. Además, para estar mejor preparado para realizar las actividades que comenzaremos, no olvides repasar el capítulo de electricidad y traer los apuntes que tengas de ese tema.*

Parte II: Electricidad vs. Magnetismo

¿Existe relación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos?

Actividad 14. Ya antes de descubrir las corrientes eléctricas, los investigadores sospechaban que los fenómenos eléctricos y los magnéticos eran esencialmente semejantes. Para analizar más detenidamente esta cuestión, conviene ahora hacer un repaso del capítulo de electricidad para luego resolver lo siguiente:

¿Qué puede decirse acerca de las similitudes y diferencias entre la electricidad y el magnetismo? ¿Están relacionados? Anote sus comentarios considerando lo que se ha estudiado hasta ahora sobre el magnetismo.

Comentario A.14: El docente puede sugerir la construcción de un cuadro comparativo de la electricidad y el magnetismo que muestre las principales similitudes y diferencias para facilitar a los alumnos la reflexión sobre las relaciones entre ambos fenómenos. El docente podría iniciar la reflexión proponiendo: *en electrostática habíamos visto la existencia de las “cargas eléctricas” y en magnetismo la existencia de “polos magnéticos”... ¿en qué aspectos le parece que se asemejan? ¿en qué aspectos le parece que difieren?* Posibles comentarios de los alumnos podrían ser: *las cargas eléctricas de igual signo se repelen y de signo contrario se atraen: algo similar ocurre con los polos. Las cargas eléctricas pueden separarse, los polos magnéticos siempre están juntos. La electricidad y el magnetismo funcionan parecido en algunas cosas, pero en otras no: un imán no tiene carga eléctrica y sin embargo atrae cosas.... También vimos que una carga eléctrica tiene campo eléctrico y no magnético.*

Esta actividad permitirá plantear luego a toda la clase una pregunta que en lo sucesivo guiará el trabajo de los equipos: ¿existe relación entre electricidad y magnetismo o son fenómenos separados?

Actividad 15. Inspirándose en algunas de las consideraciones hechas en la actividad anterior, en el siglo XVIII el científico americano Benjamín Franklin observó que, durante una tormenta eléctrica, un rayo parecía conferir propiedades magnéticas a objetos metálicos.

¿Cómo habrá sido posible? Imagine lo ocurrido, ensaye una posible explicación para este fenómeno y diseñe una experiencia sencilla para someterla a prueba.

Actividad 16. Compare los resultados obtenidos con las hipótesis formuladas ¿Qué conclusiones puede sacar?

Al finalizar nuestra actividad grupal, hacemos una puesta en común para comentar y enterarnos de los trabajos hechos en los otros grupos del aula.

Comentarios A.15 y A.16: Nuestra intención ahora es que los alumnos lleven a cabo la experiencia de Oersted, que resultó fundamental en la historia del electromagnetismo. Estas actividades constituyen unas de las más importantes dentro de la guía puesto que son las primeras que permiten sospechar una relación “fuerte” entre electricidad y magnetismo; concretamente, que los fenómenos eléctricos generan fenómenos magnéticos. Posibles respuestas de la actividad 15 podrían ser: *un rayo puede magnetizar objetos porque es muy fuerte. Mucha electricidad junta puede hacer eso. Es necesario que el rayo le pegue al objeto,*

como ocurre con los pararrayos al caer un rayo: entonces podríamos hacer circular mucha corriente por un objeto de metal y luego vemos si se vuelve magnético... Dado el grado de apertura de las actividades el docente deberá prever y regular sus intervenciones a fin de orientar el razonamiento de los alumnos en la dirección adecuada. Si el diseño de una experiencia que intente simular la realizada por Franklin resulta muy dificultosa para los alumnos, el docente podría intervenir con preguntas orientadoras del tipo: “¿Cómo podríamos averiguar si un rayo tiene campo magnético?” o “¿Cómo se les ocurre que podríamos simular un rayo en el laboratorio, aunque sea débil?”. A los grupos que hayan avanzado un poco más en el diseño se les podría preguntar directamente: “¿Cómo podríamos averiguar si tiene campo magnético un cable con corriente?”, “¿Qué instrumento “detector de magnetismo” se le ocurre que podríamos utilizar?”. De todo lo que pueda surgir durante el intercambio dialógico entre los grupos y de los grupos con el docente, resulta fundamental “sacar en limpio” y hacer explícita la idea de que la carga en movimiento (corriente eléctrica) es fuente del campo magnético.

La confirmación definitiva de las conclusiones que hemos obtenido en nuestra investigación, es decir, de que efectivamente existe una relación entre la electricidad y el magnetismo, se produjo con la aparición de un artículo de Hans Christian Oersted (1777-1851), en julio de 1820. Luego de varios años de intentos, este brillante científico dinamarqués logró hacer perceptible con toda claridad la acción de la corriente eléctrica sobre una brújula. Se hizo evidente entonces que **la carga en movimiento (corriente eléctrica) es fuente del campo magnético.**

Tras los pasos de Ampère y Faraday

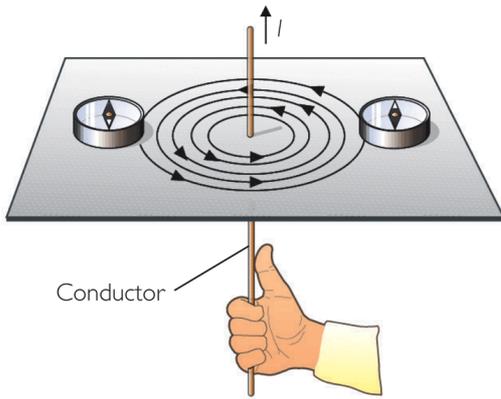
1. Elaboración de un modelo microscópico para el magnetismo

Los experimentos de Oersted despertaron la curiosidad de otros científicos y que comenzaron a realizar una serie de importantes experiencias referidas al tema. Entre tales investigadores se encuentra el francés André Ampère (1775-1836), uno de los físico-matemáticos más importantes de la época que, entre otras cosas, estudió el magnetismo generado por hilos conductores dispuestos de diferentes formas.

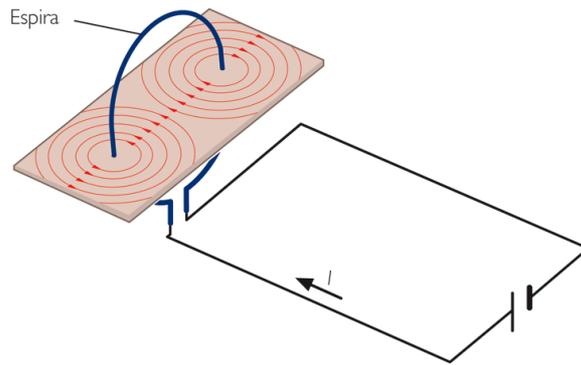
Actividad 17. *¿Cómo estudiaría usted las líneas de campo magnético generado por un alambre por el que circula corriente eléctrica? ¿Qué piensa usted que ocurriría con tales líneas si el alambre es doblado de diferentes formas? Describa verbal y gráficamente los casos que se imagina y verifique sus ideas diseñando experiencias.*

Comentarios A.17: Se pretende que los alumnos reconstruyan el modelo de Ampère para el magnetismo, estudiando primero el campo magnético de conductores sencillos y luego comparándolos con el correspondiente a los imanes naturales. Posibles respuestas: *yo utilizaría una brújula como hicimos antes. En el caso de un cable tenemos un campo circular a su alrededor y si lo doblamos, las líneas de campo también se van a doblar...*

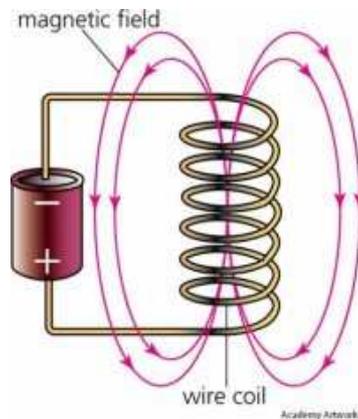
Entre los dispositivos estudiados por Ampère se encuentra el “solenoides”. Éste consiste simplemente en un alambre conductor plegado en forma de espiral. Su campo magnético es equivalente al de un gran número de espiras de corrientes superpuestas coaxialmente. Sus hallazgos se esquetizan en las siguientes figuras:



Conductor lineal de corriente



Espira de corriente



Solenoides

Actividad 18. Compare los resultados de Ampère con aquellos obtenidos en la actividad anterior. ¿Qué puede decir acerca de ellos? Anote sus conclusiones.

Actividad 19. Teniendo en cuenta lo visto hasta el momento, ya estamos en condiciones realizar un estudio comparativo y cualitativo de los diferentes campos magnéticos estudiados, por ejemplo, pensando en las similitudes y diferencias que existen entre el campo magnético de un imán natural y el generado por diferentes configuraciones de alambres con corriente.

¿Qué puede decir acerca de los campos magnéticos estudiados? ¿Cómo relacionaría sus conclusiones con lo que podría suceder dentro de un imán para que tenga sus propiedades especiales?

Comentarios A.19: Se busca que los alumnos adviertan la similitud existente entre el campo de un solenoide y el de un imán de barra (actividad 10) y que luego emitan hipótesis acerca de la estructura interna de los imanes. Puesto que seguramente a los alumnos les costará imaginar un modelo de corrientes microscópicas a partir observaciones macroscópicas (Losano y Parietti, 2005), el docente podría intervenir comentado: ...*vemos entonces que dentro de un imán pasa lo mismo que dentro de una bobina, pero... ¿de dónde sale esa corriente? ¿qué hay adentro de un imán? En química habíamos visto cómo era la constitución interna de la materia... y hablamos de los electrones ¿se acuerdan...?*

2. Puesta a prueba del modelo elaborado

Actividad 20. Veamos ahora si efectivamente la interpretación eléctrica de los fenómenos magnéticos, es decir, nuestro “modelo microscópico para el magnetismo”, tiene capacidad para explicar las propiedades macroscópicas de los imanes.

Teniendo en cuenta la hipótesis de Ampère sobre la posible estructura interna de los imanes ¿podría justificar alguna de las propiedades vistas al comienzo de nuestro estudio?

Comentarios A.20: El fin de la actividad es que los alumnos pongan a prueba el modelo para el magnetismo que ellos mismos han construido. El debate sobre la propiedad de inseparabilidad de los polos magnéticos puede resultar particularmente fructífero para que los alumnos refuercen sus hipótesis acerca de la naturaleza microscópica de las corrientes eléctricas dentro de un imán natural. El docente podría proponer: *en la actividad 3 habíamos visto que los polos de un imán no pueden separarse, que al romper un imán obtenemos dos más y así sucesivamente... ¿cómo relacionarían esta propiedad con nuestro modelo microscópico?*

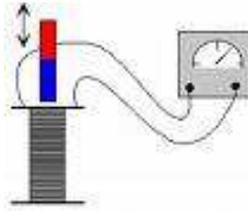
A partir de un estudio similar al que hemos hecho, fue como Ampère concluyó que el magnetismo era el resultado de minúsculas corrientes que circulaban en torno a las moléculas. En el hierro no magnetizado —afirmó Ampère— existía una infinidad de corrientes moleculares orientadas al azar, es decir, en todas direcciones. Cuando el hierro era imantado, todas las corrientes se orientaban en el mismo sentido. En el acero, la imantación persistía porque las corrientes moleculares permanecían paralelas. En cambio, en el hierro, si la fuerza magnetizante dejaba de actuar, las corrientes volvían a su posición desordenada original. De esta forma, Ampère consiguió explicar el estado magnético de la materia. Sin embargo, como en su época no se conocía la existencia del electrón, Ampère no tuvo forma de probar su teoría, que permaneció sin verificación durante casi un siglo.

¿Se podrá generar electricidad usando imanes?

Actividad 21. En las actividades anteriores vimos que si hacíamos circular corriente eléctrica por un cable conductor, era posible generar efectos magnéticos en su entorno...

¿Piensa usted que es posible realizar el procedimiento inverso, es decir, utilizar imanes para producir corrientes eléctricas? Idee formas para estudiar sus conjeturas y registre las observaciones.

Comentarios A.21: Se propone la realización de la experiencia de Faraday buscando principalmente que los alumnos concluyan que, así como a partir de corrientes eléctricas se generan efectos magnéticos, también a partir de efectos magnéticos variables se generan corrientes eléctricas. En síntesis, que ambos fenómenos están íntimamente relacionados. Algunos comentarios orientadores del docente podrían ser: *¿Cómo piensan que lo podrían probar? Ahora les entrego un imán, un cable conductor y un amperímetro ¿Qué se imagina que puede hacer con ellos? Realice la experiencia ¿Cuándo registra corriente el amperímetro? Ustedes dicen que al mover el imán el amperímetro registra corriente. Y si dejan quieto el imán... ¿qué pasa? El efecto podría verse mejor si hacemos que muchos cables a la vez sientan el magnetismo de imán ¿qué dispositivo se le ocurre para ello? ¿una bobina...?*



Actividad 22. Con la actividad anterior hemos terminado de establecer la relación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos. Por tal razón, resulta ahora conveniente detenernos un momento y reflexionar individualmente acerca de lo que hemos aprendido hasta ahora.

Teniendo en cuenta lo aprendido hasta ahora ¿qué puede decir acerca de la relación entre la electricidad y el magnetismo? Elabore un texto justificando sus conclusiones y comparándolas con lo visto en la actividad 14.

Comentarios A.22: Se cierra el tema con una actividad de evaluación de la comprensión alcanzada hasta el momento, solicitando una recapitulación de los aspectos más destacados del tratamiento realizado (ver apéndice). El objeto es favorecer una meta-reflexión que refuerce la apropiación de los conocimientos adquiridos acerca de los fenómenos electromagnéticos. La consigna propone una mirada integradora, de principio a fin. Nótese la similitud de esta actividad con la número 14, realizada cuando aún no se había comenzado el estudio de las relaciones entre electricidad y magnetismo.

Podemos concluir, entonces, que así como a partir de corrientes generamos efectos magnéticos, también a partir de efectos magnéticos variables se generan corrientes eléctricas. Esta última es la relación “íntima” que los investigadores del siglo XVIII buscaban. Fue Oersted quién descubrió que los efectos eléctricos variables generan efectos magnéticos y Faraday quien descubrió que los efectos magnéticos variables generan efectos eléctricos. En 1860, el brillante físico James Clerk Maxwell sintetizó las leyes del electromagnetismo en un modelo matemático que tiene gran capacidad predictiva. Las leyes que Maxwell formuló se denominan ecuaciones de Maxwell y constituyen, hoy en día, la base de todo estudio que incluya fenómenos electromagnéticos.

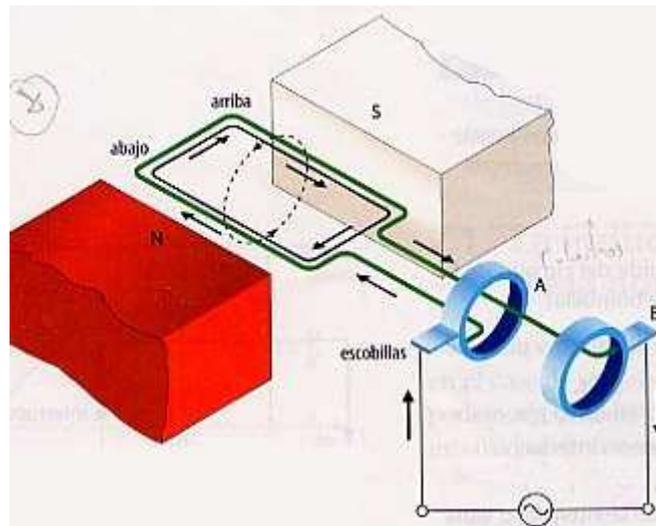
Parte III: Aplicaciones tecnológicas del electromagnetismo

¿Cómo funciona un generador eléctrico?

Actividad 23. Como corolario de lo trabajado durante todo el programa-guía no pueden dejar de considerarse las riquísimas relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente que este tema involucra. Por tal razón se proponen las últimas 3 actividades como una instancia de estudio y reflexión acerca de las importantísimas aplicaciones de la teoría electromagnética en nuestra vida cotidiana.

Comente las posibles aplicaciones tecnológicas del electromagnetismo que usted imagina y/o conoce.

Actividad 24. Ahora prestamos atención a una de las aplicaciones tecnológicas más importantes del electromagnetismo para nuestra vida: el generador eléctrico. Un esquema básico de éste se muestra en la siguiente figura:



Teniendo en cuenta todo lo que hemos aprendido en esta unidad,

a) *¿Cómo explicaría su funcionamiento?*

b) *Profundice su explicación investigando en libros, Internet, etc.*

Actividad 25. *¿Qué importancia tiene para nuestra sociedad la producción de energía eléctrica a partir de la energía mecánica? Explica con tus palabras.*

Comentarios A.23, A.24 y A.25: Las actividades tienen como objetivo que los alumnos profundicen y tomen conciencia de las relaciones CTSA dado que ahora poseen una visión más rica de los fenómenos electromagnéticos. También se procura reforzar el interés por el tema y favorecer la concepción de nuevos problemas o aplicaciones tecnológicas. Nótese la similitud de la actividad 23 con la primera actividad de la guía; posibles aportes de los alumnos a esta actividad podrían ser: *una radio, un telégrafo, un electroimán, un motor eléctrico.*

CAPITULO 2: PROGRAMA-GUÍA DEL ALUMNO

Parte I: Magnetismo

¿Cómo funcionan los imanes?

¡De interés para los alumnos...!

Para aprender el tema que comenzamos a estudiar hoy, vamos a trabajar con actividades que nos ayudarán a aproximarnos a las características del trabajo de la comunidad científica. Dichas actividades son las que se enuncian en este Programa Guía que les ofrezco.

Nuestra metodología de trabajo en el aula será la siguiente: se agruparán en equipos de 3 o 4 alumnos como máximo y debatiremos nuestras ideas entre todos. Además, es muy importante que vayan registrando en forma permanente y ordenada en sus carpetas todo el trabajo que vayamos realizando dentro del equipo, así como las ideas que van surgiendo en el grupo y en toda la clase sobre las diferentes actividades. Particularmente, para cada actividad debieras registrar qué discutes en tu grupo de trabajo, las mediciones que hagan, a qué conclusiones llegan entre todos y todo aquello que te parezca interesante de lo tratado en clase. También lo que el docente anota en el pizarrón.

Propiedades de los imanes

Los fenómenos magnéticos son los que mayor curiosidad han despertado en el hombre desde épocas remotas. En China, antes del siglo I de nuestra era, ya se sabía de la existencia de unos minerales a los que denominaron "piedras amantes" por su propiedad de atraer al hierro. También los antiguos griegos conocían estos minerales a los que dieron el nombre de piedras de Hércules. De este modo, a lo largo de los siglos, se fueron acumulando observaciones sobre los imanes, bastante de las cuales forman ya parte de la experiencia cotidiana.

***Actividad 1.** Reflexionemos todos juntos analizando la siguiente cuestión: ¿qué interés puede tener hoy el estudio del magnetismo? Discuta qué artefactos de su hogar utilizan imanes para su funcionamiento y qué otras aplicaciones tecnológicas de los imanes usted conoce.*

***Actividad 2.** Para la clase de hoy ustedes trajeron imanes y objetos sencillos, pero de materiales diversos: un clavo, una moneda, una cucharita, un clip, una goma de borrar, un cospel, un vaso con agua, etc.*

¿Cómo describiría las características de la atracción que un imán ejerce sobre los diferentes objetos? ¿Cómo clasificaría tales objetos? Realice experiencias incluyendo otro imán entre los objetos utilizados.

Actividad 3. *¿Qué cree que sucedería si partimos un imán en varias partes? Realice la experiencia.*

Actividad 4. *Ahora daremos a conocer nuestros hallazgos y nos enteramos del trabajo de nuestros compañeros. Hacemos una “puesta en común” donde debatimos los resultados que han obtenido los diferentes grupos en las actividades 2 y 3.*

Hemos examinado las propiedades magnéticas de diferentes materiales, muchas de las cuales son conocidas desde la antigüedad. Sin embargo, a la ciencia le llevó muchos siglos más explicar qué es lo que los hace a los imanes funcionar de esta manera tan curiosa.

Actividad 4.bis *¿Tú te has imaginado alguna vez cómo es que se produce el fenómeno de atracción? ¿Qué preguntas te parece que deberíamos intentar responder para profundizar en la comprensión acerca de cómo funcionan los imanes?*

Las etapas que a modo de estrategia seguiremos para avanzar en el problema acerca de cómo funcionan los imanes, será:

1. Elaboración de un modelo macroscópico de atracción magnética.
2. Puesta a prueba de los modelos elaborados.
3. Aplicaciones tecnológicas del magnetismo.

1. Elaboración de un modelo macroscópico de la atracción magnética

Actividad 5. Retomemos el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas a en la actividad 2, pero ahora procurando tener una mirada “más científica” de las mismas, es decir, formulando conjeturas o “hipótesis” acerca de cómo se produce el fenómeno de atracción.

¿Qué ideas le sugieren, acerca del fenómeno de atracción, los resultados de las experiencias realizadas en la actividad 2? Descríbalas verbal y gráficamente, con el mayor detalle posible.

2. Puesta a prueba de los modelos elaborados

a) La concepción “eléctrica” del magnetismo

Actividad 6. *(opcional)* Hemos analizado teóricamente nuestras ideas sobre los fenómenos de atracción que hemos observado. Ahora debemos someter a prueba las hipótesis formuladas.

Conciba varios dispositivos para estudiar si el imán podría tener carga eléctrica.

b) la hipótesis de las “emanaciones magnéticas”

Entre las primeras interpretaciones del magnetismo, se encuentra la de Tales de Mileto (624-546 a.C.), que consideraba que los imanes poseían alma; Empédocles (483-430 a.C.), por su parte, explicó la atracción magnética atribuyéndola a ciertas emanaciones materiales” del imán y del hierro. Esta idea sería luego desarrollada por los "atomistas", entre los que se destacó Lucrecio.

Actividad 7. Lea el siguiente texto extraído y adaptado de “De la naturaleza de las cosas” del pensador latino Lucrecio Caro (96-55 a.C.).

La acción de una piedra imán sobre el hierro es debida a las emanaciones de átomos, que al salir del imán y desplazar al aire circundante, crean el vacío. Las partículas de hierro deben precipitarse a ese vacío de modo semejante a como el viento arrastra una embarcación. Los imanes no actúan sobre todos los cuerpos, como por ejemplo los hechos de oro, que obstaculizan el camino a las emanaciones magnéticas.

a) Comente si está de acuerdo con esas explicaciones y proponga, en su caso, otras teorías alternativas mejores. Plantee también las dudas que surjan.

b) Hacemos nuevamente una puesta en común donde debatiremos los resultados que han obtenido los diferentes grupos en las actividades 5, 6 y 7a.

Actividad 8. Ahora que ya hemos discutido las ideas de Lucrecio sobre los fenómenos de atracción, debemos someter a prueba las hipótesis formuladas.

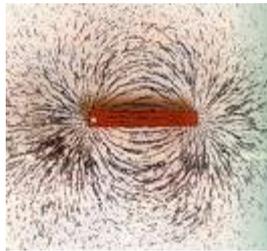
¿Qué experiencias diseñaría usted para probar la existencia o no de emanaciones magnéticas? ¿Cómo relacionaría lo observado con la posible existencia de tales emanaciones? Justifique su respuesta.

Actividad 9. Realice las experiencias diseñadas en la actividad anterior anotando e interpretando las observaciones. Luego comentamos con nuestros compañeros los resultados obtenidos en las actividades 8 y 9.

c) La hipótesis de las “líneas de fuerza”

Actividad 10. Hemos cuestionado la concepción atomista de las interacciones magnéticas poniendo a prueba nuestras ideas. Ahora procederemos de manera similar pero con respecto a otra de las hipótesis que hemos discutido en la **actividad 5**: la existencia de líneas de campo magnético en el espacio cercano a un imán. Para ello realizamos la siguiente experiencia:

Realice la experiencia que se muestra en la imagen solicitando al profesor los elementos que considere necesarios.



¿Cómo describiría lo observado? ¿De qué forma lo explicaría? Ponemos en común nuestras ideas con el resto de los equipos.

En 1813, Michael Faraday (1791-1867), contando entonces con 23 años y siendo aprendiz de encuadernador, fue contratado por Davy como su ayudante en la Royal Institution. Faraday, sin lugar a dudas uno de los grandes genios de la física, tenía un tremendo poder de visualización, el cual, al combinarse con su gran paciencia y habilidad observacional, lo llevó a una vida de descubrimientos casi sin paralelo en la historia de la ciencia. Así, en 1831 descubrió la inducción electromagnética, que veremos más adelante en nuestro trabajo. Indudablemente fue su capacidad de “ver” las líneas de fuerza que salían del imán lo que le permitió observar este fenómeno en diez días de febril investigación. En sus propias palabras:

"... se describieron y definieron ciertas líneas alrededor de una barra imán, aquellas que se visualizan esparciendo limaduras de hierro en la vecindad de éste y se reconocieron como descripción precisa de la naturaleza, condición, dirección e intensidad de la fuerza en cualquier región dada, dentro y fuera de la barra. Esta vez las líneas se consideraron en abstracto. Sin apartarse en nada de lo dicho, ahora emprendemos la investigación de la posible y probable existencia física de tales líneas..."

Actividad 10.bis Teniendo en cuenta las palabras que el mismo Faraday dejó registradas entre sus notas de laboratorio...

¿Qué características del trabajo científico puedes identificar en su trabajo de investigación?

Posteriormente Faraday elaboró la teoría de campo, uno de los conceptos o “abstracciones” más fructíferas en la historia de la Física.

3. Aplicaciones tecnológicas del magnetismo

Los antiguos chinos construyeron diversos objetos con el mineral de magnetita. Quizás, el más popular de ellos sea la brújula. En sus orígenes y durante mucho tiempo fue usada principalmente por los viajeros, para orientarse en las expediciones y en los viajes por tierra. Más tarde, comenzaron a utilizarla los constructores de monumentos y

casas, para orientarse en los terrenos destinados a esas construcciones y para confeccionar los planos correspondientes. Sólo después de la generalización de su uso terrestre, se emplearon brújulas en la navegación marítima. Si el barco abandonaba su derrotero y se apartaba de la costa, los navegantes debían apelar, para fijar su rumbo, a la posición de los astros. Pero esa orientación geográfica podía confundirse durante el día, aún más si las nubes no permitían fijar correctamente la posición del sol. Con las brújulas, el rumbo se corregía tanto de día como de noche. Fue entonces cuando empezaron a aparecer los mapas náuticos con indicaciones precisas sobre la dirección que debía seguir una nave según los puntos cardinales.

Actividad 11. A pesar del paso de los siglos y de que el hombre moderno cuenta con dispositivos tecnológicos más sofisticados, la brújula sigue siendo aún de mucha utilidad.

- a) *¿Cómo cree usted que funciona? Explíquelo con sus palabras.*
- b) *Compare sus argumentos con lo encontrado en libros, internet, etc.*
- c) *Profundice su explicación y comente por escrito los nuevos aportes que realizó a su primera explicación.*

Actividad 11.bis La profundización en nuestro estudio acerca del comportamiento de este antiquísimo instrumento que es la brújula puede llevarnos a considerar algunas de las interesantes relaciones que tiene el magnetismo con otras áreas de la ciencia, tales como la geología, la geografía, la historia, la biología, etc.

Lee y comenta el siguiente texto:

¿Sabías que la tierra se comporta como un gran imán?

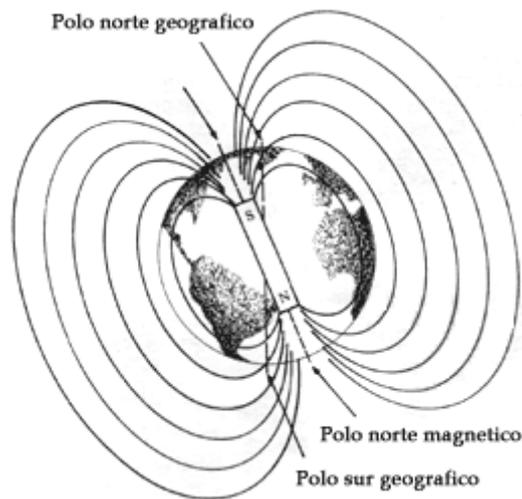
El hecho de que una brújula adquiriera, aproximadamente, la dirección geográfica norte-sur revela la existencia de un campo magnético en la tierra. En otras palabras, la Tierra se comporta como un gran imán, genera un campo magnético y toda brújula puede considerarse como un imán de prueba colocado en el campo terrestre, que fija la posición de sus líneas de fuerza y se orienta según la fuerza magnética terrestre. Fue el físico inglés William Gilbert (1544-1603) el primero que sugirió, en el año 1600, que la tierra se comportaba como un imán.

Para estudiar el campo magnético terrestre es preciso determinar, básicamente, dos elementos:

- *la dirección de las líneas de fuerza de ese campo*
- *su intensidad en cada punto*

Los estudios revelan que el norte magnético se encuentra a 1200 km del polo norte geográfico. Esto se debe a que el eje magnético no está alineado con su eje de rotación. Aunque aún no se sabe con certeza por qué la tierra se comporta como un gran imán, se piensa que podría ser causado por la presencia de corrientes eléctricas generadas en el núcleo terrestre. Se denomina geomagnetismo a la disciplina que se ocupa del estudio del campo magnético de la tierra. Los estudios geomagnéticos son particularmente importantes para la determinación de yacimientos geológicos de diferentes minerales y

también para comprender y prever ciertos fenómenos atmosféricos. Los estudios realizados por los geólogos permiten afirmar que los polos magnéticos terrestres habrían cambiado su orientación varias veces a lo largo de la historia del planeta.



Actividad 12. Ahora que hemos aprendido un poco más acerca del funcionamiento de este antiquísimo instrumento...

- a) ¿Cuál esperaría usted que fuese su comportamiento en el espacio que rodea a un imán?
- b) Realice la experiencia anotando y dibujando sus hallazgos.

Actividad 13. Hemos corroborado nuevamente la existencia de líneas de fuerza en las cercanías de un imán, tal como hicimos en la actividad 10, pero ahora mediante el uso de un instrumento más adecuado. Teniendo en cuenta todo lo que hemos aprendido hasta el momento, estamos ya en condiciones de realizar la siguiente actividad de trabajo individual:

Realice un diseño para la construcción de una brújula casera describiendo con el mayor detalle posible las etapas a seguir y los materiales a utilizar.

Actividad 13.bis Tienes como tarea para el hogar la construcción de la brújula que has diseñado y que deberás traer la clase próxima. Además, para estar mejor preparado para realizar las actividades que comenzaremos, no olvides repasar el capítulo de electricidad y traer los apuntes que tengas de ese tema.

Parte II: Electricidad vs. Magnetismo

¿Existe relación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos?

Actividad 14. Ya antes de descubrir las corrientes eléctricas, los investigadores sospechaban que los fenómenos eléctricos y los magnéticos eran esencialmente semejantes. Para analizar más detenidamente esta cuestión, conviene ahora hacer un repaso del capítulo de electricidad para luego resolver lo siguiente:

¿Qué puede decirse acerca de las similitudes y diferencias entre la electricidad y el magnetismo? ¿Están relacionados? Anote sus comentarios considerando lo que se ha estudiado hasta ahora sobre el magnetismo.

Actividad 15. Inspirándose en algunas de las consideraciones hechas en la actividad anterior, en el siglo XVIII el científico americano Benjamín Franklin observó que, durante una tormenta eléctrica, un rayo parecía conferir propiedades magnéticas a objetos metálicos.

¿Cómo habrá sido posible? Imagine lo ocurrido, ensaye una posible explicación para este fenómeno y diseñe una experiencia sencilla para someterla a prueba.

Actividad 16. Compare los resultados obtenidos con las hipótesis formuladas ¿Qué conclusiones puede sacar?

Al finalizar nuestra actividad grupal, hacemos una puesta en común para comentar y enterarnos de los trabajos hechos en los otros grupos del aula.

La confirmación definitiva de las conclusiones que hemos obtenido en nuestra investigación, es decir, de que efectivamente existe una relación entre la electricidad y el magnetismo, se produjo con la aparición de un artículo de Hans Christian Oersted (1777-1851), en julio de 1820. Luego de varios años de intentos, este brillante científico dinamarqués logró hacer perceptible con toda claridad la acción de la corriente eléctrica sobre una brújula. Se hizo evidente entonces que **la carga en movimiento (corriente eléctrica) es fuente del campo magnético.**

Tras los pasos de Ampère y Faraday

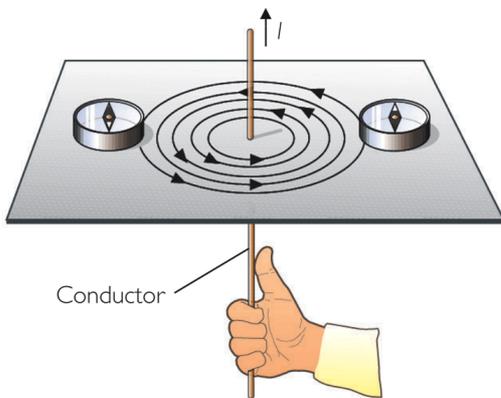
1. Elaboración de un modelo microscópico para el magnetismo

Los experimentos de Oersted despertaron la curiosidad de otros científicos y que comenzaron a realizar una serie de importantes experiencias referidas al tema. Entre tales investigadores se encuentra el francés André Ampère (1775-1836), uno de los

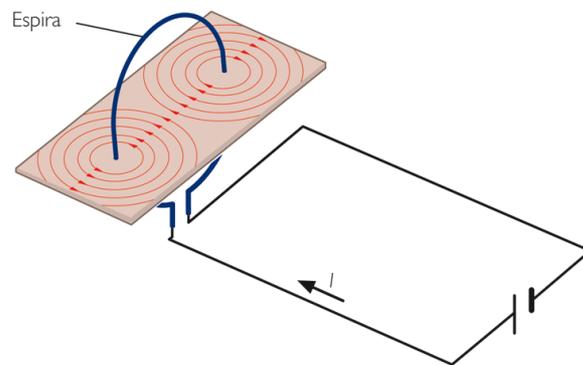
físico-matemáticos más importantes de la época que, entre otras cosas, estudió el magnetismo generado por hilos conductores dispuestos de diferentes formas.

Actividad 17. ¿Cómo estudiaría usted las líneas de campo magnético generado por un alambre por el que circula corriente eléctrica? ¿Qué piensa usted que ocurriría con tales líneas si el alambre es doblado de diferentes formas? Describa verbal y gráficamente los casos que se imagina y verifique sus ideas diseñando experiencias.

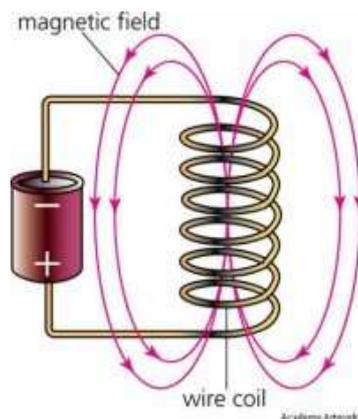
Entre los dispositivos estudiados por Ampère se encuentra el “solenoides”. Éste consiste simplemente en un alambre conductor plegado en forma de espiral. Su campo magnético es equivalente al de un gran número de espiras de corrientes superpuestas coaxialmente. Sus hallazgos se esquematizan en las siguientes figuras:



Conductor lineal de corriente



Espira de corriente



Solenoides

Actividad 18. Compare los resultados de Ampère con aquellos obtenidos en la actividad anterior. ¿Qué puede decir acerca de ellos? Anote sus conclusiones.

Actividad 19. Teniendo en cuenta lo visto hasta el momento, ya estamos en condiciones realizar un estudio comparativo y cualitativo de los diferentes campos magnéticos estudiados, por ejemplo, pensando en las similitudes y diferencias que existen entre el campo magnético de un imán natural y el generado por diferentes configuraciones de alambres con corriente.

¿Qué puede decir acerca de los campos magnéticos estudiados? ¿Cómo relacionaría sus conclusiones con lo que podría suceder dentro de un imán para que tenga sus propiedades especiales?

2. Puesta a prueba del modelo elaborado

Actividad 20. Veamos ahora si efectivamente la interpretación eléctrica de los fenómenos magnéticos, es decir, nuestro “modelo microscópico para el magnetismo”, tiene capacidad para explicar las propiedades macroscópicas de los imanes.

Teniendo en cuenta la hipótesis de Ampère sobre la posible estructura interna de los imanes ¿podría justificar alguna de las propiedades vistas al comienzo de nuestro estudio?

A partir de un estudio similar al que hemos hecho, fue como Ampère concluyó que el magnetismo era el resultado de minúsculas corrientes que circulaban en torno a las moléculas. En el hierro no magnetizado —afirmó Ampère— existía una infinidad de corrientes moleculares orientadas al azar, es decir, en todas direcciones. Cuando el hierro era imantado, todas las corrientes se orientaban en el mismo sentido. En el acero, la imantación persistía porque las corrientes moleculares permanecían paralelas. En cambio, en el hierro, si la fuerza magnetizante dejaba de actuar, las corrientes volvían a su posición desordenada original. De esta forma, Ampère consiguió explicar el estado magnético de la materia. Sin embargo, como en su época no se conocía la existencia del electrón, Ampère no tuvo forma de probar su teoría, que permaneció sin verificación durante casi un siglo.

¿Se podrá generar electricidad usando imanes?

Actividad 21. En las actividades anteriores vimos que si hacíamos circular corriente eléctrica por un cable conductor, era posible generar efectos magnéticos en su entorno...

¿Piensa usted que es posible realizar el procedimiento inverso, es decir, utilizar imanes para producir corrientes eléctricas? Idee formas para estudiar sus conjeturas y registre las observaciones.

Actividad 22. Con la actividad anterior hemos terminado de establecer la relación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos. Por tal razón, resulta ahora conveniente detenernos un momento y reflexionar individualmente acerca de lo que hemos aprendido hasta ahora.

Teniendo en cuenta lo aprendido hasta ahora ¿qué puede decir acerca de la relación entre la electricidad y el magnetismo? Elabore un texto justificando sus conclusiones y comparándolas con lo visto en la actividad 14.

Podemos concluir, entonces, que así como a partir de corrientes generamos efectos magnéticos, también a partir de efectos magnéticos variables se generan corrientes eléctricas. Esta última es la relación “íntima” que los investigadores del siglo XVIII buscaban. Fue Oersted quién descubrió que los efectos eléctricos variables generan efectos magnéticos y Faraday quien descubrió que los efectos magnéticos variables generan efectos eléctricos. En 1860, el brillante físico James Clerk Maxwell sintetizó las leyes del electromagnetismo en un modelo matemático que tiene gran capacidad predictiva. Las leyes que Maxwell formuló se denominan ecuaciones de Maxwell y constituyen, hoy en día, la base de todo estudio que incluya fenómenos electromagnéticos.

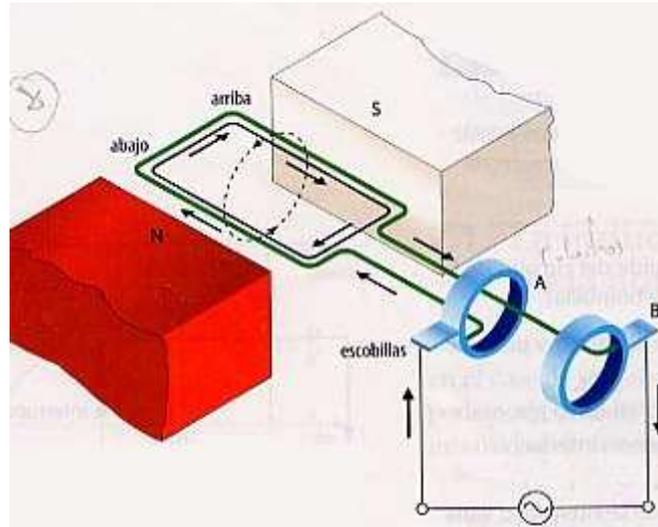
Parte III: Aplicaciones tecnológicas del electromagnetismo

¿Cómo funciona un generador eléctrico?

Actividad 23. Como corolario de lo trabajado durante todo el programa-guía no pueden dejar de considerarse las riquísimas relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente que este tema involucra. Por tal razón se proponen las últimas 3 actividades como una instancia de estudio y reflexión acerca de las importantísimas aplicaciones de la teoría electromagnética en nuestra vida cotidiana.

Comente las posibles aplicaciones tecnológicas del electromagnetismo que usted imagina y/o conoce.

Actividad 24. Ahora prestamos atención a una de las aplicaciones tecnológicas más importantes del electromagnetismo para nuestra vida: el generador eléctrico. Un esquema básico de éste se muestra en la siguiente figura:



Teniendo en cuenta todo lo que hemos aprendido en esta unidad,

a) ¿Cómo explicaría su funcionamiento?

b) Profundice su explicación investigando en libros, Internet, etc.

Actividad 25. ¿Qué importancia tiene para nuestra sociedad la producción de energía eléctrica a partir de la energía mecánica? Explica con tus palabras.

APÉNDICE

ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

Se pretende que el proceso evaluativo sea continuo durante la realización de la guía y se valoren especialmente los procesos de justificación y las reflexiones metacognitivas. Dicha tarea se concreta de modo particular en las puestas en común dispuestas a lo largo del PGA y constituyen instancias de evaluación formativa. En cuanto a las evaluaciones de carácter sumativo o integrador cabe mencionar que su modalidad didáctica se ha inspirado en los trabajos de Jorba y Sanmartí (1995). Todas ellas se describen con detalle a continuación.

Parte I: Magnetismo

Actividad 13. Hemos corroborado nuevamente la existencia de líneas de fuerza en las cercanías de un imán, tal como hicimos en la actividad 10, pero ahora mediante el uso de un instrumento más adecuado. Teniendo en cuenta todo lo que hemos aprendido hasta el momento, estamos ya en condiciones de realizar la siguiente actividad de trabajo individual:

Realice un diseño para la construcción de una brújula casera describiendo con el mayor detalle posible las etapas a seguir y los materiales a utilizar.

La actividad consiste en evaluar un diseño experimental, es decir, la capacidad de los estudiantes de anticipar y planificar las operaciones necesarias para llevar a cabo una tarea, en este caso, la construcción de una brújula casera poniendo en juego lo que han aprendido hasta el momento.

La modalidad didáctica sugerida podría ser la siguiente: a partir de una primera elaboración individual del diseño, se puede empezar un proceso de evaluación-regulación de esta primera producción,

1. en primera instancia, mediante una *autoevaluación* del diseño en la cual el propio alumno toma conciencia acerca de lo que sabe y de lo que no sabe, o no se siente suficientemente seguro;
2. seguidamente, por medio de una actividad de *coevaluación*, por ejemplo, intercambiando los diseños entre compañeros para ser evaluados;
3. en la última fase intervendría el docente formulando cuestiones y proporcionando informaciones y recursos que ayuden a superar dificultades.

En la siguiente figura, a modo de ejemplo, se transcriben posibles comentarios evaluativos que podría hacer el mismo alumno (autoevaluación), un compañero (coevaluación) y el docente en relación a la propuesta de un primer diseño inicial.

Evaluación-regulación del diseño

Autoevaluación:

- ¿Qué no sé?

No recuerdo bien cuáles objetos pueden magnetizarse y cuáles no.

- ¿De qué no estoy muy seguro?

Lo demás me parece que está bien.

Evaluación de un compañero o compañera:

Dices que usarás como aguja un escarbadientes pero eso no te servirá porque la madera no puede imantarse.

Revisión del docente:

No distingues entre materiales magnéticos y no magnéticos. Deberías repasar los apuntes de la actividad número 2 del programa-guía.

Finalizado el proceso de evaluación-regulación y registrado en una tarjeta como la que se muestra arriba, cada estudiante deberá reelaborar individualmente su producción a partir de los comentarios propios, de su compañero y de su profesor.

Criterios de Valoración

Para la evaluación del diseño resulta importante considerar el inventario de tareas descritas en la siguiente base de orientación.

Inventario de tareas	Concepto/s involucrado/s
1. Identificar cuál es el problema principal: fabricar una aguja magnética	Funcionamiento de la brújula
2. Reconocer que una manera de hacerlo es utilizando un imán	Fenómeno de Imantación
3. Identificar qué objeto/s puede/n magnetizarse al ponerse en contacto con un imán y pueda servir como aguja	Objetos paramagnéticos, diamagnéticos y ferromagnéticos
4. Verificar si el objeto escogido como aguja efectivamente se ha magnetizado	Propiedades de un imán
5. Realizar un montaje adecuado de la aguja	Funcionamiento de la brújula
6. Verificar si la aguja se orienta permanentemente en la dirección N-S	Funcionamiento de la brújula

En la asignación de puntaje a cada una de las tareas, puede ser de utilidad considerar las siguientes categorías, es decir, constatar si el alumno:

- Justifica cada etapa a seguir dando detalles
- Sitúa la tarea descrita siguiendo una secuencia lógica
- Utiliza el vocabulario científico propio del tema

La correcta realización cada una de ellas implica el manejo de los conceptos detallados en la columna de la derecha de la base de orientación.

Por último transcribimos una solución completa para el diseño de la brújula.

DISEÑO DE UNA BRÚJULA

Primero debemos recordar cómo funciona una brújula: consta de una aguja magnética que puede girar libremente sobre un pivote y se orienta aproximadamente en dirección N-S siguiendo las líneas de fuerza del campo magnético terrestre.

La primera etapa es la construcción de un pequeño imancito que sirva como “aguja magnética”. Hemos visto que no todos los objetos son atraídos por un imán y, entre los que son atraídos, sólo algunos mantienen su magnetismo una vez que se han alejado del mismo (materiales ferromagnéticos). Una aguja no sólo posee esta propiedad sino que además tiene la ventaja de ser livianita y puede moverse con facilidad. Esto último es muy importante ya que el campo magnético terrestre es muy débil comparado con el de un imán y si la aguja es muy pesada la fuerza magnética terrestre quizá no logre moverla. Luego de haber puesto en contacto el alfiler con el imán durante unos minutos, conviene verificar si se ha imantado acercándolo a algunos clips o limaduras de hierro y viendo qué sucede, si los atrae o no.

Por último debemos colocar el alfiler sobre un dispositivo que le permita girar con la menor resistencia posible puesto que, como dijimos, el campo magnético terrestre es muy débil. Si todo anda bien, el alfiler clavado en el corcho (o telgopor) debería orientarse siempre en la misma dirección (N-S) independientemente de la posición en que lo coloquemos inicialmente.

Materiales necesarios: un imán, un clavito liviano o alfiler, un pedacito de corcho o telgopor y un recipiente con agua. Los pasos a seguir son los siguientes:

Primera etapa: Fabricación de una aguja magnética

- a. Colocar el clavo o el alfiler sobre el imán y dejarlo allí durante unos minutos para que se convierta en un pequeño imán, es decir, para que se magnetice.
- b. Verificar que el clavo o alfiler efectivamente se ha imantado o magnetizado

Segunda etapa: Montaje adecuado de la aguja

- c. Atravesar con la aguja imantada el pedacito de corcho (o telgopor)
- d. Poner a flotar el corcho con la aguja atravesada en el recipiente con agua
- e. Girar la aguja con la mano y luego soltarla para que pueda moverse libremente

Parte II: Electromagnetismo

Actividad 22. Con la actividad anterior hemos terminado de establecer la relación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos. Por tal razón, resulta ahora conveniente detenernos un momento y reflexionar individualmente acerca de lo que hemos aprendido hasta ahora.

Teniendo en cuenta lo aprendido hasta ahora ¿qué puede decir acerca de la relación entre la electricidad y el magnetismo? Elabore un texto justificando sus conclusiones y comparándolas con lo visto en la actividad 14.

Se sugiere evaluar la actividad procediendo de manera análoga a lo sugerido para la actividad 13 de la primera parte (magnetismo). Para ello, presentamos la base de orientación o grilla que facilitará la corrección del texto presentado por los alumnos.

Tema	Ideas principales
1. Imanes naturales	Propiedades de los imanes naturales
2. La brújula	Aplicaciones tecnológicas del magnetismo (relaciones CTSA)
3. Experiencia de Oersted	La corriente eléctrica produce efectos magnéticos
4. Los descubrimientos de Ampère	Cómo está hecho un imán por dentro
5. Experiencia de Faraday	El magnetismo “en movimiento” produce electricidad
6. El motor eléctrico	Aplicaciones tecnológicas del electromagnetismo (relaciones CTSA)

Para la asignación de un puntaje a cada uno de los ítems de la grilla, puede ser de utilidad considerar las siguientes categorías, es decir, constatar si el alumno:

- Expuso la idea principal de cada tema
- La describe de forma clara y completa
- Utiliza el vocabulario adecuado

Además, la idea central o corolario del curso no debería estar ausente en el texto, quedando bien claro que *asi como a partir de corrientes eléctricas se generan efectos magnéticos, a partir de efectos magnéticos variables se generan corrientes eléctricas. La electricidad y el magnetismo son manifestaciones de un mismo fenómeno: la carga eléctrica.*

**BASE DE ORIENTACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA-GUÍA
EN EL AULA**

Hilo Conductor	Objetivos y Preguntas Orientadoras	Programa-Guía	Cronograma de clases ²
0. Interés de los Fenómenos Magnéticos	¿Qué interés puede tener en la actualidad el estudio de este tema? Motivar a los alumnos hacia el estudio de los fenómenos magnéticos y su comprensión.	Actividad 1	Primera clase
1. Magnetismo	Reconocer las siguientes características de los imanes: <ul style="list-style-type: none"> • Los imanes sólo atraen a ciertos metales. • Existen dos polos en un imán y éstos son inseparables. • La interacción con objetos siempre es atractiva pero entre imanes puede ser atractiva o repulsiva. • Los polos opuestos se atraen y polos iguales se repelen. • “Visualizar” qué ocurre en el espacio que rodea un imán. <p>Utilización de la brújula para el estudio del campo magnético.</p>	Actividades 2-13 (Act. 13º: Evaluación Integradora)	Clases 2º, 3º, 4º, 5º, 6º y 7º
2. Experimento de Oersted	Repaso de las principales características de la electricidad. La electricidad y el magnetismo ¿son fenómenos separados o están relacionados? Realización del experimento de Oersted ¿La corriente eléctrica “produce magnetismo”?	Actividades 14-16	Clases 8º y 9º
3. Modelo de Ampère	Prestamos atención al campo magnético producido por conductores rectilíneos, espiras y solenoides Construir un modelo para el magnetismo natural Explicar las propiedades de los imanes vistas al comienzo de la guía a la luz del modelo propuesto por los alumnos	Actividades 17-20	Clases 10º y 11º
4. Experimento de Faraday	¿Puede el magnetismo generar corriente eléctrica? Completar la relación entre magnetismo y electricidad Hacer una actividad de reflexión y síntesis de todo lo visto y comunicación de las conclusiones	Actividades 21-22 (Act. 22º: Evaluación Integradora)	Clase 12º
5. Aplicaciones	Estudio de las relaciones CTSA para el electromagnetismo Analizar el funcionamiento del generador eléctrico	Actividades 23-25	Clases 13º y 14º

² Entendemos por clase a un espacio de 80 minutos (un módulo)

BIBLIOGRAFÍA

- Ausubel, D. P. (1978). Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. Trillas. México.
- Lemke, Jay L. 2005. Investigar para el futuro de la ecuación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Investigación Didáctica*. Ponencia presentada en el VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Granada, España.
- Pozo, J. I. 2002. ¿Puede la educación secundaria sustituir el saber cotidiano de los alumnos? Conferencias invitadas. *2º Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales*. Villa Giardino. Córdoba.
- Furió, C. y Vilches, A., 1997. La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria. Capítulo II. ICE-HORSOI. Barcelona.
- Driver, R. 1986. Psicología cognitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*. 4(1), 3-15.
- Gil Pérez, D. y Valdés Castro, P. 1996. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 155-163.
- Gil, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez, J., Guisasola, J., González, E., Dumas, A., Goffard, M. y Pessoa, 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), 311-320.
- Gil Pérez, D. 1993. Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- Gil Pérez, D. 1991. ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- Parietti, M. 2004. Introducción a la termodinámica. Trabajo final del Curso Didáctica Especial y Taller de Física. FaMAF-UNC

- Salinas, J., Gil Pérez, D. y Cudmani, L. 1995. ¿Cómo adecuar las estrategias educativas a los requerimientos de modelos de aprendizaje basados en psicologías constructivistas? *Memorias REF IX*, págs. 350-362. Salta, Argentina.
- Guisasola, J.; Almudí, J.M. y Zubimendi, J.L. 2003. Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 79-94.
- Rubinstein, J. y Tignarelli, H. 1999. Física I. La energía en los fenómenos físicos. Editorial Estrada, Argentina.
- Reynoso, L. 1999. Física EGB 3. Editorial Plus Ultra, Argentina.
- Osuna, L.; Martínez Torregrosa, J. y Carrascosa, J. 2003. ¿Cómo vemos? ¿Cómo podemos ver mejor? Secuencia problematizada de actividades para el aula con comentarios para el profesor. *Didáctica de las ciencias experimentales*. Universidad de Alicante, España.
- Gil Pérez et. al. 2005. ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? UNESCO.
- Jorba, J. y Sanmartí, N. 1995. La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria. Cap VI. La Evaluación como instrumento para mejorar el proceso de aprendizaje de las ciencias. ICE/HORSORI. Barcelona.
- Losano, L. y Parietti, M. 2005. Introducción a los fenómenos magnéticos. ¿Qué ocurre en el aula cuando a los chicos les planteamos problemas nuevos? *Estrategias didácticas innovadoras para la Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Escuela*. Ed.: Universitas.
- Máximo, A. y Alvarenga B. 1998. Física General. Oxford University Press, México.

