

**CONSTRUCTIVISTA
DE LA TEORIA
EN EL MARCO
A LA FISICA
INICIACION**

**M.^a CARMEN P. DE LANDAZABAL
M.^a JESUS MANRIQUE DEL CAMPO
ANA FAVIERES MARTINEZ
PALOMA VARELA NIETO**

C·I·D·E

**INICIACION
A LA FISICA
EN EL MARCO
DE LA TEORIA
CONSTRUCTIVISTA**

**PALOMA VARELA NIETO
ANA FAVIERES MARTINEZ
M.^a JESUS MANRIQUE DEL CAMPO
M.^a CARMEN P. DE LANDAZABAL**

E·C·I·D·E

INICIACIÓN A LA FÍSICA EN EL MARCO DE LA TEORÍA CONSTRUCTIVISTA

**Paloma Varela Nieto
Ana Favieres Martínez
M.º Jesús Manrique del Campo
M.º Carmen P. de Landazábal**

**ESTUDIO FINANCIADO CON CARGO A LA CONVOCATORIA
DE AYUDAS A LA INVESTIGACIÓN DEL CIDE. 1989**

**Tercer Premio en la modalidad de Innovación Educativa correspondiente
a los Premios Nacionales a la Investigación e Innovación Educativa 1992**

Número 85

Colección: INVESTIGACION

INICIACION a la Física en el marco de la teoría constructivista / Paloma Varela Nieto... [et al.]. -- Madrid : Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia : C.I.D.E., 1993.

1. Física. 2. Enseñanza secundaria. 3. Aprendizaje. 4. Representación mental. 5. Alumno. 6. Elaboración de medios de enseñanza. 6. Programa de enseñanza. 7. Experimentación. 8. Evaluación. I. Varela Nieto, Paloma.

© MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA

C.I.D.E. Dirección General de Renovación Pedagógica
Secretaría de Estado de Educación

EDITA: CENTRO DE PUBLICACIONES - Secretaría General Técnica

Tirada: 1.200 ej.

Depósito Legal: M-30791-1993

NIPO: 176-93-154-0

I.S.B.N.: 84-369-2440-1

Fotocomposición e Impresión: ORCHE

Doña Mencía, 39 - 28011 MADRID

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a A. Brook y a R. Driver su permiso para la utilización y publicación de los cuestionarios "El camión de Miky" y el "Cambio Imposible".

.....

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| PRESENTACIÓN DEL TRABAJO | 9 |
| NUESTRA PROPUESTA Y EL NUEVO CURRÍCULUM DE FÍSICA | 13 |
| Capítulo 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 15 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN..... | 15 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA. | 16 |
| 1.2.1. Visión constructivista del aprendizaje | 18 |
| 1.2.2. Metodología del trabajo en el aula | 19 |
| 1.2.3. Cambio conceptual | 20 |
| 1.2.4. Aprendizaje significativo | 21 |
| 1.2.5. Evaluación | 23 |
| Capítulo 2. ENERGÍA..... | 27 |
| 2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA..... | 27 |
| 2.1.1. Introducción..... | 27 |
| 2.1.2. Criterios básicos | 29 |
| 2.1.3. Aspectos a considerar en el estudio de la energía. | 32 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2. EXPLORACIÓN DE LAS IDEAS PREVIAS | 33 |
| 2.2.1. Conceptualización del término energía | 33 |
| 2.2.2. Transferencia y conservación de la energía | 44 |
| 2.3. DISEÑO DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS | 55 |
| 2.3.1. Justificación | 55 |
| 2.3.2. Materiales del curso 1989/1990 | 56 |
| 2.3.3. Materiales del curso 1990/1991 | 64 |
| 2.4. EVALUACIÓN | 70 |
| 2.4.1. Descripción de los instrumentos de evaluación... | 69 |
| 2.4.2. Resultados y discusión..... | 73 |
| 2.4.2.1. Evaluación del cambio conceptual | 73 |
| 2.4.2.2. Evaluación del aprendizaje | 77 |
| 2.4.2.3. Cambio actitudinal | 78 |
| 2.4.2.4. Persistencia del cambio conceptual (curso 1991-92) | 83 |
| Capítulo 3. ENERGÍA ELÉCTRICA | 87 |
| 3.1. EXPLORACIÓN DE IDEAS PREVIAS | 87 |
| 3.1.1. Idea de circuito cerrado | 87 |
| 3.1.2. Modelos de corriente | 88 |
| 3.1.3. El problema del voltaje | 91 |
| 3.1.4. Conservación de la energía | 93 |
| 3.2. DISEÑO DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS | 94 |
| 3.2.1. Justificación teórica | 94 |
| 3.2.2. Descripción de los materiales didácticos | 95 |

| | |
|---|------------|
| 3.3. EVALUACIÓN | 103 |
| 3.3.1. Evaluación del cambio conceptual | 103 |
| 3.3.2. Evaluación del nivel de conocimientos conceptuales adquiridos | 105 |
| Capítulo 4. ENERGÍA TÉRMICA | 107 |
| 4.1. EXPLORACIÓN DE IDEAS PREVIAS | 107 |
| 4.1.1. Concepto de temperatura | 107 |
| 4.1.2. Equilibrio térmico | 109 |
| 4.1.3. Calor | 111 |
| 4.1.4. Cambios de estado | 113 |
| 4.1.5. Variables que influyen en los procesos de intercambio de energía en forma de calor | 117 |
| 4.2. DISEÑO DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS | 119 |
| 4.2.1. Justificación teórica | 119 |
| 4.2.2. Descripción de los materiales didácticos | 120 |
| 4.3. EVALUACIÓN | 124 |
| 4.3.1. Evaluación del cambio conceptual | 124 |
| 4.3.2. Evaluación del nivel de conocimientos conceptuales adquiridos | 126 |
| Capítulo 5. CONCLUSIONES | 127 |
| 5.1. LA CIENCIA COMO UN CUERPO COHERENTE DE CONOCIMIENTOS | 128 |
| 5.2. LA RELEVANCIA DE LAS IDEAS PREVIAS | 128 |

| | |
|--|------------|
| 5.3. UNA APROXIMACIÓN METODOLÓGICA A LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN..... | 130 |
| 5.4. UNA EVALUACIÓN COHERENTE CON EL MODELO DE ENSEÑANZA POR INVESTIGACIÓN | 131 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 135 |
| ANEXO I: RELACIÓN DE TABLAS DE DATOS | 145 |
| ANEXO II: GUIÓN DE LA PELÍCULA DE VIDEO | 146 |
| ANEXO III: MUESTRA DE ENTREVISTAS | 147 |

PRESENTACIÓN DEL TRABAJO

El objetivo general de nuestro trabajo es la mejora de la enseñanza y, como consecuencia, del aprendizaje de la Física y la Química mediante el diseño de materiales didácticos encaminados a confeccionar un nuevo currículum más equilibrado y flexible que el actual. Este diseño estaría basado en:

- a) La utilización de la Energía como idea globalizadora para el desarrollo de la Física en la enseñanza secundaria.
- b) El análisis previo de las representaciones conceptuales con que nuestros alumnos llegan a las aulas.
- c) La introducción en las clases de una metodología que propugne el cambio conceptual.
- d) Mejorar la actitud y el interés del alumno hacia la Ciencia, tan deteriorados en estos niveles educativos.

Las consecuencias que esperamos del trabajo que nos hemos propuesto serán aportar al profesorado un material curricular suficientemente contrastado que, con un enfoque nuevo, tenga en cuenta no sólo la estructura lógica de la materia, sino también los esquemas conceptuales iniciales de los alumnos, factor éste ignorado en la mayoría de los materiales didácticos al uso.

El trabajo de investigación se ha desarrollado en cuatro fases:

1.ª Fase.—*Recogida de datos sobre esquemas conceptuales de los alumnos*

- Actualización bibliográfica de las investigaciones más recientes sobre los esquemas conceptuales alternativos de los alumnos.
- Diseño de pruebas encaminadas a la detección de dichos esque-

mas o modificación, si fuera conveniente, de las ya diseñadas. Estas pruebas serán de lápiz y papel, de tipo test de elección múltiple y de respuesta abierta.

- Detección de los esquemas conceptuales mediante la realización de los correspondientes pre-tests antes de empezar la instrucción. Para completar el estudio se han realizado entrevistas grabadas a un pequeño número de alumnos cuyas respuestas a las pruebas escritas fueran representativas.

2.ª Fase.—*Diseño de materiales*

Tomando como base el análisis de los resultados obtenidos en las pruebas iniciales y con la idea temática central de la conservación de la energía y sus transformaciones, hemos realizado las actividades siguientes:

- Diseñar la Unidad Didáctica: Introducción a la Energía.
- Integrar en el nuevo diseño la Unidad Didáctica de Energía Eléctrica, previamente elaborada por el equipo (Varela et al, 1988).
- Adaptar los materiales de la U.D. de Energía Térmica diseñados para Enseñanza Asistida por Ordenador (Pérez de Landazábal et al., 1991) de acuerdo con el nuevo enfoque.

3.ª Fase.—*Experimentación en el aula*

La experimentación de las tres Unidades mencionadas se ha realizado en base a conseguir que los alumnos:

- Pongan en cuestión sus ideas haciéndoles discutirlos en equipos de 3 ó 4, y que emitan hipótesis acerca del comportamiento de determinados sistemas.
- Verifiquen experimentalmente dicho comportamiento mediante experiencias diseñadas por nosotras o por ellos mismos. Estas experiencias se han realizado en el laboratorio cuando ha sido posible y, si no, se han utilizado simulaciones con ordenador.

- Contrasten sus hipótesis de partida con los resultados obtenidos.

Los pasos anteriores han implicado un trabajo de laboratorio, durante el cual los estudiantes observan, recogen y presentan sus conclusiones de formas diversas. También discuten las interpretaciones de los sucesos analizados.

- Promover situaciones en que los estudiantes aplican y reafirman sus nuevas ideas. Diversos estudios sugieren la importancia de dar a los estudiantes oportunidades para usar las nuevas ideas en diferentes situaciones con el fin de conseguir que adquieran confianza en las mismas.

Esta experimentación se ha realizado con 190 alumnos de 2º de B.U.P. de los Institutos de Bachillerato Rey Pastor y Mariana Pineda del área urbana de Madrid, durante los cursos 1989/1990 y 1990/1991.

4.ª Fase.-Evaluación

De acuerdo con los objetivos planteados en el proyecto, la evaluación de los resultados obtenidos consta de varias partes:

- Medida del cambio conceptual que se ha producido en cada uno de los alumnos como consecuencia del proceso de aprendizaje. Esto se ha realizado utilizando pruebas post-test ampliadas con entrevistas individuales.
- Medida de la persistencia del cambio conceptual, pasando las mismas pruebas u otras similares al cabo de los nueve meses de finalizada la enseñanza.
- Nivel de conocimientos adquirido, mediante pruebas de tipo convencional.
- Aceptación del método de enseñanza por parte de los alumnos, mediante el análisis de una prueba actitudinal.

Aparte de estos sistemas cuantitativos de evaluación, se ha realizado un estudio cualitativo a partir de:

- La observación externa del desarrollo de algunas de las clases por miembros del grupo, a partir de un guión elaborado al efecto.
- Grabaciones en audio y video de parte del trabajo en el aula. (Se presenta video).
- Análisis de los cuadernos de clase de los alumnos.

Con estos datos, se ha procedido a valorar de forma cualitativa el grado de participación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

NUESTRA PROPUESTA Y EL NUEVO CURRÍCULUM DE FÍSICA

En el período de tiempo en el que hemos estado desarrollando este proyecto, han aparecido publicados documentos oficiales —en el marco del desarrollo de la LOGSE— referentes a los futuros currícula que tendrán que impartirse en nuestros centros escolares.

Si nos detenemos en la Enseñanza Secundaria Obligatoria, el Real Decreto 1007/91 del 14 de junio establece las enseñanzas mínimas que dentro del área de Ciencias de la Naturaleza, el Ministerio de Educación ha considerado prescriptivas. En este decreto se señala que *“Los contenidos se organizan en este área alrededor de algunos conceptos fundamentales tales como energía, materia, interacción y cambio”*.

Si comparamos los contenidos conceptuales correspondientes al bloque de LA ENERGÍA podemos observar una clara coincidencia. Hay sin embargo una diferencia importante: nosotros, en contraposición con la propuesta publicada, somos partidarios de abordar, desde el inicio de este bloque el Principio de Conservación de la Energía, comenzando por un planteamiento general mediante la construcción de diagramas para los diferentes tipos de transformaciones energéticas posibles. Este principio va a ser luego aplicado al estudio de la Energía eléctrica y de la Energía térmica lo cual va a contribuir a dar una coherencia, desde un punto de vista científico a todos los materiales desarrollados. El abordar este principio desde el primer momento nos va a permitir introducir la idea de Degradación *“para comprender la existencia de crisis energéticas”* (Resolución del 5 de marzo de 1992 por la que se regula la elaboración de proyectos curriculares para la Enseñanza Secundaria Obligatoria).

En cuanto al bloque de ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO existe también amplia coincidencia en todos los tipos de conteni-

dos, aunque para estudiantes de este nivel, y a pesar de las dificultades que hemos detectado en su aprendizaje nos parece que hay que profundizar en el concepto de diferencia de potencial en un circuito eléctrico, concepto no mencionado específicamente, salvo en la evaluación, en la propuesta oficial.

Por lo que respecta a los contenidos procedimentales y actitudinales propuestos en el decreto citado, hay también clara coincidencia con nuestra aportación ya que en nuestros materiales se destaca todo lo referente a ahorro energético, fuentes de energía, recursos, etc.. y, además, el trabajo en el aula fomenta en los estudiantes la ejercitación de las destrezas científicas.

En el Real Decreto 1178/1992 del 2 de octubre por el cual se establecen las enseñanzas mínimas del Bachillerato, dentro de la asignatura Física y Química del primer curso, aparecen dos bloques temáticos relativos a LA ENERGÍA Y SU TRANSFERENCIA: TRABAJO Y CALOR y ELECTRICIDAD que, de nuevo, tienen una orientación similar a la del presente trabajo, aunque con un nivel de profundización más elevado acorde con el nivel a que va dirigido.

Por último queremos destacar que, dentro de las nuevas propuestas, existen otros bloques que corresponden a la Energía mecánica y, en este sentido, nos proponemos continuar nuestro trabajo dentro de este campo.

Como conclusión, consideramos que los materiales diseñados encajan perfectamente en la Enseñanza Secundaria Obligatoria y proporcionan un buen punto de partida para su profundización posterior en el marco del futuro Bachillerato.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. INTRODUCCIÓN

Los resultados de numerosas investigaciones realizadas en las últimas décadas acerca de cómo los estudiantes adquieren conocimientos ponen de manifiesto que, antes de iniciar un aprendizaje formal de la Ciencia, ya poseen unas ideas sobre las leyes que rigen el mundo que les rodea. En general estas ideas no concuerdan con el punto de vista científico.

Hay en la actualidad un gran interés por conocer cuáles son las ideas previas de los alumnos, ya que, según las teorías modernas del aprendizaje, sólo se logrará que éste sea significativo si se parte del conocimiento de estas representaciones para construir, modificándolas, nuevos esquemas conceptuales. Todo conocimiento se debe a una asimilación activa del sujeto que acomoda sus propios esquemas cognoscitivos a ese nuevo conocimiento. *“Si los nuevos conceptos contradicen a sus precursores subverbales o intuitivos, estos últimos pueden quedar entonces inalterados o subyacentes”* (Piaget, 1979). Así, como afirma Ausubel (1978), *“de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el alumno ya sabe. Averíguese esto y enséñese en consecuencia”*.

En esta misma línea Bachelard (1971) comenta:

A menudo me ha sorprendido el hecho de que los profesores de ciencias, más aún que los demás si cabe, no entienden que no se comprenda (...) No han reflexionado sobre el hecho de que los adolescentes llegan a clase con conocimientos empíricos ya constituidos; se trata pues, no de adquirir una cultura experimental, sino de cambiar de cultura experimental, de derribar los obstáculos ya acumulados por la vida cotidiana

Hay diferentes líneas de investigación en el estudio de las ideas previas de los alumnos (Driver et al., 1985; Osborne et al., 1985; Carrascosa, 1987; Andersson, 1986), pero en general todos los autores coinciden en que estas ideas se caracterizan por

- tener una cierta coherencia interna, a pesar de que los alumnos las usan de un modo aparentemente contradictorio,
- ser comunes a estudiantes de diferentes medios y edades,
- estar tan fuertemente arraigadas que son muy resistentes al cambio.

Nosotros nos encontramos más cercanos a la escuela de Driver, en que se habla de los *esquemas conceptuales* como aquellas estructuras construidas por el niño como resultado de sus interacciones con el medio ambiente. Sus orígenes vendrán determinados por sus experiencias sensibles o por estímulos lingüísticos de diferente clase. La información se almacena en forma de ESQUEMAS, que pueden consistir en conocimientos individuales sobre un fenómeno específico o en estructuras de razonamiento más complejas. Estos esquemas influyen en el modo en que se adquiere nueva información y, a su vez, son influidos por ésta.

En resumen: **Los esquemas conceptuales son constructos de carácter provisional necesarios en el proceso de construcción de conocimientos que constituye el aprendizaje.**

Para terminar añadiremos que, como causas de la existencia en nuestros estudiantes de estos esquemas alternativos, podemos enumerar:

- Necesidad humana de encontrar una solución a las preguntas de un entorno.
- Lenguaje cotidiano.
- Influencia de la cultura popular.
- Escuela, a través de: libros de texto, profesor, compañeros, metodología inadecuada, curriculum escolar (inadecuado y presentado en compartimentos estancos).

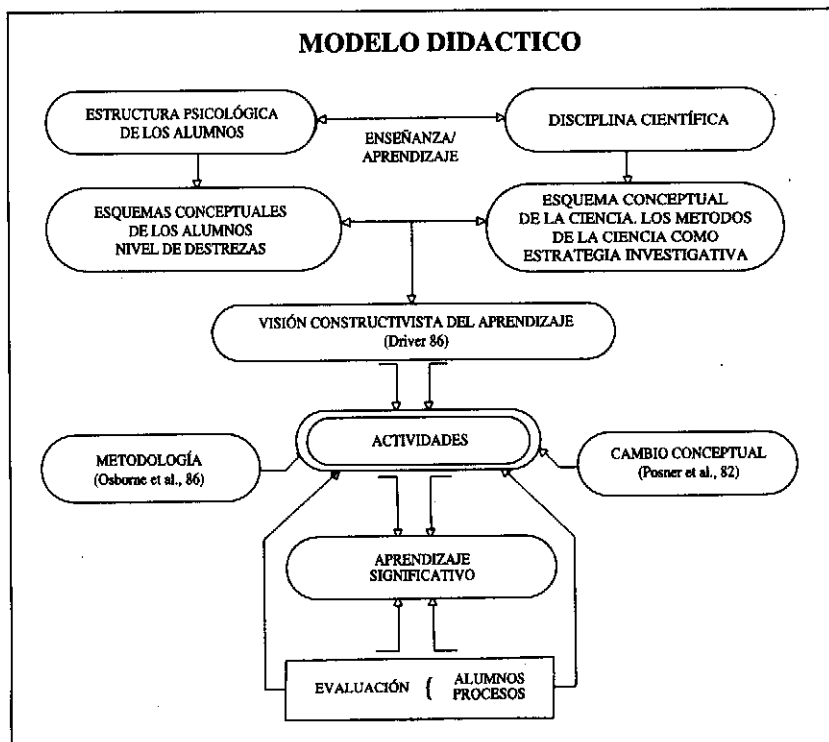
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA

Hoy día se reconoce ampliamente que, en la mayor parte de los campos abordados por las Ciencias, la enseñanza habitual se ha mostrado bastante ineficaz a la hora de conseguir que las ideas

intuitivas de los alumnos evolucionen hacia las admitidas actualmente por la comunidad científica (Engel y Driver, 1986). Esto pone de manifiesto la necesidad de diseñar nuevas estrategias que tengan como punto de partida los esquemas conceptuales del alumno y que sean capaces de potenciar en ellos el cambio conceptual (Posner, 1982). Para intentar cubrir esta necesidad varios grupos de investigación están tratando de diseñar estrategias de instrucción que resulten más eficaces en el sentido apuntado (Driver y Oldham 1986; Osborne y Wittrock, 1985; Pines y West, 1986).

Con esta orientación nuestro grupo de trabajo está elaborando materiales curriculares basados en el modelo representado por el esquema de la Figura 1.1.

FIGURA 1.1.



Como se puede observar, se inicia con dos líneas paralelas, una de las cuales tiene en cuenta la situación de partida del alumno y la otra está basada en la estructura de la disciplina que se quiere enseñar (Física, Química...). Estas líneas se integran coherentemente en la visión constructivista de todo el proceso de enseñanza/aprendizaje.

A continuación vamos a desarrollar los títulos más relevantes que aparecen en el esquema:

1.2.1. VISIÓN CONSTRUCTIVISTA DEL APRENDIZAJE

La existencia de los esquemas alternativos de los estudiantes constituye una de las piezas claves del nuevo paradigma. Driver, basándose en el concepto psicológico de los "constructos personales" de Kelly (Pope et al., 1983) ha desarrollado un "modelo constructivista del aprendizaje" del que habría que destacar las siguientes características (Driver, 1986):

1. *Lo que hay en el cerebro del que va a aprender es importante.*—Los resultados del aprendizaje no sólo dependen de la situación de aprendizaje y de las experiencias que proporcionamos a nuestros estudiantes, sino también de los conocimientos previos de los mismos, de sus concepciones y motivaciones.
2. *Encontrar sentido supone establecer relaciones.*—Los conocimientos que pueden conservarse largo tiempo en la memoria no son hechos aislados, sino conceptos muy estructurados e interrelacionados de múltiples formas.
3. *Quien aprende construye activamente significados.*—Lo que determina nuestra actividad en cualquier situación, no es tanto lo que extraemos de ella, sino las construcciones que aportamos a la misma. La construcción de significados, ya sea a partir de un texto, de un diálogo o de una experiencia física, implica un proceso activo de formulación de hipótesis o realización de ensayos, que son contrastados mediante experiencias sensoriales.
4. *Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje* en el sentido de que han de dirigir su atención hacia la tarea

de aprendizaje y hacer uso de sus propios conocimientos para construir ellos mismos el significado de la misma, incluso cuando tienen una actitud exteriormente pasiva.

Este conjunto de características va a gravitar en la orientación pedagógica del proceso de instrucción, teniendo como consecuencia una metodología de trabajo en el aula que, mediante un proceso de cambio conceptual, conduzca a un aprendizaje significativo (Ausubel, 1978) de los conceptos que se presentan.

1.2.2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO EN EL AULA

De acuerdo con la perspectiva anteriormente expuesta, la metodología que tendremos que utilizar en el aula tiene que estar encaminada a:

- Conseguir que los alumnos pongan en cuestión sus ideas.
- Contrasten estas ideas con sus compañeros.
- Emitan hipótesis acerca del comportamiento de determinados sistemas.
- Contrasten sus hipótesis con los resultados aportados por la experimentación y/o el profesor.
- Apliquen las nuevas ideas a otras situaciones.

Parece lógico, en vista de todo lo anterior, que el profesor deje de ser un mero transmisor de conocimientos ya elaborados para asumir otros roles coherentes con el nuevo enfoque metodológico. Entre estos cabe destacar (Seminario Axarquía, 1989):

- El profesor como motivador: debe hacer explícito a los alumnos qué se pretende con el tema o la actividad a realizar, debe alentar a los estudiantes a que se hagan preguntas a sí mismos y a los demás, buscando siempre el por qué de las cosas y debe animarlos para que asuman la responsabilidad de su propio aprendizaje.
- El profesor como guía: los alumnos necesitan orientación para vincular adecuadamente sus experiencias y sus ideas con el nuevo concepto que se está estudiando y para generar vínculos que hagan significativa la nueva información para

el aprendizaje. Esta guía, necesaria para que los alumnos aprendan, requiere un profesor muy activo, que interactúe continuamente con los individuos y los grupos, ofreciendo una y otra vez argumentos a favor y en contra de una idea o concepto.

- El profesor como innovador-investigador. Posiblemente ésta sea la más desafiante de las nuevas tareas del profesor, para la cual es imprescindible estar en contacto con otros profesores y conocer los hallazgos y resultados obtenidos dentro del campo en que esté trabajando.

1.2.3. CAMBIO CONCEPTUAL

Dentro del planteamiento que estamos describiendo, un paso fundamental es, tomando en cuenta los esquemas previos de los estudiantes, diseñar formas de cambiarlos o de hacerlos evolucionar hacia los aceptados hoy día por la comunidad científica. Este proceso de cambio en la organización del conocimiento ó reestructuración presenta interés en la enseñanza de la Física donde, según muestra la abundante bibliografía, existe un número importante de esquemas alternativos en los estudiantes. Es preciso, sin embargo, dejar claro que los cambios en la estructura conceptual no se producen con facilidad y por lo tanto se han desarrollado diferentes teorías acerca de como puede ocurrir este proceso. Merece la pena destacar las propuestas de cambio conceptual presentadas por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) donde postulan las condiciones necesarias para que tenga lugar dicho cambio:

1. El alumno ha de verse insatisfecho con las ideas previas, es decir, que sea consciente de que no le son útiles y por tanto es necesario cambiarlas por nuevas ideas.
2. La nueva idea ha de ser inteligible, lo que supone conocer y comprender los términos, símbolos y modos de expresión. Además la información debe ser estructurada de una forma coherente.
3. La nueva idea ha de ser inicialmente verosímil. Entender una idea no es condición suficiente para aceptarla e incorporarla al esquema conceptual, además tiene que ser consistente con las ideas anteriores, no estar en contradicción con

ellas ni con la experiencia del alumno. Este requisito es muy difícil de cumplir cuando la nueva idea parece ser contraintuitiva, siendo un obstáculo serio para el aprendizaje. Esta es una situación que se da frecuentemente en la enseñanza de la Física.

4. La idea nueva ha de ser potencialmente fructífera, es decir, que sirva para resolver los problemas, ampliar su campo de conocimiento, sugiriéndole preguntas acerca de lo que observa, abriendo nuevas posibilidades de investigación para verificar sus respuestas.

Como puede observarse existe un cierto paralelismo entre el desarrollo conceptual del individuo y la evolución histórica de los conocimientos científicos. Por ello, se ha llegado a afirmar que el resultado del aprendizaje, es decir, el cambio conceptual, es un equivalente al cambio de paradigmas que, según postula Kuhn (1979), caracteriza a las revoluciones científicas.

1.2.4. APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Cuando se produce una situación educativa, los resultados que pueden derivarse podrían venir representados por el esquema de la Figura 1.2 (Cubero, 1989).

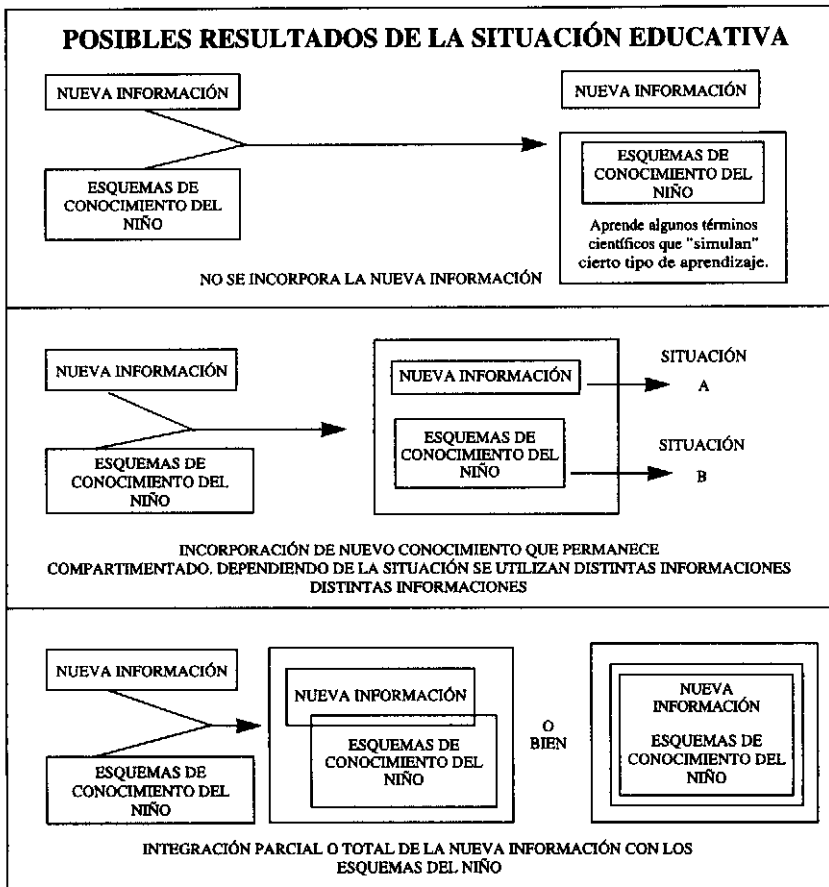
Sólo cuando ocurre la tercera opción diremos que se ha producido un aprendizaje significativo, lo cual, desde el punto de vista constructivista, quiere decir que hay acuerdo entre nuestras experiencias y la información recibida. Ausubel (1978) define el "aprendizaje significativo" como aquél que se elabora de forma "no arbitraria", de forma "sustantiva" y con incorporación "no mecánica" de conocimientos en la estructura cognoscitiva.

La estructura cognoscitiva es una estructura de conocimientos almacenados en nuestras mentes que crecen y se desarrollan desde la más temprana infancia. Veamos el significado de algunos de los términos mencionados:

- No arbitrario: Un alumno aprende de una forma no arbitraria cuando hace un esfuerzo consciente por relacionar los nuevos conocimientos con aquéllos que ya posee.

- Sustantivo: El aprendizaje sustantivo ocurre cuando el alumno hace un esfuerzo consciente por identificar los conceptos claves del nuevo conocimiento y los relaciona con otros conceptos.
- No mecánico: La enseñanza no mecánica es el producto de una enseñanza no arbitraria y sustantiva. El aprendizaje mecánico se verifica cuando el estudiante memoriza simplemente algo sin pensar en lo que significa (comprender algo es establecer relaciones).

FIGURA 1.2



1.2.5. EVALUACIÓN

En un modelo de enseñanza tradicional la palabra evaluación se considera sinónimo de prueba, examen, control, y se concibe como una mera recopilación de datos cuya finalidad es calificar el rendimiento de un alumno exclusivamente desde el punto de vista de los conocimientos adquiridos. Sin embargo, la evaluación constituye una parte muy importante en el proceso de enseñanza/aprendizaje que sirve de punto de partida para una reflexión posterior que facilite la mejora continuada y reelaborada del trabajo del profesor.

El marco teórico en que se mueve el modelo de evaluación que vamos a describir podría apoyarse en los puntos de vista de Coll y Gimeno que podemos considerar complementarios.

Según Coll (1983) la evaluación educativa contempla una extensa gama de posibilidades existentes respecto al objeto mismo de la evaluación; tomando como unidad de análisis procesos de enseñanza/aprendizaje, podemos analizar estos elementos del currículo: los objetivos, el material, la metodología, el comportamiento del profesor, el ambiente del aprendizaje, los resultados del aprendizaje realizado por el alumno, e incluso el proceso tomado en su globalidad. Por otra parte, la evaluación conduce a emitir un juicio, una valoración que surge al comparar un conjunto de informaciones relativas al objeto evaluado, con unos criterios previamente establecidos. En este sentido, "evaluar" no es sinónimo de "medir". La referencia a unos criterios con los que se compara, convierte la simple medición de un aprendizaje, en una evaluación. Por último, el proceso evaluativo no se agota en sí mismo: se evalúa siempre con alguna finalidad, con el propósito de disponer de una base más sólida para tomar decisiones de diverso orden.

Por otra parte, para Gimeno (1985), es evidente que es preciso ampliar el concepto de evaluación. La necesidad de una evaluación integral u holística, viene exigida por 4 razones:

1. *Por considerar que la gama de efectos producidos por los métodos pedagógicos es amplia y que la evaluación debe considerarse en toda su amplitud.*
2. *El hecho de que cualquier efecto educativo o resultado de aprendizaje es un producto de la interacción codeterminante de múltiples factores.*

3. *Los resultados detectables en la evaluación son expresión de las interacciones entre todos los componentes del modelo didáctico, presentándose así como un instrumento de investigación del propio modelo didáctico.*
4. *Es fundamental para la didáctica recuperativa. Los resultados no satisfactorios son una llamada al sistema en su conjunto, a todos sus elementos, por lo que es acientífico adjudicar la responsabilidad del proceso, exclusivamente al alumno.*

La idea de una evaluación exhaustiva no es compatible, hoy por hoy, con la búsqueda de datos de evaluación totalmente precisos, fiables y cuantificables. Se preconiza recurrir a las más variadas fuentes de información, incluidos todos los participantes del proceso de enseñanza/aprendizaje. En la práctica de dicha evaluación, es necesario asumir los márgenes de subjetividad que conlleva, adoptando una doble actitud: por un lado aceptarla y ser coherente con ella, no tomando posturas autoritarias, ni técnicas para la cuantificación a ultranza, y por otro lado, emprender una lucha por un conocimiento más objetivo, confrontando las diversas subjetividades que se filtran a través de los más variados instrumentos y datos de observación personales.

Así pues, la evaluación se concibe no como un proceso de inspección externo e impuesto, sino como exigencia interna de perfeccionamiento, lo que implica como condición necesaria la participación voluntaria de quienes actúan y desean conocer la naturaleza real de su intervención y las consecuencias y efectos que produce.

En concreto, nuestro modelo de evaluación, basada en la tradición constructivista y por tanto, con clara raíz cognitiva, consiste en analizar y contrastar diferentes informaciones con el ánimo de contestar a las siguientes preguntas:

- ¿en qué medida los enfoques de enseñanza propuestos tienen en cuenta las ideas previas de los alumnos?
- ¿se da la oportunidad a los estudiantes para construir sus propios significados y si es así, cómo hacen uso los alumnos de estas oportunidades?

- ¿en qué medida los alumnos cambian sus concepciones como resultado de la secuencia de enseñanza?

Este planteamiento de evaluación tendría que desarrollarse cubriendo las etapas descritas en "La evaluación formativa en una perspectiva cognitivista" de Allal (1979) y que son:

1. *Recogida de informaciones.*
2. *Interpretación de las informaciones recogidas.*
3. *Adaptación de las actividades pedagógicas.*

Estas etapas habría que recorrerlas trabajando en dos campos complementarios:

CAMPO DE LOS ALUMNOS: dada la importancia de las ideas previas que poseen los estudiantes antes de iniciar un determinado proceso de enseñanza-aprendizaje, consideramos un requisito imprescindible la exploración inicial o de pronóstico de las mismas y la elaboración de una serie de categorías donde podamos englobar a cada uno de los alumnos. Si uno de los objetivos de nuestra enseñanza es conseguir el cambio conceptual, a través de un cambio metodológico, tendremos que tratar de evaluar este cambio así como su persistencia a lo largo del tiempo.

En línea con la anterior nos planteamos también pruebas de tipo más o menos convencional en que podamos contrastar el avance que, en contenidos y destrezas, se produzca dentro de cada una de las unidades temáticas.

Para complementar este campo nos interesa saber la actitud de los alumnos hacia estas nuevas metodologías (Serrano, 88; Escudero, 85). A parte de las observaciones en clase es conveniente utilizar algunos instrumentos tales como encuestas y entrevistas, en que registremos sus opiniones al respecto. Los estudiantes suelen cooperar de buen grado a este tipo de requerimientos si son conscientes de que sus opiniones van a tenerse en cuenta.

CAMPO DEL PROCESO: aparte de "medir" todo lo referente a los estudiantes estamos muy interesados en poder emitir juicios acerca de la:

- validez de la metodología empleada, así como de las secuencias concretas de aprendizaje propuestas para un determinado concepto o teoría.
- validez del currículum propuesto tanto en su lógica interna como en su adecuación a los alumnos a los que va dirigido.
- principales dificultades que se presentan en el proceso del cambio conceptual. Identificación de las ideas previas que persisten a pesar del aprendizaje.
- fiabilidad y validez de las pruebas en sí mismas así como de las preguntas que la componen y por tanto su adecuación como instrumento de medida.

Para conseguir el mayor nivel posible de fiabilidad en nuestras apreciaciones hay que utilizar diversos procedimientos característicos de este tipo de evaluación: entrevistas con muestras representativas de alumnos, revisión de sus cuadernos de trabajo, grabación en audio y vídeo de las discusiones que se producen a nivel pequeño y de gran grupo, observaciones externas por parte de otros profesores...

El análisis conjunto, por parte de todo el equipo de profesores-investigadores de la información recogida nos llevará a revisar tanto los materiales diseñados y/o utilizados para la enseñanza como a detectar todos los problemas relacionados con el aprendizaje que se derivan de la misma.

CAPÍTULO 2

ENERGÍA

2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

2.1.1. INTRODUCCIÓN

La elección del tema de la energía como base y núcleo sobre el que se estructura el currículum de la Física en la Enseñanza Secundaria Obligatoria obedece a varios motivos:

Por una parte está la innegable importancia del tema, así como la cantidad de posibilidades que ofrece respecto al enfoque de distintas materias desde el punto de vista energético, por supuesto no sólo dentro de las tradicionalmente incluidas dentro de la Física, sino también dentro de la Química, como el estudio del enlace y de las reacciones químicas, dentro de la Biología en el estudio energético de los biosistemas, y en Ciencias Sociales, en general, en las que se analiza cómo el desarrollo de los países depende de la utilización de sus recursos energéticos y puede medirse por el consumo de energía per cápita, etc.

Otro motivo fundamental es la vigencia que han adquirido los temas relacionados con la energía en el ámbito de la cultura popular, donde los medios de información utilizan habitualmente expresiones como "consumo de energía", "energías limpias", "residuos energéticos", etc. Un estudiante debería poder interpretar y manejar estos términos desde el punto de vista de la Ciencia, y también relacionar el consumo de energía con la degradación de ésta.

Por otra parte, estas consideraciones son comunes a diversos grupos de trabajo e investigación que en los últimos años han elaborado diversos cursos y proyectos curriculares que tratan el tema de la energía y su conservación desde un punto de vista distinto del tradicional en la enseñanza básica de la Física, como el Proyecto "Children Learning in Science" de la Universidad de Leeds, el

Proyecto "Learning Science Project" de la Universidad de Waikato (Nueva Zelanda), o el Proyecto del grupo Axarquía, en España.

Tradicionalmente se ha enfocado el estudio de la energía y su conservación a partir de las nociones de Fuerza, Trabajo mecánico, Energía mecánica y su conservación, y posteriormente Energía térmica, concluyendo con el estudio de las máquinas térmicas. Este tratamiento ha demostrado no ser eficaz en el aspecto de proporcionar una idea global de la energía ni de sus transferencias, transformaciones, conservación y degradación, sino que más bien restringe el concepto de la energía al campo de la Mecánica, produce una identificación entre Trabajo y Energía, y además no capacita a los estudiantes para aplicar el Principio de Conservación en situaciones variadas (Viennot, 1979; Driver y Warrington, 1985; Duit, 1983). Por otra parte, induce la idea de que el calor es algo que poseen los cuerpos, no diferenciando entre Energía interna y su transferencia. Tampoco resuelve el conflicto entre el Principio de Conservación y la Degradación de la Energía.

Todo esto sin mencionar la persistencia en la confusión entre los conceptos de Fuerza, Trabajo, Energía, etc, y de las demás ideas previas que poseen los alumnos antes de la instrucción que es tratada en otros apartados de esta Memoria.

Como consecuencia de todo el análisis expuesto, es una opinión generalizada que hay que modificar la enseñanza del tópico de la Energía existiendo diferentes criterios en el modo de hacerlo, lo que ha dado origen a fuertes controversias.

En primer lugar está la cuestión del tipo de definición del concepto de energía, es decir, si el concepto de energía que se introduce es correcto desde el punto de vista estrictamente científico. En segundo lugar, la disyuntiva de cual debe ser el punto de partida para la enseñanza de este tema, o si éste puede ser a su vez, el punto de partida para abordar otros temas. Por último está el problema de cuál es la edad más apropiada para iniciar a los alumnos en este estudio.

Aunque, todas estas opciones están relacionadas entre sí vamos a tratar de desarrollar cada una de ellas por separado.

2.1.2. CRITERIOS BÁSICOS

CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ENERGÍA

Respecto a este punto, hay dos criterios:

- los que sostienen que se debe dar una definición operativa de la energía a partir del trabajo mecánico, como Warren (1982).
- los que sostienen, como López Rupérez (1983), Duit (1981, 1987) y la mayoría de los que han diseñado materiales curriculares sobre el tema, que se puede dar una definición descriptiva de la energía a la que, mediante un proceso gradual se le incorporen nuevos atributos que completen su cuadro conceptual.

ELECCIÓN DEL PUNTO DE PARTIDA

La adopción de uno u otro criterio de los mencionados con anterioridad, condiciona la elección del punto de partida en el diseño curricular. Dentro de la variedad de opciones, que desarrollaremos en profundidad más adelante, vamos a destacar las dos posiciones más extremas:

- Introducir la energía como punto de partida de enseñanza de la Física. Esta alternativa ha sido desarrollada en sus aspectos más alejados del enfoque tradicional por el Instituto de Karlsruhe para la Didáctica de la Física (Falk y Herrmann, 1986): En este enfoque ocupan un papel fundamental las magnitudes extensivas o "símil-substancia", que son aquellas para las cuales puede definirse una densidad o que pueden imaginarse distribuidas y fluyendo en el espacio (carga eléctrica, momento lineal y angular, energía, etc.). En esta línea, tiene sentido preguntarse si cada una de estas magnitudes obedece a una ecuación de conservación.

La energía, en este modelo, se introduce como una magnitud primaria que no deriva de otras, aparentemente más fundamentales, y se conceptualiza como algo que puede fluir de un sistema a otro, tomando diferentes formas según el tipo de proceso (mecánico, térmico, eléctrico, químico, etc.) y que verifica el principio de conservación. La ventaja principal de este enfoque

es su posible aplicación en todas las ramas de la Ciencia (Schmid, 1982).

- Introducir la energía a partir del trabajo mecánico. Entre los partidarios de esta línea destaca Warren (1983), el cual se opone frontalmente a la propuesta anterior ya que no le ve sentido ni didáctica ni científicamente. Alega que la introducción de la energía a partir de su conservación produce una conceptualización de la misma como una sustancia material alejada de la idea correcta y que produce una mayor confusión entre términos científicos.

Duit (1986) hace una revisión de los diferentes planteamientos que se han hecho sobre la introducción y conceptualización de la energía y los clasifica según el punto de partida que se ha tomado para el diseño curricular:

– *Parten del trabajo*

En este grupo se encuadra el enfoque tradicional de introducir la energía, y también la opción que considera la energía como "capacidad para producir trabajo", que está muy extendido en nuestra escuela, pero que presenta varios inconvenientes: Uno de ellos es el de restringir el concepto de energía a su aspecto mecánico, que puede producir confusión entre el 1º y 2º Principio de la Termodinámica ya que, la capacidad para producir trabajo decrece con las sucesivas transformaciones de la energía. A pesar de ésto, se mantiene por la tradición mecanicista imperante en el siglo XIX y porque el trabajo mecánico y la equivalencia trabajo-calor se pueden cuantificar fácilmente, y con ello el Principio de Conservación.

Otro motivo que se aduce en favor de esta propuesta es que es más fácil partir del concepto de fuerza y trabajo que del de energía, ya que de ambas magnitudes se tiene una idea sensorial y son comúnmente empleadas en el lenguaje cotidiano, pero en contra de ello se argumenta que la palabra energía es de uso generalizado hoy día, y que la idea intuitiva que se tiene de fuerza y trabajo difiere mucho de la científica, por lo que más que una ventaja constituye un problema partir de estos conceptos para alcanzar una correcta comprensión del tema.

Otro planteamiento en el que también es fundamental el concepto de trabajo es el de Rogers, en el que se introduce la idea de energía a

partir del combustible necesario para llevar a cabo ciertos trabajos útiles. No sólo se considera la energía mecánica, sino también otras formas de energía, tratándose también el 2º Principio con la eficiencia de las máquinas térmicas y la máxima utilización posible de la energía.

– *Parten de calor*

En este planteamiento hay dos orientaciones: 1) Los que consideran la energía como "capacidad para calentar algo", ampliando esta idea con la capacidad para producir cambios y con la conservación de la energía, hasta llegar a cuantificar las transformaciones energéticas en algunos casos (Kedves, 1986). 2) Los que se centran en la conservación de la energía comenzando por abordar experimentalmente la "conservación del calor", (curriculum COPES).

– *Parten de las transformaciones de la energía*

La mayoría de los cursos que utilizan transferencias y transformaciones como punto de partida usan la imagen de flujo de energía, por lo tanto pertenecen a lo que Warren ha denominado grupo materialista, y también corren el peligro de hacer de la energía la explicación para casi todo. Dentro de esta opción Duit distingue dos vertientes, la que se basa en que la energía es la capacidad de provocar cambios (Proyecto S.C.I.S) y la que considera a la energía como un prerequisite para que tengan lugar los procesos.

El problema es que hay que explicar claramente qué se entiende por cambio o por proceso, pero conducen fácilmente a la idea de conservación.

También se ha introducido a partir del uso de la energía en procesos biológicos, tecnológicos o cotidianos, llegando a la idea de degradación.

– *Parten de la conservación*

Los partidarios de este enfoque, en la línea del modelo de Feynman, se centran en la introducción de este aspecto, fundamen-

tal del concepto físico de energía, y en la importancia que los Principios de Conservación tienen en la Física. Este planteamiento presenta el inconveniente de requerir un gran esfuerzo de comprensión por parte de los alumnos más jóvenes.

– *Parten del concepto de la energía como sustancia cuasimaterial*

Este planteamiento ha sido desarrollado con detalle al discutir los criterios de elección del punto de partida.

EDAD DE LOS ESTUDIANTES

El momento más adecuado para introducir el concepto de energía en el estudio de la Física también es objeto de controversia:

- Los que consideran que hay que introducir la energía a partir del trabajo mecánico (Warren), apoyan la idea de esperar a que los alumnos tengan capacidad y conocimientos suficientes para enfrentarse a conceptos abstractos.
- Los que mantienen un enfoque más descriptivo del concepto de energía, creen que éste debería introducirse a una edad temprana (10-12 años), ya que facilita la comprensión del mundo circundante y de otras materias escolares (Duit, 1981).

2.1.3. ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL ESTUDIO DE LA ENERGÍA

Tras analizar los diferentes enfoques descritos, opinamos, en la línea de Duit (1986), que independientemente del enfoque elegido, el estudio de la energía debe tener en cuenta cinco aspectos básicos:

- I. Conceptualización de la energía.
- II. Transferencia de energía
- III. Transformación de la energía
- IV. Conservación de la energía
- V. Degradación de la energía

Estos cinco aspectos son de igual importancia, aunque generalmente se trata menos el aspecto de la degradación, situación que se podría cambiar tratando desde el principio, de forma paralela, las ideas de conservación y degradación.

En su estudio, Duit propone empezar con alumnos de 12 años a partir del concepto de energía como combustible aprovechando la connotación que tiene en el contexto del lenguaje alemán cotidiano, para ir ampliándolo y corrigiéndolo a lo largo del curso. Esto se complementaría con la idea de que la energía es necesaria para que se produzcan procesos biológicos y tecnológicos, así como que estos procesos proporcionan energía.

La idea de que la energía se puede almacenar, puede cambiar de sitio y de manifestación, proporciona la base necesaria para tratar los aspectos de transferencia, transformación, conservación y degradación: Las energías producidas y requeridas en los procesos son iguales en cantidad, pero en toda cadena de procesos hay una disminución de la energía útil, ya que las pérdidas por calor son inevitables.

2.2. EXPLORACIÓN DE LAS IDEAS PREVIAS

2.2.1. CONCEPTUALIZACIÓN DEL TÉRMINO ENERGÍA

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Desde el año 80, algunos investigadores han trabajado en la detección de las ideas alternativas de los alumnos en el tema de energía, tanto sobre el significado que la palabra tiene para ellos, como sobre su conservación y su degradación.

En esta primera parte vamos a exponer una breve reseña de las investigaciones que se centraron en el significado que tiene para los alumnos la palabra energía, y en las asociaciones que les sugiere.

Bliss y Ogborn (1985) estudian el tema utilizando un cuestionario de viñetas para que alumnos de 13 años respondan si están o no relacionadas con el uso o necesidad de la energía, y encuentran que, a esa edad, relacionan la energía con objeto animados y aparatos que funcionen. La limitación de base es que este cuestionario sólo fuerza a responder en los dos aspectos citados.

Watts, en una conferencia internacional para profesores de Física en la Universidad de Surrey, en setiembre del 80, expuso el resultado de su investigación con estudiantes de 12 a 18 años, en la que empleó el método de entrevistas sobre ejemplos. Este resultado se resume en que existe una clara indiscriminación en el uso de los términos fuerza, energía y potencia; la energía se considera como la consecuencia de fuerzas que actúan sobre algo, o como algo que genera fuerza, de modo que si se agota la fuente de energía, la fuerza también lo hace. Aparece la idea de la energía en el interior de algo, (asumida como un ingrediente, algo así como las vitaminas o los cereales del desayuno) y la energía aplicada a un objeto desde el exterior, que es tratada como una fuerza.

En un estudio posterior (Watts, 1983) en el que emplea el mismo método, clasifica las ideas alternativas más populares en 7 categorías, explicando con frases tomadas de los alumnos el significado de cada una de ellas.

Estas categorías son:

- Energía y objetos animados
- Energía y fuerza
- Energía y movimiento
- Energía como fuente de actividad
- Energía como combustible
- Energía como un fluido
- Energía como ingrediente

En una de sus investigaciones, Duit ha detectado las mismas categorías empleando la técnica de asociación de palabras.

En el Congreso celebrado en Ithaca en el año 83, Duit presentó dos investigaciones, en una de ellas explica los 4 métodos que ha utilizado con alumnos de 6º año, sin instrucción previa, para clarificar el significado que para ellos tiene la palabra energía: asociación de palabras, definiciones de conceptos, entrevistas sobre ejemplos, y aplicaciones prácticas.

El que ahora centra nuestro interés es el de asociaciones de palabras, que consiste en que los alumnos escriban las palabras que les sugieren

los diferentes nombres de conceptos (Fuerza, Trabajo, Energía, Potencia) que el profesor va escribiendo en la pizarra cada 30 segundos.

Este método tiene, según Duit, el inconveniente de que no se sabe el significado que tiene para los alumnos la palabra asociada y aconseja, como propone Gunstone (1980), que escriban una frase que relacione la palabra asociada con la palabra estímulo. Para alumnos que ya han recibido instrucción en Física, Duit señala los resultados siguientes en el caso de la energía: conceptos físicos (47%), cosas (24%), conceptos cotidianos (10%), fenómenos (10%) y otros (9%).

Destaca también la gran relación que existe entre fuerza y energía, pero explica que dichas palabras no tienen el mismo significado para los alumnos, porque al pedirles que escriban asociaciones con la palabra fuerza las respuestas más frecuentes son: actividades físicas, músculo y resistencia o vigor físico (levantadores de pesos, elefantes), aparatos técnicos, y no energía.

Los resultados con estudiantes que han seguido 4 cursos de física no son muy diferentes, ya que salvando las conexiones con formas de energía aprendidas en la enseñanza, las estructuras generales son las mismas

PRESENTACIÓN DE LA PRUEBA DE ASOCIACIÓN DE PALABRAS

Año 89-90

- a) Entre las palabras que se citan a continuación elige las DOS que mejor reflejen tu idea de lo que significa la palabra ENERGÍA.

| | |
|-------------------|------------------------|
| Chocolate | Movimiento |
| Electrodomésticos | Persona en buena forma |
| Explosivos | Pila eléctrica |
| Fuerza | Trabajo |

- b) Escribe una frase con cada una de las palabras que has elegido.

Año 90-91

1. Entre las palabras que se indica a continuación, elige dos, las que te parezcan más relacionadas con la energía.

| | |
|-------------------|----------------|
| Alimentos | Movimiento |
| Electrodomésticos | Atleta |
| Explosivos | Pila eléctrica |
| Fuerza | Trabajo |

2. Escribe dos frases que indiquen la relación entre la energía y cada una de las palabras que has elegido.

OBJETIVOS DE LA PRUEBA

Esta primera prueba está destinada a indicar cual de las ideas alternativas descritas en la literatura reseñada anteriormente, está más extendida entre nuestros alumnos.

Con "persona en buena forma", que al año siguiente cambiamos por "atleta" por una cuestión semántica, pretendíamos investigar si tenían la idea de la energía asociada a lo humano, más concretamente a la actividad física.

Con "alimentos" se trata de determinar la idea de ingrediente, de modo más general que con "chocolate", dentro del ámbito de los seres vivos. También "explosivos" puede tener esta connotación, a la vez que la de depósito de energía, con la que también está relacionada "pila eléctrica".

A su vez, la pila puede tener relación con la idea de corriente, descrita como una de las asociaciones más fuertes.

"Trabajo" y "Fuerza", son posiblemente los términos físicos más relacionados con la energía. Fuerza, sobre todo, es confundida con energía por un gran número de estudiantes, y

pretendíamos analizar el sentido exacto de esta confusión, así como las connotaciones de la palabra fuerza.

La asociación de la energía con objetos en movimiento, vivos o inertes, también está ampliamente descrita, y llega hasta el punto de que consideran que los objetos inanimados e inmóviles carecen totalmente de energía.

Con la palabra "electrodomésticos" pretendíamos investigar si tienen la idea funcional de la energía, es decir, la idea de que es necesaria para que los aparatos funcionen.

Tratamos de investigar, por un lado, cuales son las palabras más asociadas con el término energía, y también las parejas de palabras más frecuentes.

En el segundo apartado se les pide que escriban una frase para clarificar cuál es la idea que tienen al elegir cada palabra, porque es muy posible que para ellos tenga un significado diferente del que nosotros le atribuimos, y al componer con ella una frase, la relación con la energía, y la idea subyacente quedan más definidas.

Por último, y para la profundización en esta detección de ideas alternativas, se hizo una entrevista individual a 6 alumnos, elegidos entre aquellos que habían dado respuestas interesantes, para que aclararan sus contestaciones a los tests.

MUESTRA

La prueba se ha pasado a 212 alumnos de 2º de B.U.P. del I.B. Mariana Pineda y del I.B. Rey Pastor, correspondiendo 110 al curso 1989-90 y otros 102 al curso 1990-91.

RESULTADOS

Conforme indicamos anteriormente, primero damos la frecuencia de cada una de las palabras elegidas, a continuación las de las parejas de palabras, y después los resultados del análisis de las frases escritas por los alumnos.

TABLA I: Palabras asociadas con energía

| AÑO 90-91 | | AÑO 89-90 | |
|------------------------|----|-------------------|----|
| Fuerza | 85 | Trabajo | 45 |
| Movimiento | 45 | Movimiento | 42 |
| Trabajo | 43 | Fuerza | 38 |
| Pila eléctrica | 31 | Pila eléctrica | 29 |
| Chocolate | 7 | Alimentos | 25 |
| Electrodomésticos | 4 | Electrodomésticos | 18 |
| Explosivos | 3 | Atleta | 4 |
| Persona en buena forma | 2 | Explosivos | 3 |

TABLA II: Pareja de palabras asociadas

| AÑO 89-90 | | AÑO 90-91 | |
|---------------------------|----|-------------------------|----|
| Fuerza y movimiento | 32 | Fuerza y movimiento | 20 |
| Fuerza y trabajo | 28 | Fuerza y trabajo | 12 |
| Fuerza y pila eléctrica | 16 | Fuerza y pila eléctrica | 5 |
| Movimiento y trabajo | 8 | Movimiento y trabajo | 11 |
| Trabajo y pila eléctrica | 6 | Electrodomésticos/Pila | 12 |
| Movimiento/Pila eléctrica | 4 | Movimiento/Pila | 4 |
| Pila y chocolate | 4 | Alimentos/Pila | 8 |
| Otros (menos de 4) | 12 | Alimentos/Movimientos | 7 |
| | | Otros (menos de 4) | 23 |

Análisis de las frases

Al analizar las frases surgió una clasificación que expresa los diferentes sentidos que los alumnos dan a las palabras más frecuentemente relacionadas con la energía.

A continuación de cada cual una de las categorías citamos textualmente algunas frases que aclaran el sentido de esta clasificación.

Fuerza

- a) Identificación de fuerza y energía (10,9%).
- *La energía es una fuerza que genera trabajo y movimiento.*
 - *La energía es la fuerza que se necesita para hacer muchas cosas.*
 - *La energía es la fuerza que contienen los cuerpos, que se puede manifestar mediante el movimiento.*
- b) Fuerza como consecuencia de la energía (11,9%)
- *Con la energía obtienes fuerza.*
 - *Gracias a la energía tenemos fuerza para hacer esfuerzos*
- c) Fuerza como productora de energía (10,9%)
- *Cuando gastamos fuerza, estamos produciendo energía.*
 - *Cuando ejerces fuerza sobre un elemento se produce energía y movimiento.*
- d) Otros (7,9%)
- *La fuerza es muy importante en la vida, pero no es muy necesaria*
 - *Hay que tener mucha fuerza para mover eso.*

Trabajo

- a) Identificación de trabajo y energía (2,9%)
- *El trabajo es la energía que se desarrolla con los alimentos.*
 - *La energía es el trabajo que realiza algo o alguien con lo cual consigues hacer algo.*
- b) Trabajo como consecuencia de la energía (12,8%)
- *Para realizar el trabajo diario necesitamos energía, que nos la proporcionan los alimentos.*

– *El trabajo se realiza mediante la fuerza energética que se posee.*

c) Trabajo como productor de energía (11,9%)

– *El trabajo lleva consigo una pérdida importante de energía con el paso del tiempo*

– *Los trabajos que realizamos consumen energía*

d) Otros (9,9%)

– *El trabajo que realiza un obrero es duro y pesado.*

– *El trabajo se puede considerar como una unidad de medida.*

Movimiento

a) Identificación de movimiento y energía (1,9%)

– *El movimiento es una forma de energía, pues esta se forma con cualquier trabajo.*

– *Las personas energéticas son las personas que se mueven mucho.*

b) Movimiento como consecuencia de la energía (21,8%)

– *Los movimientos se realizan gracias a la energía que se les aporta.*

– *Para el movimiento es necesaria energía.*

c) Movimiento como productor de energía (16,8%)

– *En el movimiento se desprende una cantidad de energía.*

– *El movimiento genera energía, como la energía eléctrica, hidráulica, etc.*

d) Otros (2,9%)

- *El movimiento que mantuvo aquél jugador le dejó muy cansado.*

Pila eléctrica

a) Pila como fuente de energía (12,8%)

- *La pila eléctrica desprende energía y hace posible movimientos y otras acciones.*
- *La pila eléctrica produce una cierta cantidad de energía, que nosotros, a esta energía, la podemos considerar como una fuerza.*

b) Pila eléctrica como almacén de energía (8,9%)

- *Una pila eléctrica contiene una gran cantidad de energía acumulada en un pequeño espacio.*
- *La pila eléctrica posee en ella una cierta cantidad de energía eléctrica que puede transmitir a otro cuerpo.*

c) Otros (5,9%)

- *La pila es una de las formas de energía más utilizadas a pequeña escala.*

Chocolate o alimentos

a) Como Fuente de energía (20,7%)

- *Los alimentos dan energía, es, digamos, la materia prima de una fábrica, que sin la materia prima no funciona la fábrica.*
- *El chocolate da energía a tu organismo para poder moverte.*
- *La energía del chocolate tiene proteínas que benefician al*

hombre y carbonos que producen la energía que necesita el hombre para producir cierta labor o esfuerzo.

Electrodomésticos

a) Utilizan energía (19,8%)

- *Para que funcionen los electrodomésticos hace falta energía.*
- *Para que los electrodomésticos puedan funcionar necesitan una cantidad de luz para poder funcionar.*

Explosivos

a) Los explosivos son o tienen energía (2,9%)

- *Los explosivos pueden ser energía benefactora y energía destructora.*

Persona en buena forma o atleta

a) Tiene energía (1,9%)

- *El médico dijo que "una persona está en buena forma cuando tiene muchas energías". Una persona necesita energías para quemarlas en el trabajo.*

b) Consume energía (2,8%)

- *El atleta derrocha mucha energía ya que en una carrera el esfuerzo, el movimiento y la velocidad son pruebas elocuentes de una mayor energía y de un mayor desgaste.*

Análisis de las entrevistas

En las entrevistas se pone de manifiesto la no diferenciación en el uso de términos como trabajo, fuerza y energía:

"al trabajar gastamos fuerza y energía pensando", así como la idea de que el movimiento está ligado a la energía: "creo que para realizar una energía se necesita hacer fuerza, y luego movimientos".

También está presente la idea de energía como ingrediente, "La energía es algo que contiene un cuerpo, pero que lo tiene aunque no se esté moviendo".

Es curioso, también, que los alumnos al emplear el lenguaje cotidiano denominen a la energía eléctrica o a la electricidad "luz": "Escogí electrodomésticos porque siempre se necesita mucha energía porque se tienen que lavar todos los platos, y se utiliza la luz también mucho, y la luz tiene energía también"

CONCLUSIONES

En cuanto a las palabras relacionadas, salta a la vista la relación tan significativa de la energía con la fuerza, el trabajo con el movimiento, mayor que las descritas por la literatura. Quizá esto es debido a la edad de los alumnos (15-17) y a que han estudiado Física en la E.G.B. y están familiarizados con dichos términos, aunque no tengan para ellos el significado científico. En un segundo lugar aparece la relación de energía con pila eléctrica.

La energía como ingrediente no parece ser una idea predominante, pues tanto alimentos como explosivos no son elegidos prioritariamente, ahora bien, se observa que "alimentos" les parece más relacionada con la energía que "chocolate".

Por último, la idea antropomórfica de la energía es muy minoritaria, también en desacuerdo con los resultados de otros investigadores.

En el análisis de las parejas se vuelve a manifestar la fuerte relación de la energía con los términos fuerza, trabajo y movimiento, pues el 52,3% de los alumnos elige entre estas tres opciones las dos palabras.

Respecto a las frases consideramos que ellas son su mejor comentario, pues se aprecia claramente la idea alternativa que tratan de expresar y que nosotros hemos tratado de recoger en las distintas categorías.

2.2.2. TRANSFERENCIA Y CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A pesar de la considerable atención prestada a la conceptualización de la energía por parte de los alumnos, hay pocos estudios sobre la idea que tienen acerca del Principio de Conservación de la Energía, y su Degradación.

Algunas investigaciones indican que los estudiantes no ven la necesidad de utilizar la conservación. Duit (1981) realizó una investigación con 84 estudiantes alemanes de 12 a 14 años sobre la utilización del Principio de Conservación para resolver problemas relacionados con la energía mecánica. Los resultados fueron desalentadores: solo el 2% usaba las ideas sobre la transferencia de la energía y ninguno de los estudiantes aplicaba este Principio en la contestación a las cuestiones planteadas. Estos resultados se vieron corroborados en una investigación posterior que comparaba muestras de alumnos filipinos y alemanes (Duit, 1984).

En otro estudio posterior Driver y Warrington (1985) entrevistaron a un grupo de chicos de edades comprendidas entre 13 y 18 años, todos ellos con instrucción previa sobre energía. Se les pidió que resolvieran problemas numéricos y prácticos sobre sistemas simples (polea, palanca, etc.) y de nuevo pocos estudiantes emplearon la Conservación de la Energía en sus explicaciones.

Black y Solomon (1983) estudiaron la dificultad que tienen los estudiantes a la hora de integrar la Conservación en su experiencia cotidiana, debido en parte al conflicto entre el uso científico de las palabras energía y conservación, y el significado que se les da en la vida diaria. En un trabajo posterior (Solomon, 1985) sugiere que una posible solución sería la introducción simultánea del Principio de Conservación de la Energía y su degradación al empezar el estudio del tema energético.

La situación en España es similar a la comentada anteriormente. Durante la enseñanza primaria, los alumnos han utilizado el concepto de energía, insistiendo mucho en las transferencias energéticas, pero no ha ocurrido lo mismo en relación con la conservación y la degradación.

Con el fin de averiguar cómo conceptualizan nuestros alumnos

estas ideas y dentro de la investigación que realizamos, hemos elegido tres pruebas, que pasamos a explicar detalladamente.


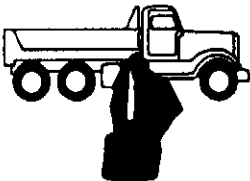


PRESENTACIÓN DE LAS PRUEBAS EMPLEADAS

“CAMIÓN DE MICKY”

Esta primera prueba está sacada del Proyecto CLIS de la Universidad de Leeds, y pasada a 300 alumnos ingleses de 15 años (ver Figura 2.1).

FIGURA 2.1

El camión de Micky

| | |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">Este es el camión de Micky</p>  | <p style="text-align: center;">Se le da cuerda.</p>  |
| <p style="text-align: center;">Se mueve</p>  | <p style="text-align: center;">...y después se para</p>  |

a) ¿Cuándo tiene el camión de Micky más energía?

- A. Antes de que se le dé cuerda.
- B. Justo cuando se le dé cuerda.
- C. Cuando está en movimiento.
- D. Cuando se ha parado.
- E. Siempre la misma.

OBJETIVOS DE LA PRUEBA

Esta cuestión ha sido utilizada en trabajos anteriores (Favieres et al, 1989) y su objetivo es explorar si los alumnos tienen asimilada la idea de energía acumulada (potencial) o si, por el contrario, asocian energía a movimiento.

La contestación correcta requiere una comprensión de la conservación y degradación de la energía, puesto que los alumnos tienen que entender que, cuando se le da cuerda al camión, éste gana energía que después "decrece" durante el movimiento, como consecuencia del rozamiento, hasta que al final se para.

La idea de energía asociada a movimiento es uno de los esquemas alternativos más frecuentes y arraigados entre los alumnos de esta edad y ha sido ampliamente explorada por varios autores (Solomon, 1983; Watts, 1983, etc.)

MUESTRA

En el curso 89-90 se pasó la prueba a 3 cursos de 2º de BUP de los Institutos Rey Pastor y Mariana Pineda de Madrid, con un total de 107 alumnos.

En el curso 90-91 se pasó la prueba a 5 grupos de 2º de los mismos I.B. con un total de 184 alumnos.

RESULTADOS

En una primera fase, se procedió a contabilizar el tanto por ciento de alumnos que contestaba cada una de las opciones y a estudiar los razonamientos que daban para justificar su elección.

Los resultados obtenidos para los dos años son los siguientes:

Del análisis efectuado y de las entrevistas realizadas posteriormente a una muestra reducida, se deduce que los alumnos, incluso cuando han elegido la opción correcta, tienen ideas alternativas sobre la energía, asociándola a la fuerza o al movimiento. En una segunda fase se procedió a detectar, para las opciones elegidas mayoritariamente, una serie de categorías donde poder encuadrar los razonamientos empleados por los estudiantes.

TABLA III: El camión de Micky: Opciones

| OPCIONES | 1989-1990 | | 1990-1991 | |
|----------|-----------|-----|-----------|------|
| | N.º | % | N.º | % |
| A | 1 | 1 | 1 | 0.5 |
| B | 54 | 51 | 135 | 73.5 |
| C | 33 | 31 | 37 | 20 |
| D | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E | 6 | 6 | 11 | 6 |
| OTROS | 13 | 11 | 0 | 0 |
| TOTAL | 107 | 100 | 184 | 100 |

Estas categorías son:

I. Alumnos que se manifiestan correctamente en términos de energía, utilizando frases como:

- *“La energía está acumulada y no ha habido ningún gasto”.*
- *“Cuando se le da cuerda ha acumulado la suficiente energía antes de que se “gaste” para moverse”.*

II. Confusión Energía-Fuerza

- *“En los otros tres casos (A,C,D) es menor (la energía) que justo cuando el coche está con toda la fuerza que le da cuerda y es superior a los anteriores”.*

III. Identificación Energía-Movimiento

Relacionan la energía con el movimiento y consideran que tiene mayor energía cuando se está moviendo.

- *“Porque cuando se le da cuerda, se le da energía y por medio de ésta se produce el movimiento. Mientras que el movimiento se produce se pierde energía por lo que se para”.*

- *“Porque cuando está en movimiento necesita tener más energía”*
- *“El camión tiene más energía cuando está en movimiento puesto que cuando está parado la energía es cero: al soltar la cuerda la fuerza del muelle se transforma en energía (movimiento)”*
- *“Un objeto solo tiene energía cuando realiza un trabajo que sólo se realiza al haber un desplazamiento”*

IV. Alumnos que aplican mal el Principio de Conservación de la Energía

- *“La energía es siempre la misma”*
- *“El camión tiene siempre la misma energía”*

V. No codificables

La tabla siguiente presenta la distribución de alumnos por categorías:

TABLA IV: El camión de Micky: Categorías.

| CATEGORIAS | I | II | III | IV | V | TOTAL |
|-------------|-----|----|-----|----|----|-------|
| N.º ALUMNOS | 108 | 7 | 30 | 11 | 28 | 184 |
| PORCENTAJE | 59 | 4 | 16 | 6 | 15 | 100 |

CONCLUSIONES


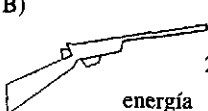
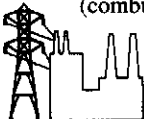

- Un alto porcentaje de alumnos (59%) elige la opción verdadera razonando además en términos correctos de energía. Este elevado número de aciertos hace que no puedan sacarse demasiadas conclusiones sobre esquemas alternativos sostenidos por los estudiantes.
- La idea alternativa de energía asociada a movimiento se manifiesta tanto en un porcentaje alto de alumnos de los que escogen la opción C como en los que eligen la opción correcta, pero razonan de manera equivocada (un 16% en total).

- No existen prácticamente alusiones a la degradación de la energía en las contestaciones de los dos años. Solo en un caso se cita el rozamiento.

CAMBIO IMPOSIBLE

Esta prueba ha sido pasada a 300 alumnos ingleses de 15 años y analizada dentro del Proyecto CLIS, de la Universidad de Leeds (ver Figura 2.2).

FIGURA 2.2

| CAMBIO IMPOSIBLE | | Proyecto Clis |
|---|---|----------------------|
| <p>A)</p>  <p>BOMBILLA 100 J → 40 J</p> <p>energía (eléctrica) energía (luz)</p> | <p>B)</p>  <p>RIFLE</p> <p>200 J → 250 J</p> <p>energía (explosiva) energía de bala en movimiento</p> | |
| <p>C)</p>  <p>CENTRAL 280000 J → 70000 J</p> <p>energía (combustible) energía (eléctrica)</p> | <p>D)</p>  <p>ALTAVOZ 3 J → 0,5 J</p> <p>energía (eléctrica) energía (sonido)</p> | |

a) ¿Cuál de los cambios de energía A, B, C, D, no podrá ocurrir nunca?
 b) Justifica tu elección.

Este test, lo mismo que el camión de Micky, lo hemos utilizado en trabajos anteriores (Favieres et al, 1989). La información que podemos obtener de su aplicación es bastante amplia, lo que nos ha llevado a escogerla como prueba para evaluar el cambio conceptual experimentado por los alumnos después de la instrucción.

OBJETIVOS DE LA PRUEBA

El objetivo fundamental de esta prueba es comprobar si los alumnos son capaces de aplicar el principio de conservación, unido a la idea de degradación de la energía.

La contestación correcta implica que los estudiantes comprendan que la energía puede ser cuantificada y expresada en julios teniendo que reconocer que, aunque en principio la energía total se conserva, en la mayoría de las transformaciones sólo parte de la energía transformada es útil para su uso. Así mismo, tienen que asumir que la energía puede cambiar de forma en el momento que se transfiere de unos sistemas a otros.

MUESTRA

El test ha sido aplicado durante los cursos 89-90 y 90-91 a la misma muestra de alumnos que la prueba anterior.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la aplicación de la prueba son:

TABLA V: Cambio Imposible: Opciones

| OPCIONES | | 1989-1990 | | 1989-1990 | |
|----------|-----------|-----------|-----|-----------|------|
| | | N.º | % | N.º | % |
| A | | 4 | 4 | 13 | 6.8 |
| B | MAL RAZ. | 13 | 13 | 49 | 25.8 |
| | BIEN RAZ. | 38 | 37 | 74 | 38.9 |
| C | | 25 | 24 | 30 | 15.8 |
| D | | 17 | 17 | 22 | 11.6 |
| OTROS | | 5 | 5 | 2 | 1 |
| TOTAL | | 102 | 100 | 190 | 99.9 |

A continuación se procedió a entrevistar a un grupo de alumnos para profundizar en algunas de las respuestas dadas. Como consecuencia del análisis de toda esta información, establecimos una serie de categorías dentro de las cuales encuadrar las contestaciones de los alumnos. De acuerdo con estos criterios se evaluaron los resultados obtenidos en el año 90-91.

Las categorías establecidas han sido:

I. Alumnos que presentan ideas aceptables sobre la conservación de la energía expresadas mediante frases como:

- *“Una bala de rifle al ser disparada no aumenta su energía de movimiento, sino que disminuye cada vez más”*
- *“En un cambio no se puede aumentar la energía en 50 julios”*
- *“La bala es proyectada por la energía que produce la explosión, la bala en si no tiene energía”*
- *“Una bala al ser disparada con una energía de 200 julios no puede alcanzar una de 250 julios”*

II. Cambios intrínsecamente imposibles. Los estudiantes niegan la posibilidad de que se produzcan algunos de los tipos de cambio que se le presentan:

- *“Cuando un combustible está en la fábrica no puede convertirse en electricidad, ya que el combustible no pasa por cables”*
- *“La energía eléctrica no se obtiene a partir de combustibles”*
- *“La electricidad no se transforma en sonido”*

III. Fenómenos no relacionados con la energía. Los estudiantes piensan que el proceso que se representa no está relacionado con la energía.

- *“Las ondas sonoras no son energía”*
- *“El movimiento no es energía”*

IV. Idea de rentabilidad. Los alumnos hacen alusiones al bajo rendimiento de la transferencia, lo cual la convierte en un cambio imposible.

- *“La energía de un combustible no baja tanto de cantidad al convertirse en energía eléctrica”*
- *“La energía eléctrica empleada y que se ha convertido en sonido es mucho mayor”*

V. No codificables. Alumnos cuyas respuestas no pueden ser clasificadas en ninguna de las categorías anteriores.

- *“El sonido no se mide en julios”*
- *“La energía eléctrica se mide en vatios”*

La tabla siguiente presenta la distribución de alumnos por categorías:

TABLA VI: Cambio imposible: Categorías

| CATEGORIAS | I | II | III | IV | V | TOTAL |
|-------------|------|----|------|----|------|-------|
| N.º ALUMNOS | 74 | 47 | 19 | 17 | 31 | 188 |
| PORCENTAJE | 39.4 | 25 | 10.1 | 9 | 16.5 | 100 |

ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

El 16,5% de los alumnos han dado respuestas no codificables, este porcentaje se considera aceptable en pruebas de estas características.

Del 65% de alumnos que eligieron la opción correcta, solo el 39% fue capaz de razonar su contestación de forma adecuada.

Dentro de los alumnos que optaron por la respuesta C como cambio imposible, una gran mayoría razonaron en términos recogidos en la categoría II: La energía eléctrica no se puede obtener a partir de un combustible.

En la contestación A, por el contrario, los estudiantes se han inclinado en mayor proporción por razonamientos correspondientes a la categoría IV: Hay demasiada pérdida de energía en la transformación energética producida en la bombilla

Para concluir vamos a resaltar las ideas mas interesantes que podemos deducir del estudio:

- Hay una cierta imposibilidad de admitir la conversión de unas formas de energía en otras
- No aparece la idea de degradación en las transformaciones energéticas
- En esta prueba, comparándola con las otras aparece la complejidad de la cuantificación de la energía y el problema de las unidades.

OTRAS PRUEBAS

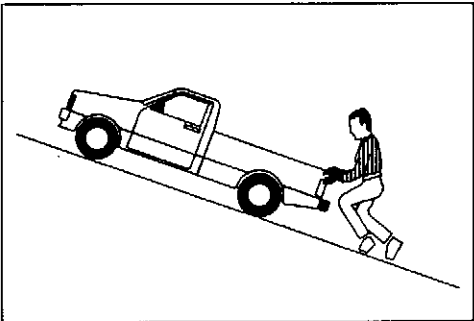
A continuación presentamos dos pruebas que fueron utilizadas únicamente en el curso 89-90 y que, tras su análisis, fueron descartadas para su utilización posterior (ver figura 2.3 y 2.4).

FIGURA 2.3

TRANSFERENCIAS ENERGÉTICAS

El coche de la figura se ha quedado sin gasolina. Para llegar a la gasolinera, el hombre debe empujarlo hasta la cima de la cuesta.

Señala **TODAS** las transformaciones que tienen lugar a lo largo de la cuesta.



El objetivo de esta prueba era investigar si los alumnos tenían alguna idea sobre:

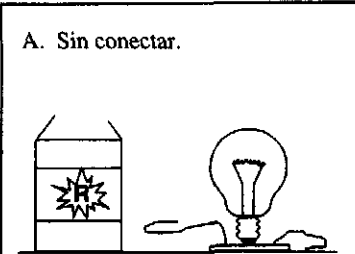
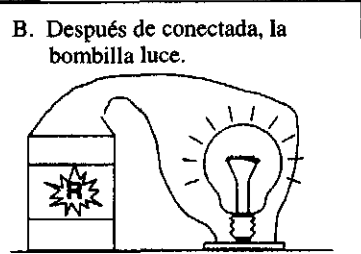

- transformaciones de la energía
- tipos de energía
- trabajo mecánico
- relación de la energía con movimiento o altura

o si por el contrario se limitaban a centrarse simplemente en la fuerza y el esfuerzo físico.

No obtuvimos la información que esperábamos de ella por lo que decidimos eliminarla. A pesar de ello se apreció que la mayoría de los estudiantes no entendían el sentido de la expresión “transformaciones energéticas”, y se limitaban a hablar de esfuerzo muscular o de la influencia de la pendiente en el esfuerzo.

FIGURA 2.4

PILA ELÉCTRICA

| | |
|---|---|
| <p>A. Sin conectar.</p>  | <p>B. Después de conectada, la bombilla luce.</p>  |
| <p>C. Pasado cierto tiempo, la bombilla luce.</p>  | <p>Señala en qué momento tiene la pila más energía:</p> <p>A. Antes de conectar la bombilla. B. Después de conectarla. C. Cuando no luce. D. Siempre la misma.</p> <p>Explica tu elección.</p> |

Objetivo: Similar a “el camión de Micky” pero en otro contexto.

El elevado porcentaje de estudiantes que contestaban satisfactoriamente (aproximadamente un 80%) nos decidió a eliminar la prueba por no introducir ninguna discriminación.

2.3. DISEÑO DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS

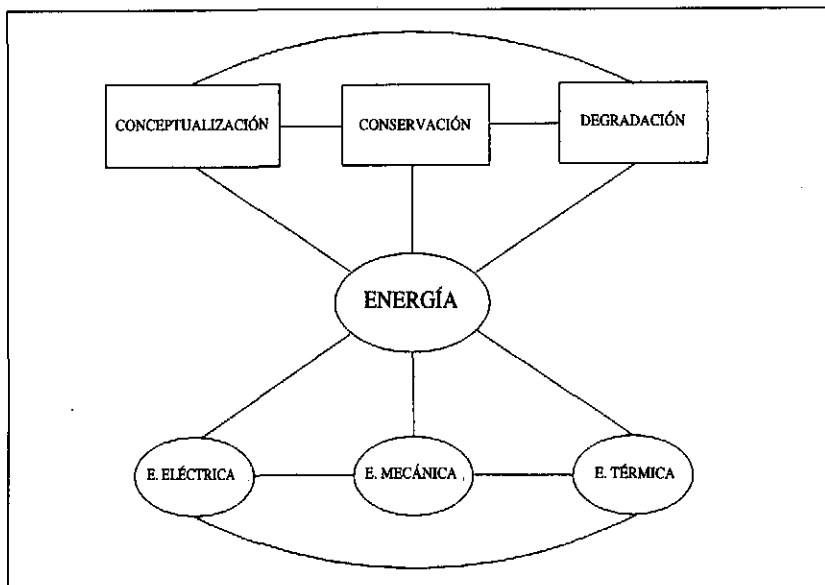
2.3.1. JUSTIFICACIÓN

Para el diseño de los materiales hemos elegido la conceptualización propuesta por López Rupérez, Duit y otros, en que se puede dar una *definición descriptiva* de la energía a la que, mediante un proceso gradual se le incorporen nuevos atributos que completen su cuadro conceptual. En nuestro modelo, la **ENERGÍA** se introduce como *una magnitud fundamental, característica de los sistemas, en virtud de la cual éstos pueden transformarse, modificando su estado o situación, así como actuar sobre otros sistemas originando en ellos procesos de transformación*. El trabajo y el calor se introducen con posterioridad como procesos de intercambio de energía. En todo momento se intenta evitar la idea cuasi-material de energía como flujo propuesta por Schmid y cuestionada por diversos autores.

Tal como hemos comentado en el apartado 2.1.3., otros aspectos básicos a tratar son las transferencias de la energía y sus transformaciones de una forma en otra: Eléctrica, Mecánica, Química, Térmica, etc. En todos los procesos estudiados se **recalca** la idea de **CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA**, paralelamente a la idea de **DEGRADACIÓN**. La energía se conserva pero, al ser utilizada, va perdiendo calidad; es decir, pierde capacidad para ser empleada nuevamente: así pues, las cantidades de energía antes y después de una transformación dada son iguales (**CONSERVACIÓN**), pero sus calidades son diferentes (**DEGRADACIÓN**).

La conceptualización elegida para la energía nos proporciona la base para un estudio posterior de la Física enfocado en las ideas de conservación y degradación de cada uno de los tipos de energía y de sus transformaciones mutuas. Todo ello queda resumido en el esquema de la figura 2.5.

FIGURA 2.5



Para dar una idea integrada de todas las Ciencias, hemos destacado la importancia de la energía en la realización de procesos biológicos (nutrición, fotosíntesis,...) y tecnológicos (centrales eléctricas, electrodomésticos, etc...).

A lo largo de todo el diseño, se ha procurado que los alumnos se vean obligados a operar tanto en el dominio cotidiano como en el dominio científico ya que, como nos indica Solomon (1983): *los alumnos que han demostrado su capacidad para pasar de un dominio a otro sin errores, poseen una comprensión más firme de la abstracción que supone la energía y de sus transformaciones.*

2.3.2. MATERIALES DEL CURSO 1989/1990

De acuerdo con la justificación indicada y los resultados de las exploraciones previas de los estudiantes, la Unidad Didáctica se ha dividido en seis actividades:

- I. Ideas previas sobre energía.
- II. Necesidad de la energía.
- III. Cuantificación de la energía.
- IV. La energía: Sus fuentes y transformaciones.
- V. La energía y su conservación. Energía útil.
- VI. Degradación de la energía.

A continuación vamos a hacer una pequeña descripción de cada una de ellas, indicando los objetivos de las mismas y las tareas que deben realizar los alumnos.

ACTIVIDAD I: IDEAS PREVIAS SOBRE ENERGÍA

- **OBJETIVO:** *Hacer explícitas las ideas de los alumnos, reforzadas tras la discusión con los compañeros.*

El profesor preparará unas fichas en que aparezcan cada uno de los conceptos mencionados por sus alumnos junto con un número aproximado de diez frases de las escritas por ellos (resultados que tomará del test *Asociación de palabras*). Los estudiantes, trabajando ahora en equipos, eligen aquellas que más coinciden con sus propios esquemas. En una puesta en común de todo el grupo, se elabora un esquema general de las ideas de la clase, que quedarán reflejadas en su cuaderno de trabajo para un análisis posterior.

ACTIVIDAD II: NECESIDAD DE LA ENERGÍA

- **OBJETIVO:** *Hacer reflexionar a los alumnos sobre la necesidad de la energía en dos vertientes distintas: energía para conservarnos vivos y energía para mejorar nuestra vida cotidiana.*

El profesor pide a los alumnos que, tras discutirlo en grupos, escriban dos frases que expliquen para qué necesitamos la energía. Como tarea complementaria tienen que realizar una redacción sobre cómo se desarrollaría un día sin corriente eléctrica, ni gas, ni gasolina, etc.

ACTIVIDAD III: CUANTIFICACIÓN DE LA ENERGÍA

- **OBJETIVO:** *Cuantificar la energía y analizar el consumo energético.*

A lo largo de esta actividad se potenciará el manejo de tablas de datos, la conversión de unidades y el análisis de gráficos.

El trabajo del alumno se desarrolla en dos vertientes:

1) **energía para vivir:**

- A partir de las tablas del gasto calórico correspondiente a diversas actividades corporales y del valor energético de diferentes alimentos, los alumnos deben calcular la energía necesaria para mantenerse un día completo y la dieta alimenticia correspondiente a dicha energía.
- Se profundiza sobre cómo obtiene el organismo la energía a partir de los alimentos y se discuten los procesos físicos y químicos de la digestión.

2) **energía para mejorar nuestro sistema de vida:**

- Utilizando los datos suministrados por los electrodomésticos, cada estudiante determinará algunos consumos energéticos que se producen en su casa a partir de una ficha de trabajo como la que se presenta en la Figura 2.6 de la página siguiente.

FIGURA 2.6

Pasemos a estudiar el consumo energético de nuestra casa. Revisar los electrodomésticos que tenéis en casa (lavadora, aspiradora, friegaplatos, tostador, plancha, radiador eléctrico, etc.). Cada uno de ellos aporta dos datos: El voltaje al que se puede enchufar (220 ó 125 voltios) y la potencia eléctrica (dada en VATIOS (W) o en KILOVATIOS (kW)).

La POTENCIA ELÉCTRICA no es otra cosa que la ENERGÍA UTILIZADA por el aparato en la unidad de tiempo,

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}} \qquad \text{Vatio} = \frac{\text{Julio}}{\text{segundo}}$$

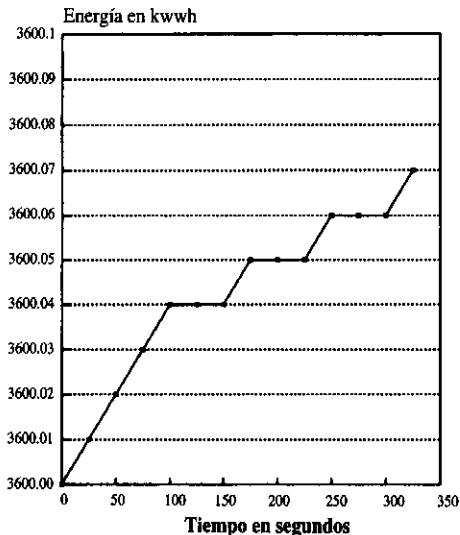
Con los datos obtenidos en casa y esta información sobre la potencia y sus unidades, calcula la energía utilizada por los aparatos que se señalan en las fichas que siguen durante los tiempos señalados.

| | |
|---|--|
| Lavadora funcionando en un programa de hora y media | Plancha en funcionamiento durante 20 minutos |
| Afeitado en 5 minutos | Bombilla de 100W funcionando durante 6 horas |

- A partir de la discusión de la tarea anterior se pueden introducir nuevas situaciones que facilitan la transferencia de conocimientos. Se han escogido ejemplos familiares para el alumno, como es el caso de la plancha eléctrica, el “recibo de la luz”, del gas, etc. Una ficha de trabajo en esta línea es la representada en la figura 2.7 de la página siguiente.

FIGURA 2.7

Para planchar sus blusas, María enchufa la plancha, coloca el botón indicador en la posición del algodón y espera a que se caliente lo suficiente para empezar. Pero no regresa hasta cinco minutos más tarde. El gráfico de la figura nos muestra lo ocurrido en el contador eléctrico durante este tiempo.



A partir del gráfico responde las preguntas siguientes:

- ¿Qué le ocurre a la plancha después de 100 segundos de haberla enchufado?
- ¿Por qué ocurre eso?
- ¿Qué le ocurre a la plancha entre los 100 y 150.
- Cuando María regresa a planchar sus blusas, ¿cómo estará la plancha.
 - demasiado caliente para sus blusas?
 - justo a punto para plancharlas?
 - demasiado fría para ellas?

Justifica tu elección.

La discusión de esta tarea permite introducir el concepto de termostato.

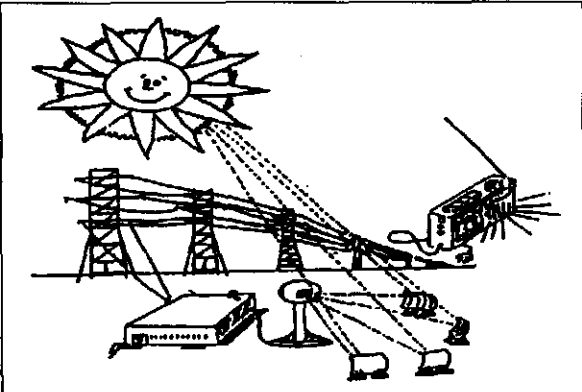
ACTIVIDAD IV: LA ENERGÍA: SUS FUENTES Y TRANSFORMACIONES

- **OBJETIVO:** *Llegar a plantearse el problema de las fuentes de energía a partir del estudio de las transformaciones energéticas.*

En esta actividad es muy importante conseguir la integración de los dos dominios de conocimiento (cotidiano y científico).

Tomando como base las transformaciones energéticas que se producen en la digestión de los alimentos y en la utilización de los electrodomésticos estudiadas en la actividad anterior, los alumnos tienen que profundizar en dichos procesos, realizando los diagramas correspondientes, hasta llegar a la fuente primaria de energía. Los estudiantes tienen también que explicar las transformaciones energéticas que se producen en diversas aplicaciones tecnológicas: Centrales solares, calentadores térmicos, fotocélulas, etc. Un ejemplo de ficha de trabajo correspondiente a esta actividad sería la representada en la Figura 2.8 (Grupo Blas Cabrera).

FIGURA 2.8



El diagrama ilustra el flujo de energía desde una fuente primaria hasta dispositivos de uso cotidiano. En la parte superior izquierda, un sol sonriente emite rayos de luz que se dirigen hacia un sistema de paneles solares montados en un andamio. Desde los paneles, líneas punteadas representan la energía que fluye hacia un inversor o controlador de carga. Desde este punto, la energía se distribuye a través de cables hacia un calentador de agua, un refrigerador y un televisor, simbolizando la transformación de la energía solar en formas útiles para el hogar.

Explica las transformaciones energéticas que tienen lugar en los procesos que se representan en la figura.

Como tarea complementaria se trabaja con gráficos relativos a la evolución temporal de las fuentes de energía utilizadas por el hombre no-renovables -> renovables

y con los conceptos de “ahorro energético” y “crisis energética”.

ACTIVIDAD V: LA ENERGÍA Y SU CONSERVACIÓN. ENERGÍA ÚTIL

– **OBJETIVO:** *Manejar la conservación de la energía, asumiendo al mismo tiempo el concepto de eficiencia de las transformaciones energéticas.*

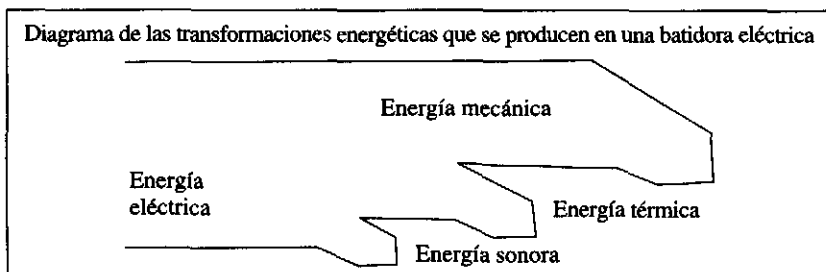
En esta actividad se profundizará en la construcción de diagramas cuantitativos.

El trabajo de los alumnos se desarrolla en dos líneas complementarias: a) La conservación de la energía en cualquier tipo de transformaciones y b) la imposibilidad de convertir toda la energía inicial en energía utilizable.

La primera tarea consiste en dibujar diagramas cuantitativos de diferentes transformaciones, indicando **todos** los tipos de energía que aparecen en ellas. En la puesta en común, se insiste en que el diagrama debe visualizar claramente que la suma de las energías finales tiene que ser igual a la suma de las energías iniciales.

Los diagramas realizados pueden usarse para destacar que, de todas las formas de energía que aparecen al final del proceso, solamente una de ellas se va a utilizar para la finalidad deseada. Un ejemplo de diagrama construido por un grupo de alumnos sería el de la Figura 2.9.

FIGURA 2.9



Modelo sacado del proyecto C.L.I.S.

El hecho de que sólo exista una energía útil sirve para introducir la idea de rendimiento de la transformación. Los estudiantes calculan dicho rendimiento en algunos aparatos que les son familiares (motor del coche, calentador eléctrico, etc.).

La actividad se termina planteando la pregunta *¿Qué sucede con la energía que no es utilizada?*, que sirve como una primera reflexión sobre la degradación de la energía.

ACTIVIDAD VI: DEGRADACIÓN DE LA ENERGÍA

– OBJETIVO: *Asimilar que en toda transformación la ENERGÍA SE CONSERVA pero pierde calidad –SE DEGRADA– al transformarse finalmente en energía térmica.*

La primera tarea que se propone es la representada en la Figura 2.10.

FIGURA 2.10

1. Describe las transformaciones energéticas que tienen lugar cuando un niño:
 - a) Circula en bicicleta durante la noche.
 - b) Deja de pedalear y, sin que llegue a frenar, con el tiempo la bicicleta se para.

Representa esas transformaciones en diagramas análogos a los utilizados en la ACTIVIDAD V.
2. De todas las energías transformadas en el apartado (a) de la tarea anterior, ¿hay alguna que se pueda reutilizar?
¿Y en el caso del apartado (b)?

El diagrama energético para el caso de la bicicleta en marcha debería incluir la energía aportada por el niño como energía suministrada y, como energías transformadas, la energía del movimiento, la energía luminosa, la energía térmica de la llanta de la bici y del suelo, por lo menos.

En el caso de la bicicleta que va parando, la energía suministrada es la energía cinética del niño y la bicicleta, que ahora se transforma totalmente en energía térmica de la llanta y del suelo. La conclusión final puede ser que toda la energía se ha degradado al pasar a energía térmica de la bicicleta, el suelo o la atmósfera.

En ambos casos debe destacarse que LA CANTIDAD TOTAL DE ENERGÍA SIGUE SIENDO LA MISMA y recalcar que, en cualquier transformación, parte de la energía inicial se transforma siempre en energía térmica.

Para profundizar en el concepto de degradación, los alumnos trabajan sobre otras transformaciones analizadas anteriormente por ellos: la batidora, el televisor, etc. Como actividades complementarias deben reflexionar sobre las posibilidades de reducir la degradación de la energía y el sentido que tiene el mensaje "ahorrar energía".

2.3.3. MATERIALES DEL CURSO 1990/1991

Los materiales didácticos descritos en el apartado anterior fueron experimentados en el curso 1989/1990, siendo evaluados posteriormente por todo el equipo de investigación. Como consecuencia de ello se efectuaron las modificaciones siguientes:

ACTIVIDAD I: La observación de la clase, tanto por parte del profesor como del investigador que actuaba de observador externo, puso de relieve la necesidad de profundizar más en el campo conceptual y completar la actividad con una búsqueda en diccionario de los términos más relevantes para el tema: Energía, Fuerza, Trabajo y Movimiento. Por último, los alumnos contrastaban el esquema conceptual de la clase con la información recogida y con la suministrada por el profesor, más cercana a la mantenida actualmente por la comunidad científica.

ACTIVIDAD III: La observación del primer año puso de manifiesto las dificultades que los alumnos tienen para cuantificar la energía y manejar las unidades de medida. Para facilitar la puesta en común del trabajo elaborado por ellos, se modificaron las tareas proporcionándoles un plan estándar para el quehacer diario.

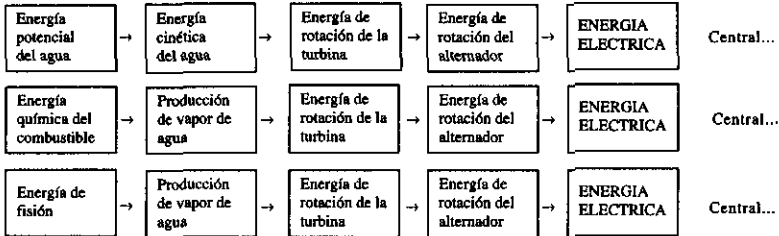
ACTIVIDAD IV: Como se recoge posteriormente en el apartado de evaluación de la aplicación en el aula, las entrevistas realizadas a una muestra de estudiantes pusieron de manifiesto el desconocimiento que tenían del proceso de obtención de energía eléctrica a partir de cualquier fuente de energía; es decir, ignoraban lo que es el funcionamiento de una central eléctrica convencional. Otro problema detectado en la evaluación fue la dificultad que encuentran los alumnos de esta edad para comprender la fotosíntesis como proceso de transferencia energética.

Teniendo en cuenta el análisis anterior, se procedió a una remodelación de la actividad en el sentido de incluir tareas nuevas:

- Utilizando sus propios textos de *Ciencias Naturales*, los grupos preparan una exposición sobre el proceso de la fotosíntesis, presentada a través de diagramas que destaquen las transformaciones energéticas anejas al proceso.
- Cada grupo elige un tipo de central eléctrica y, con la documentación que se cita al final de este apartado, realizan un trabajo monográfico sobre el tema. En una puesta en común posterior, los grupos exponen los puntos clave de su "investigación" a fin de que todos los alumnos adquieran un esquema básico de todos los tipos de centrales existentes.
- Para facilitar la comprensión del funcionamiento de las centrales, los alumnos experimentan en el laboratorio cómo se obtiene energía eléctrica a partir de un prototipo de generador electromagnético.
- Para profundizar, los estudiantes analizan diversos tipos de esquemas en los cuales tienen que identificar tanto los diferentes elementos que componen una central como las transformaciones energéticas que se producen en ellos, tal como se observa en la ficha de trabajo de la Figura 2.11.

FIGURA 2.11

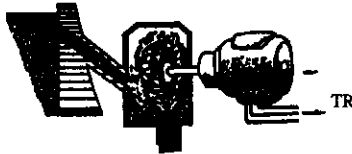
A) Identifica entre las siguientes cadenas de transformaciones energéticas, la correspondiente a cada tipo de central eléctrica estudiada.



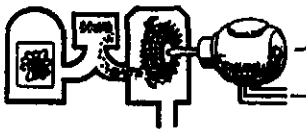
B) Identifica entre los esquemas siguientes, el correspondiente a cada tipo de central eléctrica.



Central...



Central...



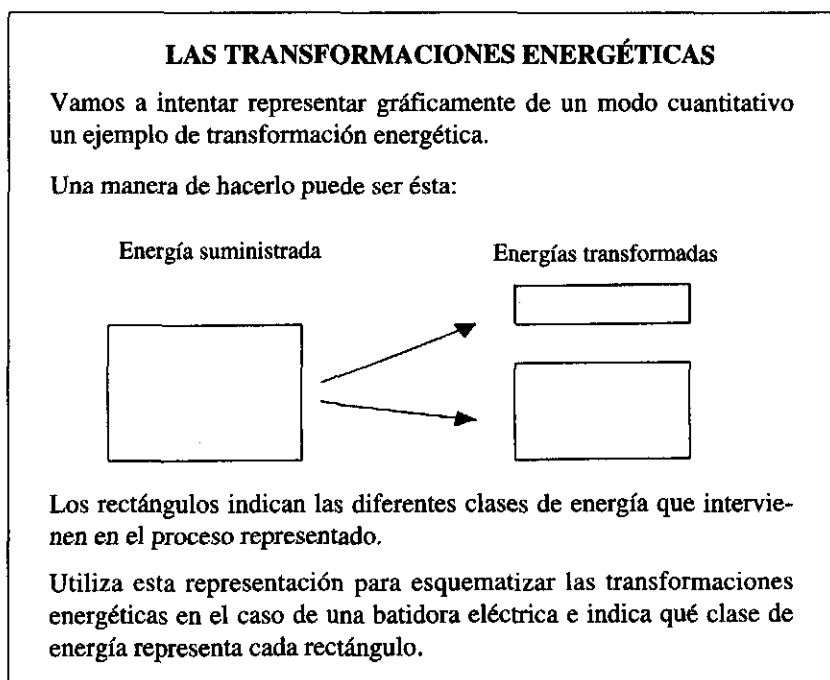
Central...

- C) Identifica la energía primaria utilizada en cada uno de los tipos de central eléctrica citados.
- D) Elabora una relación de las diferencias y semejanzas que encuentras entre los tres tipos de centrales eléctricas.
- E) Enumera los componentes comunes a todas las centrales eléctricas.
- F) Describe con detalle el funcionamiento de una central eólica.

D.C.B. (MEC)

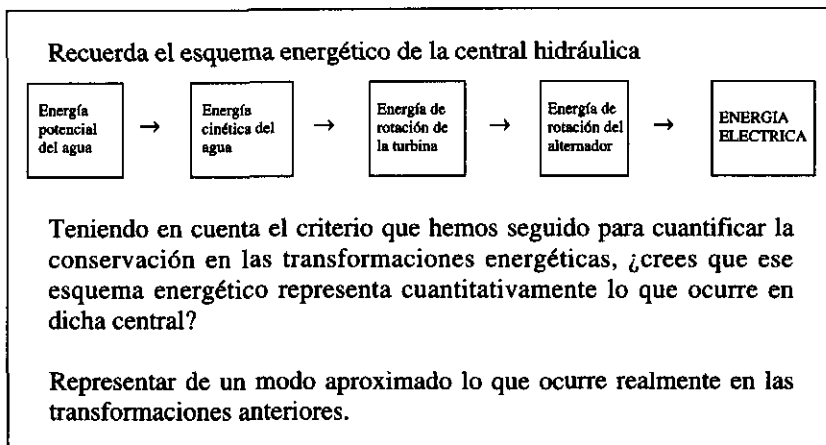
ACTIVIDAD V: El análisis de los cuadernos de clase puso de manifiesto que los alumnos tenían serias dificultades para construir los diagramas de flechas y, en especial, para asignar la anchura adecuada a cada uno de los tipos de energía. Por esta razón, en este curso se modificó el tipo de diagramas optando por un modelo en que los diferentes tipos de energía se representan por medio de rectángulos, tal como se indica en la ficha de la Figura 2.12.

FIGURA 2.12



ACTIVIDAD VI: Análogamente a lo ocurrido en la evaluación de la ACTIVIDAD V, el análisis de los cuadernos de clase mostró la dificultad que tienen los estudiantes para asimilar el concepto de degradación de la energía, lo que nos ha llevado a ampliar las tareas correspondientes a esta actividad. El nuevo diseño se inicia cuantificando las transformaciones energéticas de una central hidráulica (ver Figura 2.13).

FIGURA 2.13



Se trata de que el alumno se dé cuenta de que, en cada transformación, parte de la Energía inicial se transforma en Energía térmica (del agua, de la turbina, del alternador, del aire, etc.). Por lo tanto, el área del rectángulo correspondiente a la Energía eléctrica obtenida será mucho menor que la del rectángulo correspondiente a la Energía inicial del agua. El rendimiento de una central hidroeléctrica está alrededor del 60%.

Como se apuntaba en el apartado 0.2. PLANTEAMIENTO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA, es interesante que los alumnos apliquen las nuevas ideas a otros procesos. En este sentido se plantea a los alumnos que transfieran los conocimientos adquiridos sobre degradación a situaciones tales como: una piedra que cae al suelo y se para, el aislamiento térmico de las viviendas, la contaminación por ruido, el efecto invernadero, etc. A través de estos ejemplos se puede introducir la idea de "calidad"; es decir, que la frase cotidiana "consumo energético" indica la transformación de una energía de mayor calidad (eléctrica, mecánica o química) en otra energía de menor calidad (térmica).

Hay que recalcar que no siempre es posible transformar la energía térmica en otro tipo de energía (mecánica, eléctrica, etc.). Y que, en aquellos casos en que es posible, (si los alumnos plantean el caso de las centrales térmicas o de la máquina de vapor), el ren-

dimiento es bajo. Estas cuestiones se tratarán muy someramente, pues ya se volverá a ellas después del estudio del calor.

DURACIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN

La realización de las actividades propuestas ha tenido una duración de aproximadamente cinco semanas.

BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA EN EL AULA:

ADAE, La bomba de calor.

ADAE, Nuevas tecnologías en la producción de electricidad.

ADAE, ¿Conoces todo lo relacionado con la instalación eléctrica de tu casa?

ADAE, Seguridad eléctrica y prevención de accidentes.

CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA, El sol, un viejo conocido.

FORUM ATÓMICO ESPAÑOL, El libro de la energía.

FORUM ATÓMICO ESPAÑOL, El cuaderno de la energía.

HIDROELÉCTRICA ESPAÑOLA, Las nuevas energías.

HIDROELÉCTRICA ESPAÑOLA, La energía nuclear.

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, La energía que la Tierra necesita,
 Noviembre 1990 (Número monográfico).

UNESA, La energía solar.

UNESA, La electricidad en España.

UNESA, Centrales eléctricas.

UNESA, Centrales nucleares en el mundo.

UNESA, El desarrollo hidroeléctrico en España.

2.4. EVALUACIÓN

2.4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

De acuerdo con la metodología utilizada en la investigación, es necesario un modelo de evaluación que cumpla las premisas de medir, no solo de manera cuantitativa el aprovechamiento académico de los alumnos, sino enjuiciar cualitativamente sus actitudes, razonamientos y habilidades. Tiene que aportar también información sobre el papel desempeñado por el profesor en el proceso.

Como consecuencia de estas ideas se ha intentado realizar en esta investigación una evaluación formativa en la que la información adquirida sirva también para modificar los materiales diseñados. Del análisis de los datos recogidos durante el primer año de trabajo, se obtuvieron criterios para reelaborar algunas de las actividades que presentaban un grado de dificultad excesivo, tal como se ha descrito en el APARTADO 2.3.

Para recoger información sobre todos los objetivos de evaluación que nos hemos propuesto, se han utilizado diversos instrumentos:

Pruebas de lápiz y papel:

a) Evaluación del cambio conceptual:

Para que el aprendizaje sea significativo es necesario que los esquemas previos existentes en la mente de los estudiantes sean sustituidos por los conceptos científicos adquiridos a lo largo de las actividades, es decir, tiene que producirse el llamado "cambio conceptual".

La evaluación de este cambio es de tipo criterial y con ella se pretende medir si los alumnos han alcanzado los objetivos del aprendizaje, mediante la técnica del test-retest. Para determinar el posible cambio conceptual experimentado por los estudiantes se eligió, entre las pruebas utilizadas inicialmente para conocer las ideas previas, el test de opción múltiple "CAMBIO IMPOSIBLE". El criterio para elegir esta prueba es que con ella podemos detectar

si los alumnos han asumido la idea de Conservación de la Energía y, sobre todo, la idea de que en un proceso cualquiera no puede haber aumento de energía sino, en general, degradación de la misma.

Posteriormente se utilizó esta misma prueba para medir, nueve meses más tarde, la persistencia del cambio.

b) Determinación del nivel de conocimientos:

Para conocer el nivel de conocimientos adquirido se plantearon una serie de cuestiones abiertas sobre aspectos cualitativos referentes a los cambios energéticos que aparecían en la prueba empleada como post-test. Además se plantearon otras cuestiones cuantitativas relacionadas con algunos conceptos estudiados en clase, tales como centrales energéticas, motores, rendimiento de las transformaciones, etc.

Entrevistas

Las entrevistas individuales son un instrumento más de la evaluación formativa ya que, con ellas se profundiza en el pensamiento de los alumnos. Para realizarlas se estableció previamente un guión-base sobre las respuestas que daban los alumnos a las pruebas iniciales. En todas estas pruebas se pedía un razonamiento sobre la opción escogida, pero en muchos casos las explicaciones dadas eran confusas. Se eligieron para las entrevistas una serie de alumnos cuyas respuestas no eran coherentes y se les pidió que, con su prueba delante, intentaran explicar la razón de su elección.

Estas entrevistas se recogieron en cinta magnetofónica, y después se transcribieron literalmente. Del posterior estudio y análisis del contenido se sacaron conclusiones sobre el razonamiento seguido por el alumno al realizar su elección.

Observación sistemática del trabajo realizado por los alumnos y el profesor. Grabaciones

Este tipo de observación a través de un agente externo —en este

caso otros miembros del grupo— proporciona datos más objetivos e imparciales para la evaluación. Se construyó un mapa del aula con la situación de los alumnos, centrándose la observación en una serie de puntos tales como: atención, actitud en la clase, trabajo en los equipos, comprensión de los materiales y duración de cada actividad. También se observó el papel que el profesor desempeña en el desarrollo de las actividades.

Paralelamente se recogieron en cintas de audio las discusiones de los equipos, puestas en común, etc. y se grabó en video el desarrollo de algunas de las clases. Un resumen de estas sesiones grabadas en video se adjunta en la memoria.

El estudio posterior de todos los datos recogidos permitió evaluar el grado de interés y participación de los alumnos, así como la actuación del profesor.

Cuadernos de clase

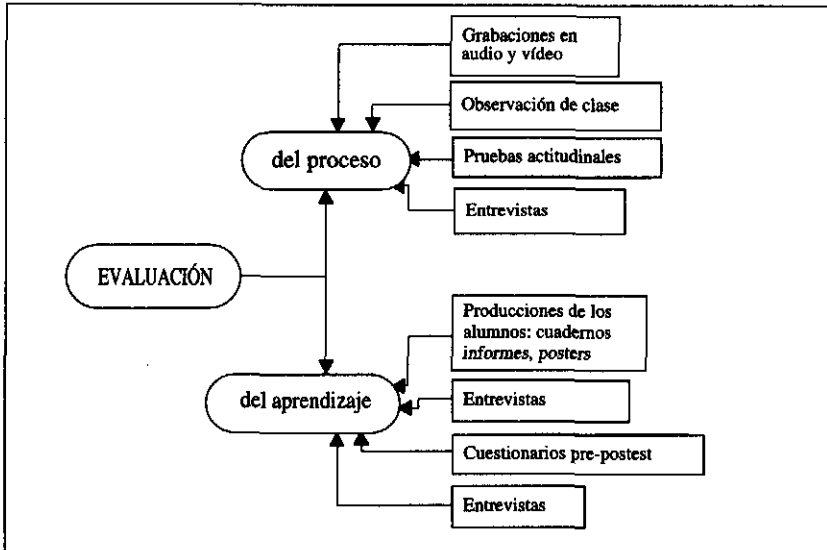
Constituye uno de los instrumentos más valiosos de la evaluación ya que permite seguir el trabajo diario del alumno. En este cuaderno se recogía y pegaba todo el material suministrado en clase, anotándose todas las opiniones del grupo sobre las actividades realizadas, las puestas en común y conclusiones de toda la clase, así como todas las actividades que se realizaban en casa. Los cuadernos de los alumnos se revisaban periódicamente para efectuar el seguimiento del trabajo de cada uno de ellos.

Prueba actitudinal

El grado de interés y motivación demostrado por los alumnos se hace patente en muchos de los instrumentos de evaluación utilizados, principalmente en las grabaciones en audio y video y los cuadernos. Para completar estos datos se realizó una prueba de actitudes e intereses.

Todos los instrumentos utilizados quedarían reflejados en el cuadro de la Figura 2.14.

FIGURA 2.14



2.4.2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal como hemos descrito en el apartado anterior, los resultados de la evaluación van a presentarse de acuerdo con los criterios comentados.

2.4.2.1. Evaluación del cambio conceptual

Para evaluar el cambio conceptual experimentado por los alumnos después de haber trabajado con los materiales correspondientes a la unidad didáctica Introducción a la Energía, se ha utilizado la prueba “Cambio Imposible” (ver Figura 2.15) haciendo un estudio comparativo de los resultados obtenidos en el pre-postest. Con este fin hemos clasificado a los estudiantes en cinco categorías:

I) Alumnos que evolucionan de una respuesta incorrecta o correcta sin razonar a respuesta correcta y razonada.

II) Alumnos que han pasado de una concepción alternativa a una concepción correcta aunque sin razonarla adecuadamente.

III) Alumnos que ya en la prueba inicial respondieron correcta y razonadamente.

IV) Alumnos que persisten en una concepción alternativa sea o no la inicial.

V) Otros.





Los resultados, para una muestra de 189 estudiantes, han sido:

TABLA VII: Evaluación del Cambio Conceptual

| CATEGORIA | N.º DE ALUMNOS | PORCENTAJES |
|-----------|----------------|-------------|
| I | 66 | 35 |
| II | 19 | 10 |
| III | 64 | 34 |
| IV | 33 | 17,5 |
| V | 7 | 3,2 |

PRUEBA POSTEST ENERGÍA

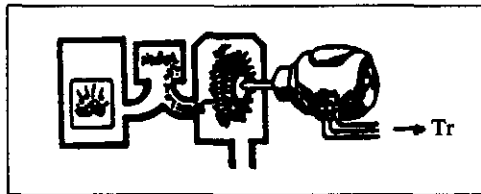
FIGURA 2.15

| 1.ª Parte | | CAMBIO IMPOSIBLE | | Proyecto Clis | |
|-----------|---|---|----|---|---|
| A) |  | BOMBILLA 100 J → 40 J energía (eléctrica) → energía (luz) | B) |  | RIFLE 200 J → 250 J energía (explosiva) → energía (bala en movimiento) |
| C) |  | CENTRAL 280000 J → 70000 J energía (combustible) → energía (eléctrica) | D) |  | ALTAVOZ 3 J → 0,5 J energía (eléctrica) → energía (sonido) |

—¿Cuál de los cambios de energía A, B, C, D no podrá ocurrir nunca? Justifica tu elección.

2.ª Parte

- En uno de los casos en el que el cambio sea **posible** representa las transformaciones que se producen utilizando, de modo cuantitativo, el diagrama de rectángulos.
- Calcula el rendimiento del proceso en el ejemplo que hayas elegido.
- Indica lo que representa el dibujo y pon nombre a los elementos principales:



- Escribe las diferencias básicas entre una central nuclear y una hidroeléctrica.
- Explica brevemente otra forma posible de obtener energía.
- Se habla mucho de “crisis energética” y “calidad de energía”. Explica lo que quiere decir para ti cada frase.

El análisis de los resultados nos permite afirmar que el 45% de los alumnos ha experimentado un cambio positivo (35% resultado óptimo + 10% mejora parcial) que junto el 34% que se mantiene en la categoría III nos da un 79% de estudiantes capaces de detectar cual es el cambio que no se puede producir y explicarlo mayoritariamente de forma razonada. El 21% restante no ha conseguido evolucionar en el sentido deseado.

Después de realizado el postest se procedió a entrevistar a un grupo de seis alumnos con el fin de profundizar en los razonamientos que habían utilizado en sus contestaciones.

Hemos agrupado las respuestas en dos categorías:

- a) Los estudiantes han considerado el rifle como “cambio imposible” y razonan sobre ello:

Alumno 1

Profesora: "en el pretest dijiste que el cambio imposible era el del altavoz porque el sonido no era una energía. ¿Qué te ha hecho cambiar de opinión?"

Alumna: "que en una transformación es imposible que la energía que tenga el cuerpo al que se le ha transmitido sea mayor que la que tú transmites, que le das a ese cuerpo."

P: "¿Podrías explicarlo un poco mejor?"

A: "pues que si un cuerpo tiene una determinada energía ¿cómo va a transmitir a otro cuerpo más energía de la que tiene?"

Alumno 2

P: "¿Podrías explicar por qué has cogido el rifle?"

A: "sí, porque en los otros tres casos, de un paso de energía a otro se pierde energía, en el del rifle es el único en el que se gana, y yo creo que no se puede ganar de un paso de transformación energética a otra porque no sólo la energía es de la bala también hay energía sonora y térmica..."

Alumno 3

P: "¿puedes justificar tu elección?"

A: "pues yo he cogido el B que es el del rifle que tiene una fuerza de 200 julios, o sea una energía, y la bala sale a 250, entonces yo creo que eso es imposible porque en el cambio de energía que se le da a la bala no puede poseer más fuerza de la que posee el rifle, si la bala es disparada por ese rifle" (hay una confusión fuerza-energía)

Alumno 4

P: "¿Te gustaría dar una explicación más amplia de por qué escogiste el caso B?"

A: "si un objeto tiene una energía almacenada no puede gastar más de esa energía al moverse al realizar un cambio, sino que utiliza esa energía y al revés, siempre pierde algo y la energía se degrada" (introduce la expresión energía degradada)

- b) Los estudiantes han considerado la central térmica como “cambio imposible” ya que, no tienen una idea clara de cómo se puede obtener energía eléctrica a partir de combustibles:**

Alumno 5

P: “¿a qué te refieres con la ‘energía térmica en la central’?”

A: “la energía de la combustión del carbón que para transformarla en eléctrica se necesita un aparato”.

P: “¿tienes ideas del aparato?”

A: “No. Yo sabía que en la central hidráulica la mecánica se convertía en eléctrica por un generador pero en este caso no.”

Alumno 6

P: “¿Por qué no obtienes energía eléctrica en el caso C? ¿qué te falta?”

A: “pues los medios para sacarla.”

P: “¿y tienes una idea de qué medios son esos?”

A: “con el carbón no lo sé”.

P: “y con otro sí?”

A: “sí, por ejemplo... el agua que hay en una presa, pues se abren las compuertas y el agua cae a velocidad y abajo hay como una especie de rueda, o sea con turbinas, y al caer el agua desde cierta altura hace mover las turbinas que a su vez hace mover un generador y éste produce la energía eléctrica”.

Como ya se ha comentado en el apartado correspondiente al diseño de los materiales, los resultados de las entrevistas ponen de manifiesto la falta de comprensión que los alumnos de esta edad tienen sobre el funcionamiento de las centrales eléctricas.

2.4.2.2. Evaluación del aprendizaje

En la 2.ª parte de la prueba se les pide que realicen un diagrama cuantitativo de algunos de los cambios posibles así como el cálculo del rendimiento de la transformación escogida. Los resultados obtenidos han sido:

TABLA VIII: Evaluación del aprendizaje*Diagrama cuantitativo*

| | BIEN | MAL |
|----------------|------|------|
| N.º DE ALUMNOS | 125 | 64 |
| PORCENTAJE | 66,1 | 33,8 |

Rendimiento de la transformación

| | BIEN | MAL |
|----------------|------|------|
| N.º DE ALUMNOS | 117 | 72 |
| PORCENTAJE | 66,5 | 33,8 |

Se puede observar que, aproximadamente, las dos terceras partes de los alumnos contestaron satisfactoriamente toda la tarea. Si comparamos estos resultados con los que obtenemos usualmente en nuestros exámenes, podemos considerarlos muy positivos.

Las respuestas a la prueba utilizada como post-test fue cuantificada entre 0 y 10 puntos con el fin de poder adjudicar una puntuación numérica a cada alumno. Los resultados globales son: sobre una muestra de 189 alumnos, 130 de ellos obtuvieron una calificación superior a 5, lo que nos da un 69% de "aprobados", resultado, que como los obtenidos anteriormente, nos resulta alentador.

2.4.2.3. Cambio actitudinal

La importancia de las actitudes en el aprendizaje de las Ciencias es una cuestión que está adquiriendo relevancia creciente al considerar que, los factores cognitivos no son los únicos que mediatizan dicho aprendizaje.

De los diversos enfoques que constituyen el panorama de las actitudes nosotros nos hemos fijado en los siguientes aspectos:

- *Dificultad del aprendizaje.*
- *Satisfacción con la metodología de trabajo utilizada frente a una metodología tradicional.*

- *Utilidad de los materiales didácticos en comparación al libro de texto.*
- *Trabajo en grupo.*
- *Relación de los tópicos desarrollados en la clase con la vida fuera del aula.*

La toma de datos se ha hecho mediante una encuesta de lápiz y papel, de formato cerrado, en que cada pregunta se presentaba con un diferencial semántico tabulado de 1 a 3. El modelo aparece en la figura 2.16.

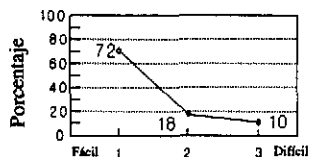
FIGURA 2.16

| PRUEBA ACTITUDINAL | | | |
|---------------------------|---|---|----------|
| 1. | ¿El aprendizaje de todos los contenidos correspondientes a la unidad de Energía te ha resultado? | | |
| | Fácil | | Difícil |
| | 1 | 2 | 3 |
| 2. | La metodología empleada, comparada con la que normalmente se utiliza en las clases, te ha parecido? | | |
| | Interesante | | Aburrida |
| | 1 | 2 | 3 |
| 3. | El tipo de materiales didácticos con que hemos trabajado, en contraposición con el libro de texto ¿Te ha facilitado el aprendizaje? | | |
| | Si | | No |
| | 1 | 2 | 3 |
| 4. | El trabajo en grupo ¿Ha favorecido tu aprendizaje? | | |
| | Mucho | | Poco |
| | 1 | 2 | 3 |
| 5. | El tipo de actividades que hemos desarrollado ¿Te ayudará en el futuro a resolver y comprender situaciones de tu vida cotidiana? | | |
| | Si | | No |
| | 1 | 2 | 3 |

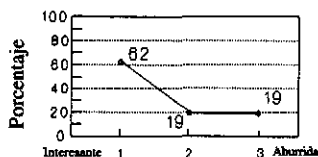
Los resultados obtenidos, tabulados en tanto por ciento se presentan a continuación en forma gráfica.

TABLA IX: Resultados de la prueba actitudinal

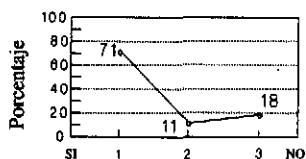
1. ¿El aprendizaje de todos los contenidos correspondientes a la unidad de Energía te ha resultado?



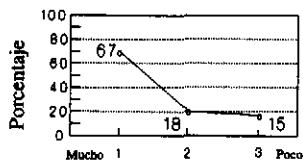
2. La metodología empleada, comparada con la que normalmente se utiliza en las clases, te ha parecido?



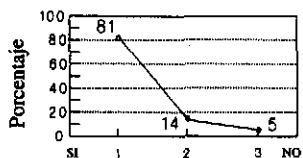
3. El tipo de materiales didácticos con que hemos trabajado, en contraposición con el libro de texto ¿te ha facilitado el aprendizaje?



4. El trabajo en grupo ¿Ha favorecido tu aprendizaje?



5. El tipo de actividades que hemos desarrollado ¿Te ayudará en el futuro a resolver y comprender situaciones de tu vida cotidiana?



Con ánimo de profundizar en la opinión de los alumnos se escogió una pequeña muestra, cuyas respuestas nos habían resultado significativas procediendo a entrevistarlos. Algunas de las contestaciones más relevantes fueron:

Alumno 1

Profesor: *¿Qué te han parecido esos materiales que habéis utilizado?*

Alumno: *Muy bien.*

P: *¿Te han gustado?*

A: *Sí, además, en el trabajo en grupo parece que es más fácil hacerlo todo, por lo menos esa es mi opinión, y además el material está bastante bien.*

P: *¿Te han parecido claros?, o sea, ¿entenderías lo que se te pedía que hicieras, o que resolvieras en los materiales?*

A: *Sí*

P: *El trabajo en grupo, ¿tú crees que es eficaz, más que la clase, vamos a llamarle convencional, en que el profesor explica y los alumnos escuchan?*

A: *Bueno, eficaz... es que más bien es que hay más convivencia, y en las otras... pues eso, se habla quizá menos.*

P: *Me refiero eficaz como que a ti te haya resultado más asequible o que creas que has aprendido mejor... en ese sentido, crees que por este procedimiento te va mejor?*

A: *Sí, eso sí.*

Alumno 2

P: *Si, todo aquello cuando veníamos a grabar, ese tipo de materiales que hemos utilizado para estudiar la energía, ¿tu recuerdas más o menos claramente lo que venía en esos materiales, para qué sirvieron o qué tipo de cosas abordaste con esos materiales?*

A: *Hombre, pues es más divertido que estar todo el rato con el libro delante y el cuaderno, porque estás así en grupo y ves lo que... por ejemplo lo de... una especie de generador eléctrico que nos trajeron una vez, en vez de verlo teórico en el libro, lo ves práctico y por lo menos te haces una idea.*

P: *Sí, pero ese generador se podía haber traído en cualquier momento a clase, independientemente de los materiales a los que me refiero. Yo te preguntaba más bien por las tareas, el método, o sea, la manera de trabajar a partir de esas actividades que os mandaban hacer... ¿te resultaba asequible o te resultaba un poco liado?*

A: *Que va.*

P: *¿No, nada liado?, fácil.*

A: *Bueno, tampoco fácil.*

P: *Me refiero, esa manera de trabajar, aparte de divertido, ¿te ha ayudado más que si por ejemplo esos mismos asuntos se hubieran trabajado en la pizarra, por ejemplo, aunque también en algún momento hubieran podido traer el generador?, o sea, ¿entiendes a lo que me refiero?*

A: *A mí me ha gustado más esta forma de trabajar.*

Alumnos 3 y 4

P: *¿Cuál es vuestra opinión sobre los materiales?*

A3: *Era más entretenido, pero, la verdad es que te enteras mucho menos, porque yo con eso no me enteraba de nada.*

P: *Crees que era más entretenido, pero no te enteras.*

A3: *Yo no me enteraba de nada.*

P: *De nada, ¿y tú qué opinas?*

A4: *Pues yo creo que esto valdría también como complementario, pero, además de eso, habría que dar algo más en pizarra, y luego eso como trabajo, ejercicios y prácticas.*

P: *Tú das la idea de que el profesor debería explicar en la pizarra todas las cuestiones de energía, y en todo caso, eso sería luego para trabajar.*

A3: *Yo creo que si porque esto era un poco así, en común, y si tú no tienes idea de lo que es eso, pues, poner lo que piensas, pues te lo inventas más o menos, pero, luego, en definitiva, no sacas nada en conclusión, o casi nada, yo, la verdad es que no me enteraba de nada.*

P: *¿Y tú?, ¿por qué?*

A4: *Al ponerlo en común, si ponemos las ideas, y si tenías un fallo, pues, lo corregías y te ibas enterando.*

Como conclusión podemos deducir que los materiales empleados y la forma de trabajar tiene bastante aceptación aunque algunos alumnos manifiestan su preferencia por la clase tradicional y el uso de estos materiales como aplicaciones prácticas.

2.4.2.4. Persistencia del cambio conceptual (Curso 1991-92)

Tal como se había previsto en el diseño inicial, a los nueve meses de haber terminado el trabajo con la unidad didáctica Introducción a la Energía, se ha pasado la prueba "Cambio imposible" que habíamos utilizado para la evaluación del cambio conceptual a fin de medir la persistencia de dicho cambio.

Debido a dificultades diversas: número significativo de alumnos que han repetido curso, abandono, cambio de centro..., el número evaluado de alumnos en esta ocasión ha sido de 92, todos ellos pertenecientes al I.B. Rey Pastor.

1.ª Parte

La parte primera de la prueba está encaminada a medir si los estudiantes detectan qué cambio, de los presentados es imposible y si las explicaciones aportadas son las correctas. Según la naturaleza de las respuestas hemos establecido las mismas categorías que en el apartado 2.4.2.1:

- I) Alumnos que escogen la contestación correcta y la razonan adecuadamente.
- II) Alumnos que contestan acertadamente pero cuya explicación no podemos considerarla totalmente correcta.
- III) Alumnos que persisten en una concepción alternativa.
- IV) Otros.

Los resultados obtenidos para cada categoría han sido:

TABLA X: Persistencia del Cambio Conceptual

| CATEGORIA | N.º DE ALUMNOS | PORCENTAJES |
|-----------|----------------|-------------|
| I | 62 | 67,4 |
| II | 19 | 20,6 |
| III | 9 | 9,8 |
| IV | 2 | 2,1 |

Si comparamos estos datos con los obtenidos en la evaluación del cambio conceptual realizada el curso anterior, observamos que se ha producido una evolución desde el 79% de estudiantes que contestaban adecuadamente hasta el 88% que lo hacen en la actualidad. Estos resultados son altamente satisfactorios aunque hay que tener en cuenta que la muestra utilizada en esta ocasión está académicamente más seleccionada.

2.ª Parte

Según se observa en el esquema de la prueba, se les pide a los alumnos que realicen un diagrama cuantitativo de alguna de las transformaciones posibles así como el cálculo del rendimiento correspondiente. Los datos obtenidos han sido:

TABLA XI: Persistencia del aprendizaje

Diagrama cuantitativo

| | BIEN | MAL |
|----------------|------|------|
| N.º DE ALUMNOS | 72 | 20 |
| PORCENTAJE | 78,2 | 21,8 |

Rendimiento de la transformación

| | BIEN | MAL |
|----------------|------|-----|
| N.º DE ALUMNOS | 66 | 26 |
| PORCENTAJE | 72 | 28 |

De nuevo los resultados podemos considerarlos muy positivos pues son mejores que los obtenidos con anterioridad. Aparte de la explicación dada en el párrafo anterior, pensamos que otra causa que ha podido influir en la mejora observada es el hecho de que estos estudiantes han trabajado los tópicos de Conservación de la Energía y rendimiento de las transformaciones en todo el desarrollo de la Física.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

CAPÍTULO 3

ENERGÍA ELÉCTRICA

3.1. EXPLORACIÓN DE IDEAS PREVIAS

En los últimos años se han realizado numerosas investigaciones acerca de los esquemas conceptuales que poseen los alumnos sobre los *circuitos eléctricos* y las *magnitudes que intervienen en su estudio*. Nuestro grupo lleva investigando en esta línea desde el año 1986 (Varela et al., 1988; Manrique et al., 1989), utilizando para explorar dichos esquemas alternativos las técnicas de detección habituales en este tipo de trabajo, como son las pruebas de papel y lápiz, ampliadas con entrevistas individuales.

La muestra con que se ha trabajado en la presente investigación está constituida por 144 alumnos de 2.º de BUP de los I. B. Rey Pastor y Mariana Pineda de Madrid.

Al mismo tiempo que se comentan los resultados obtenidos, haremos un breve resumen sobre las ideas más importantes que se han detectado en los alumnos a lo largo de los diferentes niveles de enseñanza, comunes a las detectadas por otros autores (Cohen et al., 1983; Criado et al., 1987). El orden en que se citan dichas ideas está en función de su creciente complejidad.

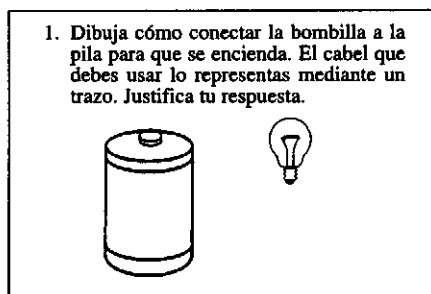
3.1.1. IDEA DE CIRCUITO CERRADO

Es un hecho constatado por numerosos autores que cuando se pide a los alumnos que conecten una bombilla a una pila, suministrándoles cables, pila cilíndrica y bombilla sin portalámparas, muchos de ellos tienen dificultades debido a que no tienen asumida la necesidad de cerrar el circuito.

Queremos destacar que este problema lo presentan, aunque en grado descendente a medida que avanzamos en el nivel de enseñanza, los alumnos de primaria (Tiberghien, 1976, 1983; Osborne, 1983), secundaria (Varela et al., 1988) y, lo que es más sorprendente, los de enseñanza universitaria (Fredette, 1980).

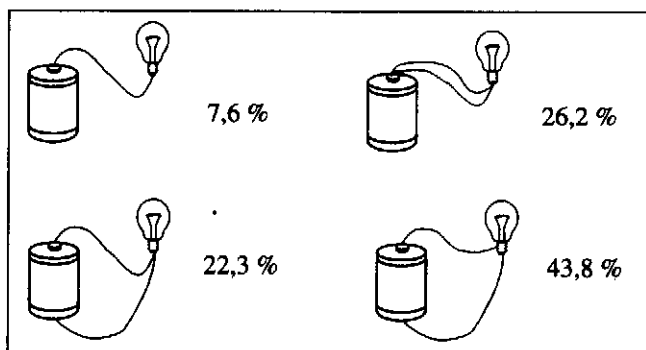
Para detectar esta idea, hemos utilizado la prueba representada en la figura 3.1.

FIGURA 3.1



Al analizar las contestaciones se han encontrado los modelos y porcentajes que presentamos en la Tabla XII.

TABLA XII: Modelos de circuito



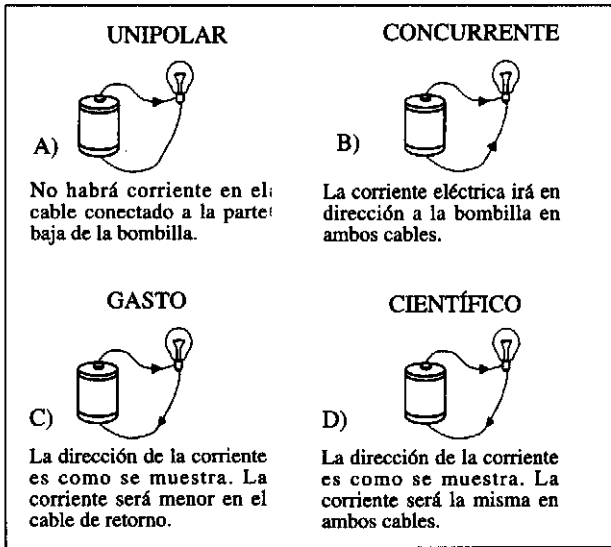
Ante el elevado número de alumnos que daban una contestación incorrecta se decidió trabajar el problema en el laboratorio donde se les suministró el material necesario para realizar la conexión adecuada: pila, cables y bombilla. Después de realizar el montaje, la mayoría de los estudiantes admitieron el modelo científico.

3.1.2. MODELOS DE CORRIENTE

En los sistemas de enseñanza es muy frecuente empezar el estudio de la Electrocínética introduciendo el concepto de intensidad de corriente eléctrica, generalmente a partir de la idea del movi-

miento de cargas en materiales conductores y aislantes. Osborne (1981, 1983) y Gauld (1985) han investigado con diferentes muestras de alumnos las ideas que éstos tienen acerca de cómo circula la corriente eléctrica en circuitos elementales, llegando a detectar cuatro modelos diferentes (ver Figura 3.2).

FIGURA 3.2



Detrás de los modelos A y B subyace la idea “fuente-sumidero”, según la cual los estudiantes piensan en la corriente como un fluido que se almacena en la pila y se consume en los diferentes elementos del circuito. Esta idea, sumamente intuitiva, ha sido explorada por diferentes autores: Fredette, 1980; Johsua, 1983; Andersson, 1986. Dupin y Johsua (1986) han realizado un trabajo muy interesante con una muestra de 1065 alumnos de colegios primarios, liceos y universidades del sur de Francia, destacando en las conclusiones que, la llamada por ellos “metáfora del fluido en movimiento”, está arraigada fuertemente en las representaciones que los estudiantes tienen de cómo funciona un circuito eléctrico.

En el modelo C “de gasto” está implícita la idea de consumo de corriente provocada por la confusión entre los términos de

corriente y energía, que aparece ya en alumnos muy jóvenes, atribuida por algunos autores (Solomon, 1986; Andersson, 1986) al uso de estos términos en la vida cotidiana, donde se utilizan en un sentido que no tiene por qué coincidir con el que se le da en Física.

Para la detección de estos modelos se utilizó una prueba de lápiz y papel en la cuál el estudiante debía elegir una de las cuatro opciones mencionadas. Los resultados fueron los siguientes:

TABLA XIII: Modelos de corriente para circuitos simples

| MODELOS | N.º DE ALUMNOS | PORCENTAJES |
|-------------|----------------|-------------|
| UNIPOLAR | 3 | 2.1 |
| CONCURRENTE | 83 | 57.6 |
| GASTO | 34 | 23.6 |
| CIENTIFICO | 24 | 16.7 |

Como se puede observar, el modelo “*concurrente*” está aún muy extendido en este nivel. De las entrevistas realizadas, destacamos algunas de las razones con que ellos justifican su elección:

- “*El B porque los dos polos generan corriente*”.
- “*El B porque la corriente no retorna*”.
- “*El B porque la energía de la pila va por los dos cables a la bombilla mientras que en los demás no*”.

Shipstone (1984) ha investigado sobre el pensamiento de los alumnos cuando se enfrentan con circuitos mas complejos, por ejemplo con mas de una bombilla, y ha estudiado su evolución desde los 12 a los 17 años. Identifica los mismos modelos comentados anteriormente, salvo que en el modelo C “*gasto*” aparecen dos variantes: *modelo de atenuación* en el que la intensidad de corriente va disminuyendo al atravesar los distintos elementos del circuito (las bombillas mas alejadas brillan menos) y *modelo de reparto* en el que la intensidad se reparte equitativamente entre los elementos (las bombillas brillan igual). En sus conclusiones hay que destacar que los modelos descritos presentan un máximo de implantación alrededor de los 14 años, hecho que el autor atribuye a una confusión en este nivel de enseñanza entre la intensidad de corriente, por un lado, y la energía, voltaje y potencia, por otro, magnitudes que

se reparten por igual en lámparas idénticas. Otros autores (Maloney, 1986) han detectado los mismo modelos que Shipstone.

La prueba empleada y los resultados obtenidos están en la Figura 3.3 y la Tabla XIV.

FIGURA 3.3

Las lámparas A y B son idénticas.

| | | |
|--|--------------------------|--------------------------|
| | SI | NO |
| a) La corriente es igual en 1, 2 y 3. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) La corriente es mayor en 1 que en 2, y en 2 mayor que en 3. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) La bombilla A brilla más que la B. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) La bombilla A brilla igual que la B. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

TABLA XIV: Modelos de corriente en circuitos complejos

| MODELOS | | N.º DE ALUMNOS | PORCENTAJES |
|------------|------------|----------------|-------------|
| CIENTIFICO | | 50 | 34.5 |
| GASTO | ATENUACION | 53 | 36.6 |
| | REPARTO | 23 | 16.2 |
| OTROS | | 18 | 12.7 |

Al comparar estos resultados con los del test anterior se observa que el modelo *concurrente* ha sido sustituido en popularidad por el de *gasto* (52,8%) en sus dos versiones de *atenuación* y *reparto*. Estos datos coinciden con los observados en años anteriores en los que hemos estudiado los esquemas conceptuales de los alumnos en circuitos eléctricos. Este hecho se puede explicar por la desaparición en la segunda prueba de la posibilidad de elegir el modelo *concurrente*, ya que en el dibujo aparece indicado el sentido de la corriente.

3.1.3. EL PROBLEMA DEL VOLTAJE

El problema específico de la confusión entre intensidad de

corriente y voltaje con alumnos de enseñanza secundaria y universidad ha sido estudiado por Cohen et al (1983), llegando a la conclusión de que los alumnos consideran el voltaje como una “consecuencia” de que la corriente circule, y no como su “causa”. En este sentido es relevante el trabajo realizado por Maichle (1981) con una muestra de 400 alumnos alemanes de 13 a 15 años, donde las dos terceras partes apoyaron la conclusión citada.

Rhoneck (1983) ha trabajado en esta misma línea, estudiando además la dificultad que tienen los alumnos no solo en distinguir voltaje de intensidad, sino para superar la confusión que existe entre ésta última y la energía. Las conclusiones de una experiencia realizada con estudiantes alemanes y franceses nos sugieren que el estudio de un circuito eléctrico debe abordarse tratando simultáneamente el aspecto energético con el punto de vista $V/I/R$.

Dupin y Johsua, en el trabajo ya citado, concluyen que, aunque en determinados niveles de enseñanza, los alumnos son capaces de asumir la existencia del voltaje, difícilmente lo relacionan con las otras magnitudes físicas que caracterizan un circuito.

Este punto se ha investigado mediante la prueba que se presenta en la Figura 3.4.

FIGURA 3.4

Observa los cuatro dibujos: A, B, C, y D.

A. B. C. D.

Lee cada una de las frases y pon una cruz en la casilla o casillas en las que creas que la frase es cierta. Si no lo sabes, marca la casilla

| | A | B | C | D | no sé |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) La lámpara brilla en la figura. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) Hay corriente eléctrica en la figura. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) Existe voltaje en la figura. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

El análisis de las contestaciones, tanto de la prueba escrita como de las entrevistas, nos ha llevado a establecer las siguientes categorías:

- I. Alumnos que reconocen la existencia de voltaje aunque no haya intensidad de corriente.
- II. Alumnos que asocian la existencia de voltaje con la circulación de corriente.
- III. No codificables.

La distribución por categorías de los estudiantes se muestra en la tabla siguiente:

TABLA XV: Concepto de voltaje

| CATEGORIAS | N.º DE ALUMNOS | PORCENTAJES |
|------------|----------------|-------------|
| I | 32 | 22.5 |
| II | 25 | 16.9 |
| III | 87 | 60.6 |

Al analizar los resultados se comprueba el bajo número de alumnos que son capaces de diferenciar entre intensidad de corriente y voltaje. Esta cuestión presenta una gran dificultad para ellos, agravada por la indistinta utilización que se hace de estos términos en la vida cotidiana.

También hay que señalar el gran porcentaje de respuestas que se incluyen en el apartado “no codificables”, debido, probablemente, a su falta de conocimiento sobre el tema.

3.1.4. CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Para comprobar si los alumnos siguen aplicando el Principio de Conservación de la Energía en otro contexto, se les pidió en una exploración inicial que utilizaran este principio en un circuito eléctrico. El elevado número de alumnos que contestaron satisfactoriamente (80.3%) parece indicar la eficacia del programa desarrollado. Los resultados de otros años, en los que no se siguió esta línea corroboran dicha idea ya que, con pruebas semejantes, las contestaciones dadas por los alumnos presentaban un gran número de respuestas erróneas: confusión de energía con “electricidad”, “corriente”, “voltios”, etc.

Las frases con que razonan su respuesta indican también un mejor conocimiento de las transferencias energéticas:

- *“La energía acumulada en la pila es transportada por los cables hasta la bombilla donde se transforma en energía luminosa y calorífica”*
- *“La bombilla consume energía eléctrica de la pila y la transforma en energía calorífica (se calienta la bombilla)”*

3.2. DISEÑO DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS

3.2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La Unidad que presentamos está encaminada a que los alumnos construyan las estructuras básicas de Electrocínética partiendo de sus ideas previas sobre el funcionamiento de los circuitos eléctricos así como, de los conceptos que aparecen implicados: corriente eléctrica, voltaje, etc. (Arnold, 1987).

Vamos a utilizar la Energía como hilo conductor aplicando el Principio de Conservación a diferentes situaciones. En este sentido se considera la pila química o el generador electromagnético como un elemento donde se transforma energía química o energía mecánica en energía eléctrica y el resto de los elementos, bombillas, resistencias, motores, como elementos donde se producen transformaciones de energía eléctrica en otras formas de energía.

Por otro lado, el tratamiento de la Unidad permite acercarse a muchas situaciones del mundo cotidiano de los estudiantes con amplias implicaciones tecnológicas y, por lo tanto, la mayoría de las actividades resultan altamente motivadoras (Oldham et al., 1986; Solomon et al., 1987).

El desarrollo conceptual de esta Unidad responde a las siguientes ideas básicas:

- Iniciar el tema estudiando de modo cualitativo las transformaciones de la energía y su conservación para encauzar, dentro del punto de vista científico, la idea de los alumnos de que algo se “gasta” en un circuito (Osborne, 1981).
- Introducir el concepto de intensidad de corriente eléctrica como una explicación del modo en que se transporta la energía (Härtel, 1982), aprovechando este planteamiento energético para definir el concepto de voltaje como la energía transformada en cada receptor por unidad de carga (Shipstone, 1984).

- Estudiar el circuito como un sistema, en el que la modificación de cualquiera de sus elementos afecta a todo el circuito (Closset, 1983).

De acuerdo con la justificación aportada, la Unidad Didáctica se presenta dividida en ocho actividades:

- I. Energía eléctrica: Fuentes y transformaciones.
- II. ¿Cómo se reparte la energía en un circuito?
- III. ¿Quién transporta la energía en un circuito?
- IV. Modelos de corriente. Intensidad.
- V. ¿Qué significa voltaje o diferencia de potencial?
- VI. ¿De qué depende la intensidad de la corriente eléctrica a través de un conductor metálico?
- VII. Aplicación a circuitos en serie y en paralelo.
- VIII. La electricidad en nuestro mundo cotidiano.

3.2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS

A lo largo de la presentación que vamos a realizar de las actividades, se puede observar, tal como indicábamos en el apartado 1.2., que todas ellas se componen de: *tareas de iniciación* en las cuales el alumno tiene que predecir sobre el comportamiento de diferentes sistemas —en este caso circuitos eléctricos— para, a continuación, en las *tareas de reestructuración*, realizar los montajes correspondientes y “enfrentar” sus ideas con los resultados de la experimentación sacando las conclusiones oportunas. En las puestas en común los grupos presentan sus conclusiones y el profesor aporta también su puntos de vista. Por último, se realizan *tareas de aplicación* de las ideas adquiridas a nuevas situaciones.

ACTIVIDAD I: ENERGÍA ELÉCTRICA: FUENTES Y TRANSFORMACIONES

Esta actividad sirve de puente de unión con la Unidad de Introducción a la Energía, comenzando, por tanto, con el estudio de las diversas transformaciones energéticas que se producen en las centrales eléctricas. Se tratan de nuevo los fenómenos de inducción electromagnética para llegar a analizar los elementos que constituyen

un generador y su funcionamiento, aprovechando este momento para introducir a nivel cualitativo los efectos magnéticos de la corriente.

A continuación, utilizando circuitos simples constituidos por diferentes elementos (pilas, bombillas, motores, etc.) se analizan las transformaciones de energía que se producen, llegando a ver, mediante la realización de electrólisis, el cambio de energía eléctrica en energía química. Se puede comprobar que los procesos que tienen lugar en la pila y en las electrólisis corresponden a transformaciones energéticas inversas, relacionando el tema con los balances energéticos que se producen en las reacciones químicas.


ACTIVIDAD II: ¿CÓMO SE REPARTE LA ENERGÍA EN UN CIRCUITO?


En este punto se trata de aclarar que la energía eléctrica proporcionada por la pila se va transformando en otras formas de energía en los diferentes elementos que constituyen el circuito, con la finalidad de aprovechar la idea que tienen los alumnos de que algo “se gasta” en un circuito. Estos razonamientos suponen un paso previo para introducir la conservación de la corriente eléctrica.

Se comienza prediciendo lo que ocurrirá con el brillo de una bombilla si en el circuito se introducen otros elementos, a través de la ficha que aparece en la Figura 3.5.

FIGURA 3.5

– En los siguientes circuitos la pila es la misma, ¿crees que habrá alguna diferencia entre ellos?





| Predicción | Comprobación |
|------------|--------------|
| | |

Vamos a utilizar un aparato de medida llamado voltímetro que se conecta a los extremos de los elementos del circuito en los que queremos medir.

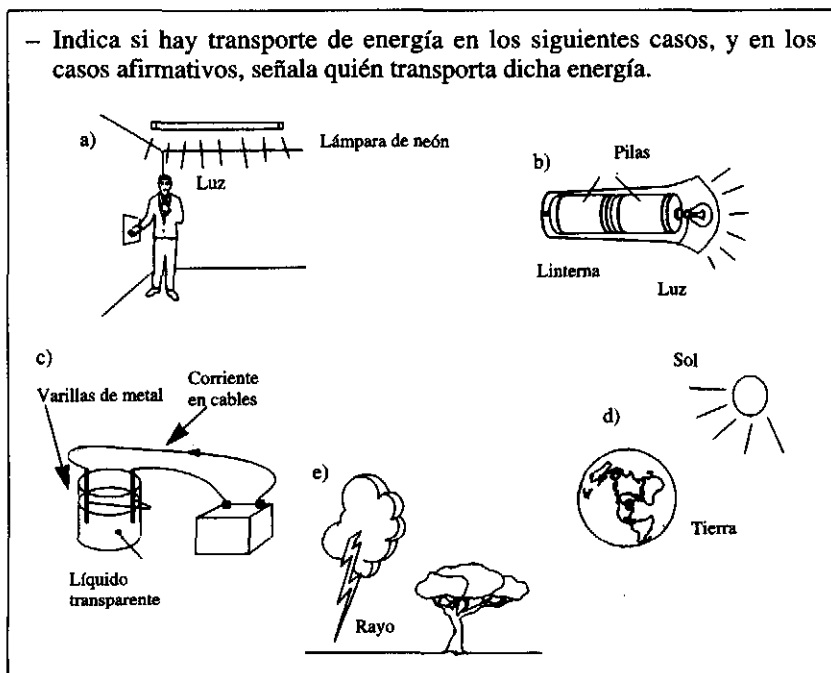
- Conectalo a los extremos del motor, bombilla y pila de tu circuito, consecutivamente, y anota las lecturas en cada uno de los elementos.
- ¿Qué relación hay entre las tres lecturas del voltímetro?
- ¿Cómo explicarías desde el punto de vista energético esta relación?

No se habla de diferencia de potencial en su sentido físico, sino que se utiliza el voltímetro como una caja negra que permite medir, de alguna manera, la energía que recibe cada receptor del circuito y aproximarse así al Principio de Conservación de la Energía.

ACTIVIDAD III: ¿QUIÉN TRANSPORTA LA ENERGÍA EN UN CIRCUITO?

Al introducir en un circuito materiales diversos, se comprueba que algunos dejan pasar la corriente y otros no, llegando al concepto de conductores y no conductores. Los conocimientos de Química que poseen los estudiantes les permiten comprender que, en los metales, los electrones en movimiento transportan la energía y en las disoluciones o en los gases, tiene que haber también partículas cargadas libres. Un ejemplo de tarea de profundización aparece en la Figura 3.6.

FIGURA 3.6



Con tubos de gas y un carrete de Rhumkorff se puede mostrar cómo los gases, en condiciones muy especiales, pueden conducir la corriente.

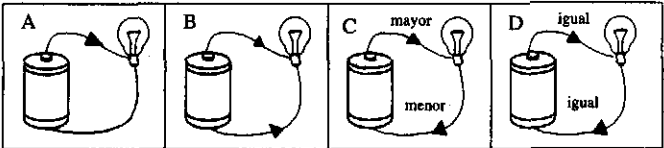
ACTIVIDAD IV: MODELOS DE CORRIENTE. INTENSIDAD

Este es el momento clave para crear el conflicto cognitivo que les lleve a modificar sus ideas previas respecto a los modelos no conservativos de intensidad de corriente detectados mediante las pruebas iniciales.

La actividad se inicia con el planteamiento del problema que aparece en la Figura 3.7.

FIGURA 3.7

– Ya hemos visto que un circuito formado por conductores metálicos son los electrones los que transportan la energía. Los estudiantes tienen varias formas de explicar cómo circula la corriente eléctrica en un circuito. Vamos a ver los cuatro ejemplos más frecuentes:

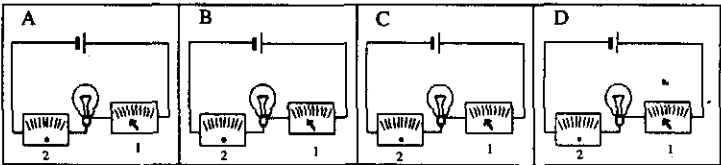


– Formula una hipótesis sobre cuál de los modelos refleja el funcionamiento real. Después compárala con las de tus compañeros, anotando las discrepancias que aparezcan.

A continuación se les enfrenta con el mismo problema, pero introduciendo el amperímetro como aparato de medida (ver Figura 3.8).

FIGURA 3.8

– Completa el siguiente cuadro **dibujando** lo que marcaría el amperímetro de la izquierda si la corriente circulara como indican los esquemas A, B, C y D que has comentado en la ficha anterior.



En una tercera fase los a realizar el montaje experimental que aparece en la Figura 3.9.

FIGURA 3.9

- Ahora vamos a comprobar experimentalmente lo que marcan los amperímetros 1 y 2.
- Monta el circuito y anota en la columna lo que marcan realmente los dos amperímetros, y también el sentido en que se desvían las agujas.

| | | |
|---|--|---|
| A_1 | | A_2 |
| <div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 30px; margin: 0 auto;"></div> | | <div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 30px; margin: 0 auto;"></div> |

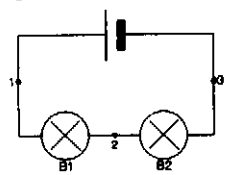
- A la vista de los resultados, indica cuál es el modelo correcto de corriente.

Una vez discutido por todo el grupo cuál es el modelo científico, se realizan tareas de aplicación a nuevas situaciones que presentan mayor nivel de complejidad (ver Figura 3.10).

FIGURA 3.10

- Vamos a interpretar el circuito de la figura de acuerdo con vuestro modelo de corriente:

¿Cómo debe ser la intensidad?

| | Predicciones | Comentarios |
|---|--------------|-------------|
|  <p style="margin-left: 20px;">Comentarios</p> <p style="margin-left: 20px;">$I_1 > I_2 > I_3$</p> <p style="margin-left: 20px;">$I_1 = I_2 = I_3$</p> <p>B_1 brilla más que B_2</p> <p>B_1 brilla igual que B_2</p> | | |

- Comenta con tus compañeros las distintas opiniones.
- Para comprobar vuestras opiniones vais a montar el circuito y medir la intensidad en cada punto.
- Anota lo que marcan los amperímetros y a la vista de los resultados,

ACTIVIDAD V: ¿QUE SIGNIFICA VOLTAJE O DIFERENCIA DE POTENCIAL?

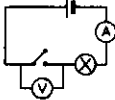
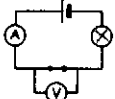
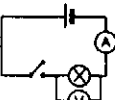
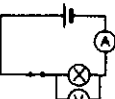
El objetivo de esta actividad es establecer la diferencia entre los conceptos de intensidad y voltaje. Para ello se analiza las medidas de intensidad en diferentes puntos de un mismo circuito y la diferencia de potencial entre los extremos de los receptores y del generador.

Se intenta que quede claro que la intensidad es la misma en todo el circuito, pero no la diferencia de potencial, que ahora pueden relacionar fácilmente con la energía transferida a cada receptor, profundizando en lo que vieron en la ACTIVIDAD II. Una vez conseguido esto se llega a la definición de Diferencia de Potencial en los extremos de un receptor como la energía que transforma por unidad de carga que circula a través de él.

Para insistir en la diferenciación estudiada se realizan tareas como la presentada en la Figura 3.11.

FIGURA 3.11

- En los siguientes circuitos, ¿qué te parece que marcaría el voltímetro y el amperímetro?

| | Predicción | Medida | Conclusiones |
|---|------------|--------|--------------|
|  | | | |
|  | | | |
|  | | | |
|  | | | |

ACTIVIDAD VI: ¿DE QUÉ DEPENDE LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA A TRAVÉS DE UN CONDUCTOR METÁLICO?

Después de discutir en equipo los factores de los cuales depende la intensidad de corriente que circula por un conductor, casi todos llegan a la conclusión de la influencia de la diferencia de potencial entre los bornes del generador y de los receptores que hay en el circuito. Se les propone que diseñen una experiencia para comprobar sus hipótesis, llegando a partir de los resultados experimentales a deducir la Ley de Ohm y, mediante el análisis de las gráficas, a establecer el concepto de resistencia eléctrica.

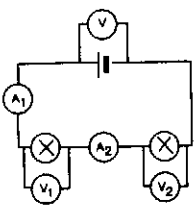
Esta actividad se complementa con la determinación de los factores que influyen en el valor de la resistencia de un conductor metálico, lo cual supone un diseño experimental que obliga al alumno a ejercitarse en el control de variables.

ACTIVIDAD VII: APLICACIÓN A CIRCUITOS EN SERIE Y EN PARALELO

Con fichas como las que se presentan en las Figuras 3.12 y 3.13 se estudia la asociación de resistencias en serie y en paralelo, para que comprueben experimentalmente las ventajas e inconvenientes de cada uno de los montajes.

FIGURA 3.12

– *Circuitos en serie*
 Monta el siguiente circuito en que dos bombillas están conectadas en serie.



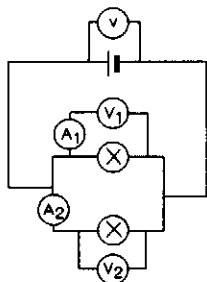
| | Medida | Comentario |
|----------------|--------|------------|
| V | | |
| A ₁ | | |
| V ₁ | | |
| A ₂ | | |
| V ₂ | | |

Con los datos que has obtenido calcula la resistencia de cada una de las bombillas, y también la resistencia equivalente, que es la resistencia que produce el mismo efecto que las dos juntas.
 ¿Qué sucederá en el circuito si aflojamos una de las bombillas?

FIGURA 3.13

– *Circuitos en paralelo.*

Vamos a montar el siguiente circuito para estudiar la relación entre la intensidad que circula por cada rama y las diferencias de potencial en los extremos de la pila y de las bombillas.



| | Medida | Comentario |
|----------------|--------|------------|
| V | | |
| A ₁ | | |
| A ₂ | | |
| V ₁ | | |
| V ₂ | | |

- Calcula la resistencia de una cualquiera de las bombillas, aplicando la Ley de Ohm.
- Calcula la resistencia total del circuito empleando la Ley de Ohm.
¿Qué V y qué I debes emplear?
- Compara estos resultados con los que obtuviste cuando montaste las dos bombillas en serie.
- ¿Que sucede si aflojas una de las bombillas?
- ¿En qué montaje, serie o paralelo, brillan más las bombillas?
- ¿Qué ventajas ofrece colocar las bombillas en paralelo?
- ¿Cómo crees que están colocadas las bombillas en una instalación cualquiera: tu casa, el instituto, etc?
- ¿Has visto alguna vez un conjunto de bombillas montadas en serie?

Como tareas complementarias se pueden realizar simulaciones de circuitos serie y paralelo en ordenador o que realicen trabajos individuales sobre la instalación eléctrica de una habitación, el circuito eléctrico de un semáforo, etc.

ACTIVIDAD VIII: LA ELECTRICIDAD EN NUESTRO MUNDO COTIDIANO

En la misma línea que se ha trabajado en la Unidad de Introducción a la Energía se reflexiona aquí sobre el consumo de los

aparatos eléctricos que tienen en sus casas y también sobre las normas de seguridad que tienen que respetarse en el manejo de dichos aparatos para prevenir accidentes. Como tareas se puede proponer el cálculo de la potencia eléctrica que hay que contratar para el consumo de una casa y la realización de lecturas y debates sobre los efectos de la corriente en el cuerpo humano.

Para establecer un puente entre la mencionada Unidad de Introducción y la próxima Unidad con que se va a trabajar –Energía Térmica– se vuelve a plantear el problema del “ahorro energético” y las posibles medidas para conseguirlo.

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA

La experimentación de esta Unidad Didáctica tiene una duración aproximada de seis semanas.

3.3. EVALUACIÓN

En el caso concreto de esta Unidad solamente se ha evaluado el cambio conceptual y el aprendizaje de los alumnos, ya que los materiales didácticos han sido suficientemente contrastados en investigaciones anteriores.

3.3.1. EVALUACIÓN DEL CAMBIO CONCEPTUAL

Esta evaluación es de tipo criterial y permite determinar si los alumnos han alcanzado los objetivos propuestos en el diseño de las unidades. Con el objeto de analizar si se ha producido el cambio conceptual, se ha utilizado la técnica del test/post-test, volviendo a pasar al final de la Unidad las mismas pruebas que se utilizaron inicialmente para conocer sus ideas previas.

Este tipo de evaluación no solo permite que el profesor valore el aprendizaje de los alumnos, sino que el propio alumno sea consciente de su progreso.

Una vez analizadas las contestaciones se procedió, como en los casos anteriores, a la clasificación de los alumnos en tres categorías:

- I. Alumnos que evolucionan de una respuesta incorrecta a una respuesta correcta y razonada.
- II. Alumnos que ya en la prueba inicial respondieron de manera correcta y razonada.
- III. Alumnos que persisten en una concepción alternativa sea o no la inicial.

Los resultados obtenidos para las tres pruebas realizadas han sido:

TABLA XVI: Evaluación del cambio conceptual

| CONCEPTO | CATEGORIAS | N.º ALUMNOS | PORCENTAJE |
|--|------------|-------------|------------|
| MODELOS DE CORRIENTE CIRCUITOS SIMPLES | I | 86 | 59.6 |
| | II | 24 | 16.7 |
| | III | 34 | 23.7 |
| MODELOS DE CORRIENTE CIRCUITOS COMPLEJOS | I | 73 | 50.5 |
| | II | 48 | 34.5 |
| | III | 23 | 15.0 |
| DIFERENCIA. INTENSIDAD CORRIENTE-VOLTAJE | I | 47 | 32.1 |
| | II | 32 | 22.5 |
| | III | 65 | 45.4 |
| CONSERVACION DE LA ENERGIA | I | 14 | 9.8 |
| | II | 115 | 80.3 |
| | III | 15 | 9.9 |

En cuanto al concepto de conservación de la corriente eléctrica en un circuito, podemos observar que se ha producido un cambio significativo (mayor del 50%) y además, la suma de los estudiantes que hemos englobado en las categorías I y II y que, por lo tanto, al final del proceso tienen asumido el modelo correcto es del orden del 80%, resultado que podemos considerar muy positivo.

La mejora en cuanto a la diferenciación intensidad de corriente-voltaje es considerablemente inferior por lo que podemos concluir que, el desarrollo del concepto de voltaje, coincidiendo con afir-

maciones de otros autores (Jung, 1985; Rhöneck, 1985), es un problema complicado para alumnos de estas edades.

3.3.2. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CONOCIMIENTOS CONCEPTUALES ADQUIRIDOS

Para conocer el nivel de conocimientos adquirido se plantearon una serie de cuestiones cuantitativas sobre circuitos eléctricos tales como los que se presentan en las Figuras 3.14 y 3.15.

FIGURA 3.14

En los dos circuitos siguientes las bombillas son idénticas; teniendo en cuenta lo que marcan los aparatos, calcular:

Circuito I

- ¿Qué marcará A_2 ?
- ¿Qué marcará A_3 ?
- ¿Qué marcará V_2 ?
- ¿Qué marcará V_3 ?

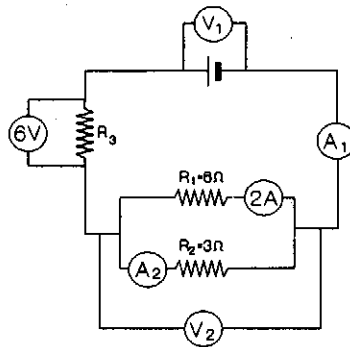
Circuito II

- ¿Qué marcará A_2 ?
- ¿Qué marcará A_3 ?
- ¿Qué marcará V_2 ?
- ¿Qué marcará V_3 ?

FIGURA 3.15

A la vista del circuito de la figura, calcular:

- ¿Qué marcarán A_1 y A_2 ?
- Valor de la resistencia R_3
- ¿Qué marcarán V_1 y V_2 ?
- ¿Qué cantidad de energía se desprenderá en la resistencia de 6Ω en media hora?
- ¿Cuánto vale la potencia de la resistencia de 3Ω ?



Como puede observarse la resolución correcta de estas tareas implica que el alumno utilice adecuadamente todos los esquemas detectados en la evaluación del cambio conceptual: conservación de la intensidad de la corriente, idea de voltaje y conservación de la energía. Así mismo se requiere un aprendizaje de la ley de Ohm, concepto de potencia y asociaciones en serie y en paralelo, junto con destrezas de cálculo numérico y utilización de las unidades eléctricas apropiadas. El porcentaje de alumnos que superaron la prueba fue del 75%, lo cual valoramos muy positivamente.

CAPÍTULO 4

ENERGÍA TÉRMICA

4.1. EXPLORACIÓN DE LAS IDEAS PREVIAS

La existencia de errores conceptuales en el área de CALOR y TEMPERATURA ha sido documentada ampliamente tanto en el extranjero (Brook et al., 1984, 1985) como en España (García Hourcade y Rodríguez de Avila, 1985). Las ideas de los estudiantes no sólo difieren de la visión científica sino que, algunas veces, también difieren de la perspectiva enseñada en la escuela, persistiendo después de años de enseñanza formal. Así Erickson (1980) señala que los modelos de los alumnos evolucionan desde una explicación de los fenómenos limitada por la percepción y basada en el sentido común (ciencia de los niños) hacia una visión más abstracta y próxima al modelo cinético, pasando por una época de transición en que presentan ideas análogas a las mantenidas en la teoría del calórico.

Lo mismo que en la Energía eléctrica, nuestro grupo ha estado estudiando las ideas alternativas que los alumnos de Bachillerato tienen sobre estos conceptos, dentro de un proyecto financiado por el C.I.D.E. y el C.S.I.C. (Pérez de Landazábal et al., 1987).

La muestra con que se ha trabajado en la presente investigación está constituida por 101 alumnos de 2.º de BUP de los I.B. Rey Pastor y Mariana Pineda de Madrid.

Al mismo tiempo que se comentan los resultados obtenidos, se hace un resumen breve de los datos aportados por otros autores en las investigaciones, realizadas en los diferentes niveles de enseñanza.

4.1.1. CONCEPTO DE TEMPERATURA

Aunque los alumnos estén familiarizados con el término temperatura desde los 12-13 años, el concepto está muy limitado y no se usa espontáneamente para describir las condiciones de un objeto (Erickson 1979, 1980; Erickson y Tiberghien, 1985). La temperatura de un objeto se construye, frecuentemente, como resultado de la mezcla de calor y frío que posee el cuerpo. Este "criterio de cantidad"

puede ser una de las raíces causantes de la confusión entre calor y temperatura, (cantidad de calor e intensidad del calor), existente no sólo en las mentes de muchos niños, sino también de algunos adultos. Diversos estudios señalan las dificultades que tienen los estudiantes para comprender el carácter intensivo de la temperatura. Stavy y Berkovitz (1980), Strauss y Stavy (1983) han encontrado en sus trabajos una variación del comportamiento de los alumnos en forma de U: Ante el problema de mezclas de agua fría a la misma temperatura, los niños más pequeños, incapaces de cuantificar las cantidades de agua, responden, intuitivamente, de forma correcta. De 5 a 8 años aplican un razonamiento parcialmente cuantificado y afirman que la mezcla es el doble de fría pues "hay el doble de agua". A los 12 años separan ya las magnitudes físicas extensivas e intensivas y aplican la aditividad y la no-aditividad de forma apropiada.

Pocos niños resuelven antes de los 11 años las tareas cuantitativas de determinación de una temperatura intermedia; a los 13 años son resueltas por un 45% de los niños. Para los alumnos la temperatura tiene la característica de medir el calor (Tiberghien, 1983); por eso, ante una tarea de determinación cuantitativa de la temperatura intermedia, incluso alumnos de 16 años utilizan estrategias aditivas y estrategias substractivas (al menos reconocen que la temperatura final debe estar entre las temperaturas iniciales) con la misma frecuencia que la estrategia del promedio. Nuestro grupo ha encontrado resultados similares en un estudio transversal con 443 alumnos de Enseñanza Secundaria (Pérez de Landazábal et al., 1991).

Para detectar si los alumnos utilizan la técnica del promedio o técnicas aditivas y substractivas se ha utilizado la prueba presentada en la Figura 4.1.

FIGURA 4.1

Si a diez litros de agua a 100 °C le añadimos otros diez litros de agua a temperatura ambiente (20 °C).

¿Cuál será la temperatura final de la mezcla?

El análisis de las contestaciones nos ha llevado a establecer cuatro categorías:

- I. Alumnos que calculan el valor promedio de las temperaturas iniciales.
- II. Alumnos que restan las temperaturas iniciales.
- III. Alumnos que suman las temperaturas iniciales.
- IV. Otros (Respuestas basadas en la experiencia cotidiana. Respuestas no codificables).

TABLA XVII: Concepto de temperatura

| CATEGORIAS | N.º DE ALUMNOS | PORCENTAJES |
|------------|----------------|-------------|
| I | 21 | 20.8 |
| II | 39 | 38.6 |
| III | 3 | 3.0 |
| IV | 38 | 37.6 |

En la línea señalada por la bibliografía, sólo un 3% de los alumnos aplica estrategias aditivas frente a un 40 % que aplica estrategias subtractivas y un 20 % de respuestas científicamente correctas.

Un razonamiento típico de alumno que utiliza estrategias subtractivas es el siguiente:

- *La temperatura bajaría, el agua se enfriaría algo. $100 - 20 = 80$ °C. Podría ser 80 °C, ya que las proporciones de los litros son iguales.*

4.1.2. EQUILIBRIO TÉRMICO

Los juicios de los estudiantes sobre la temperatura de un objeto se basan más en la naturaleza del material (fortaleza, dureza, tacto o brillo de su superficie, etc.) o de su utilización cotidiana que en la temperatura ambiental (Erickson, 1985; Tiberghien, 1983). Tiberghien (1985) señala las dificultades que, a pesar de la enseñanza, tienen los alumnos para reconocer la igualdad de temperaturas de objetos en contacto prolongado o equilibrio térmico (el progreso no supera a un 30 % de los alumnos). Su razonamiento se basa en la convicción de que hay sustancias (agua) que se calientan y otras (arena) que no (Brook et al., 1984), igual que hay materiales calientes en sí (madera) o fríos en sí (metal).

La prueba que se plantea (ver Figura 4.2) (tomada de Brook et

al., 1984) requiere una comprensión clara de que objetos de materiales diferentes terminan alcanzando la temperatura del medio en que se encuentran. Análogamente, recoge información sobre la comprensión de la conducción del calor (si el alumno tiene asimilada la conducción del calor del cuerpo humano al objeto o si sigue pensando en la conducción de frío del objeto al cuerpo humano).

FIGURA 4.2

Cuando Jorge coge su bicicleta, en un día invernal, después de haber estado jugando al fútbol, encuentra más frío el metal del manillar que el mango de plástico.

¿Estarán a la misma temperatura?

Justifica tu respuesta lo más posible.

Las contestaciones se clasifican en otras cuatro categorías:

- I. Alumnos que responden que ambos cuerpos tienen la misma temperatura y lo justifican por conducción, transmisión, absorción o conservación del calor.
- II. Responden que la temperatura es la misma, pero sin razonar o mal razonada (Confusión entre Calor y Temperatura. Frío y Calor como dos conceptos distintos y opuestos).
- III. Alumnos que señalan que las temperaturas serán diferentes.
- IV. Otros (No contestan, Explicaciones absurdas, etc.).

TABLA XVIII: Equilibrio térmico

| CATEGORIAS | N.º DE ALUMNOS | PORCENTAJES |
|------------|----------------|-------------|
| I | 17 | 16.8 |
| II | 18 | 17.8 |
| III | 58 | 57.4 |
| IV | 8 | 7.9 |

De los alumnos que afirman que metal y plástico están a la misma temperatura, menos del 20% dan respuestas correctas justificadas:

- *Están a la misma temperatura, pero el metal es un material diferente al plástico y por eso se enfría antes el manillar que el plástico.*

y más del 15 % da explicaciones totalmente alternativas:

- *Si, lo que pasa es que al haber jugado y estar sudado le parece que el metal está más frío debido a su textura.*
- *La temperatura será la misma porque están expuestos al mismo frío. Los metales transmiten el frío y el calor y esto hace que parezca más frío.*

Casi un 60 % de los alumnos considera que NO se ha alcanzado el equilibrio térmico y exhiben también concepciones alternativas:

- *No están a la misma temperatura.... El metal es un material mucho más frío que el plástico.*
- *No, porque el hierro conserva mejor el frío.*

4.1.3. CALOR

Erickson (1979), en su INVENTARIO CONCEPTUAL de las ideas de los niños de 6 a 13 años sobre calor y temperatura, detecta una tendencia a percibir el calor como un fluido que se identifica en muchos casos con el aire o el vapor. También piensan en el calor y el frío como dos componentes del calor, proporcionándole una especie de cualidad positiva o negativa (el hielo enfría el agua porque “algo de frío abandona el cubo de hielo y va al agua”) (Tiberghien, 1983). La mayoría de los niños atribuyen al calor una propiedad aditiva-substractiva donde la temperatura del objeto puede cambiarse añadiendo o substrayendo calor del objeto. Sólo los alumnos de 16 años comienzan a utilizar la energía para explicar lo que entienden por calor y a dar interpretaciones en términos de movimiento de partículas (Tiberghien, 1983). Brook et al. (1984) sugieren que el proceso de transferencia de calor se comprende mejor cuando se produce cambio de temperatura que cuando no se produce (15% frente a un 5%), pero la dirección de dicha transferencia influye profundamente en la comprensión; hay más

respuestas correctas cuando se pide una explicación de la sensación de calor (77%) que cuando se trata de la sensación de frío (31%), la razón estriba en que los alumnos piensan que los objetos fríos transfieren “frío” (un 21% a los 16 años) en lugar de pensar que “*nosotros transferimos*” calor a los mismos. Similarmente, conductores y aislantes son dos cosas opuestas y no diferentes grados de conducción.

En alumnos españoles y de habla hispana se han encontrado también resultados similares (García Hourcade y Rodríguez de Avila, 1985; Macedo y Soussan, 1985; Pérez de Landazábal et al., 1991).

La prueba que se plantea para estudiar las ideas del alumno sobre el carácter intensivo-extensivo de la temperatura y de la energía requiere de nuevo, como la cuestión anterior, una comprensión de que objetos de materiales diferentes terminan alcanzando la temperatura del medio en que se encuentran. Por eso el problema se plantea en dos situaciones distintas, una a temperatura alta (horno) y otra a temperatura baja (bicicleta) para discernir si, como afirman Brook et al. (1984), la comprensión del fenómeno varía con el contexto (ver Figura 4.3).

FIGURA 4.3

Los cuerpos de la figura acaban de salir de una *estancia prolongada* en un horno a 200 °C.

A

HIERRO

B

HIERRO

a) ¿Tendrá uno de los cuerpos mayor energía que el otro?

b) ¿Tendrá uno de los cuerpos mayor temperatura que el otro?

En caso afirmativo, indica cuál es el cuerpo en cuestión.

Las respuestas se clasifican en cinco categorías:

- I. Alumnos que reconocen el equilibrio térmico con el horno y el carácter extensivo de la energía.
- II. Alumnos que consideran que ambos cuerpos alcanzan la misma temperatura pero también la misma energía.

- III. Alumnos que consideran que los cuerpos no llegan al equilibrio térmico, pero reconocen el carácter extensivo de la energía.
- IV. Alumnos que consideran que el equilibrio supone que todo el sistema alcanza la misma energía siendo, por tanto, la temperatura de ambos cuerpos diferente por ser de diferente masa.
- V. Otros.

TABLA XIX: Concepto de calor

| CATEGORIAS | N.º DE ALUMNOS | PORCENTAJES |
|------------|----------------|-------------|
| I | 32 | 31.7 |
| II | 26 | 25.7 |
| III | 13 | 12.9 |
| IV | 20 | 19.8 |
| V | 10 | 9.9 |

La diferencia de contexto (temperatura baja o alta) influye en la comprensión del equilibrio térmico por parte del alumno, por ello el número de respuestas correctas en esta pregunta es superior al de la pregunta anterior.

- *El grande poseerá más energía ya que "almacena más cantidad de calor" ...Los dos tendrán la misma temperatura ya que los dos son de hierro y han estado el mismo tiempo en el horno.*

De todas formas, más del 30 % de los alumnos considera que el horno suministra una cantidad de energía constante a cada cuerpo.

- *Tienen la misma energía calorífica porque han sido sometidos a la misma temperatura. Los dos tienen la misma temperatura porque ésta ha sido constante y, aunque uno haya tardado más que otro en alcanzarla, tienen la misma.*

4.1.4. CAMBIOS DE ESTADO

Una mayoría de los alumnos de 12 años (Erickson, 1985) piensa que unos sólidos pueden fundir (hierro, oro, plomo), pero otros no (aluminio, diamante, sal). Sus predicciones se basan en experiencias directas o ajenas (el oro se funde para hacer lingotes) o en propiedades observables (es duro). El caso del hielo resulta curioso, se le asigna la

propiedad de fundir o de enfriar algo, pero no consideran que pueda cambiar su temperatura (calentarse o enfriarse en si mismo). Para muchos alumnos el hielo sólo puede estar a 0 °C (Tiberghien, 1983, 1985). Por esa misma razón ven mejor la ebullición del agua que la fusión del hielo. En una cuestión gráfica relativa al calentamiento del cinc, un 20 % acepta la constancia de la temperatura como un máximo alcanzable por la sustancia, pero no como una característica del cambio de estado; y sólo un 17% piensa que la temperatura del cinc líquido podrá subir hasta alcanzar el equilibrio térmico con la temperatura del horno. Algunos alumnos señalan que el tiempo de calentamiento marca la temperatura de ebullición (más de un 25% en las edades de 12 a 15 años) y el porcentaje aumenta (más del 50%) cuando se plantea el nivel de calentamiento (Andersson, 1979). El número de alumnos que señala la ebullición como causa de la constancia a 100 °C no llega al 13%. Para los alumnos resulta más difícil comprender que los puntos de fusión y ebullición son independientes del ritmo de calentamiento que comprender su independencia del volumen calentado.

Por último, muy pocos alumnos comprenden la transferencia de calor y los cambios de estado en términos del comportamiento de las partículas (5%). Cuando se les obliga a expresarse en esos términos, sólo llega a hacerlo un 8% y sólo un 1% de forma correcta (Brook et al., 1984).

Para explorar las concepciones de los alumnos sobre los cambios de estado se plantean dos situaciones diferentes: ebullición del agua y fusión de un sólido (ver Figuras 4.4 y 4.5). Por otro lado, se trata de analizar tanto si consideran la constancia de la temperatura con el tiempo de calentamiento durante el cambio de estado (Andersson, 1979; Tiberghien, 1983, 1985) como si piensan en la existencia de una temperatura máxima para cada material. Análogamente se plantea el caso de la arena para explorar si consideran que ésta aumenta o no su temperatura cuando se calienta.

FIGURA 4.4

Se calienta agua en un recipiente mediante una placa eléctrica con el mando en la posición de máximo. A los cinco minutos el agua comienza a hervir, marcando el termómetro + 100 °C. Mantenemos el recipiente con el agua sobre la placa, en las mismas condiciones, durante cinco minutos más. ¿Qué temperatura marcará el termómetro al final de este período?

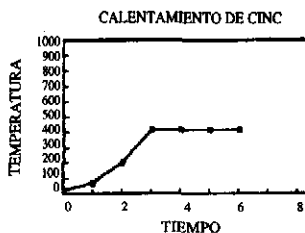
Más de 100 °C

100 °C

Menos de 100 °C

FIGURA 4.5

Un forjador pone en un horno a $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ una pieza de cinc y mide la temperatura cada minuto. Lee 30° , 70° , 200° , 420° , 420° , 420° , 420° ... (gráfico).



- a) ¿Por qué habrá tantas lecturas a $420\text{ }^{\circ}\text{C}$?
- b) ¿Subirá la lectura del termómetro hasta los $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ del horno?
¿Y si introdujéramos arena en lugar de cinc?

Justifica lo más posible todas tus respuestas.

Las respuestas correspondientes a la *EBULLICIÓN DEL AGUA* se han clasificado en cuatro categorías:

- I. Alumnos que consideran que la temperatura permanece constante y lo atribuyen a la ebullición del agua.
- II. Alumnos que afirman que la temperatura permanece constante en los $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, pero no aportan ninguna justificación.
- III. Alumnos que señalan temperaturas superiores a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- IV. Otros.

Las respuestas relativas a la *FUSIÓN DE UN SÓLIDO* se clasifican en cuatro categorías, ligeramente diferentes:

- I. Se atribuye la constancia de la temperatura a la fusión del cinc y se reconoce que éste terminará alcanzando la temperatura del horno.
- II. Se considera que la temperatura de fusión es una temperatura máxima para el sólido en cuestión.
- III. Cada sólido tiene una temperatura máxima que puede alcanzar (no se habla para nada de fusión).
- IV. Otros.

TABLA XX: Cambios de estado

| CONCEPTO | CATEGORÍA | N.º ALUMNOS | PORCENTAJE |
|---------------------------|-----------|-------------|------------|
| EBULLICIÓN DEL AGUA | I | 28 | 27.7 |
| | II | 38 | 37.6 |
| | III | 28 | 27.7 |
| | IV | 7 | 6.9 |
| EBULLICIÓN DEL AGUA | I | 4 | 4.0 |
| | II | 21 | 20.8 |
| | III | 52 | 51.5 |
| | IV | 24 | 23.8 |

En el caso del agua, el porcentaje de respuestas en la línea de constancia de la temperatura durante el cambio de estado es muy elevado (65.3 %); pero desciende al 25 % cuando se pasa a estudiar la fusión del cinc, ¡con un 20 % de alumnos considerando la temperatura de fusión como el valor máximo que se puede alcanzar!

Ejemplo de justificaciones totalmente correctas son:

- *El punto de ebullición del agua es 100 °C y por mucho que se esté en la placa no sube más, sino que se evapora.*
- *Porque en ese momento el cinc llega a su punto de fusión. Seguirá subiendo hasta 1000 °C porque, aunque esté en otro estado, la temperatura sigue aumentando.*

Las respuestas alternativas (mas del 50% en el caso del cinc), reflejan esta misma tendencia a considerar que cada cuerpo alcanza una temperatura máxima:

- *El agua parte de una temperatura inicial y va aumentando hasta la que se le está calentando y cuando llega a esa temperatura se mantendrá porque esa es la temperatura máxima a la que puede llegar en ese momento.*
- *Tendrá la misma temperatura porque hemos seguido calentando en las mismas condiciones.*
- *Porque es la máxima cantidad de calor que el horno puede dar al cinc. No subirá, "a caso" que no pongas mayor temperatura al horno.*

4.1.5. VARIABLES QUE INFLUYEN EN LOS PROCESOS DE INTERCAMBIO DE ENERGÍA EN FORMA DE CALOR

Aunque pueda considerarse que esta cuestión explora conocimientos previos y no pre-conceptos de los alumnos, se ha incluido para comprobar si los alumnos son capaces de considerar, de forma inicial, las variables que intervienen en un proceso (a partir de su experiencia cotidiana de que el aceite se calienta antes que el agua). En cierta medida se deseaba explorar si los alumnos sentían alguna necesidad de controlar variables en el proceso o les daba lo mismo.

Si en vez de mezclar diez litros de agua a 100 °C con otros diez litros de agua a 20 °C, los mezclamos con diez litros de aceite a 20 °C, ¿habrá alguna diferencia en la temperatura final?

Explica el porqué de tu respuesta.

Se han encontrado otras cuatro categorías de razonamiento:

- I. Alumnos que razonan correctamente, mencionando una diferencia agua-aceite en la conducción, transmisión, absorción, o comportamiento del líquido frente al calor.
- II. Alumnos que dan una respuesta correcta pero sin una explicación adecuada.
- III. Respuestas erróneas: la naturaleza del líquido no influye en la temperatura de la mezcla o los líquidos no se mezclan.
- IV. Otros.

TABLA XXI:
Variables que influyen en el calentamiento de un cuerpo

| CATEGORÍAS | N.º DE ALUMNOS | PORCENTAJES |
|------------|----------------|-------------|
| I | 5 | 5.0 |
| II | 18 | 17.8 |
| III | 42 | 41.6 |
| IV | 36 | 35.6 |

Menos del 25 % de los alumnos considera que cada líquido presenta unas características diferentes de calentamiento.

- *Porque no tienen la misma densidad y el calor no lo absorben igual.*

Dentro del 41.6 % de respuestas alternativas se presentan dos tendencias: los que consideran que todos los líquidos se calientan por igual y los que consideran que, cómo el aceite y el agua no son miscibles, no pueden intercambiar energía.

- *Creo que no. No depende del líquido que sea (de la densidad), depende de la temperatura de éste.*
- *Pienso que no ya que no se disuelven y el agua estaría a 100 °C y el aceite a 20 °C.*

Como resumen, se puede concluir que los resultados concuerdan con los encontrados en la bibliografía:

- Una mayoría de alumnos (38.6%) aplica estrategias subtractivas para determinar la temperatura intermedia de una mezcla.
- El contexto influye de forma marcada en el reconocimiento de la temperatura de equilibrio. Solamente un 42.6% de los alumnos falla en las temperaturas altas (horno) frente al 65.3% encontrado en las temperaturas bajas (bicicleta). De todas formas, más del 30% considera que el horno suministra una cantidad de energía constante a cada cuerpo.
- La explicación alternativa de que la temperatura de un material permanece constante aunque se le continúe suministrando calor porque cada material presenta una temperatura máxima, se da con más frecuencia en la cuestión relativa al cinc (51.5%) que en la del agua (34.6%).
- Menos del 25% de los alumnos considera que cada líquido presenta unas características de calentamiento diferentes. Un resultado importante –no señalado en la bibliografía– es el alto porcentaje de alumnos que piensan que dos líquidos no miscibles no pueden intercambiar energía.

4.2. DISEÑO DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS

4.2.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En esta Unidad se pretende, partiendo de los esquemas alternativos descritos en el apartado anterior, que los alumnos lleguen a elaborar unas concepciones sobre Calor y Temperatura más acordes con las ideas científicas.

El desarrollo conceptual de esta Unidad responde a las siguientes ideas básicas:

- Iniciar el tema con el concepto de equilibrio térmico dada la dificultad que presenta para los alumnos de este nivel (Tiberghien, 1985), introduciendo la temperatura como una magnitud experimental.
- Aplicar el principio de Conservación de la Energía a un sistema aislado para establecer el concepto de Energía interna como una magnitud de tipo microscópico de la cual solo pueden observarse sus variaciones a través de las variaciones de temperatura. Este punto sirve de enlace con las Unidades anteriores.
- Establecer la diferenciación entre Temperatura y Energía interna a partir del estudio de los cambios de estado, procesos en los que se suministra Energía al sistema y no se observa variación de su temperatura.
- Diferenciar los conceptos científicos de Calor y Energía interna mediante la introducción del Calor como un proceso de transferencia de Energía entre dos sistemas a diferente temperatura por el cual estos pueden variar su Energía interna (Fernández Uría, 1986).

De acuerdo con esta justificación, la Unidad Didáctica se desarrolla en seis actividades:

- I. Equilibrio térmico.
- II. Energía interna.
- III. ¿Qué variables influyen en la variación de la Energía interna?
- IV. ¿Siempre que varía la Energía interna varía la Temperatura?
- V. ¿A qué se llama Calor en Física?
- VI. Ampliación del estudio sobre calidad de la energía.

4.2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS

ACTIVIDAD I: EQUILIBRIO TÉRMICO

Esta actividad se inicia con la determinación de la temperatura de diversos objetos –barra de metal, vaso lleno de agua, mesa de laboratorio– con el objetivo de crear una situación de conflicto debida a la confusión existente en los alumnos entre sus sensaciones y las medidas experimentales de la temperatura.

A continuación el alumno mide su propia temperatura, discutiendo cualitativamente el sentido de las transferencias de energía que se producen entre el cuerpo humano y el termómetro.

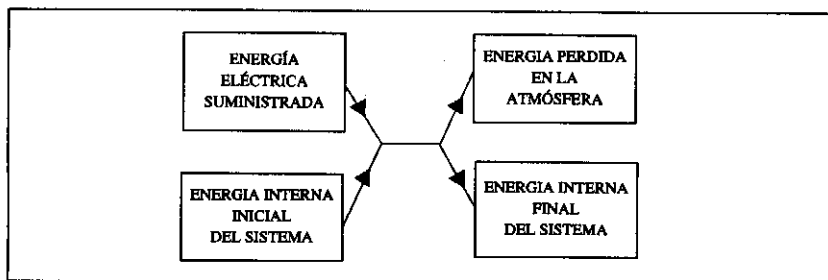
Como tareas complementarias los alumnos exploran qué tipo de materiales alcanzan antes el equilibrio térmico tanto al entrar en contacto con el cuerpo humano como con un determinado medio. Por último se analiza el por qué del uso de distintos materiales en nuestra vida cotidiana: utensilios de cocina, ropa de abrigo, etc.

ACTIVIDAD II: ENERGÍA INTERNA

Para introducir este concepto se plantean diferentes formas de suministrar energía a un vaso con agua y que tienen como consecuencia un incremento de la temperatura de ésta. El principio de conservación de la energía aplicado a estos procesos sirve de puente para definir el concepto de energía interna.

Estos procesos se trabajan a partir de diagramas análogos a los utilizados en la Unidad de Introducción a la Energía. Un ejemplo de diagrama construido por los alumnos para el calentamiento del vaso con agua mediante una resistencia eléctrica es el que se muestra en la Figura 4.6.

FIGURA 4.6



Los rectángulos que representan la energía interna inicial y final del sistema se representan siempre con trazos discontinuos debido a que no es posible conocer su valor sino que solamente se pueden determinar sus variaciones a partir de los cambios de temperatura.

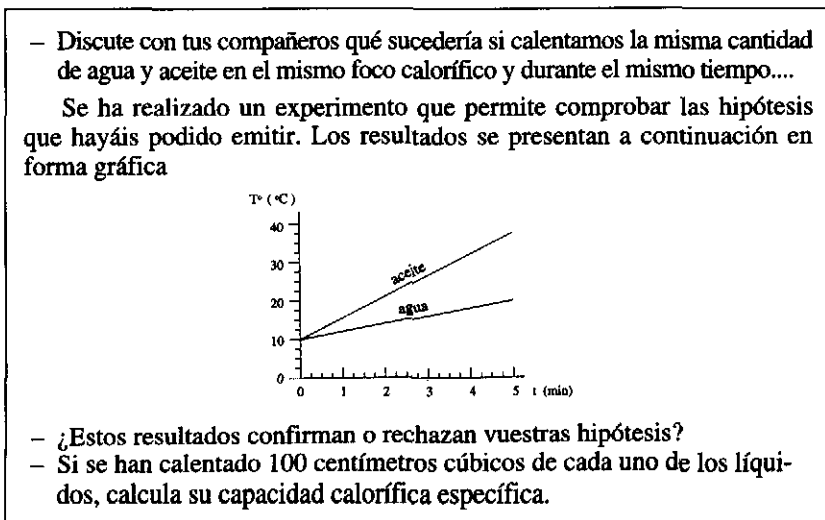
ACTIVIDAD III: ¿QUE VARIABLES INFLUYEN EN LA VARIACIÓN DE LA ENERGÍA INTERNA?

Las tareas propuestas en esta actividad permiten de nuevo que el alumno se ejercite en la realización de experiencias que requieren un control de variables.

Como afirman Hewson y Hamlyn (1984), consideramos que el uso del término de calor específico refuerza en los alumnos la idea de que el calor (como la carga eléctrica) es una cantidad de algo, lo cual apoya la persistencia del concepto de calor como calórico. Para evitarlo, hemos utilizado *capacidad calorífica específica* en lugar de *calor específico*.

Cuando el diseño experimental resulta complicado, se recurre a suministrar los datos en forma de gráficos, tal como se observa en la ficha que aparece en la figura 4.7.

FIGURA 4.7



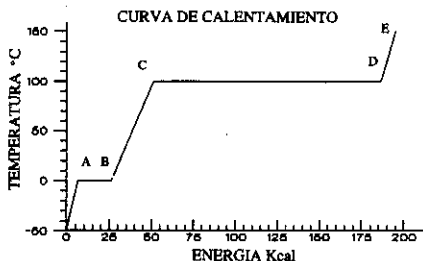
ACTIVIDAD IV: ¿SIEMPRE QUE VARÍA LA ENERGÍA INTERNA VARÍA LA TEMPERATURA?

Los cambios de estado se introducen como procesos en que se suministra energía –por tanto varía la energía interna– pero no aumenta la temperatura. De esta forma se destacan las diferentes características de las dos magnitudes físicas. También aquí se habla de *energía latente del cambio de estado* en lugar de *calor latente*.

Aunque para una mejor comprensión del concepto los alumnos efectúan experimentalmente la fusión de la naftalina, debido a la dificultad de obtener unos datos correctos, de nuevo se trabaja aquí a partir de gráficas tal como se muestra en la Figura 4.8.

FIGURA 4.8

– Si realizamos una experiencia de calentamiento de una masa de hielo inicialmente a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, obtenemos la gráfica siguiente:



Completa el siguiente cuadro:

TRAMOS AUMENTA t ? AUMENTA U ? CAMBIO DE ESTADO?

OA

AB

BC

CD

DE

ACTIVIDAD V: ¿A QUÉ SE LLAMA CALOR EN FÍSICA?

Tal como se ha señalado en la justificación teórica, es preciso insistir en el concepto de calor como un proceso de transferencia de energía entre sistemas a causa de una diferencia de temperaturas. Para llegar a esta idea se parte de los diagramas construidos en la ACTIVIDAD II en que un sistema ha aumentado su temperatura –y por tanto su energía interna– al entrar en contacto con otro sistema cuya temperatura es más elevada.

Los problemas tradicionales de calcular la temperatura de equilibrio de dos sustancias a temperaturas diferentes se enfocan a partir de la idea central de que los cuerpos NO tienen “calor”, sino que poseen energía interna. Por ello, los alumnos NO utilizan la expresión

“Calor ganado por una sustancia = Calor cedido por la otra”,
sino

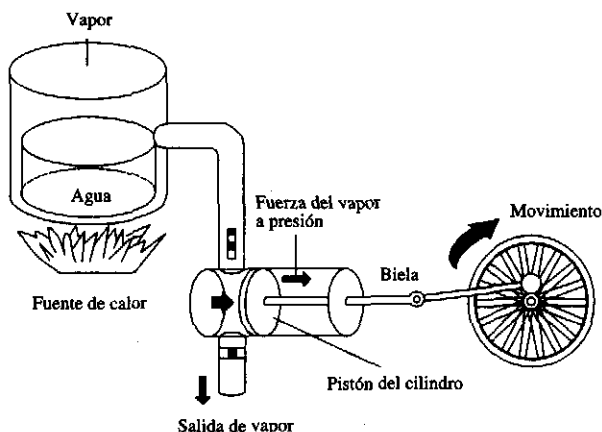
Disminución E. interna de una sustancia = Aumento E.interna de la otra

ACTIVIDAD VI: AMPLIACIÓN DEL ESTUDIO SOBRE CALIDAD DE LA ENERGÍA

Como se ha señalado en la Unidad de Introducción a la Energía, un objetivo fundamental de los materiales que hemos diseñado es conseguir que el alumno asimile el concepto de Degradación de la Energía y supere la contradicción aparente entre Conservación de la Energía y crisis energética. Por esta razón, esta actividad profundiza en las transferencias energéticas planteadas en la citada Introducción y las extiende a nuevas situaciones tales como las máquinas térmicas, donde se puede transformar energía térmica –“de baja calidad”– en otros tipos de energía pero con rendimientos inferiores que en los procesos inversos. Un ejemplo de ficha de trabajo sería la presentada en la Figura 4.9.

FIGURA 4.9

- Vamos a estudiar una de las primeras máquinas que se utilizaron para transformar Energía térmica en Energía mecánica: la máquina de vapor.
- A la vista de los esquemas intenta explicar como funciona.



- Sabiendo que el rendimiento de la máquina de vapor es del 25%, dibuja el diagrama energético correspondiente a estas transformaciones.

Como tareas complementarias se introducen los motores de explosión, haciendo hincapié en el efecto contaminante producido por los gases que se escapan.

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA

La experimentación de esta Unidad Didáctica tiene una duración aproximada de tres semanas.

4.3. EVALUACIÓN

4.3.1. EVALUACIÓN DEL CAMBIO CONCEPTUAL

Una vez experimentadas en el aula las seis actividades de la Unidad Didáctica, se volvió a aplicar la misma prueba de seis pre-

guntas para estudiar el **cambio conceptual** sufrido por cada alumno a partir de la comparación de sus respuestas en pre-test y post-test.

Del análisis de las contestaciones se establecieron tres categorías:

- I. Alumnos que evolucionan desde una respuesta *incorrecta o correcta sin razonar* a respuesta **correcta y razonada**.
- II. Alumnos que ya en la prueba inicial respondieron **correcta y razonadamente** y que, por tanto, no pueden experimentar un cambio conceptual favorable.
- III. Alumnos que *persisten en una concepción alternativa*, sea o no la alternativa inicial.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

TABLA XXII: Evaluación del cambio conceptual¹

| CONCEPTO | | CATEGORIA | N.º ALUMNOS | PORCENTAJE |
|---|-----------|-----------|-------------|------------|
| TEMPERATURA | | I | 40 | 47.0 |
| | | II | 14 | 16.5 |
| | | III | 31 | 36.5 |
| EQUILIBRIO TÉRMICO | BICICLETA | I | 36 | 42.2 |
| | | II | 11 | 12.9 |
| | | III | 38 | 44.7 |
| | HORNO | I | 28 | 32.9 |
| | | II | 19 | 22.4 |
| | | III | 38 | 44.7 |
| CAMBIO DE ESTADO | AGUA | I | 38 | 47.7 |
| | | II | 17 | 20.0 |
| | | III | 30 | 35.3 |
| | CINC | I | 36 | 42.4 |
| | | II | 4 | 4.7 |
| | | III | 45 | 52.9 |
| VARIABLES QUE INFLUYEN EN LOS PROCESOS CALENTA. | | I | 48 | 56.5 |
| | | II | 2 | 2.3 |
| | | III | 35 | 41.2 |

¹ Las diferencias encontradas en los resultados de la CATEGORIA II –alumnos que ya inicialmente dieron una respuesta correcta– frente a los datos del pre-test se deben a la eliminación de 16 alumnos del I.B. Mariana Pineda que siguieron otro tipo de metodología.

En lo que respecta al equilibrio térmico, al terminar la experimentación el número de respuestas correctas en ambos contextos se iguala. De todas formas, el alto porcentaje de respuestas alternativas (45%) indica la gran dificultad que tiene este concepto para los alumnos debido a su incapacidad de diferenciar el concepto físico de temperatura de su sensación perceptiva. Además tienen problemas para diferenciar temperatura y energía interna.

La dificultad del concepto de equilibrio térmico se refleja también en que la evolución a la respuesta científica es ligeramente superior en el cambio de estado correspondiente al agua que en el caso del cinc: Un alto porcentaje de alumnos atribuye la constancia de temperatura al cambio de estado del sólido pero la considera un máximo insuperable, pasando por alto las condiciones de equilibrio con el medio.

La cuestión relativa a las variables que influyen en los procesos de calentamiento es la que presenta el mayor porcentaje de cambios positivos, lo que era de esperar dado su elevado carácter académico. Aun así, un 41% de respuestas alternativas resulta elevado.

Como resumen final se puede concluir que el porcentaje de alumnos que da la respuesta correcta al terminar la experimentación (suma de las categorías I y II) solamente supera el 60% en la determinación de la temperatura intermedia de una mezcla y en la constancia de la temperatura durante la ebullición del agua. La comprensión adecuada del proceso del cambio de estado no llega a ser adquirida por el 50 % de los alumnos de la muestra.

4.3.2. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS

Para estudiar el nivel de conocimientos adquiridos los alumnos tuvieron que realizar problemas de tipo cuantitativo referentes a: 1) determinación de la temperatura de equilibrio de una mezcla de sustancias distintas e 2) interpretación de gráficos de calentamiento ó enfriamiento que incluían el cálculo de magnitudes características de estos procesos. Las respuestas a la prueba se cuantificaron entre 0 y 10 puntos. Sobre una muestra de 89 alumnos, 48 obtuvieron una calificación superior al 5, con lo cual poco más de la mitad de los alumnos (53%) resultaron "aprobados".

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo pueden ser, en nuestra opinión, una aportación interesante a las numerosas investigaciones realizadas sobre la existencia de esquemas conceptuales alternativos en los estudiantes así como sobre las posibles estrategias a utilizar para conseguir su evolución, plasmándolas en unos materiales suficientemente contrastados. Estos esquemas no constituyen simples construcciones fácilmente subsanables como han indicado algunos autores (McClelland, 1984) sino que, por el contrario, afectan a conceptos claves y son mantenidos con la seguridad que proporcionan las evidencias apoyadas en el sentido común. Mas aún, como han indicado claramente Gil y Carrascosa (1985), la existencia de estas ideas están ligadas a lo que estos autores llaman una *metodología de la superficialidad: Esta metodología conduce a dar respuestas "seguras y rápidas" a partir de generalizaciones acríticas, a trabajar con ausencia de dudas o de posibles soluciones alternativas a los problemas planteados.*

Por otro lado, se ha escrito bastante sobre el posible paralelismo que puede existir entre cómo aprenden los alumnos los conocimientos científicos y el proceso histórico de construcción de los mismos. En esta línea, la dificultad principal para una adquisición correcta de conocimientos científicos no reside tanto en la existencia de esquemas conceptuales alternativos, como en la metodología que está en su origen (Gil, 1983). El cambio conceptual que lleva aparejado el aprendizaje de las Ciencias no se conseguirá si los alumnos no son puestos reiteradamente en situación de plantearse problemas, emitir hipótesis a la luz de sus conocimientos previos, diseñar experiencias y analizar cuidadosamente los resultados.

Toda nuestra investigación, como queda recogida en esta memoria, se sustenta en estas ideas clave y los resultados obtenidos ponen de manifiesto la validez del paradigma en que hemos trabajado.

5.1. LA CIENCIA COMO UN CUERPO COHERENTE DE CONOCIMIENTOS

Está ampliamente aceptado que los conocimientos científicos que construyen los alumnos tienen que tener una estructura coherente y global donde puedan articularse los conceptos que van adquiriendo. En este sentido, y como ha quedado expuesto en la presentación del trabajo, hemos utilizado el concepto de Energía como hilo conductor para el desarrollo de todas las Unidades Didácticas. Sus atributos, posibilidad de transferencia y transformación, conservación y degradación en todos los procesos reales, han sido puestos de manifiesto en los diferentes contextos trabajados –nutrición, fotosíntesis, cuerpos en movimiento, electrodomésticos, centrales eléctricas, circuitos eléctricos, procesos de calentamiento, máquinas térmicas, etc.– dando a los alumnos suficientes oportunidades para conseguir un aprendizaje significativo en el sentido definido por Ausubel.

5.2. LA RELEVANCIA DE LAS IDEAS PREVIAS

En cada uno de los bloques conceptuales abordados en este trabajo, hemos realizado un estudio cuidadoso de las posibles ideas alternativas que podían presentar los alumnos de acuerdo con la abundante bibliografía existente al respecto, incluidas las aportaciones hechas por nuestro grupo en investigaciones previas. Si observamos los resultados obtenidos podemos concluir lo siguiente:

Introducción a la energía

En lo relativo a la **conceptualización de la energía** se ha encontrado una relación más significativa que la descrita en la bibliografía con las ideas de Fuerza, Trabajo y Movimiento (70%), en detrimento de asociaciones de tipo antropomórfico o relativas a la energía como ingrediente (alimentos, explosivos). Estos resultados aparecen tanto en la prueba de “Asociación de palabras” como en las relativas a transformaciones energéticas. Una explicación de estos datos podría ser la edad de los alumnos, media de 16 años, y

el hecho de haber estudiado Física en etapas anteriores lo cual les ha familiarizado con dichos términos aunque no tengan para ellos el significado asignado por la Ciencia.

En cuanto al **principio de conservación** y a la idea de **degradación**, el análisis de los resultados pone de manifiesto que para un 25% de los alumnos la dificultad radica en admitir la conversión de unas formas de energía en otras y, de los restantes, sólo un 39% presentan ideas aceptables sobre el citado principio. También queremos llamar la atención sobre la inexistencia de la idea de degradación en las transformaciones energéticas.

Energía eléctrica

Solamente un 44% de nuestros alumnos posee al inicio de la Unidad una idea correcta de **circuito cerrado** y, de ellos, únicamente un 17% tiene asumido el principio de **conservación de la intensidad de la corriente** en circuitos sencillos. Nuestros resultados son similares a los proporcionados por la bibliografía, tanto en los tipos de modelos explicativos que aparecen como en la distribución numérica para cada uno de ellos. A pesar de la coincidencia detectada, resulta sorprendente la existencia de porcentajes tan altos de esquemas alternativos en estudiantes de estas edades que, además, han recibido previamente una instrucción en este campo.

El panorama resulta todavía más desalentador en lo relativo a la diferenciación entre los conceptos de **voltaje** e **intensidad de corriente** donde un 60% de las respuestas de los encuestados resultan no codificables, lo cual indica un gran desconocimiento del significado de estas magnitudes.

Energía térmica

En lo que respecta al carácter intensivo de la **temperatura**, un bajo porcentaje de alumnos presenta estrategias aditivas en la determinación de la temperatura intermedia de una mezcla –confusión temperatura/ energía interna– pero alrededor del 40% aplica estrategias subtractivas, lo cual indica que todavía no han alcanzado el esquema científico correcto.

Como refleja la bibliografía, el contexto influye de forma marcada en las respuestas del alumno, así se han obtenido diferencias significativas en lo que respecta a la **temperatura de equilibrio** según la situación planteada: Frente a un 43% de alumnos que fallan en el caso de sistemas a temperatura elevada (horno), hay un 65% que fracasa cuando el problema se plantea a temperaturas bajas (situación invernal).

La influencia del contexto se refleja también en las explicaciones dadas por los alumnos ante el hecho de la constancia de la temperatura en los cambios de estado. La idea alternativa de que dicha constancia se debe a la existencia de una temperatura máxima para cada material, se da con más frecuencia en la cuestión relativa a la fusión del cinc (51.5%) que en la ebullición del agua (34.6%).

Cuando hemos investigado la idea de los alumnos sobre si materiales diferentes tienen características específicas en su comportamiento térmico, hemos encontrado que menos del 25% asumen esta diferenciación. Un resultado importante —no señalado en la bibliografía— es el alto porcentaje de alumnos que piensan que dos líquidos no miscibles no pueden intercambiar energía.

Como conclusión de las aportaciones descritas en los diferentes campos, los datos obtenidos en la exploración previa apoyan nuestra hipótesis inicial sobre **la necesidad de diseñar materiales didácticos para la instrucción que tengan como punto de partida los esquemas alternativos de los estudiantes.**

5.3. UNA APROXIMACIÓN METODOLÓGICA A LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN

La metodología con que los profesores-investigadores han trabajado en el aula, ha sido explicitada ampliamente en la presentación del trabajo y, en general, ha estado encaminada, tal como se ha comentado anteriormente, a superar la *metodología de la superficialidad* y provocar en la medida de lo posible un cambio conceptual apreciable en nuestros alumnos.

En cuanto a la metodología propia de la investigación, esta se ha desarrollado dentro del marco teórico de la *investigación-acción*, que se caracteriza (Lewin, 1946) por una práctica social reflexiva, *donde no se distingue entre la práctica que se investiga*

y el proceso de investigación de esa práctica. En este tipo de investigación los profesores no son consumidores pasivos de lo investigado, sino que ellos participan en el proceso de estudio y mejora de su propia experiencia.

Lewin ha establecido las fases de este proceso, que guardan cierto paralelismo con el método científico. El modelo especifica una espiral de actividades que supone un diagnóstico de la situación problemática, la formulación de estrategias de acción, la puesta en práctica y evaluación de dichas estrategias y una nueva diagnosis del estado actual de la situación.

El trabajo en esta línea nos ha llevado a una revisión sistemática de los materiales diseñados tal como se señala en la descripción de los mismos. Esta revisión ha sido realizada por los profesores, con ayuda de observadores externos, atendiendo no sólo a razones epistemológicas propias de la disciplina sino también a las que se derivan de un análisis crítico de todo lo acontecido en el aula (Porlán, 1987).

5.4. UNA EVALUACIÓN COHERENTE CON EL MODELO DE ENSEÑANZA POR INVESTIGACIÓN

En el modelo de trabajo que hemos adoptado, la evaluación no se ha limitado a medir lo aprendido por los alumnos sino que, por el contrario, ha sido preciso evaluar todo el proceso de enseñanza-aprendizaje para obtener los datos necesarios para mejorar dicho proceso. Dentro de este marco nos hemos planteado la evaluación en tres aspectos que consideramos relevantes:

Cambio conceptual experimentado por los alumnos y su persistencia en el tiempo

Se ha observado una mejora conceptual en más de la mitad de los alumnos en ideas como **conservación de la intensidad de corriente en circuitos**, tanto simples como complejos, y en el estudio de las **variables que influyen en los procesos de calentamiento**.

Por otro lado si se tiene en cuenta aquellos conceptos en que ya inicialmente había un porcentaje apreciable de alumnos con ideas

aceptables, se observa que más de dos tercios de los alumnos tienen al finalizar el proceso una visión más próxima a la defendida por la Ciencia en cuestiones tales como:

- aplicación del **principio de conservación de la energía** a transformaciones cualesquiera y, en particular, aquellas en que aparece la energía eléctrica.
- carácter intensivo de la **temperatura** y constancia de la misma en los **cambios de estado**.

Los conceptos que han resultado más resistentes al cambio (más de un tercio de respuestas alternativas al final del proceso de enseñanza-aprendizaje) han sido los de **voltaje y equilibrio térmico** (tanto a temperaturas altas como bajas).

En cuanto a la persistencia del cambio conceptual a lo largo del tiempo –evaluación que solamente se ha realizado en lo referente a la Unidad Didáctica de Introducción a la Energía– queremos indicar lo positivo de los resultados obtenidos ya que se ha detectado un aumento de nueve puntos en lugar del retroceso indicado en algunas investigaciones. Como ya hemos apuntado en el apartado correspondiente, en este resultado ha podido influir la naturaleza de la muestra utilizada: un número de alumnos inferior y más seleccionado desde un punto de vista académico.

Como comentario final queremos indicar que **los materiales diseñados y la metodología de trabajo en el aula son condición necesaria pero no suficiente para conseguir el cambio conceptual deseado en la totalidad de los alumnos**. Este hecho pone de manifiesto la extraordinaria complejidad del proceso de aprendizaje así como la diversidad de origen de las variables que intervienen. Queda así abierto un campo de investigación muy interesante que se podría centrar en un análisis detallado de las causas por las cuales aparecen conceptos tan difícilmente modificables.

Una enseñanza para mejorar las actitudes

Según muestran las investigaciones sobre las actitudes hacia las Ciencias de los estudiantes entre 14 y 17 años, el factor que tiene mayor influencia sería la escuela y, más concretamente, todo lo

relacionado con el aula: metodología de trabajo en la clase, actitudes y comportamiento del profesor, tiempo en que el alumno está implicado directamente en tareas de aprendizaje... (Simpson y Oliver, 1990). También se ha descrito el efecto favorable que ejerce el hecho de tratar en las clases tanto las aplicaciones técnicas de la Ciencia como su capacidad de modificar el medio (Solbes y Vilches, 1989).

De acuerdo con esto, nuestra hipótesis de trabajo inicial fue que unos materiales y una aplicación en el aula que cumpliera los requisitos descritos, tendrían una respuesta positiva por parte de los alumnos. Los resultados de la encuesta y las entrevistas realizadas confirman nuestras predicciones: El porcentaje de alumnos que se encuentra en el extremo más positivo del diferencial semántico aplicado para cada una de las preguntas, oscila entre un 62% (metodología del trabajo en clase) y un 81% (implicaciones que tiene lo aprendido en el aula en las vivencias de los estudiantes fuera de ella). **Estos valores son muy superiores a los obtenidos en pruebas similares realizadas con alumnos inmersos en modelos de enseñanza expositivos.** El extremo más negativo de los diferenciales planteados no es escogido nunca por más del 19% de los encuestados y del análisis de las contestaciones vertidas en las entrevistas, parece deducirse una preferencia por utilizar los materiales didácticos como aplicaciones prácticas del tema tratado.

Las grabaciones en audio y video de algunas de las sesiones de trabajo han puesto también de manifiesto que el grado de participación e interés por parte de los alumnos es más elevado que el observado en "situaciones más estándar".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GENERAL

- ALLAL, L. 1979. Estrategias de evaluación formativa: Concepciones psicopedagógicas y modalidades de aplicación. Traducido de **Strategies d'évaluation formative: conceptions psycho-pédagogiques et modalités d'application**. L. Allal, J. Cardinet y Ph. Perrenoud (eds). Peter Lang, Berne.
- ANDERSSON, B. 1986. The experiential gestalt of causation: a common core to pupil's preconceptions in Science. **Eur. J.Sci.Educ.** 8, 2, 155-171.
- AUSUBEL, P. D. 1978. **Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo**. Trillas, México.
- BACHELARD, G. 1971. **Epistemologie, textes choisis**. P.U.F., Paris.
- CAÑAL, P. 1986. Las representaciones de los alumnos, ¿errores a eliminar o pasos necesarios en el proceso evolutivo de reconstrucción personal del conocimiento?. *Actas de las IV Jornadas de Estudio sobre investigación en la Escuela*, Sevilla, 133-138.
- CARRASCOSA, J. 1985. Errores conceptuales en la enseñanza de la Física y Química: Una revisión bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias** 3 (3), 230-234.
- CARRASCOSA, J. 1987. Tratamiento didáctico en la enseñanza de las Ciencias, de los errores conceptuales. Tesis doctoral. Facultad de Químicas. Universidad de Valencia.
- COLL, C. 1983. La evaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. **Cuadernos de Pedagogía** 103, 13-17.
- CUBERO, R. 1989. **Como trabajar con las ideas de los alumnos**. Diada Editores, Sevilla.
- DRIVER, R. 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias** 4 (1), 3-16.
- DRIVER, R. 1988. Un enfoque constructivista para el desarrollo del curriculum en Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias** 6 (2), 109-120.
- DRIVER, R., GUESNE, E., TIBERGHIE, A. 1985. **Children's Ideas in Science**. Open University Press: Milton Keynes, England.

- DRIVER, R. & OLDFHAM, V. 1986. A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. **Studies in Science Education** 13, 105-122.
- ENGEL CLOUGH, E. & DRIVER, R. 1986. A Study of Consistency in the Use of Students' Conceptual Frameworks Across Different Task Contexts. **Science Education** 70 (4), 473-496.
- ESCUADERO, T. 1985. Las actitudes en la enseñanza de las ciencias: un panorama complejo. **Rev. de Educación** 278, 5-26.
- FURIO, C. 1986. Metodologías utilizadas en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la Química. **Enseñanza de las Ciencias** 4 (1), 73-76.
- GIL, D. 1983. Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias** 1 (1), 26-33.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. 1985. La metodología de la superficialidad y la enseñanza de las Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias** 3 (2), 113-119.
- GILBERT, J. K. & WATTS, D. M. 1983 Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: changing perspectives in Science Education. **Studies in Science Education** 10, 61-98.
- GIMENO, D. 1985. **La evaluación didáctica en la enseñanza: Su teoría y su práctica**. Ed. Akal, Madrid.
- GIORDAN, A. & DE VECHI, G. 1988. **Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos**. Diada editores, Sevilla.
- GUSTAVO CRISCUOLO, F. 1987. ¿Pueden interpretarse las preconcepciones a la luz de las teorías del aprendizaje. **Enseñanza de las Ciencias** 5 (3), 231-234.
- HIERREZUELO, J. & MONTERO, A. 1989. **La Ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la Física y la Química**. Ed. Laia/MEC.
- KUHN, TH.S. 1971. **La estructura de las revoluciones científicas**. Fondo de Cultura Económica, México.
- LEWIN, K. 1946. Action - Research as Minority Problems. **J. of Social Issues** 2, 34-46.
- McCLELLAND, J.A.G. 1984. Alternative Frameworks: Interpretation of Evidence. **Eur.J.Sci.Educ.** 6 (1), 1-6.
- MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA. 1991. Real decreto 1007/91. BOE del 26 de junio de 1991.
- MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA. 1992. Real Decreto 1178/92, BOE del 2 de octubre de 1992.
- MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA. 1992. Resolución del 5 de marzo. BOE del 25 de marzo de 1992.

- NOVAK, J. & GOWIN, B. 1988. **Aprendiendo a aprender**. Martínez Roca, Barcelona.
- NUSSBAUM, J. & NOVICK, S. 1982. Alternative framework, conceptual conflict and accomodation: Towards a principled teaching strategy. *Instructional Science* **11**, 183-200.
- OSBORNE, J. R. & FREYBERG, P. 1985. **Learning in Science. The implications of children's Science**. Heinemann, London.
- OSBORNE, J. R. & GILBERT, K. J. 1980a. A Technique for Exploring Students Views of the World. *Physics Education* **15**, 376-379.
- OSBORNE, J. R. & GILBERT, K. J. 1980b. A method for investigating concept understanding in Science. *Eur.J. Sci.Educ.* **2** (3), 311-321.
- OSBORNE, R. & WITTRICK, M. 1985. The Generative Learning Model and its Implications for Science Education. *Studies in Science Education* **12**, 59-87.
- PIAGET, J., 1979. **Seis estudios de Psicología**. Seix-Barral.
- PINES, A. L. & WEST, L.H.T. 1986. Conceptual Understanding and Science Learning: An Interpretation of Research within a Sources-of-knowledge Framework. *Science Education* **70** (5), 583-604.
- POPE, M.L. et al. 1981. **Personal Construct Psychology and Education**. Academic press, London.
- PORLAN, R. 1987. El maestro como investigador en el aula. Investigar para conocer, conocer para enseñar. *Investigación en la escuela* **1**, 63-70.
- POSNER, G., STRIKE, K., HEWSON, P. & GERTZOG, W. 1982. Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* **66** (2), 211-227.
- POZO, J. L. 1988. **Procesos psicológicos en el cambio conceptual en Química**. Aspectos didácticos de Física y Química (3). ICE de la Universidad de Zaragoza.
- SEMINARIO DE LA AXARQUIA. 1989 **Aprendizaje de Física y Química**. Editorial Ezelvir, Vélez-Málaga.
- SERRANO, T. 1988. **Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las Ciencias**. Apuntes IEPS nº 47. Narcea, Madrid.
- SERRANO, T. 1988. Actitudes de los alumnos y aprendizaje de las ciencias. Un estudio longitudinal. *Investigación en la Escuela* **5**, 29-38.
- SIMPSON, R. y OLIVER, S. 1990. A Summary of Major Influences on Attitudes toward and Achievement in Science among Adolescent Students. *Science Education* **74** (1), 1-18.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. 1989. Interacciones Ciencia-Técnica-Sociedad: Un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias* **7** (1), 14-20.

- SOLIS VILLA, R. 1984. Ideas intuitivas y aprendizaje de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 2, 83-91.
- SOLOMON, J. 1988. Una perspectiva social de los esquemas conceptuales. *Investigación en la escuela*, nº 5.

ENERGÍA EN GENERAL

- ARCHENHOLD, F. 1979. An empirical study of the understanding by 16-19 year old student of the concept of work and potential in Physics. *Proceedings of the Cognitive Development Research in Science and Mathematics Seminar*, Leeds Univ. 228-239.
- BLACK, P. y SOLOMON, J. 1983. Life-world and Science-world pupils' ideas about energy. **Entropy in the School**. Volumen 1. Roland Eötvös Physical Society, Budapest, Hungary.
- BLISS, J. y OGBORN, J. 1985. Children's choices of uses of energy. *Eur.J.Sci. Educ.* 7 (2), 195-203
- BROOK, A. y DRIVER, R. 1984. **Aspects of Secondary Students' Understanding of Energy**. Children's Learning in Science Research Group, CSSME, University of Leeds.
- C.L.I.S. 1987. **Children's Learning in Science Project**. "Secondary Student's ideas about energy". Leeds Univ.
- DRIVER, R. & WARRINGTON, L. 1985. Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education* 20, 171-176.
- DUIT, R. 1981. Understanding energy as a consumed quantity. Remarks in the article by R.V. Sexl. *Eur. J. Sci. Educ.* 3 (3), 291-301.
- DUIT, R. 1981. Students' notions about the energy concept-before and after Physics instruction. *Problems concerning students' representation of Physics and Chemistry Knowledge*. Ludwisburg, West Germany.
- DUIT, R. 1983. Energy conceptions held by students and consequences for Science teaching. *Seminar on misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca, Cornell University.
- DUIT, R. 1984. Learning the energy concept in school-empirical results from the Phylippines and West Germany, *Physics Education* 19, 59-66.
- DUIT, R. 1986. In search of an energy concept. In R. Driver and R. Millar (eds.): **Energy matters**. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, 67-101.
- DUIT, R. 1987. Should energy be illustrated as something quasi-material? *Int. J. Sci. Educ.* 9 (2), 139-145.

- FALK, G. y HERRMANN, F. Citados por Duit. 1986.
- FAVIERES, A. et al. 1989. Una aplicación del modelo constructivista al currículum de Física en Bachillerato. *Proyecto subvencionado por la Consejería de Educación de la Comunidad Autónoma de Madrid y por la Dirección General de Renovación pedagógica del M.E.C.*
- GUNSTONE, R. Citado por West. 1980.
- HIERREZUELO, J., 1986. Revisión bibliográfica sobre la enseñanza de la Energía. *Enseñanza de las Ciencias* 4 (3), 266-268.
- HOGG, M. E. 1982. *Energy & Matter, Energy & Life*. Teacher book. Cassell's Foundation Science.
- KEDVES, F. J. Citado por Duit. 1986.
- LOPEZ GAY, R., 1987. Las representaciones de los alumnos como punto de partida. El caso de la Energía. *Investigación en la escuela* nº 4.
- LOPEZ RUPEREZ, F. et al. 1983. Las nociones de trabajo y energía. Análisis conceptual y didáctico. *Bordón* nº 249, 497-506.
- ROGERS, E. M. 1965. *Physics for the inquiring mind*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- SCHMID, B. G. 1982. Energy and its carriers. *Physics Education* 17 (5), 212-218.
- SEVILLA, C. 1986. Reflexiones en torno al concepto de energía. Implicaciones curriculares. *Enseñanza de las Ciencias* 4 (3), 247-252.
- SEXL, R. U. 1981. Some observations concerning the teaching of the energy concept. *Eur. J. Sci. Educ.* 3 (3), 285-289.
- SOLOMON, J. 1982. How children learn about energy, or does the first law come first?. *The School Science Review* 63, 415-422.
- SOLOMON, J. 1983. Learning about energy: how pupils think in two domains. *Eur. J. Sci. Educ.* 5 (1), 49-59.
- SOLOMON, J. 1983. *Energy: The power to work*. Association for Science Education, London.
- SOLOMON, J. 1983. Messy, contradictory and obstinately persistent: a study of children's out-of-school ideas about energy. *The School Science Review* 65 (231).
- SOLOMON, J. 1985. Teaching the conservation of energy. *Physics Education* 20, 165-170.
- VIENNOT, L. 1979. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *Eur. J. Sci. Educ.* 1 (2), 205-221.
- WARD, A. 1983. Approaching an elementary concept of energy. Part. 1, 2. *The School Science Review* 65 (230).
- WARREN, J. W. 1982. The nature of energy. *Eur. J. Sci. Educ.* 4 (3), 295-297.

- WARREN, J. W. 1983. Energy and its carriers: a critical analysis. **Physics Education** 18, 209-212.
- WATTS, D. M. 1980. An exploration of students understanding of the concepts "Force" and Energy". *International Conference on Education for Physics Teaching*. Trieste.
- WATTS, D.M. 1983. Some alternative views of energy. **Physics Education** 18, 213-217.
- WATTS, D. M. 1983. A study of school children's alternative frameworks of the concept of force. **Eur.J.Sci.Educ.** 5 (2), 217-230.
- WEST, L.H.T. 1980. Studies of Descriptions of Cognitive Structures through Semantic networks. *Proceedings of the Cognitive Development Research in Science and Mathematics Seminar*, Leeds Univ. 342-349.

ENERGÍA TÉRMICA

- ALBERT, E. 1978. Development of the concept of heat in children. **Science Education** 62 (3), 389-399.
- ANDERSSON, B. 1979. Some aspects of children's understanding of boiling-point. *Proceedings of the Cognitive Development Research in Science and Mathematics Seminar*, Leeds Univ. 252-260.
- BROOK, A., BRIGGS, H., BELL, B. y DRIVER, R. 1984. **CHILDREN'S LEARNING IN SCIENCE PROJECT**. Aspects of Secondary Students' Understanding of Heat: Full Report. Leeds University.
- CERVANTES, A., 1987. Los conceptos de calor y temperatura, una revisión bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias** 5 (1), 66-70.
- ENGEL CLOUGH, E. & DRIVER, R. 1985. Secondary students' conceptions of the conduction of heat: Bringing together scientific and personal views. **Physics Education** 20, 176-182.
- ERICKSON, G. L. 1979. Children's conceptions of heat and temperature. **Science Education** 63 (2), 221-230.
- ERICKSON, G. L. 1980. Children's viewpoints of heat: A second look. **Science Education** 64 (3), 323-336.
- ERICKSON, G. L. y TIBERGHEN, A. 1985. Heat and Temperature. Chap.4, **Children's ideas in Science**, Eds. R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien. Open Univ.Press (Trad. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Madrid: Morata).
- FERNANDEZ URÍA, E., 1986. **Reflexiones acerca del concepto de calor**, [NEG] Enseñanza de las Ciencias 4 [NEG] (1), 91-92.
- GARCIA HOURCADE & RODRIGUEZ DE AVILA, 1985. Preconcepciones sobre el calor en 2º de BUP. **Enseñanza de las Ciencias** 3 (3), 188-193.

- HEWSON, M.A'B. y HAMLYN, D. 1984. The Representation and Analysis of Conceptions of Heat. *International Summer Workshop. La Londe les Maures*, 347-354.
- JUNCOS DEL EGIDO, P. Y PEREZ DE LANDAZABAL, M. C. 1989. Persistencia de las ideas previas sobre calor y temperatura en el BUP. *III Congreso Internacional sobre la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas*. Santiago de Compostela, 225-226.
- MACEDO DE BURGHI, 1985. Estudio de los conocimientos preadquiridos sobre las nociones de calor y temperatura en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias* 3, 83-91.
- PEREZ DE LANDAZABAL, M. C., GARCIA-GALLO, J., MORENO REBOLLO, J. M. y JUNCOS DEL EGIDO, P. 1987. Eficacia didáctica de una Metodología en el Diseño de Unidades Didácticas de Física con Ordenador. *Proyecto subvencionado por la Centro de Investigación y Documentación Educativas y por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas*.
- PEREZ DE LANDAZABAL, M. C., GARCIA-GALLO, J. y MORENO REBOLLO, J. M. 1991. Eficacia didáctica de una Metodología en el Diseño de Unidades Didácticas de Física con Ordenador. *Memoria del Proyecto subvencionado por la Centro de Investigación y Documentación Educativas y por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas*.
- SHAYER, M. & WYLAM, H. 1981. The development of the concept of heat and temperature in 10-13 year-olds. *J.Res.Sci. Teach.* 18 (5), 419-434.
- STAVY, R. & BERKOVITZ, B. 1980. Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education* 64 (5), 679-692.
- STRAUSS, S. & STAVY, R. 1983. Educational-Developmental Psychology and Curriculum Development: The case Heat and Temperature. *Seminar on misconceptions in Science and Mathematics*, 310-321. Ithaca Cornell University.
- SUMMERS, M. K. 1983. Teaching heat - an analysis of misconceptions. *The School Science Review* 64 (229), 670-676.
- TIBERGHEN, A. 1983. Revue critique sur les recherches visant à élucider le sens des notions de temperature et chaleur pour les élèves de 10 à 16 ans. *Actes Atelier International d'été*, 55-74. La londe les Maures.
- TIBERGHEN, A. y BARBOUX, M. 1983. Difficulté de l' Acquisition de la Notion de Temperature par les élèves de 6ème. *Vèmes Journées Int. sur l'Education Scientifique*, Chamonix, 113-125.

ENERGÍA ELÉCTRICA

- ARNOLD, M. 1987. Being constructive: an alternative approach to the teaching of introductory ideas in electricity. *Int. J. Sci. Educ.* **9** (5), 553-563.
- CLOSSET, J. 1983. Sequential reasoning in electricity. *Actes Atelier International d'été*, 313-319. La londe les Maures.
- COHEN, R. EYLON, B. & GANIEL, U. 1983. Potential difference and current in simple electric circuits: a study of students concepts. *Am.J.Phys.* **51** (5), 407-412.
- CRIADO, A. & MERINO, J. 1987. Representaciones de los alumnos sobre el comportamiento de circuitos en corriente continua. V *Jornadas de estudio sobre la investigación en la escuela*. Sevilla.
- DUPIN, J. J. & JOSHUA, S. 1986. L'électrocinétique du Collège à l'Université: evolution des représentations des élèves, et impact de l'enseignement sur ces représentations. *Bul. l'Union des Physiciens* **683**, 779-800.
- EVANS, J. 1978. Teaching electricity with Batteries and Bulbs. *Physics Teacher* **16**, 15-22.
- FREDETTE, MN & LOCKHEAD, J. 1980. Students' conceptions of simple circuits. *The Physics Teacher* **18**, 194-198.
- GAULD, C. F. 1985. **Teaching about electric circuits. Learning in Science Project.** Working Paper 209. Waikato University. Hamilton, N.Z.
- GOTT, R. 1984. **Electricity at age 15: Science report for teachers n° 7.** APU Science Publications.
- HÄRTEL, H. 1982. The electric circuits as a system: a new approach. *Eur.J.Sci.Educ.* **4** (1), 45-55.
- JOSHUA, S. 1983. La "métaphore du fluide" et le "raisonnement en courant". *Actes Atelier International d'été*, 321-330. La londe les Maures, France.
- JOSHUA, S. 1984. Students' interpretation of simple electrical diagrams. *Eur.J.Sci.Educ.* **6** (3), 271-275.
- JUNG, W. 1985. Elementary Electricity: an epistemological look at some empirical results. *Aspects of understanding Electricity. Proceedings of an International Workshop*, Ludwigsburg 1984, IPN Kiel, 235-245.
- MAICHLE, U. 1981. Representations of knowledge in basic electricity and its use for problem solving. Paper at the "Problems concerning students' representations of Physics & Chemistry knowledge" Conference. Ludwigsburg, FR Germany.

- MALONEY, D. 1986. Rule governed physics current in a series circuit. *Physics Education* **21**, 360-365.
- MANRIQUE, M. J., VARELA, P. & FAVIERES, A. 1989. Esquemas alternativos de los estudiantes en Electricidad. *Enseñanza de las Ciencias* **7** (3), 292-295.
- OLDHAM, V., BLACK, P. SOLOMON, J. & STUART, H. 1986. A study of pupil views on the dangers of electricity. *Eur.J. Sci. Educ.* **8** (2), 185-197.
- OSBORNE, R. J. 1981. Children ideas about electric current. *New Zealand Science Teacher* **29**, 12-19.
- OSBORNE, R. J. 1983. Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science and Technological Education* **1**, 73-82.
- OSBORNE, R. J. & COSGROVE, M. 1985. *Learning in Science Project*. Working Paper 25, 207, 209. Waikato Univ. Hamilton, N.Z.
- RHONECK, C. 1983. Semantic structures describing the electric circuit before and after instruction. *Actes Atelier International d'été*, 303-312. La londe les Maures, France.
- RHONECK, C. V. 1985. The introduction of voltage as an independent variable. The importance of preconceptions, cognitive conflict and operating rules. *Aspects of understanding Electricity. Proceedings of an International Workshop*, Ludwisburg 1984, IPN Kiel, 275-286.
- SHIPSTONE, P. D. 1984. A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits. *Eur.J.Sci.Educ.* **6** (2), 185-198.
- SOLOMON, J., BLACK, P., OLDHAM, V. & STUART, H. 1986. The pupil's views of electricity. *Eur.J.Sci.Educ.* **8**, 281-294.
- SOLOMON, J., BLACK, P. & STUART, H. 1987, The pupils views of electricity revisited: social development or cognitive growth. *Int.J.Sci.Educ.* **9** (1), 13-22.
- TIBERGHEN, A. & DELACOTTE, G. 1976. Manipulations et représentations de circuits électriques simples pour les enfants de 7 à 12 ans. *Revista francesa de pedagogía* **34**, 32-44.
- TIBERGHEN, A. 1983. Revue critique sur les recherches visant à élucider le sens des notions de circuits électriques pour les élèves de 8 à 20 ans. *Actes Atelier International d'été*, 109-123. La londe les Maures, France.
- VARELA, P., MANRIQUE, M. J. & FAVIERES, A. 1988. Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en las ideas previas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias* **6** (3), 285-290.

ANEXO 1 RELACIÓN DE TABLAS DE DATOS

CAPÍTULO 2. ENERGÍA

| | <i>Pág.</i> |
|--|-------------|
| TABLA I: Palabras asociadas con energía..... | 38 |
| TABLA II: Parejas de palabras asociadas..... | 38 |
| TABLA III: El camión de Micky: opciones..... | 47 |
| TABLA IV: El camión de Micky: categorías..... | 48 |
| TABLA V: Cambio imposible: opciones..... | 50 |
| TABLA VI: Cambio imposible: categorías..... | 52 |
| TABLA VII: Evaluación del cambio conceptual..... | 74 |
| TABLA VIII: Evaluación del aprendizaje..... | 78 |
| TABLA IX: Resultados de la prueba actitudinal..... | 80 |
| TABLA X: Persistencia del cambio conceptual..... | 84 |
| TABLA XI: Persistencia del aprendizaje..... | 84 |

CAPÍTULO 3. ENERGÍA ELÉCTRICA

| | |
|--|-----|
| TABLA XII: Modelos de circuito..... | 88 |
| TABLA XIII: Modelos de corriente para circuitos simples | 90 |
| TABLA XIV: Modelos de corriente en circuitos complejos.. | 91 |
| TABLA XV: Concepto de voltaje..... | 93 |
| TABLA XVI: Evaluación del cambio conceptual..... | 104 |

CAPÍTULO 4. ENERGÍA TÉRMICA

| | |
|--|-----|
| TABLA XVII: Concepto de temperatura..... | 109 |
| TABLA XVIII: Equilibrio térmico..... | 110 |
| TABLA XIX: Concepto de calor..... | 113 |
| TABLA XX: Cambios de estado..... | 116 |
| TABLA XXI: Variables que influyen en el calentamiento de un cuerpo..... | 117 |
| TABLA XXII: Evaluación del cambio conceptual..... | 125 |

ANEXO 2

GUIÓN DE LA PELÍCULA DE VIDEO

TÍTULO: La Energía

DURACIÓN: 15 minutos

CONTENIDOS:

1. Los alimentos nos proporcionan energía.
2. ¿Por qué funcionan los electrodomésticos?
3. Las plantas pueden transformar energía.
4. ¿Cómo se produce la energía eléctrica?
5. El Sol, fuente de Energía.

ANEXO 3 MUESTRA DE ENTREVISTAS

ENTREVISTA 1

Ejemplo de entrevistas sobre las contestaciones dadas por una alumna en el test “Cambio imposible”, antes y después de la enseñanza. En el primer test la alumna eligió una respuesta incorrecta, que después modificó en el postest.

PRETEST

Profesor: Muy bien. Bueno, ya que estamos aquí, no... Es una cuestión un poco distinta, pero ya que estamos aquí, vamos a aprovechar. Te voy a preguntar algo sobre esta cuestión. ¿La recuerdas? Era... Le llamamos el cambio imposible. Te daban cuatro cambios energéticos y te preguntaban en cuál de los... cuál de los cambios no podría ocurrir nunca. Contestaste el D que era el altavoz y explicaste “porque el sonido no es una energía”. ¿Estás de acuerdo con la contestación tuya o te gustaría...?

Alumna: No, estoy de acuerdo.

P: ¿Estás de acuerdo?

A: Sí.

P: ¿No ves problema en ningún otro cambio?

A: No, yo creo que... el sonido no es una energía, es un... como un agente, ¿no?, algo que se manifiesta mediante ondas.

P: Ya. Y de los otros cuatro, tres casos, ¿crees que todos... todos te parece que pueden ocurrir?

A: No tengo nada más que decir.

P: Muy bien. Vale, pues... muchísimas gracias.

POST-TEST

P: Bueno, vamos a mirar el ejercicio que has hecho sobre la energía. Entonces... aquí están tus contestaciones... lo único que me gusta-

ría es que... si tenías algo que añadir... que quisieras añadirme ahora.

A: Pues por ejemplo en éste, puede haber más energía, lo que pasa es que yo puse sólo las que se me han ocurrido.

P: A ver, éste te refieres al caso "a".

A: Sí. Está la luz, que es lo que se aprovecha y el calor... el calor que no se aprovecha, que se disipa (ininteligible). Y en este pasa igual, pero puede haber más energías que se disipen. Sólo se aprovecha ésta, la eléctrica.

P: ¿Por qué cuando pones que se disipa, en el caso de la bombilla pones calor, y en el caso de "d", que es el caso de la central eléctrica, pones térmica?

A: Bueno, es prácticamente lo mismo.

P: ¿Para ti es lo mismo utilizar dos palabras distintas para la misma cosa, o pensabas que era algo distinto?

A: No, no, mi intención era ponerlo igual.

P: Y en el caso de la bombilla, ¿cuando pones calor a qué te refieres concretamente?

A: En el calor que desprende la bombilla cuando está encendida.

P: En el calor que desprende la bombilla, que tú lo has notado, ¿por qué sabes que se desprende calor?

A: Sí, porque lo he notado. Cuando tienes una bombilla desprende calor.

P: Pero al tocarla o...

A: Al tocarla o al poner la mano cerca también.

P: Entonces cuando aquí en el caso de la central pones "térmica" es que te refieres a lo mismo, y en este caso que probablemente no lo hayas notado, que no has puesto la mano cerca ni lejos, ¿por qué pones eso?

A: Yo creo que los cables, al pasar la energía, se tienen que calentar ¿no?

P: ¿Te refieres a eso?

A: Sí.

P: Al calentamiento de los cables ¿no?

A: Sí. Bueno también se quema combustible y algo de la energía se pierde ahí, al quemarse combustible.

P: Pero... "algo que se pierde", ¿a qué te refieres?

A: Se disipa.

P: Pero esa disipación ¿sería distinta de esta térmica que has puesto aquí?

A: No, es la misma.

P: O sea, en total, en esa térmica ¿tú qué incluyes?

A: La que se pierde en la combustión, la que se disipa en la combustión y probablemente la que se disipa al pasar la energía por los cables.

P: ¿Y por qué crees que se “disipa” en la combustión? Esta es una central térmica, ¿qué combustible crees tú que puedes quemar aquí, por ejemplo?, ¿qué estás pensando?

A: Carbón.

P: Carbón. Quemas carbón. ¿y por qué crees que se disipa al quemar carbón? ¿Qué hay detrás de eso, que llevas detrás de eso?

A: Pues por ejemplo, que no se aprovecha toda la energía, parte de la energía se pierde por ejemplo en que se calientan los hornos; se calientan los hornos y ahí se pierde parte de la energía.

P: El calentamiento donde se produce la combustión. Por cierto, ya que estamos en esto, ¿tienes una idea, aunque sólo sea aproximada o cualitativa o de algún tipo, sobre cómo se produce o por qué se produce energía eléctrica quemando carbón; Es decir, tú en tu casa por ejemplo podrías quemar carbón en una chimenea, una barbacoa o algo así, ¿podrías sacar energía eléctrica de tu casa?

A: Pero se necesita un aparato que la transforme.

P: ¿Para que transforme qué?

A: Pues la energía térmica en la central en eléctrica.

P: ¿Con “la energía térmica en la central “ a qué te refieres?

A: Pues la energía del carbón.

P: ¿La energía del carbón o la energía de...

A: La energía de la combustión del carbón en eléctrica, se necesita un aparato.

P: Vale. ¿Y tienes una idea del aparato...

A: No. Yo sabía que en la central de la hidráulica la mecánica se convertía en eléctrica por un generador, pero en este caso no.

P: Por un generador.

A: No, por un transformador.

P: Vamos a ver, en la central hidroeléctrica para pasar de la energía mecánica del agua a energía eléctrica hace falta un chisme que le llamas generador o transformador, no lo sabes muy bien, y en este caso ¿no tienes ninguna idea especial, o sea del mecanismo por el cual... o la diferencia que hay entre esto y la hidroeléctrica? Ni idea, vale. Luego por último está el altavoz, el diagrama del altavoz, que has puesto...

A: Lo mismo que en los anteriores, la térmica de los cables.

P: ¿De los cables?

A: Al pasar la energía eléctrica por los cables, se calientan.

P: ¿Por los cables de dónde?

A: Los cables de la electricidad, vamos. Para que llegue la electricidad al altavoz tienen que tener un cable.

P: ¿Tú crees que ahí es donde se pierden?

A: Sí.

P: Lo demás se transforma, ¿no?. Y cuando tú pones sonido, aparte de que lo ponga aquí, que hay 0,5 julios que se convierten en energía del sonido, ¿podrías explicarme qué entiendes tú por eso?

A: Son las ondas sonoras.

P: Las ondas sonoras...y ¿la energía?. Esta energía que aparece aquí, ¿se refiere a qué energía?

A: Pues a la energía que tienen las ondas sonoras.

P: ¿Tienen energía las ondas sonoras?

A: Sí.

P: ¿Y por qué crees que tienen energía las ondas sonoras?

A: Comunican vibraciones.

P: ¿A quién? Comunican vibraciones ¿a quién? La palabra comunicar siempre se comunica a alguien, ¿no?

A: Bueno, al ambiente, ¿no? Es como... se transforman en ondas sonoras, en vibraciones que van a la atmósfera.

P: Pero cuando hablas de vibraciones, ¿quién vibra?

A: Bueno, pues las ondas sonoras se...

P: Esto no es por torturarte, es porque es muy interesante.

A: Ya, pero es que...

P: O sea, tú me estás diciendo que esto comunica vibraciones, produce vibraciones, pero ¿quién vibra, las personas que lo oyen o un mono que lo oye o quién, quién vibra? ¿Qué explicación das tú a eso? No sé si lo has pensado antes, y si lo piensas ahora, a ver qué se te ocurre.

A: No sé.

P: ¿Por qué sabes que un altavoz produce sonido?

A: Porque se oye.

P: Porque lo oyes, no porque se oye. Y ¿por qué crees que lo oyes?

A: Por las ondas sonoras.

P: ¿Que llegan a...

A: Llegan al oído en forma de vibraciones, que son las ondas sonoras.

P: ¿En forma de vibraciones?

A: Sí, en forma de ondas sonoras...

P: De ondas. ¿Como qué te lo imaginas tú si lo vieras, qué verías si lo vieras, si el sonido fuera visible?

A: Algo parecido al dibujo.

P: Una cosa parecida al dibujo, ¿no?, o sea, como una especie de... o sea, así... ¿no? ¿Qué te sugiere, qué ejemplo que hayas tú visto alguna vez, aparte del dibujo, como qué? O sea, ¿por qué crees que entiendes el dibujo, porque lo comparas con algo?

A: Sí, por ejemplo, cuando tiras una piedra al agua, las ondas que se ven ... algo parecido.

P: Muy bien, y ahí ¿quién vibra al tirar la piedra al agua?

A: El agua.

P: ¿El agua?, pero... ¿qué del agua? Porque a lo mejor por ahí podíamos hacer algo, ¿no?

A: El oxígeno del agua puede ser.

P: ¿El oxígeno del agua, o el agua?

A: El agua.

P: Bueno, vamos a dejarlo en el agua. ¿Y entonces aquí, quién vibra aquí?

A: El aire.

P: El aire. Bueno, esto como ves, tiene mucha miga.

A: Sí, tiene para rato.

P: Pero vamos, tú no has tenido mucho problema para contestar esto, ¿no?

A: No, la pregunta que has hecho antes, no.

P: Sin embargo, creo recordar que anteriormente, cuando se te planteó esta misma prueba, si somos capaces de encontrarla, dijiste que el cambio imposible era el del altavoz, decías que porque el sonido no era una energía, y los otros tres casos te parecieron normales, incluido el del rifle. ¿Qué te ha hecho cambiar de opinión?

A: Pues que en una transformación es imposible que la energía que tenga el cuerpo al que se le ha transmitido sea mayor que la energía que tú transmites, que le das a ese cuerpo. O sea, que en la transformación no puede haber más energía desde aquí.

P: O sea, en términos un poco más académicos... ¿Pero eso por qué lo sabes ahora, es que antes no lo sabías?

A: Antes no.

P: Bueno, pues para terminar, al margen de esto quería que me dieras tu opinión sobre esos materiales que habéis utilizado, ¿cómo los has visto?

A: Muy bien.

P: ¿Te han gustado?

A: Sí. Además, en el trabajo en grupo parece que es más fácil hacerlo todo, por lo menos esa es la opinión de (ininteligible), y el material está bastante bien.

P: ¿Te ha parecido claro?, o sea, ¿entendías lo que se te pedía que hicieras, o que resolvieras, o que buscaras en los materiales?

A: Sí.

P: El trabajo en grupo, ¿tú crees que es eficaz, más que la clase, vamos a llamarle convencional, en que el profesor explica y los alumnos escuchan?

A: Bueno, eficaz... es que más bien es que hay más convivencia, y en las otras... pues eso, se habla quizá menos.

P: Me refiero eficaz como que a ti te haya resultado más asequible o que creas que has aprendido mejor... en ese sentido, crees que por este procedimiento te va mejor?

A: Sí, eso sí.

ENTREVISTA 2

En este caso el alumno dio una contestación correcta en el primer test, pero en el segundo razona correctamente su elección

PRETEST

Profesora: Te voy a preguntar un momento, un poquito aparte de eso, ¿recuerdas esta prueba en que se te daban cuatro cambios energéticos y se preguntaba...? Tú has contestado la B.

Alumno: Pues yo creo que... sí, la del rifle, porque siempre un... un cuerpo que posee una energía determinada... si hace que esa energía se transforme en otra, no puede tener esa otra más energía, o sea, aquí la bala, si el explosivo quieto tiene una energía, cuando la bala está en movimiento, tiene que tener menos.

P: ¿Por qué?

A: Pues porque... la energía cuando está... no sé.

P: No, es que como parecías muy seguro, ¿no? ¿Es porque la has tachado alguna vez, o porque lo has estudiado, o porque te parece razonable...?

A: Porque me parece que es lógico, no lo sé.

P: Sí, pero, te intentaba plantear si eras capaz de pensar porque es lógico, porque las cosas parecen quizá lógicas por algo, ¿no?

A: O sea, es que a mi, las otras tres me parecían normales, ¿no?, porque una bombilla... porque... por ejemplo la misma central que tiene una energía, cuando va pasando... cuando llega a... se transforma en energía eléctrica, tiene que tener menos, no sé... es intensidad...

P: Bueno, vamos a dejarlo.

POST-TEST

P: Bueno, vamos a ver, aquí tenemos unas pruebas que has completado sobre el tema de la energía, que habíamos estado trabajando, entonces en este problema del cambio imposible te preguntaban cuándo los cambios crees que no podrán ocurrir, que justifiques tu elección, y has puesto que el caso B, porque un cuerpo no puede transmitir a otro más energía de la que posee. ¿Quieres añadir algo más, o estás de acuerdo con lo que has escrito, o querías incluso cambiarlo...?

A: Creo que es así.

P: Y ¿podrías explicarlo un poco mejor, aparte de lo que has escrito?

A: Pues que si un cuerpo tiene una determinada energía, ¿cómo va a transmitir a otro cuerpo más energía de la que tiene?

P: No sé, ¿tú crees que no puede ser?

A: No.

P: ¿Y eso lo sabías ya antes de estudiar la energía o lo has aprendido ahora... después de haber trabajado con la energía me refiero?

A: No, esto no lo ha dicho la señorita, esto creo yo que es así.

P: O sea, que tú ya lo sabías antes, me refiero antes de haber estudiado la energía este año.

A: No. Como todos los cuerpos emiten menos energía de la que poseen, pues he pensado que...

P: ¿Pero tú esto lo sabes de siempre o de hace mucho tiempo?

A: Pues, sí, no sé.

P: Quiero decir que habéis estado una serie de tiempo estudiando la energía y las propiedades que tiene, me refiero a toda aquella parte que tenía unos papeles para hacer una serie de actividades, ¿recuerdas? Yo lo que te preguntaba es si el trabajo que has realizado en esa etapa crees tú que te ha servido para aclararte más sobre este asunto o ya lo sabías o crees que no se ha tratado este tema dentro de esos materiales?

A: Bueno, algunos factores de la energía que no sabía sí que los he aprendido.

P: Pero la conservación en concreto, esto de que un cuerpo no puede transmitir más energía de... este asunto.

A: Esto no lo hemos dado, ¿no?

P: Crees que no lo habéis dado, sino que tú ya lo sabías. Tienes idea de cómo... digamos, ¿esto que es: una ley, un principio de la Física...?

A: Que yo sepa no, ¿no?

P: ¿Entonces qué crees que es? ¿Tú por qué estás tan seguro?

A: Porque... no sé. Yo creo que es así, ¿no?

P: Si no digo que no sea así, digo que sí es un principio de la Física, ¿o no?

A: Pues yo, que sepa, no lo he leído en ningún libro.

P: ¿No?, entonces, ¿dónde crees que lo has aprendido?

A: Pues de lógica, ¿no?

P: ¿De lógica?

A: Sí. Si ves los otros tres casos y los comparas con ese... tiene que ser así.

.....

P: Muy bien, bueno y ya para terminar, te quería preguntar ¿qué te han parecido los materiales que habéis utilizado para estudiar todo esto de la energía?, ¿te han gustado, no te han gustado, te han resultado claros, no te han resultado claros...?

A: ¿Las hojas que nos han dado?

P: Sí, todo aquello cuando veníamos a grabar, ese tipo de materiales que hemos utilizado para estudiar la energía, ¿tú recuerdas más o menos claramente lo que venía en esos materiales, para qué te sirvieron o que tipo de cosas tocaste con esos materiales?

A: Hombre, pues es más divertido que estar todo el rato con el

libro delante y el cuaderno, porque estás así en grupo y ves lo que... por ejemplo lo de... una especie de generador eléctrico que nos trajeron una vez, en vez de verlo teórico en el libro, lo ves práctico y por lo menos te haces una idea de como es.

P: Sí, pero ese generador se podía haber traído en cualquier momento a la clase, independientemente de los materiales a los que me refiero. Yo te preguntaba más bien por las tareas, el método, esa manera de trabajar a partir de esas actividades que os mandaban hacer... ¿te resultaba asequible o te resultaba aquello un poco liado?

A: Qué va.

P: ¿No, nada de liado?, ¿fácil?

A: Bueno, tampoco fácil.

P: Me refiero, esa manera de trabajar, aparte de divertido, ¿te ha ayudado más que si por ejemplo esos mismos asuntos se hubieran trabajado en la pizarra, por ejemplo, aunque también en algún momento hubieran podido traer el generador?, o sea, ¿entiendes a lo que me refiero?

A: A mí me ha gustado más esta forma de trabajar.

P: Pero, ¿por qué?, además de lo que me has dicho de que es más divertido trabajar en grupo. Aparte de eso, ¿por qué más te ha gustado?

A: No sé, porque es otra técnica.

P: Por ejemplo, ¿te ha resultado más fácil, más asequible, lo entendías mejor, o simplemente te apetecía más trabajar con eso que de otra manera, o algo así?

A: Es que era, no sé, otra forma.

P: Bueno, pues muchísimas gracias.



Ministerio de Educación y Ciencia

Secretaría de Estado de Educación

Dirección General de Renovación Pedagógica
