

Investigaciones en Ensino de Ciências – V3(3), pp. 203-220, 1998

GUÍAS DE LABORATORIO TRADICIONALES Y ABIERTAS EN FÍSICA ELEMENTAL: PROPUESTA PARA DISEÑAR GUÍAS ABIERTAS Y ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL USO DE ESTE TIPO DE GUÍAS Y GUÍAS TRADICIONALES

(Traditional and open laboratory guides in introductory physics: a proposal to design open guides and a comparative study between the use of these guides and traditional ones)

Verónica Marcela Guridi [vguridi@exa.unicen.edu.ar]
Stella Maris Islas

Departamento de Formación Docente. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional del Centro. Pinto 399 (7000) Tandil. T. E. (0293) 44430 - 47100 - FAX: (0293) 44431

Resumen

Es conocido el problema que presentan las actividades de laboratorio cuando se pretende propiciar aprendizajes significativos a través de ellas. Una posible respuesta a este problema es diseñar y poner a prueba actividades experimentales abiertas, que permitan acercar la labor del estudiante a la del científico. En este trabajo se propone el diseño de dos guías experimentales abiertas, elaboradas a la luz de un modelo constructivista, con sugerencias tomadas a partir de la propia práctica y de la literatura existente, destacando la necesidad de elaborar diseños de índole cualitativa que enfatizan la construcción conceptual y que permitan que los alumnos pongan en juego sus ideas durante la experimentación. Se realiza un estudio comparativo entre el uso de guías tradicionales y las guías abiertas elaboradas. Los resultados muestran que la conceptualización se ve favorecida por el uso de guías abiertas, dado que se registró una mejor comprensión conceptual, facilitada por el carácter no normativo de la guía.

Palabras-Clave: actividades de laboratorio; guías abiertas; guías tradicionales

Abstract

It is well known the problem presented by laboratory activities when we attempt to promote meaningful learning. One possible solution to this problem is to design and test open experimental activities which would approximate student's work to scientist's work. This paper proposes the design of two open laboratory guides, constructed in the light of a constructivist model, with suggestions taken from experience and from the existing literature, emphasizing the need of qualitative designs stressing conceptual construction and allowing students to play with their own ideas during the experiment. A comparative study between traditional and open laboratory guides was carried out. Research findings show that the open guides favor conceptualization, since a better conceptual understanding was facilitated by the non-normative character of these guides.

Key-words: experimental activities; open guides; traditional guides.

Introducción

Es de amplio conocimiento el problema que presentan las actividades experimentales cuando se pretende propiciar aprendizajes significativos mediante su incorporación a las actividades habituales en las clases de Física. (Gil y González, 1993; González, 1992; Hodson, 1993). Muchas de las actividades experimentales parecen no tener influencia en el aprendizaje de la Física, y, en ocasiones, suelen generar confusiones de tipo conceptual, metodológico y epistemológico más que ofrecer a los estudiantes una alternativa interesante para favorecer la construcción de conocimiento. (Hodson, 1993; Gil Pérez, 1986)

Como una respuesta a este problema, se han realizado investigaciones en las cuales se ha propuesto 'abrir' las actividades experimentales, por ejemplo, propuestas de actividades de

laboratorio como procesos de investigación dirigida (Gil y González, 1993; Salinas y Cudmani, 1992) que intentan acercar la labor del estudiante a la de un científico.

Sin embargo, la mayoría de los docentes nos enfrentamos con inconvenientes cuando intentamos introducir en nuestras clases de Física este tipo de actividades: 1) la falta de experiencia de los estudiantes y su desconcierto cuando se enfrentan a una actividad experimental ‘abierta’, 2) la propia limitación para conducir este tipo de actividades, y/o 3) las dificultades para ‘abrir’ un diseño experimental tradicional.

Cuando hablamos de la propia limitación para conducir este tipo de actividades, nos referimos al hecho de que los docentes no nos encontramos familiarizados con diseños experimentales “abiertos” y muchas veces, nos sentimos desbordados por la cantidad de hipótesis que emiten nuestros estudiantes y por la consecuente variedad de los diseños experimentales. Llevar a cabo una experiencia con una guía de trabajo abierta supone, por parte del docente, un cuidadoso manejo de los tiempos de los estudiantes, así como de las contribuciones que ellos realicen durante la actividad.

En este trabajo:

- a) Se intenta realizar un aporte para la superación del tercero de los inconvenientes antes mencionados, desde un modelo de enseñanza - aprendizaje constructivista, proponiendo el diseño de dos actividades experimentales abiertas
- b) Se realiza un estudio comparativo entre el uso de guías tradicionales y abiertas, tomando como criterio de comparación los aportes para la conceptualización que se obtienen del uso de uno y otro tipo de guía, utilizando técnicas cualitativas para la obtención de datos.

Hipótesis de trabajo

La hipótesis de trabajo que guía este trabajo puede sintetizarse en:

Diseñando nuevas actividades experimentales que acerquen la labor de un estudiante a la de un científico, puede lograrse un aprovechamiento de las mismas, que incida en la conceptualización.

Un supuesto adicional es que: la evolución conceptual de los estudiantes es un proceso complejo, en el cual influyen diversos factores: la forma en que se abordan los contenidos en el aula, los conocimientos previos de los alumnos y sus experiencias de vida, así como el modo particular de enseñanza y los factores contextuales.

Encuadre teórico

a) ACERCA DE LA CONSTRUCCIÓN DE CONCEPTOS CIENTÍFICOS EN EL APRENDIZ y SU EVOLUCIÓN

Se parte de la base que la construcción de conceptos científicos en el aprendiz resulta de un proceso complejo que es una evolución espiralada, un interjuego entre lo concreto y lo abstracto (en términos vygotskianos) durante el cual el estudiante va internalizando productos culturales, organizando los conceptos incorporados en un sistema jerárquico. (Vygotski, 1991).

La complejidad de este proceso de construcción demanda gran variedad de instancias en las cuales el estudiante se enfrente a interrogantes referidos a cada concepto. En sus intentos por

responder a tales interrogantes, se favorecería un progreso dialéctico a través de sucesivos arreglos mejoradores de su estructura cognitiva.

Por otra parte, una experiencia no se ‘aprehende directamente’, sino que se vuelve inteligible cuando el sujeto emplea ‘... un concepto, una idea, una proposición ya existente en la estructura cognoscitiva...’(Ausubel, 1976) que le sirva de ‘anclaje’ para la nueva información.

b) ACERCA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA LABOR CIENTÍFICA

Aunque del análisis de la literatura no surge una única visión acerca de la Ciencia y del trabajo de los científicos, nos basamos en lo que a continuación se sintetiza:

No existe ‘El método científico’ sino metodologías científicas desarrolladas para propósitos específicos (Salinas y Cudmani, 1995); no se puede suponer una metodología común, independiente del contenido, transferible de un dominio a otro (Hodson, 1985)

Toda investigación está guiada por creencias ya existentes. No existe observación libre de teoría (Popper, 1994). Es necesario descartar el ‘mito del origen sensorial’ de los conocimientos científicos (Piaget, 1971)

El conocimiento científico es una construcción colectiva (Hodson, 1985), y en dicha construcción intervienen factores ‘extracientíficos’ de tipo político, religioso, social y otros. (Salinas y Cudmani, 1995).

‘Hay que resaltar el papel jugado en la investigación por el pensamiento divergente, que se concreta en aspectos fundamentales como son la emisión de hipótesis o el propio diseño de experimentos’ (Gil, 1983)

c) MODELO QUE SUSTENTA EL DISEÑO DE GUÍAS ABIERTAS EN ESTE TRABAJO

Se sostiene un modelo constructivista, en el cual ‘los TPL se conciben como una faceta de un proceso de construcción de conocimientos que incluye a las actividades de resolución de problemas y de introducción de conceptos.’ (Salinas de Sandoval, J. y Colombo de Cudmani, L., 1992). Otros autores como Hodson (1993), valoran especialmente las actividades destinadas a la comprensión del problema, la emisión de hipótesis y el diseño de experimentos, que habitualmente están ausentes en los trabajos prácticos. Hodson propone un desarrollo gradual (el subrayado es nuestro), comenzando por simples investigaciones diseñadas y desarrolladas por el profesor y progresando luego (a medida que crece la confianza, la habilidad y el conocimiento) hacia otras actividades más abiertas y complejas.

Eduardo González, cuando habla de las propuestas que tienden a introducir algún paralelismo entre el proceso de enseñanza - aprendizaje y la actividad de investigación científica, reflexiona diciendo que esta actividad requiere de un trabajo previo mayor que el de las orientaciones tradicionales.’ (González, 1994). En este sentido, es claro que la brecha que existe entre un trabajo práctico tradicional y una investigación dirigida es grande.

Metodología

En el diseño metodológico se pueden distinguir las siguientes fases (entendiendo fase en el sentido en que lo explicita Samaja (1994), es decir, no en un sentido secuencial sino aludiendo a actividades que conforman un entramado):

1º fase: Diseño de las guías abiertas

2º fase: Selección de los grupos a estudiar

3º fase: Diseño y aplicación de instrumentos de sondeo

4º fase: Diseño de estrategias de comparación entre el uso de guías tradicionales y guías abiertas

1º fase: Diseño de guías abiertas

En este trabajo el término '*guía tradicional*' corresponde a una guía que da muchas pautas y cuyo formato no permite al estudiante seguir otro camino alternativo al propuesto en la guía, y el término '*guía abierta*' corresponde a una actividad cuyo formato permite cierto grado de libertad al alumno para la realización de esa actividad.

Fueron diseñadas dos guías abiertas (una sobre el tema movimiento y otra sobre el efecto Faraday), que el lector puede encontrar en el ANEXO de este trabajo.

Los criterios orientadores al momento de elaborar este tipo de guías fueron los siguientes:

- a) Que despertaran la motivación en los estudiantes
- b) Que propongan actividades que dispararan las ideas previas de los estudiantes sobre el fenómeno a estudiar, cuando esto sea posible, y que permitan que los estudiantes emitan sus propias hipótesis
- c) Que los estudiantes pudieran probar diferentes formas de experimentación
- d) Que fomenten la discusión entre los grupos, como consecuencia de lo anterior
- e) Que sean experiencias que enfatizen aspectos cualitativos y no sólo cuantitativos, de modo que no suscitaran en los estudiantes el fracaso ante la no comprobación de una ley. Cuando se habla de experiencias de tipo 'cualitativo' no se está queriendo afirmar que no se realicen algunas mediciones, sino que dichas mediciones sirvan para fomentar la discusión y que el cálculo de errores se considere, pero que no interfiera con el propósito de la experiencia. En este trabajo se considera que una experiencia en la cual las mediciones sirvan "para fomentar la discusión" es una experiencia en la cual tales mediciones aportan elementos para mejorar la comprensión del fenómeno en estudio y que, además, favorezcan el acercamiento a la labor del científico (referido en las hipótesis de este trabajo). Lejos de este tipo de experiencias está aquella actividad de laboratorio en la cual la atención de los estudiantes, en lugar de centrarse en los propósitos formulados para la misma, se deriva a solucionar los inconvenientes que para un inexperto puede suscitar el cálculo de incertezas.
- f) Que se introdujera en el diseño la historia de la Ciencia, en la medida de lo posible, para permitir a los estudiantes conocer los problemas que se planteó la comunidad científica en un determinado momento y la forma en que fueron abordados esos problemas.

Para salvar la brecha que existe entre un trabajo práctico tradicional y uno abierto, que generalmente desconcierta a los estudiantes puesto que no están acostumbrados a utilizar este tipo de guías por no poder encontrarles una estructura y una forma de abordaje adecuadas, se tomaron en cuenta las sugerencias para proveer estructura en una investigación abierta, que se encuentran en el trabajo de Watson, R. & Fairbrother, B. (1993). Estos autores proponen que, si en la experiencia hay que manipular variables, una buena técnica para proveer estructura es la llamada 'tabla de variables': se solicita a los estudiantes que conformen una tabla con las variables clave involucradas en la experiencia, y que identifiquen cuál (o cuáles) es la variable dependiente y cuáles las independientes.

A modo de ejemplo, se explica cómo fue elaborada la guía abierta sobre experiencia de Faraday: Se intentó una aproximación a la técnica anterior, dado que, como los alumnos no poseían

conocimientos previos sobre la inducción electromagnética, hubo que señalar las variables a manipular y la variable dependiente. Para esa misma experiencia, se tomó otra de las sugerencias propuestas por los mismos autores: se proporcionó a los alumnos una lista de elementos con los cuales debían lograr el objetivo propuesto por la guía con el fin de que cada grupo elaborara su propio diseño experimental y pudiera variarlo libremente.

Es importante poder incluir la historia de la Ciencia cuando se realizan experiencias; por ello, en el caso de la experiencia de Faraday se ha intentado explicitar lo mejor posible el problema que se formuló Faraday. utilizando material bibliográfico específico (Recoder, 1978) (ver guía A2; sección ‘algo de Historia)

2º FASE: SELECCIÓN DE LOS GRUPOS A ESTUDIAR

Para el caso de guías tradicionales, el único criterio que se tomó fue el de seleccionar grupos que realizaran experiencias de laboratorio de este tipo y para el caso de las guías abiertas, la selección de los grupos estuvo condicionada por la disponibilidad del docente a realizar experiencias bajo este tipo de guías.

El cuadro 1 presenta un detalle de las características de los grupos seleccionados, el tipo de guía utilizada por cada uno de ellos y los instrumentos de sondeo aplicados a cada grupo. En cuanto a las edades de los estudiantes: quienes trabajaron sobre Experiencia de Faraday fueron estudiantes de 17 años de edad promedio, mientras que quienes trabajaron sobre el tema movimiento, fueron estudiantes de 15 años de edad promedio.

CUADRO 1: Detalle de los grupos seleccionados, protocolos de entrevistas y guías de laboratorio utilizadas

Entrevista N°	Tema	Año	Modalidad	Protocolo N° (*)	Tipo de guía (*)
1 a 6	Mov. Rect. Uniforme	3º	Ciclo Básico Bachiller Común	I	Tradicional (T1)
7 a 9	Mov. Rect. Uniforme	3º	Ciclo Básico Bach. Orientado	I	Abierta (A1)
10 a 13	Exper. de Faraday	5º	Bachiller común	II	Tradicional (T4)
14 a 17	Exper. de Faraday	5º	Bachiller común	II	Abierta (A2)

(*) **ACLARACIÓN:** Los protocolos de entrevista se adjuntan en el ANEXO 1 y las guías de trabajo se adjuntan en el ANEXO 2.

En lo anterior, se hace evidente que no se han tomado muestras aleatorias, sino que los grupos a estudiar se han elegido en base a criterios sustantivos (y no formales). Por esta razón, no se realizarán inferencias estadísticas acerca de los atributos de toda la población escolar del nivel medio. Los resultados que más adelante se detallan deben considerarse como evidencias registradas para un cierto grupo de estudiantes. Ahora bien, si los resultados no son extrapolables a otras poblaciones, podría preguntarse: ¿cuál es el sentido de ellos? Tal sentido aparece si se tiene en cuenta que se puede conjeturar que en otras poblaciones de similares características se obtendrían resultados coherentes con éstos.

3º FASE: DISEÑO DE INSTRUMENTOS DE SONDEO

Los lineamientos generales que se tomaron para el diseño de los instrumentos de sondeo fueron adaptados de los criterios que proporcionan Pines et al, (1978). En el caso de los protocolos que se aplicaron en esta investigación, se consideró que un formato de entrevista flexible resultaría

mejor puesto que ‘... la información obtenida es más rica y útil para el estudio de las estructuras cognitivas y del aprendizaje cognitivo...’ (Moreira et al, 1993, p.23). Los instrumentos de sondeo fueron aplicados a una muestra de la población estudiantil. Siguiendo las pautas de muestreo teórico (Glasser y Strauss, 1967), a medida que se iban leyendo las entrevistas se pudo evidenciar una ‘saturación en las respuestas’.

4ªFASE: DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE COMPARACIÓN ENTRE EL USO DE GUÍAS ABIERTAS Y GUÍAS TRADICIONALES

Como estrategia general de comparación se tomó la de elaborar categorías que permitieran analizar los datos. Los *datos primarios* se tomaron de las entrevistas realizadas a los estudiantes y los *datos secundarios* se tomaron de las guías de laboratorio que fueron utilizadas en las clases y de las observaciones de clases.

Como sugieren Taylor & Bogdan (1992), ‘hay que aprender a buscar temas examinando los datos de todos los modos posibles’. (p.160). Este criterio fue aplicado tanto a datos primarios como a datos secundarios.

Para elaborar las que, en este informe, se denominan ‘categorías de análisis de los datos’ se buscaron en ellos lo que estos autores llaman ‘temas emergentes’ (p. 161). Algunas categorías surgieron de supuestos teóricos sustentados en la investigación. Las categorías que resultaron, y su evaluación, se detallan a continuación.

CATEGORÍA 1 (C1)- Expectativas ante el trabajo experimental

En este trabajo, se consideró que, como expectativa, resulta más deseable la de indagar, dado que es coherente con la metodología científica. Si los científicos únicamente realizaran experimentos con el propósito de comprobar, no tendrían sentido muchas de las investigaciones actuales.

Valores: a) Comprobar b) Indagar

Se consignó el valor a) cuando el alumno explícitamente afirmaba que el objetivo de la práctica era comprobar una ley o efecto.

Se consignó el valor b) cuando se daba cierta libertad para que el alumno pruebe distintas formas de experimentación. Esto se puede ejemplificar en el caso de las guías abiertas A1 y A2 (ver ANEXO 2).

CATEGORÍA 2 (C2)- ¿Existe buena interpretación física de la situación que se está analizando?

Consideramos que una buena interpretación física de la situación involucra la comprensión del recorte que se realizó cuando se modelizó la situación física. Comprender cabalmente una situación física requiere que el estudiante interprete los procesos de modelización realizados.

Valores: a) Sí b) No

Se consignó el valor a) en los casos en los cuales se puede detectar que el alumno tiene en claro el recorte que modeliza la situación física y/o la interpretación de la ley que es objeto de estudio del experimento.

A continuación se transcribe un párrafo de la entrevista 14, que ejemplifica lo anterior, en el cual la alumna certifica:

A: ‘...Nos dimos cuenta que la única manera en que no se producía diferencia de potencial era si armábamos un sistema entre el imán y la bobina y manteníamos la distancia (*refiriéndose a la

distancia relativa entre el imán y la bobina) y los movíamos para el mismo lado, entonces ahí no... No pasaba nada’.*

Se consignó el valor b) en aquellos casos en los cuales no ocurría lo anterior. Por ejemplo, en la entrevista 6:

E: ¿Para qué ponías inclinada la regla?

A: Para darle velocidad y sacar la constante.

E: Durante el trayecto sobre la regla de madera, ¿cómo es la velocidad?

A: Es uniforme, digamos, es constante la velocidad.

El alumno considera constante la velocidad en un plano inclinado, por tanto, no está interpretando correctamente la situación (no tiene en claro que se considera movimiento uniforme en el tramo horizontal).

CATEGORÍA 3 (C3)- ¿Qué efecto tienen sobre la conceptualización aquellas variables que no son ‘centrales’ en el experimento?

Existen variables que hemos llamado “no centrales” porque la guía de trabajos prácticos no está focalizada en ellas, sino que son “variables de fondo” que están presentes en el fenómeno estudiado. Estas variables pueden producir diferentes efectos en el estudiante mientras realiza la experiencia: o bien pueden actuar como distractores, en el sentido que el estudiante se concentre más en sus efectos que en el propósito de la experiencia, o bien puede suceder que sean útiles para ampliar la comprensión de la situación, dado que el estudiante pueden analizar sus efectos y tenerlos en cuenta al momento de efectuar las mediciones y/o de intentar comprender la situación.

El valor a) es el deseable si se admite que una buena conceptualización de la situación física incluye una correcta identificación de las variables presentes en ella y de sus efectos.

Valores:

- a) Amplían la comprensión de la situación que se aborda en el experimento
- b) Actúan como distractores respecto del propósito del experimento

Se consideran variables ‘centrales’ en el experimento aquellas en las que la guía de trabajos prácticos pone especial énfasis.

En el cuadro 2 se detallan, para los temas abordados, las variables que en este informe se denominan ‘centrales’ y las ‘no centrales’:

Cuadro 2. Variables centrales y no centrales para cada tema abordado en las experiencias

Tipo de variable Tema	Central	No central
Movim. rect. Uniforme	Velocidad, espacio, tiempo	Fuerzas de roce - impulso inicial
Efecto Faraday	Rapidez de cambio de flujo magnético; fem. inducida	Fuente de C. M; forma de detección de la fem - forma de variación del flujo magnético

Se consignó el valor a) cuando las variables ‘no centrales’ producían un efecto positivo, en el sentido de ampliar la comprensión de la situación.

Ejemplo: en la entrevista 13, cuando al alumno se le pregunta sobre formas alternativas de diseño experimental, responde:

A: Eh... Lo hicimos también con un rotor. Acá era al revés. Antes movíamos el imán y acá lo que se movía era la bobina. La intensidad de corriente era mucho más grande porque alcanzábamos a darle mayor movimiento con el rotor.

Se consignó el valor b) cuando las variables ‘no centrales’ actúan distrayendo la atención del alumno, a pesar de que exista una buena interpretación física del fenómeno abordado en el experimento.

Para ilustrar la afirmación anterior, se transcribe un fragmento de la entrevista 1, sobre movimiento:

E: ¿Qué efecto le haría en ese caso el rozamiento con la mesa a la bolita?

A: Y, que tarde un poco más. Le llevaría más tiempo. Y también nos había dicho la profesora que podía ser por el aire, porque las moléculas de aire que había en ese espacio, la bolita las tenía que empujar y ahí tardaba más tiempo. Eso nunca lo podemos medir, pero ya ahí también hay un error por rozamiento. Aparte capaz que empujamos la bolita, en vez de dejar que caiga sola, sin darnos cuenta, o capaz que se nos movió la varilla, también sin darnos cuenta. Eso también produce error. O sino, porque la bolita a veces bajaba de la cuña y tenía una desviación.

E: Claro. Esas son suposiciones de ustedes acerca del por qué no les dio como esperaban.

A: Claro. Esa es la conclusión que sacamos. Que no nos dio constante por todos esos errores, pero lo único que podemos hacer es mejorarlo, pero algunos no los podemos evitar.

CATEGORÍA 4 (C4)- Autonomía del alumno en la realización del experimento

En este caso, cuando se elaboró esta categoría, se consideró que un aspecto que puede incidir en forma notable sobre la conceptualización lograda por el estudiante es la autonomía para realizar el experimento. Un estudiante que “cumple reglas” siguiendo las pautas de una guía es posible que no logre el mismo nivel de conceptualización que un estudiante que realizó la experiencia en forma autónoma. (que el estudiante realice la experiencia en forma autónoma no significa que queda librado a realizar manipulaciones vacías de significado y sin un objetivo claro. Las guías abiertas diseñadas presuponen un mínimo de lineamientos para que el estudiante realice la actividad).

Valores:

a) Alumno que cumple reglas

b) Alumno protagonista

Los valores se consignaron cruzando la información proporcionada por las guías de trabajos prácticos y las observaciones de clase.

Se consignó el valor a) en los casos en los que el alumno sigue en forma rigurosa las pautas de la guía.

Se consignó el valor b) en los casos en que el alumno toma iniciativas para realizar la experiencia.

CATEGORÍA 5 (C5)- Tipo de vínculo entre clases teóricas y trabajo experimental

Cuando se incluyó esta categoría, el supuesto de fondo es que, cuando se conocen los resultados o las conclusiones de antemano, puede suceder que los estudiantes no generen expectativas acerca de la experiencia que están realizando, pueden hallarse poco incentivados para concurrir al laboratorio.

Lo anterior no quiere decir que se esté proponiendo un trabajo experimental por “descubrimiento autónomo”. No estamos de acuerdo con propuestas de guías que dejen la actividad en manos del “descubrir por sí mismo”, sin objetivos claros, carentes de un marco teórico y fomentando un manejo de equipamiento experimental vacío de significado. Estamos proponiendo que se realicen actividades con una guía que no circunscriba al estudiante a la realización de manipulaciones rígidas, con un objetivo también rígido. Creemos que en algunas ocasiones es más

conveniente que el trabajo experimental se presente como disparador del estudio de un problema y no que siempre se conozca la respuesta al problema antes de realizar la actividad experimental.

Valores:

a) El trabajo experimental cierra el tratamiento temático antes realizado

b) El tema se presenta a través de la experiencia para discusión posterior

Se consignó el valor a) cuando el alumno afirmaba haber tratado los temas que abordaba el experimento previamente en clase.

Por ejemplo, en la entrevista 3, el alumno afirma:

‘Sí, dimos una clase, dos clases, donde, bueno, vimos qué era cinemática, movimiento, y después vimos distintos tipos de movimiento: variado, uniforme; hicimos algunos ejercicios y después fuimos al laboratorio...’

Se consignó el valor b) en las entrevistas correspondientes a las guías A1,A2 y T2, puesto que los alumnos fueron al laboratorio para introducirse en el tema.

CATEGORÍA 6 (C6)- ¿Existe confusión entre conceptos?

Esta categoría alude explícitamente a sondear si el estudiante atribuye los significados correctos (desde un punto de vista científico) a los conceptos involucrados en la experiencia.

La hipótesis subyacente en este caso es la de que el estudiante puede sostener alguna confusión conceptual, que se haga evidente durante el desarrollo de la entrevista.

Valores: a) Sí b) No

Se transcribe un fragmento de entrevista en la cual se consignó el valor a):

E: Y además de la distancia, ¿tomaste algún otro dato más?

A: No, ..., y, la velocidad...

E: ¿Para qué tenías el cronómetro?

A: Y... Para contar cuánto tardaba de bajar la cuña en tocar... la velocidad.

En este fragmento, es evidente que el alumno confunde los conceptos de velocidad y tiempo. (no se consideró un mero error de expresión).

CATEGORÍA 7 (C7)- ¿Se nota la influencia de problemas de expresión?

Valores: a) Sí b) No

Esta categoría se incluyó fundamentalmente porque la hipótesis subyacente es que, detrás de una expresión lingüística ambigua, el estudiante puede tener claro (en mente) aquello que está expresando. No utiliza el vocabulario adecuado, pero denota comprensión hacia lo que se le está interrogando. En los casos en que las verbalizaciones del estudiante admiten la atribución de un único significado, se las puede colocar en alguna de las categorías anteriores; pero consideramos interesante hacer notar que aparecen expresiones cuya falta de claridad requiere la consideración de cuestiones de vocabulario.

Para ilustrar lo anterior, se transcribe un fragmento de entrevista, en el que fue consignado el valor a):

En la entrevista 9:

E: ¿Qué significa que el movimiento sea uniforme?

A: Que mantiene una velocidad y un sentido constantes, en el cual se mueve el móvil.

En este caso, lo que el alumno está intentando expresar es que en un movimiento uniforme, la rapidez (entendida como el módulo del vector velocidad) y el sentido del vector velocidad se mantienen constantes durante el movimiento.

Sería deseable que estos problemas de expresión no aparecieran; pero es imposible eliminar su presencia.

Resultados obtenidos

Las tablas I y II muestran el total de casos registrados (por categoría) para los diferentes valores de cada categoría. En la tabla I se muestran los resultados obtenidos para el tema “Movimiento rectilíneo uniforme” y la tabla II, para el tema “Experiencia de Faraday”. Estas tablas presentan totales absolutos de casos (**no** porcentuales).

TABLA I: TOTAL DE CASOS REGISTRADOS POR CATEGORÍA PARA GUÍAS TRADICIONALES Y ABIERTAS PARA EL TEMA MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORME

Categ Tipo guía	Expect. ante trab		Buena interpr. Física		Efecto variables no centr.		Autonom ía del alumno		Vínculo clases teór-exp.		Confusió n entre concepto s		Problema s de expresión	
	a	b	A	b	A	b	a	b	a	b	a	b	A	b
Tradic.	6	0	2	4	1	5	6	0	6	0	1	5	4	2
Abierta	0	3	0	3	3	0	0	3	0	3	0	3	2	1

Total de entrevistados: 9.- Usaron guía tradicional: 6; guía abierta: 3

TABLA II: TOTAL DE CASOS REGISTRADOS POR CATEGORÍA PARA GUÍAS TRADICIONALES Y ABIERTAS PARA EL TEMA EXPERIENCIA DE FARADAY

Categ Tipo guía	Expect. ante trab		Buena interpr. Física		Efecto variables no centr.		Autonom ía del alumno		Vínculo clases teór-exp.		Confusió n entre concepto s		Problema s de expresión	
	a	b	A	b	A	B	a	b	a	b	a	b	a	b
Tradic.	4	0	4	0	0	4	4	0	0	4	2	2	1	3
Abierta	0	4	10	3	4	0	0	4	0	4	0	4	1	3

Total de entrevistados: 8.- Usaron guía tradicional: 4; guía abierta: 4

Análisis e interpretación de los resultados

Cuando las actividades de laboratorio se realizan siguiendo guías de tipo tradicional, las expectativas de estos estudiantes se concentran en torno a la comprobación de leyes. El problema que parece emerger es que los estudiantes se “someten a la normativa”. Esto es: siguen rigurosamente las pautas establecidas por la guía sin intentar modos alternativos de diseño experimental, sin problematizar el tipo de trabajo impuesto por la guía.

Los estudiantes que siguieron una guía con un diseño más flexible estuvieron altamente motivados durante todo el desarrollo de la clase. La motivación se manifestó por el tipo de preguntas que realizaron, por los intentos de variar los diseños experimentales propuestos en la guía, por las discusiones que se pusieron de manifiesto en los diferentes grupos. (estas afirmaciones se realizan atendiendo a lo que fue registrado en las observaciones de clases).

Más adelante, se volverá sobre este punto.

La comparación entre uno y otro tipo de guías para el tema movimiento muestra diferencias en cuanto a los efectos que las variables no centrales tienen sobre la conceptualización. Al usar la guía tradicional, tales variables actúan como distractores: los alumnos se concentran más en sus efectos que en el propósito del experimento, aún en los casos en los cuales no hay confusión

conceptual. Además, esas variables fueron introducidas por el docente y se usaron para justificar las irregularidades en los resultados. Usando la guía abierta, los alumnos pudieron establecer que existe una relación entre la rapidez alcanzada al cabo de un cierto tiempo y el impulso inicial; identificar factores que influyen en las fuerzas de roce involucradas en la situación. (ej: forma aerodinámica del móvil, peso del móvil, etc.), sin que esto perjudicara la comprensión de la situación física. El trabajo de indagación actuó como un disparador de ideas previas de los estudiantes, con lo cual quedan hechos planteos iniciales para el tratamiento de los aspectos dinámicos del movimiento. Consideramos importante aclarar que en las clases donde se pusieron a prueba las actividades experimentales abiertas se fueron realizando puestas en común, cuando se consideraba pertinente.

El hecho de no haber registrado diferencias significativas en la categoría *confusión conceptual* (C.6) puede atribuirse al modo particular de enseñanza del docente: el docente del grupo en el cual se realizaron las entrevistas 1 a 6, si bien utiliza una metodología tradicional, enfatiza la comprensión de los conceptos (esta afirmación se fundamenta en las observaciones de clases). Esto es: este docente no adhiere a una metodología constructivista en sus clases. Más bien, se lo puede encuadrar como usuario de una metodología tradicional de transmisión-recepción, con inclusión de trabajos de laboratorio para “ilustrar la teoría”. Sin embargo, ello no impide que el docente enfatice la comprensión conceptual, y se muestre muy riguroso en lo que respecta a introducción de conceptos, análisis del significado de los mismos y aplicación de los conceptos en diversas situaciones, además de analizar las diversas relaciones que se dan entre ellos.

Lo anterior es coherente con el supuesto: “la construcción de conceptos en los estudiantes es un proceso complejo en el cual influyen diversos factores (...) uno de los cuales es el modo particular de enseñanza de cada docente” (referido en el comienzo de este informe).

Las diferencias obtenidas permiten conjeturar que el uso de un diseño experimental abierto, en el cual los estudiantes puedan descubrir por sí mismos vías alternativas de experimentación, diversifica los caminos de abordaje del experimento, con lo cual éste resulta más motivante, puesto que no se conocen los resultados ni se establecen las conclusiones de antemano.

La hipótesis de trabajo puede considerarse provisoriamente confirmada: el aprovechamiento que se logró a través del uso de la guía abierta superó al logrado utilizando la guía tradicional.

Para el tema experiencia de Faraday, los alumnos registraron menores índices de confusión conceptual con la guía abierta que con la tradicional. La principal confusión estuvo referida al rol de la bobina en la generación de la fem inducida. Además, variaron (sin que les fuera sugerido) la forma de generación de la fem inducida: algunos grupos lo hicieron introduciendo el imán en la bobina, otros dejando fijo un imán sobre el rotor de un motor eléctrico. La guía les proporcionó herramientas para el trabajo y, al dejarles libertad para el diseño experimental, los alumnos se basaron en conocimientos previos, lo que les amplió la gama de posibles arreglos para producir un mismo efecto. Aquí también se evidencia que el efecto de las variables no centrales amplía la comprensión de la situación.

En este caso, el análisis de la influencia de un nuevo diseño resultó más sencillo puesto que fue posible igualar las variables atributivas de los estudiantes y las variables de contexto. Cuando hablamos de variables atributivas nos referimos a la edad y el sexo de los estudiantes; las variables de contexto son: características de la institución escolar y estilo de trabajo del docente.

Respecto de la categoría 7 (influencia de problemas de expresión), no se han registrado diferencias entre los grupos que realizaron el trabajo con guías tradicionales y quienes lo realizaron con guías abiertas. Se ha registrado un porcentaje del 50% y del 25% en problemas de expresión, para los temas Movimiento y Experiencia de Faraday, respectivamente.

Si bien en las entrevistas hay otros aspectos consultados, en esta ocasión no nos hemos focalizado en el análisis de los mismos, dado que no era el propósito específico de este trabajo. Las cuestiones planteadas respecto de aspectos emocionales y/o actitudinales (ver protocolo de entrevista N 1) fueron consultados para un proyecto de investigación más amplio, cuyo análisis excede los propósitos de este trabajo. Sin embargo, a fin de reproducir fidedignamente los instrumentos de sondeo, no hemos efectuado recortes en los mismos.

Comentarios finales

En síntesis, cuando se trabajó con guías de tipo tradicional pudieron ponerse en evidencia algunos obstáculos en el camino hacia la formalización conceptual, atribuibles al diseño de la guía. (ejemplo: efecto de las variables ‘no centrales’)

Cuando se emplean guías abiertas se registró una mejor comprensión conceptual, facilitada por el estilo de las discusiones que promueve el carácter no normativo de la guía.

Sobre la base de lo anterior, se puede afirmar que el tipo de guía, si bien no es el único determinante de la construcción conceptual, puede favorecer, en más o en menos, esta construcción.

El uso de guías abiertas favorece la conceptualización, dado que brinda mayores posibilidades a los estudiantes para poner a prueba sus ideas, para problematizar acerca del fenómeno abordado, para intentar vías alternativas de solución y para confrontar sus opiniones con las de otros estudiantes.

Además de los aspectos conceptuales, que se han visto favorecidos con el uso de guías abiertas, cabe destacar que también se han registrado avances en aspectos metodológicos (en el sentido de un acercamiento de la labor del estudiante a la de un científico), puesto que se han incorporado aspectos de la metodología científica como son la emisión de hipótesis, el diseño de experimentos, el análisis crítico de un diseño experimental. Consideramos que ello es muy positivo, si se concibe a la Ciencia escolar como una “aproximación” a la Ciencia de los científicos.

Finalmente cabe aclarar que, desde este trabajo no se está afirmando que deba eliminarse el uso de guías tradicionales, sino que puede ser interesante complementar la tarea áulica siguiendo diseños más flexibles para las clases experimentales.

Referencias

- AUSUBEL, D. P. (1978) *‘Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo’*. Editorial Trillas. México.
- GIL PÉREZ, D. (1983) ‘Tres paradigmas básicos en la Enseñanza de las Ciencias’. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), pp. 26-33.
- GIL PÉREZ, D. (1986) ‘La metodología científica y la enseñanza de las Ciencias. Unas relaciones controvertidas’. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), pp. 111-121.
- GIL PÉREZ, D. Y GONZÁLEZ, E. (1993) ‘Las prácticas de laboratorio de Física en la Formación del Profesorado. (1) Un Análisis Crítico.’ *Revista de Enseñanza de la Física*, 6(1), pp. 47-61.
- GLASSER & STRAUSS (1967) *The discovery of Grounded Theory*. Chicago: Aldine.

- GONZÁLEZ, E. (1994) '¿Qué hay que renovar en los trabajos prácticos?'. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), pp. 206-211.
- HODSON, D. (1985) 'Phylosophy of Science, Science and Science Education'. *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.
- HODSON, D. (1993) 'Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science'. *Studies in Science Education*, 22, pp. 85-142.
- MOREIRA, M. A. y LANG DA SILVEIRA, F. (1993) *Instrumento de Pesquisa em Ensino & Aprendizagem*. EDIPUCRS. Porto Alegre.
- PIAGET, J. (1971) '*Psicología y Epistemología*' Ed. Ariel. Barcelona.
- PINES et al. (1978) *The clinical interview: a method for evaluating cognitive structure*. Ithaca, N. Y. Cornell University, Department of Education, Curriculum Series N° 6.
- POPPER, K. (1994) *La lógica de la investigación científica*. Editorial Tecnos.
- RECODER, R. F. (1978) *El Electromagnetismo de Faraday y Maxwell*. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires. Departamento de publicaciones.
- SALINAS y CUDMANI (1992) 'Los laboratorios de Física de ciclos básicos universitarios como procesos colectivos de investigación dirigida'. *Revista de Enseñanza de la Física*. 5(2), pp. 10-17.
- SAMAJA J. (1994) *Epistemología y Metodología*. EUDEBA. Buenos Aires.
- TAYLOR, S. J. y BOGDAN, R. (1992) *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Paidós. Barcelona.
- VYGOTSKI, L. (1991) *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Editorial Crítica Grijalbo. Barcelona.
- WATSON, R. & FAIRBROTHER, B. (1993) 'Open-ended work in Science (OPENS) Project: managing investigations in the laboratory'. *School Science Review (SSR)*, 75 (251), pp. 31-37.

Anexo 1

PROTOCOLO DE ENTREVISTA N° 1(PI)

1. Temas previos y preparación de la experiencia

- a) ¿Sobre qué tema se desarrolló la experiencia?
- b) ¿Cómo trataste esos temas? (explicación del profesor, discusión en pequeños grupos, resolución de problemas, etc.)
- c) ¿Fuiste a la clase de laboratorio con algún bosquejo previo de la experiencia que ibas a realizar?
- d) ¿Tenías conocimiento sobre lo que observaste en el laboratorio? (si la respuesta es afirmativa, preguntar de dónde obtuvo el conocimiento)

2. Desarrollo de la experiencia

- a) ¿Cuál fue el objetivo de la experiencia que realizaste? En otras palabras, ¿para qué hiciste la experiencia?
- b) ¿Cuántos fueron los que realizaron la experiencia? (en caso de haber trabajado en pequeños grupos)
- c) ¿Conocías el material con el que trabajaste?
- d) ¿Qué fue lo que hiciste durante el desarrollo de la experiencia?
- e) ¿Te ajustaste a la guía que se te presentó o buscaste otras formas de experimentar?
- f) ¿Cómo tomaste los datos? (en caso de que se requiriera tal actividad) ¿Qué hiciste con los datos?
- g) ¿Qué conclusiones obtuviste de la experiencia?

3. Transferencia de resultados

- a) ¿Para qué te sirvió la experiencia?
- b) ¿En qué puedes aplicar los resultados a los que llegaste?
- c) ¿Te parece que, con las observaciones que realizaste y los datos que tomaste, puedes tener cierta seguridad con respecto a las conclusiones a las que llegaste?

4. Aspectos emocionales y actitudinales

- a) ¿Te gusta el trabajo en el laboratorio? ¿Por qué?
- b) ¿Cómo te sentiste mientras trabajabas?
- c) ¿Cómo piensas que trabajan los científicos cuando realizan experimentos?
- d) ¿Te quedó algún punto que no comprendiste? Si tuvieras que repetir la experiencia, ¿en qué aspecto pondrías más atención, o tendrías más cuidado?

PROTOCOLO DE ENTREVISTA N° 2(PII)

1. Relatar lo que hizo cada grupo. Detalle del trabajo.

2. ¿Por qué utilizaron esa disposición experimental? (justificar por qué pusieron esos elementos, la forma de disponerlos, etc.)

3. ¿Podrían existir formas alternativas de experimentación? Si es así, detallarlas.

4. ¿En qué condiciones se produce corriente inducida?

5. ¿Cómo se puede variar la corriente inducida?

6. ¿Cuál es la hipótesis de trabajo?

7. ¿Existe corriente inducida en los siguientes casos? Fundamentar.

(Por razones de espacio no se incluyen los esquemas de circuito)

CASO 1: Circuito secundario al que se acerca un imán

CASO 2: Idem; se aleja el imán

CASO 3: Circuito secundario que se acerca a uno primario

8. ¿En qué se diferencia esta experiencia de aquella llevada a cabo por Oersted?

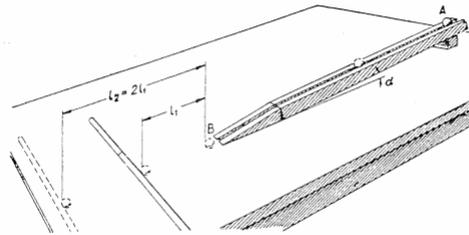
9. ¿Con qué dificultades tropezaron al comenzar el experimento? ¿Costó interpretar alguna consigna?

Anexo 2

GUÍA T1: MOVIMIENTO UNIFORME(guía del manual de experiencias del laboratorio que fue entregada a los alumnos)

Materiales: Regla de madera; bola de acero; cuña; cronómetro; varilla soporte.

Recordemos que un movimiento es uniformemente acelerado cuando al cuerpo que se mueve va aplicada una fuerza constante (caso de la fuerza de gravedad), y que un movimiento uniforme se produce al cesar la fuerza.



Se prepara la experiencia montando un plano inclinado con la regla y la cuña de madera que acompaña al equipo, como se indica en la figura; su pendiente, la tangente del ángulo α de la cuña, es pequeña, para que al llegar la bola al plano horizontal de la mesa o suelo, su velocidad sea tal que pueda medirse con el cronómetro tiempos del orden de dos o tres segundos en dicho recorrido horizontal, máximo de un metro.

Cuando un cuerpo recorre en tiempos iguales espacios iguales, y que, por lo tanto, en tiempos doble o triple recorre doble o triple espacio (movimiento uniforme), es lo mismo que decir que los espacios son directamente proporcionales a los tiempos:

$$\frac{e_1}{t_1} \approx \frac{e_2}{t_2} \approx \frac{e_3}{t_3} \approx \dots \approx v \approx \text{constante}$$

Esta constante es la velocidad. Vamos a ver, con el montaje descrito, que, cuando un cuerpo debe su movimiento a una fuerza que le fue aplicada, al cesar ésta se mueve con velocidad constante.

Dejando caer la bola por el plano inclinado, cronometramos el tiempo que tarda en ir desde el momento en que vemos que llega al plano horizontal, hasta que oímos su choque contra el tope. Repetimos eso otra vez, abandonando siempre la bola desde la misma altura del plano, y cronometramos lo que tarda en recorrer distancias, por ejemplo, doble que la anterior; veremos que el tiempo empleado es doble; repetimos de nuevo con una distancia triple.

Comprobaremos que la relación e/t es constante. Procurar que el plano sea lo más horizontal posible y de superficie pulida, para evitar las pérdidas por rozamientos.

El fragmento que sigue fue incorporado por el docente a la guía de trabajos prácticos.

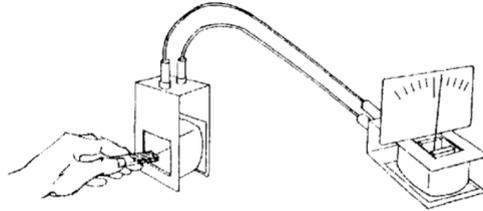
T. P. N° 10.

Con los valores obtenidos, completar el cuadro:

d (cm)	t(s)	d/t(cm/s)

Conviene hacer varias lecturas de cada tiempo y luego anotar el promedio en el cuadro. Representar gráficamente d en función de t .

GUÍA T2:INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA CON UN IMÁN PERMANENTE(guía del manual de experiencias del laboratorio que fue entregada a los alumnos)



Material: Bobina de 300 espiras; imán recto; bobina de 1200 espiras; mecanismo de galvanómetro; escala de galvanómetro; cables de conexión

Sobre la mesa se coloca la bobina de 300 espiras y se la conecta con dos cables al galvanómetro montado con la bobina de 1200 espiras, el mecanismo y la escala. Se introduce y retira el imán en la bobina de 300 espiras. Se varía la velocidad con la cual se introduce y retira el imán de la bobina. Se cambia el polo del imán que se introduce en la bobina.

OBSERVACIONES: Al introducir el imán en la bobina la aguja del galvanómetro se desvía. Al retirarlo se desvía en sentido contrario.

Al aumentar la velocidad con la cual se introduce y retira el imán de la bobina, aumenta la deflexión de la aguja.

Al cambiar el polo del imán que se introduce en la bobina, cambia el sentido de la deflexión de la aguja.

CONCLUSIÓN: 1) Al variar el flujo magnético que atraviesa una bobina acercando o alejando de ella un imán, se origina una fuerza electromotriz de inducción que es proporcional a la variación de dicho flujo e inversamente proporcional al tiempo en que se produce dicha variación.

2) El sentido de la fuerza electromotriz de inducción depende de la dirección del campo magnético.

GUÍA A1: MOVIMIENTO

Propósito: En este trabajo nos proponemos realizar una primera aproximación al estudio de los movimientos. Las consignas que se dan a continuación son abiertas, lo cual significa que cada grupo puede manejarse con cierta libertad para diseñar las tareas a realizar. Es interesante que hagan todas las pruebas que se les ocurran, y que registren por escrito todo lo que observan, junto con las posibles explicaciones y preguntas.

Materiales: en cada actividad el ‘móvil’ puede ser un carrito cualquiera, o bien un auto de juguete. Además, van a necesitar un cronómetro, y una superficie de apoyo (que puede ser una mesa o bien el suelo).

Actividades:

- 1- Coloquen dos marcas sobre la mesa (o el suelo) y hagan que el móvil vaya de una a la otra. Prueben diferentes trayectorias.
- 2- Repitan lo anterior, variando la distancia entre marcas.
- 3- Piensen qué tuvieron en cuenta para lograr el recorrido que se proponían en cada caso.
- 4- Elijan un cierto movimiento y realicen un registro del tiempo empleado por el móvil para completarlo.
- 5- Hagan desplazar al móvil con rapidez constante. Expliquen detalladamente por qué pueden afirmar que la rapidez no cambia. Traten de relacionar esto con movimientos que conocen de su vida cotidiana.

6- ¿De qué forma consiguen que el móvil describa una curva?

7- Después de haber descripto la curva, ¿qué tipo de movimiento sigue el móvil?

GUÍA A2: EXPERIENCIA DE FARADAY

Algo de Historia...

Michael Faraday es considerado como uno de los más brillantes investigadores del siglo XIX. Fue experimentador de la Royal Society, la institución científica más importante de Inglaterra, entre 1813 y 1858.

Faraday se interesó vivamente en los descubrimientos de Oersted y Ampère (Sugerencia: revisa en qué consistieron dichos descubrimientos). Ellos habían obtenido campos magnéticos a través de electricidad. Faraday pensó: ¿Por qué no se puede invertir ese proceso? Concretamente estaba pensando en obtener diferencia de potencial eléctrica a través de magnetismo.

Nuestra propuesta...

Primera parte

Vamos a intentar experimentar de una forma similar a la de Faraday, tratando de obtener d.d.p. eléctrica a través de magnetismo.

Para realizar la experiencia, es necesario contar con:

- a) una fuente de campo magnético
- b) un circuito cerrado

Te damos una nómina de elementos con los cuales podrás realizar un experimento similar al de Faraday:

- 1) Dos bobinas
- 2) Una aguja magnética
- 3) Un amperímetro y un voltímetro
- 4) Un imán
- 5) Una batería o fuente de electricidad

Recuerda que el objetivo es obtener d.d.p. a partir de magnetismo; recuerda que si existe d.d.p. y un medio que lo permita, podemos tener circulación de corriente.

Piensa qué elementos elegirías para realizar la experiencia, cómo los dispondrías y qué acciones puedes realizar con la fuente de campo magnético.

Cuando hayas logrado tu objetivo, trata de proponer formas alternativas para tu diseño experimental original, que produzcan el efecto deseado.

Segunda parte

Ahora que ya sabes cómo generar fem a partir de campos magnéticos, vamos a pensar cómo haríamos para variar esa fem.

Para ello es necesario pensar en las variables que intervienen en esta experiencia. Aquí te damos un cuadro con las variables que podemos manipular (en el sentido de que las podemos variar nosotros) y la variable dependiente (la fem inducida o d.d.p. inducida). Te proponemos que varíes la v_1 , la v_2 y que registres si ha habido cambios en la variable dependiente.

V1: velocidad del mov. Relativo entre fuente de C.M. e imán	V2: sentido del movimiento de la fuente de C.M. respecto del circuito	V3: polo del imán fuente que se acerca o se aleja del circuito	Vd: fem inducida

Recebido em 30.10.98

Reformulado em 20.05.99

Aceito em 24.05.99