



UNIVERSIDAD DE GRANADA
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Facultad de Ciencias de la Educación.

**LOS DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS
COTIDIANOS COMO OBJETOS DE ENSEÑANZA.
ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA INHERENTE A
SU ELABORACIÓN COMO MATERIALES DE AULA**



Antonio Jesús Torres Gil

Granada, 2014

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Antonio Jesús Torres Gil
D.L.: GR 2040-2014
ISBN: 978-84-9083-225-7



UNIVERSIDAD DE GRANADA
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Facultad de Ciencias de la Educación.

**LOS DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS
COTIDIANOS COMO OBJETOS DE ENSEÑANZA.
ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA INHERENTE A
SU ELABORACIÓN COMO MATERIALES DE AULA**



MEMORIA
Presentada para optar al Grado de Doctor por
Antonio Jesús Torres Gil



UNIVERSIDAD DE GRANADA
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Facultad de Ciencias de la Educación

**LOS DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS COTIDIANOS COMO
OBJETOS DE ENSEÑANZA. ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA
INHERENTE A SU ELABORACIÓN COMO MATERIALES DE AULA.**

MEMORIA DE TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR:

Antonio Jesús Torres Gil

DIRIGIDA POR EL PROFESOR:

Dr. D. Manuel Fernández González

Universidad de Granada

PARA OPTAR AL GRADO DE:

Doctor por la Universidad de Granada

PROGRAMA DE:

Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales

Granada 2014

Fdo. _____

Antonio Jesús Torres Gil
El Doctorando

Fdo. _____

Manuel Fernández González
El Director

MANUEL FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Profesor Titular de la Universidad de Granada
y Director de la Tesis Doctoral titulada

“LOS DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS COTIDIANOS COMO OBJETO DE
ENSEÑANZA. ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA INHERENTE A SU
ELABORACIÓN COMO MATERIALES DE AULA.”,

presentada por D. Antonio Jesús Torres Gil

Considera que reúne los requisitos de interés académico, rigor científico y actualidad
documental necesarios para ser presentada a su lectura. Por lo que

INFORMA favorablemente a la misma, autorizando su presentación con el fin de
proceder a su defensa pública

Granada, 24 de Junio de 2014



Fdo. Manuel Fernández González



UNIVERSIDAD DE GRANADA

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Facultad de Ciencias de la Educación

**LOS DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS COTIDIANOS COMO
OBJETOS DE ENSEÑANZA. ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA
INHERENTE A SU ELABORACIÓN COMO MATERIALES DE AULA.**

MEMORIA DE TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR:

Antonio Jesús Torres Gil

DIRIGIDA POR EL PROFESOR:

Dr. D. Manuel Fernández González

Universidad de Granada

PARA OPTAR AL GRADO DE:

Doctor por la Universidad de Granada

PROGRAMA DE:

Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales

Granada 2014

El doctorando, Antonio Jesús Torres Gil, y el director de la tesis, Manuel Fernández González

Garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección del director de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Granada, a 24 de junio de 2014.

El Director de la Tesis



Fdo.: Manuel Fernández González

El Doctorando



Fdo.: Antonio Jesús Torres Gil

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Nieves, mi madre, y a Domingo y Felisa, mis abuelos, por educarme para que aprender cosas nuevas fuera una aventura para mí y enseñarme que la constancia y el trabajo son el mejor pasaporte para el éxito.

Gracias a mi familia por haberme regalado tiempo, uno de los bienes más valiosos para la realización de esta tesis. Gracias además por su apoyo, soporte y ánimo en los momentos difíciles.

Gracias a mis amigos, los de verdad, los que se ilusionaron con este proyecto y vieron incluso antes que yo que era posible.

Gracias a todos los buenos profesores que se han cruzado por mi camino y me han ayudado a tener cada vez más clara mi vocación.

Y gracias finalmente a Manuel Fernández González, por haber sido mucho más que un director de tesis, por su paciencia y porque sin él nada de esto habría sido posible.

A Isaac y a Loren

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

1.1. INTRODUCCIÓN

Los avances científicos y tecnológicos están cada vez más presentes en la sociedad actual. Las ciencias y la tecnología progresan exponencialmente y los nuevos conocimientos se incorporan a la vida cotidiana muy especialmente a través de los dispositivos tecnológicos que utilizamos o de los que tenemos noticia directa.

Nuestro ordenamiento educativo, como el de los países más avanzados, proclama la necesidad de incorporar a la enseñanza contenidos del ámbito tecnológico. El Decreto de Enseñanzas Mínimas de la ESO lo expresa en uno de los objetivos del área de Ciencias de la Naturaleza: “Comprender y utilizar los conceptos básicos de las ciencias de la naturaleza para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de desarrollos tecnocientíficos y sus aplicaciones” (M.E.C., 2007a: 693).

En el terreno educativo la búsqueda de soluciones de mejorar la enseñanza de las ciencias y hacerla más efectiva y más atractiva para los alumnos se ha acelerado en los últimos tiempos, como respuesta a la crisis que comenzó a ser documentada en la segunda mitad de los años 80 (Nielsen y Thomsen, 1985, 1988). Hoy día somos conscientes de la situación de crisis que vive la enseñanza de las ciencias desde hace varias décadas, manifestada por el rechazo a su estudio de muchos alumnos. Hasta tal punto que se ha convertido en un problema a nivel nacional. Un reciente informe (Rocard *et al.*, 2008) ha alertado sobre el “peligro capital para el futuro de Europa” que supone la disminución de alumnos en las carreras de ciencias.

Las causas son complejas, pero no cabe duda que gran parte de la responsabilidad debe atribuirse al planteamiento que mantiene su enseñanza, que sigue mostrando: 1) una imagen de ciencia centrada en sí misma, académica y formalista; 2) una falta de conexión con la ciencia que está presente en el mundo cotidiano o en los medios de comunicación; 3) una ciencia que no atiende a aspectos sobre la naturaleza de la propia ciencia (Fernández, 2008).

Hemos elegido como tema de esta investigación el estudio de los dispositivos tecnológicos cotidianos en la enseñanza. El tema es de interés ya que contribuye a paliar uno de los defectos antes citados de la enseñanza de las ciencias, como es la

falta de conexión de la ciencia enseñada con el mundo real. El grado de presencia de los dispositivos en la enseñanza y la metodología utilizada para ello puede ser un índice del alejamiento de la enseñanza tradicional.

Nos proponemos estudiar aspectos importantes que encierra esta temática en los libros de texto, los cuales muestran las tendencias del momento. La localización de los dispositivos en los manuales y el análisis de sus exposiciones será el punto de partida de esta investigación. Luego, dando un paso más, dejaremos atrás los manuales y abordaremos la cuestión de cómo elaborar dispositivos que se adapten a un nivel previamente fijado.

1.2. EL CONTEXTO DIDÁCTICO

A principios de los años 90 comienza a promoverse la necesidad de llevar a cabo una “alfabetización científica” (AAAS, 1993) y seguir un currículum menos preocupado de contenidos académicos y más de cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología del entorno bien próximo o bien global. Este enfoque ha ido desarrollándose, unas veces acentuando el aspecto de “ciencia para la ciudadanía”, con el objetivo de capacitar a los alumnos como “futuros ciudadanos” a tomar decisiones sobre problemas sociales de base científica, y otras como “ciencia para todos”, recalcando la importancia cultural del saber científico, tanto para alumnos de ciencias como de letras (Marco, 2000).

Las ideas han terminado concretándose, hasta llegar hoy día a asignaturas obligatorias, comunes a todos los alumnos, como la implantada en nuestro país con el nombre de “Ciencias para el mundo contemporáneo” (MEC, 2007b). Su inclusión responde a las nuevas expectativas de la educación, entre las que se encuentra prioritariamente el que la población tenga un nivel adecuado de alfabetización científico-tecnológica (Marco, 2003). Se pretende que los alumnos puedan entender e interactuar con los avances de nuestros tiempos, estudiando con especial atención el funcionamiento de aparatos y dispositivos que se usan de forma habitual (Olartecochea, 2003), y las implicaciones que conllevan (Solbes y Vilchez, 1997).

La nueva orientación “ciencia para todos” concede una importancia primordial a contenidos del entorno del alumno: objetos y fenómenos diarios (ciencia cotidiana) o problemas transmitidos por los medios de comunicación (ciencia informal).

Entre las aportaciones de la enseñanza renovada de las ciencias destacan dos propuestas básicas a las que conviene prestar una particular atención: la conveniencia de rebajar el nivel teórico de los contenidos y el tratar de relacionar teoría con realidad. En el fondo esto equivale a promover un cambio en el que lo disciplinar comienza a dejar paso a lo contextual (Caamaño, 2005). Así lo entiende en la actualidad la didáctica de las ciencias, respaldada por el movimiento de alfabetización científica y tecnológica, que anima a dar protagonismo tanto a acontecimientos de la vida diaria, como a problemas globales de base científica. En este último punto enlaza con el enfoque CTS (Membiela, 2001).

¿Cómo puede influir lo cotidiano en la orientación del currículo? ¿Cuál es el valor didáctico que presenta un dispositivo para ser utilizado como objeto de enseñanza? Las nuevas tendencias insisten en vincular ciencia y tecnología (Layton, 1993), lo que promueve la consideración hacia los dispositivos presentes en nuestro entorno. Nos situamos pues en un terreno fronterizo con otros dos más estudiados: la tecnología y la museología. Las diferencias, a veces difusas, son que la primera (Cajas, 1999) constituye una disciplina donde el dispositivo es el protagonista indiscutible y sus conexiones con la teoría son menos rígidas; la segunda (Rahm, 2004) forma parte de la educación no formal y, por tanto, es menos sistemática y más interactiva.

La aproximación ciencia-tecnología (Acevedo, 1996) podemos verla hoy día desarrollada de varias maneras. En una enseñanza de corte tradicional, el objetivo didáctico que se persigue es reforzar la teoría y hacer ver su utilidad práctica. Por el contrario, en el enfoque de ciencia contextual se concede al dispositivo el máximo protagonismo. En su sentido más estricto, la estrategia de enseñanza contextual es partir del dispositivo y, tratando de estudiarlo y explicarlo, llegar a las leyes y principios teóricos. En ambos casos se pone gran empeño en enlazar teoría con realidad, en el primero con predominio de la teoría y en el segundo equilibrándola con lo concreto.

Muchos de los objetos tecnológicos que utilizamos, aunque muy familiares, encierran unos fundamentos científicos de consideración. Este motivo, junto a otros, hace que los profesores rehuyan su inclusión en los programas. Son vistos, sin más, de nivel inasequible. ¿Cómo abordar la tarea de introducir contenidos tecnológicos en el aula? La primera dificultad sobrevenida es sin duda la adaptación del dispositivo elegido al nivel de los alumnos, para lo cual es preciso identificar sus problemas de enseñanza y los obstáculos de aprendizaje (De Pro y Ezquerro, 2004).

Una vía muy creativa que puede utilizar el profesor para convertir los contenidos científicos en objetos de enseñanza es la transposición didáctica (Chevallard, 1997). Una vez definido el nivel del receptor, la labor exige un conjunto de transformaciones para convertir los contenidos científicos en objetos de enseñanza. Sin embargo conviene señalar que, aunque el término “transposición didáctica” se usa con frecuencia, el estudio de los mecanismos para llevarlo a cabo permanece casi inédito (Cajas, 2001).

Uno de los factores esenciales que interviene en la transposición es el factor explicativo. A este respecto, la filosofía de la ciencia señala que pueden existir diversos niveles de explicación de un mismo fenómeno (Halbwachs, 1977). Desde el punto de vista del lenguaje, se consideran dos tipos fundamentales de enunciados: el descriptivo y el explicativo (Sanmartí, 1997). El primero, situado a un nivel más superficial, es más asequible de cara al aprendizaje; el segundo, más profundo y jerarquizado, es, como consecuencia, más arduo. Así pues, estos dos procedimientos constituyen estrategias interesantes para rebajar el nivel de un discurso científico.

La información, además, ha de estar estructurada de forma coherente y debe presentarse utilizando un lenguaje no exclusivamente verbal. Se debe cuidar, entonces, el papel de la imagen como complemento del texto para que el apoyo mutuo refuerce a ambos (Soler, 2002). En la elaboración del material didáctico es conveniente, además, considerar un principio fundamental que nos brinda la psicología: tener en cuenta las ideas y conocimientos que el sujeto posee sobre el tema.

1.3. LOS DISPOSITIVOS COMO OBJETOS DE ENSEÑANZA

Habitualmente el tratamiento de los dispositivos en la enseñanza, en general, y en los manuales, en particular, ha sido encaminado a brindar ejemplos a la teoría. Por eso muchas veces su sola mención ya era suficiente. En la enseñanza renovada de las ciencias, que promueve establecer conexiones con el mundo real, aunque este cometido sigue vigente, intenta también prestar atención al propio dispositivo, que se convierte de este modo en objeto de enseñanza por sí mismo (Fernández y Torres, 2006). En el enfoque de ciencia contextual pueden incluso invertirse los términos y ser el dispositivo el que seleccione el cuerpo teórico imprescindible para su fundamentación.

En cualquier caso, aunque aparezca subordinado a la teoría, el protagonismo con que es presentado suele ser, en general, mayor que en la enseñanza tradicional porque trata de detenerse en el aparato y explicarlo. Precisamente explicar un dispositivo es poner en claro su funcionamiento, es decir, el mecanismo por el cual desarrolla su actuación. Para ello es necesario recurrir al fundamento, que aporta la base teórica sobre la que descansa. Desde la óptica del alumno, si el dispositivo es familiar, aprende por qué y cómo funciona; si no lo es, conoce además su existencia y utilidad.

Así pues, la consideración hacia un dispositivo se manifiesta especialmente por la cuidadosa exposición que se hace de su funcionamiento en base a sus fundamentos teóricos, con lo cual el dispositivo gana en importancia y amplía su campo de acción. Inicialmente encerrado en un ámbito puramente teórico, termina abriendo la puerta a la tecnología.

Es en este marco de actuación en el que pretendemos situarnos. El objetivo de nuestro trabajo es estudiar el grado de atención que los manuales de Física y Química de secundaria prestan a los dispositivos. Su uso como objetos de enseñanza encaja bien en el marco teórico señalado, pues es una vía de entrada directa en el ámbito contextual y una contribución valiosa a la alfabetización científica. Es, además, un contenido idóneo para promover especialmente competencias en el conocimiento y la interacción con el mundo físico, ya que

desarrolla el pensamiento científico y lo aplica para interpretar los procesos básicos de la ciencia y la tecnología (MEC, 2007a: 687).

1.4. INTERROGANTES DE INVESTIGACIÓN

Una vez trazado el panorama general del campo que va a ser estudiado, descendemos a puntos clave concretos y nos planteamos algunos interrogantes de investigación, centrados en los dispositivos tecnológicos cotidianos. Estos interrogantes son los que exponemos seguidamente.

- ¿Qué utilidad didáctica aporta la inclusión de los dispositivos en la enseñanza?
¿Qué finalidades se buscan con su inclusión?
- ¿Son abundantes en los libros de texto de Secundaria (4º ESO, bachillerato)?
¿Qué dispositivos suelen aparecer en ellos?
- ¿Qué relevancia conceden los libros de texto a los dispositivos? ¿Cuáles son sus relaciones con los contenidos teóricos de estos?
- ¿Se advierten diferencias entre ESO y bachillerato en cuanto a presencia de dispositivos y carácter de sus exposiciones? ¿Y con los libros de texto del antiguo BUP? ¿Y con los manuales actuales de tecnología?
- ¿Qué elementos estructurales muestran las exposiciones de los dispositivos?
¿Responden todas a los mismos componentes? ¿Qué ocurre si falta alguno de ellos?
- ¿Cuál es el papel de las ilustraciones en la exposición de un dispositivo?
- ¿Es posible valorar la calidad de la exposición de un dispositivo? ¿Cómo podría hacerse?
- ¿Podría valorarse un manual respecto a las exposiciones de los dispositivos que presenta?
- ¿Cómo podrían elaborarse materiales de aula sobre dispositivos que respondieran a los intereses de los alumnos? ¿Es posible seguir una sistemática asequible?

- ¿Qué estrategias utilizar para elaborar un documento de aula asequible a los alumnos a partir de documentación de alto nivel sobre un dispositivo?
- ¿De qué manera podría probarse la adecuación de los documentos elaborados al nivel de los alumnos receptores?

En el transcurso de este trabajo vamos a tratar de dar respuesta a los interrogantes que acaban de ser planteados. Por lo pronto, vamos a tenerlos en cuenta en la exposición de los objetivos, que se refieren a las finalidades perseguidas al abordar un campo de estudio hasta ahora poco o nada conocido.

1.5. OBJETIVOS

Hemos emprendido este trabajo con la finalidad de investigar los dispositivos tecnológicos cotidianos en la enseñanza, campo que presenta diversas e interesantes facetas. Tratando de abarcar las principales, hemos prestado una atención especial a la presencia de los dispositivos en los manuales y la problemática que arrastra; a la estructura textual que presentan las exposiciones de dispositivos y la valoración de estas con base a dicha estructura; y a la puesta a punto de un procedimiento que permita elaborar de manera sistemática y accesible documentos de aula sobre dispositivos.

Así pues, partimos de tres objetivos generales:

Objetivo general 1) Estudiar la presencia de los dispositivos tecnológicos cotidianos en los libros de texto de Secundaria

Objetivo general 2) Analizar el discurso expositivo con que los manuales presentan los dispositivos y señalar los bloques estructurales que lo componen y sus características.

Objetivo general 3) Idear un procedimiento sistemático para elaborar de modo asequible documentos de aula sobre dispositivos, adecuados al nivel de los alumnos.

Establecidos estos objetivos generales, vamos a detallarlos en objetivos más concretos. Nos proponemos entonces:

Objetivo 1) Analizar en los libros de texto de Secundaria (4º ESO, bachillerato) diversos aspectos sobre los dispositivos tecnológicos cotidianos que incluyen: abundancia, cuáles aparecen, relevancia concedida, modalidades de presentación y metodología utilizada.

Objetivo 2) Comprobar posibles semejanzas y diferencias entre las exposiciones de los dispositivos de los libros de texto de ESO y bachillerato, de los libros de texto de ESO y de BUP, y de los libros de texto de ESO y los actuales de tecnología.

Objetivo 3) Determinar de modo cualitativo los dispositivos presentes en los manuales y esclarecer si existen pautas en su distribución y razones que expliquen esta.

Objetivo 4) Averiguar qué elementos estructurales componen las exposiciones de los dispositivos, ponderar la importancia de cada uno y valorar cómo repercute la ausencia de algunos en la calidad expositiva.

Objetivo 5) Estudiar los factores que intervienen en la calidad de la exposición de un dispositivo.

Objetivo 6) Poner a punto un procedimiento para valorar la exposición de un dispositivo, y de valorar un manual respecto a las exposiciones que ofrece. Validar el procedimiento.

Objetivo 7) Comparar la calidad de los diversos manuales de Secundaria, respecto a las exposiciones de dispositivos que muestran.

Objetivo 8) Idear una propuesta asequible para elaborar documentos de aula que respondan a las expectativas de los alumnos.

Objetivo 9) Profundizar en las estrategias de transposición didáctica, eje de la citada propuesta. Mostrar estas estrategias en los ejemplos seguidos.

Objetivo 10) Elaborar documentos de aula para explicitar la validez de la propuesta. Estudiar la factibilidad de la enseñanza de dichos documentos y evaluar su aprendizaje.

1.6. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

El propósito principal de la investigación es estudiar los dispositivos tecnológicos cotidianos en el contexto escolar. La temática puede contemplarse bajo puntos de vista diversos. Si iniciamos una aproximación a los dispositivos es obligado comprobar su presencia en los libros de texto y el tratamiento que suelen utilizar en su exposición. Por consiguiente, en el estudio del contexto es esencial disponer de un completo muestrario de libros de texto de niveles diversos (dentro de la enseñanza secundaria), e incluso de diferentes orientaciones y cronologías. En ellos podremos localizar los dispositivos que incluyen y pasar entonces a una etapa de nuestro trabajo que consiste en realizar un análisis de las exposiciones ofrecidas por los manuales. El objetivo es determinar la existencia de estructuras comunes. Por último, con los resultados obtenidos en el análisis, podrá abordarse una fase de diseño por nosotros mismos de documentos de aula. Esto supone lograr una autonomía, lejos de la dependencia del libro de texto, para elaborar documentos sobre dispositivos, elegidos por su importancia cotidiana y sus bases teóricas acordes con los programas, y teniendo en cuenta los conocimientos previos sobre dichos dispositivos, manifestados por los alumnos.

Conviene aclarar que la metodología se refiere al modo de llevar a cabo la investigación y el plan de trabajo, al conjunto de tareas que componen la investigación encaminadas a alcanzar los objetivos fijados. Puesto que en la práctica van estrechamente ligados, vamos a considerarlos conjuntamente. La disposición adoptada es ir señalando cada objetivo y a continuación la metodología y el plan de trabajo elegidos.

- **Objetivo1:** Analizar en los libros de texto de Secundaria (4º ESO, bachillerato) diversos aspectos sobre los dispositivos tecnológicos cotidianos que incluyen: abundancia, cuáles aparecen, relevancia concedida, modalidades de presentación y metodología utilizada.

* Para ello se localizarán en dichos manuales los dispositivos que presentan y se listarán y estudiarán prestando atención a los aspectos citados y a otros que pudieran surgir.

- **Objetivo 2:** Comprobar posibles semejanzas y diferencias entre las exposiciones de los dispositivos de los libros de texto de ESO y bachillerato, de los libros de texto de ESO y de BUP, y de los libros de texto de ESO y los actuales de tecnología.

* Para ello se elegirán una muestra de libros de 4º de ESO, otra de bachillerato, otra de 2º de BUP, y otra de 3º-4º de ESO de Tecnología. Se localizarán los dispositivos, se estudiarán los aspectos anteriores y se establecerán las oportunas comparaciones.

- **Objetivo 3:** Determinar de modo cualitativo los dispositivos presentes en los manuales y esclarecer si existen pautas en su distribución y razones que expliquen esta.

* Para ello se listarán los dispositivos que han aparecido en cada uno de los manuales de Física y Química revisados, y se estudiarán para ver si su distribución responde a alguna regularidad, si pueden agruparse según algún criterio y si pueden determinarse las razones de tal distribución.

- **Objetivo 4:** Averiguar qué elementos estructurales componen las exposiciones de los dispositivos, ponderar la importancia de cada uno y valorar cómo repercute la ausencia de algunos en la calidad expositiva.

* Para ello se analizará en principio una reducida muestra de exposiciones y, una vez definidos los bloques estructurales, se extenderá al resto para corroborar su presencia. Se profundizará, además, en el análisis indagando los elementos que pueden componer cada bloque y su responsabilidad en la calidad expositiva.

- **Objetivo 5:** Estudiar los factores que intervienen en la calidad de la exposición de un dispositivo.

* Para ello se discutirá en la exposición del dispositivo, la influencia positiva o negativa tanto de factores estructurales relacionados con la presencia o ausencia de los bloques y sus elementos, como de factores expositivos (nivel adecuado, claridad de presentación).

- **Objetivo 6:** Poner a punto un procedimiento para valorar la exposición de un dispositivo, y de valorar un manual respecto a las exposiciones que ofrece. Validar el procedimiento.

* Para ello se ideará un protocolo para asignar una puntuación numérica a la exposición que tenga en cuenta la calidad de sus elementos y la atención prestada. Igualmente otro con base en el anterior para la valoración de manuales. Para la validación del protocolo se recurrirá a un grupo de expertos.

- **Objetivo 7:** Comparar la calidad de los diversos manuales de Secundaria, respecto a las exposiciones de dispositivos que muestran.

* Para ello a partir de la puntuación asignada a cada manual se establecerán comparaciones entre ellos y se sacarán conclusiones.

- **Objetivo 8:** Idear una propuesta asequible para elaborar documentos de aula que respondan a las expectativas de los alumnos.

* Para ello se partirá de los bloques estructurales puestos de manifiesto en el análisis de las exposiciones y se propondrá un procedimiento que permita de manera asequible elaborar documentos de aula sobre dispositivos, aglutinando diversos elementos (información, conocimientos previos, ilustraciones, etc.).

- **Objetivo 9:** Profundizar en las estrategias de transposición didáctica, eje de la citada propuesta. Mostrar estas estrategias en los ejemplos seguidos.

* Para ello se partirá de documentos de nivel experto y se estudiarán las estrategias para su adaptación a niveles escolares.

- **Objetivo 10:** Elaborar documentos de aula para explicitar la validez de la propuesta. Estudiar la factibilidad de la enseñanza de dichos documentos y evaluar su aprendizaje.

* Para ello se elaborarán varios documentos de aula siguiendo las directrices de la propuesta. Aunque están diseñados para una enseñanza de corte tradicional, no es difícil adaptarlos a metodologías más actuales. A continuación serán incluidos entre los contenidos del curso y serán objeto de examen. Resultados positivos en ellos podrán tomarse como prueba de la idoneidad del documento.

En la tabla siguiente aparece resumidamente lo que acaba de ser expuesto.

OBJETIVOS	METODOLOGÍA / PLAN DE TRABAJO
1. Analizar en manuales de secundaria...	Se localizarán en los manuales los dispositivos y se señalarán diversos aspectos sobre ellos
2. Diferencias entre manuales de ESO, bach., BUP y Tecn....	Se compararán exposiciones de dispositivos que figuran en manuales de diversas orientaciones y antigüedad
3. Determinar de modo cualitativo los dispositivos presentes	Se estudiarán los dispositivos aparecidos para ver si su distribución responde a alguna regularidad
4. Elementos estructurales que componen las exposiciones...	Se analizarán las exposiciones para determinar los bloques estructurales componentes y los elementos de cada uno
5. Factores que influyen en la calidad de las exposiciones...	Se discutirá la influencia mayor o menor tanto de factores estructurales como expositivos
6. Procedimientos de valoración de exposiciones y manuales...	Se diseñará un protocolo para puntuar las exposiciones y los manuales
7. Comparar la calidad de manuales respecto a sus exposiciones...	A partir de la puntuación asignada se establecerán comparaciones entre los diversos manuales
8. Propuesta para elaborar documentos de aula...	Con base en los bloques estructurales, y aglutinando otros elementos, se propondrá un procedimiento para elaborar documentos de aula
9. Estrategias de transposición didáctica...	Partiendo de documentos de alto nivel se estudiarán las estrategias para su adaptación a niveles escolares
10. Elaborar documentos de aula. Valorar su adecuación...	Se elaborarán varios documentos de aula, que serán impartidos en clase y evaluados en examen

Tabla 1.1. Relación esquemática de los objetivos con la metodología y plan de trabajo.

1.7. PRESENTACIÓN DEL DESARROLLO DEL TRABAJO

Esta investigación se ha estructurado en diversos capítulos donde va a exponerse con detenimiento el desarrollo del plan de trabajo que acabamos de señalar. Vamos a presentar en esquema dichos capítulos y comentarlos muy brevemente.

En el presente capítulo 1, una vez planteado el problema y delimitado el campo de la investigación, se han establecido los objetivos y, en consecuencia, se ha definido una metodología y trazado un plan de trabajo donde se especifican las tareas que vamos a seguir para alcanzar dichos objetivos.

En el capítulo 2 se describen las bases teóricas de la investigación, constituidas por una serie de tópicos que, en mayor o menor medida, intervienen en su desarrollo. Así, vamos a incluir algunos referentes a modelos o enfoques de enseñanza de la didáctica actual, y otros que son estrategias que van a jugar un papel destacado en nuestro estudio, como la transposición didáctica y los mapas conceptuales.

En el capítulo 3 arranca la verdadera investigación, estudiando la presencia de los dispositivos en los libros de texto de niveles diferentes (4º ESO, 1º bachillerato), orientaciones diferentes (tecnología), y cronología diferente (2º BUP). Recogidos estos datos se realiza un estudio comparativo acerca de cuántos, cuáles y porqué aparecen esos dispositivos. Se marcan dos modalidades de exposición según el grado de protagonismo atribuido.

El capítulo 4 realiza un análisis de la estructura que presentan las exposiciones de dispositivos en los manuales. Se identifican los elementos componentes y, con base a ellos, se lleva a cabo un análisis detallado de exposiciones concretas de las dos modalidades. Para ello se emplea la técnica de los mapas conceptuales.

En el capítulo 5 se efectúa una valoración cuantitativa de las exposiciones de dispositivos con base a los elementos componentes señalados en el capítulo anterior. Se valoran los dispositivos procedentes de manuales de dos niveles de secundaria. Igualmente se realiza una validación del procedimiento mediante un grupo de expertos. A continuación se pasa a valorar los manuales, según las puntuaciones recibidas en sus exposiciones y la abundancia de estas. Recogidos los resultados, se discuten y se extraen conclusiones.

El capítulo 6 está dedicado a la elaboración de documentos de aula sobre dispositivos. Teniendo en cuenta los resultados anteriores, en especial los elementos estructurales identificados, se ofrece un procedimiento sistemático de

elaboración de documentos. Para ello se han movilizadodiversas estrategias de transposición didáctica y se han tenido en cuenta los conocimientos previos manifestados por los alumnos sobre el dispositivo. Se han elaborado documentos concretos para ejemplificar el procedimiento, que se pasan al aula donde se enseñan como los demás contenidos y se incluyen en examen. Las calificaciones recibidas en estos contenidos frente a los demás se tomará como índice positivo de la adecuación de los documentos elaborados al nivel elegido.

El capítulo 7 termina la investigación exponiendo las conclusiones generales del trabajo realizado y estableciendo las oportunas conexiones entre dichas conclusiones y los objetivos inicialmente marcados.

El trabajo se cierra, como es habitual, con la bibliografía, a la que siguen anexos, que recogen documentación a las que se hace referencia en los capítulos anteriores.

CAPÍTULO 2
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La inclusión de los dispositivos tecnológicos cotidianos en la enseñanza viene favorecida por la enseñanza renovada de las ciencias. Las diversas metodologías que se señalan contribuyen o han contribuido en mayor o menor grado a su práctica y desarrollo. Todas ellas pueden considerarse dentro del marco constructivista y, por ello, vamos a exponer esta en primer lugar, aunque quizás la más centrada en los dispositivos sea la metodología de ciencia contextual. Por otra parte, la introducción en el aula de los dispositivos como objetos de enseñanza implica la movilización de una serie de estrategias y recursos didácticos encaminados a su adecuación (transposición didáctica, mapas conceptuales, etc.). Así pues, vamos a desarrollar el presente capítulo teniendo en cuenta estas dos vertientes y, en consecuencia, hablaremos primero de metodologías y a continuación de estrategias y recursos.

2.1. LA SITUACIÓN ACTUAL

Existe un consenso general sobre la importancia de la educación científica en cualquier sociedad moderna, porque garantiza que haya un número suficiente de científicos para lograr el desarrollo tecnológico y económico adecuado de la sociedad. No obstante, desde hace años se viene observando un descenso en el interés de los alumnos por los estudios de ciencias y la consiguiente huida hacia otras áreas (Nielsen y Thomsen, 1985-88). Informes publicados en la Unión Europea (Rocard *et al.*, 2008; MEC, 2012; Osborne y Dillon, 2008) confirman que, a pesar de que los jóvenes contemplan a menudo la ciencia y la tecnología como interesantes, ese interés no se refleja en el compromiso del estudiante con la ciencia escolar. De hecho, el número de jóvenes que eligen estudios relacionados con la ciencia ha descendido los últimos años, siendo el descenso más acusado entre las alumnas. Los informes confirman una conexión entre las actitudes de los alumnos hacia la ciencia y la forma en que se enseña esta, anclada en metodologías tradicionales y con un uso muy limitado de estrategias pedagógicas.

Entre los años 2003 y 2005 se desarrolla el proyecto ROSE (Relevance of Science Education Project), sobre la relevancia de la educación científica en los jóvenes. El proyecto presta atención a opiniones, intereses y prioridades respecto a

la ciencia y la tecnología en unos 40 países, y confirma un descenso en el interés de los estudiantes de los países más desarrollados hacia la ciencia escolar y al trabajo científico (Sjøberg y Schreiner, 2005; Acevedo, 2005b).

Las quejas de los estudiantes sobre el currículo actual de ciencias inciden en que este no muestra la ciencia tal y como se presenta en la vida cotidiana y los medios de comunicación. Para los alumnos, la enseñanza de las ciencias está demasiado enfocada en enseñar “hechos” y restringe su capacidad de explorar formas creativas y actuales de aprender. Esto genera un efecto negativo en el interés de los estudiantes por la ciencia (Burden, 2005). Se evidencia, además, que alrededor de los 15 años el interés por las materias científicas es bajo en comparación con otras materias y las cifras son especialmente preocupantes entre las mujeres (Brotman y Moore, 2008). Estas diferencias son más rotundas cuando se evalúa el interés por aspectos tecnológicos. Parece necesario tener en cuenta estos datos para lograr el compromiso de todo el alumnado en el aprendizaje de estas materias.

En nuestro país, los resultados obtenidos en la evaluación del aprendizaje escolar, tanto en ciencias como en otras materias, no han sido óptimos. Los resultados del informe PISA 2012 (MEC, 2012) sobre el rendimiento de los alumnos en ciencias nos presentan por debajo de la media de los países de la Unión Europea, y no muestra una evolución significativa en los últimos años. Si bien el análisis comparativo entre países en estudios transnacionales debe tomarse con precaución (Acevedo, 2005a), los datos sobre el interés de nuestros alumnos muestra tendencias parecidas a las del resto de Europa. De hecho, al comienzo de la enseñanza secundaria obligatoria se detecta un decaimiento en el interés de los estudiantes hacia la ciencia escolar (Vázquez y Manassero, 2008). Este decaimiento es más acusado en asignaturas como Física y Química, sin que parezca asociado a un aumento de dificultad de la asignatura (Marbá y Márquez, 2010), lo que plantea dudas sobre el adecuado diseño del currículo de ciencias en la escuela. Las consultas realizadas a los estudiantes (Solbes, 2011), muestran una valoración negativa de estas disciplinas, a las que consideran excesivamente difíciles y recargadas, aburridas, y alejadas de la vida cotidiana. A esto añaden un

profesorado poco innovador y una visión estereotipada de la ciencia (con aspectos negativos como la contaminación o la fabricación de armamentos).

Por parte del profesorado de estas materias no es habitual tener en cuenta ni la valoración negativa de estas ni el abandono de los alumnos. Suele impartir su enseñanza utilizando un elevado formalismo matemático y rara vez trabaja con contenidos CTS, históricos o cotidianos, que podrían contribuir a mejorar la actitud de los estudiantes (Solbes *et al.*, 2007). Además, la construcción de una imagen correcta de la ciencia no termina de calar entre nuestros docentes, ya que buena parte del profesorado sigue pensando que enseñar conocimientos y procesos es, además de prioritario, suficiente para crear dicha imagen (Vázquez y Manassero, 2004). En nuestro sistema educativo la mayor parte del tiempo empleado en la enseñanza de la ciencia y la tecnología se invierte en el análisis de situaciones artificiales, alejadas del interés de los estudiantes (Plana *et al.*, 2005). Se argumenta, además, que esta orientación facilita el aprendizaje, o que el escaso tiempo disponible no permite abordar aplicaciones en los campos de la ciencia y de la técnica.

Una reciente investigación (Banet, 2007) realizada con docentes de secundaria sobre la metodología usada en la enseñanza y las deficiencias observadas, muestra importantes discrepancias entre las propuestas de la investigación didáctica y lo que se practica en clases de ciencias. En esta investigación, el autor analiza cuatro grupos de causas para explicar la situación actual.

- a) Causas relacionadas con la formación del profesorado: una formación demasiado academicista, con una pobre preparación didáctica, e insuficiente en algunos ámbitos como la naturaleza de la ciencia o las relaciones CTS.
- b) Causas relacionadas con la enseñanza: un predominio de la orientación conceptual que anula o relega otras dimensiones formativas, el desarrollo de una ciencia escolar poco contextualizada y alejada de la sociedad, y una metodología basada en la transferencia de la información de manera expositiva.

- c) Causas relacionadas con la organización y el desarrollo del currículo: tiempo escaso para la enseñanza de las ciencias, fragmentación del currículo escolar que impide la interdisciplinariedad, programas demasiado extensos, y materiales escolares que no contribuyen al cambio.

- d) Causas relacionadas con la Administración: escasa preocupación por la formación inicial y permanente del profesorado, y pruebas de acceso a la universidad que condicionan la orientación científica en niveles como bachillerato.

Dentro de estas causas podríamos destacar dos aspectos importantes. Por una parte, la orientación casi exclusivamente propedeútica de la enseñanza de las ciencias en secundaria y bachillerato, enfocada a la preparación de una minoría de estudiantes para cursar estudios superiores de ciencia y tecnología. Por otra, la estructuración de sus contenidos basada en la propia lógica de la disciplina, que olvida a los alumnos a los que va dirigida la enseñanza y elimina contenidos transversales de los programas oficiales (Oliva y Acevedo, 2005).

En la práctica, los enfoques de enseñanza basados únicamente en la transmisión de información siguen siendo ampliamente utilizados en nuestras aulas, a pesar de que cuentan con la oposición de investigadores y especialistas en enseñanza de las ciencias (Campanario, 1999). De hecho, se fundamenta en suposiciones erróneas: 1) enseñar es una tarea fácil que no requiere preparación, sino sentido común, conocimiento de la materia y algo de experiencia; 2) el proceso de enseñanza-aprendizaje se reduce a la transmisión y recepción de conocimientos elaborados; 3) el fracaso de los alumnos es debido a sus deficiencias: falta de nivel, capacidad, etc. (Calatayud *et al.*, 1992). Además, un modelo en el que el profesor actúa como fuente de autoridad y transmisor de un saber elaborado y los alumnos son meros receptores pasivos no satisface las demandas de la sociedad de hoy. La transmisión de saberes conceptuales establecidos no asegura su uso dinámico y flexible fuera del aula, y separa las metas de profesores y alumnos (Pozo y Gómez, 1998). Es evidente que cualquier enfoque alternativo a la enseñanza tradicional debe descartar el modelo de aprendizaje por transmisión.

Una vez identificado el problema, algunos autores analizan las posibles soluciones y señalan la motivación y la actitud de los estudiantes a través de un creciente número de investigaciones realizadas (Osborne *et al.*, 2003). La importancia de este ámbito se basa en que el desarrollo de actitudes determina el comportamiento futuro de los alumnos, a la vez que es necesario para obtener enfoques válidos y acertados (Reid, 2006). Muchas de estas investigaciones reflejan que los alumnos desean desarrollar más el trabajo práctico, la investigación y la discusión, ya que les proporciona mayor control sobre su aprendizaje (Osborne and Collins, 2000). Estudios realizados sobre las actitudes de alumnos hacia las ciencias demuestran que las actitudes positivas están asociadas a las actitudes acerca de su utilidad (George, 2007). De ahí que propongan la necesidad de que los educadores enfatizen las aplicaciones prácticas de la ciencia en sus clases para hacer comprender cómo esta contribuye al desarrollo de la sociedad.

La enseñanza renovada de las ciencias aboga por la conveniencia de rebajar el nivel teórico de los contenidos y de relacionar teoría con realidad. Esto equivale a promover un cambio en el que lo disciplinar deja paso a lo contextual (Caamaño, 2005). Se propone incluir en la enseñanza contenidos CTS, aplicaciones tecnológicas, relaciones con el medio ambiente, y no olvidar la Historia de la Ciencia y los procesos de construcción del conocimiento (Furió, 2006).

I. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA

I-1. EL CONSTRUCTIVISMO

El constructivismo es un enfoque de larga tradición y el de mayor influencia en la enseñanza actual de las ciencias (Anderson, 2007). Constituye un marco en el que se incluyen o participan otros enfoques metodológicos. Defiende que el conocimiento no debe ser transmitido al alumno, sino construido por él mismo, participando de un modo activo en su aprendizaje. En este enfoque de enseñanza, ahora orientada a la acción, el papel del profesor cambia, pasando de mero transmisor del conocimiento, a guía o facilitador de las herramientas necesarias para el aprendizaje.

Piaget, Vygotsky y Ausubel son figuras clave sobre las que se asienta la teoría constructivista. La teoría de Piaget, se centra en la construcción interna de las estructuras cognitivas a lo largo de determinadas etapas del desarrollo del niño (Piaget, 1981). Para este autor, existen diferencias entre el funcionamiento intelectual del niño y el adolescente, que alcanza la madurez cognoscitiva cuando llega al periodo de las operaciones formales, adquiriendo la capacidad de pensamiento abstracto sin necesidad de referencias concretas. Por su parte, Vygotsky defiende que el medio sociocultural juega un papel fundamental en el desarrollo cognitivo de la persona, que reconstruye activamente lo que recibe de su entorno (Vygotsky, 2009). Es en la “zona de desarrollo próximo” donde deben situarse los procesos de enseñanza y aprendizaje y donde se produce el proceso de construcción del conocimiento del alumno. Esta zona marca la distancia entre el nivel real de desarrollo del alumno (lo que es capaz de lograr por sí mismo) y el nivel de desarrollo potencial (lo que sería capaz de lograr con ayuda de un adulto o un compañero).

Las teorías de interacción (Wood *et al.*, 1976) son muy afines a la anterior. La idea central es que un sujeto experimentado en un dominio hace que otro menos experto se apropie gradualmente del saber experto. En este proceso de cooperación el sujeto experto que iría delegando actividad en el aprendiz a medida que este avanza en sus conocimientos. No obstante, los críticos señalan que no tiene en cuenta el ámbito de la creatividad (Griffin y Cole, 1984) o que muestra limitaciones en el aprendizaje de nuevas ideas (Engeström, 1987).

En el modelo de enseñanza tradicional de transmisión-recepción el alumno es considerado un “recipiente” que almacena toda la información que suministra el profesor, habitualmente de naturaleza conceptual. Conduce a un aprendizaje que se memorístico en el que la información se almacena mecánicamente y cuya falta de relaciones con conocimientos anteriores facilita el olvido (Garrido *et al.*, 2008).

Ausubel habla de un nuevo tipo de aprendizaje, el aprendizaje significativo (Ausubel *et al.*, 1978). Este consiste en que el alumno adquiera los nuevos contenidos de enseñanza relacionándolos con las ideas ya existentes en su “estructura cognitiva”. Aprender significativamente es pues, atribuir significado al nuevo contenido de aprendizaje a partir de lo que ya se conoce. Para ello es

necesario que el nuevo contenido se ponga en relación con ideas ya existentes en la estructura cognitiva del alumno (Ausubel *et al.*, 1978; Ausubel, 2009).

Estos contenidos se encuentran jerarquizados desde los más generales e indiferenciados a los más particulares y diferenciados. Por eso, en el modelo de Ausubel el diseño de las secuencias de aprendizaje debe hacerse mediante la “diferenciación progresiva”, es decir, la adquisición de nuevos aprendizajes incorporándolos a nuestra estructura jerarquizada de contenidos (Gutiérrez, 1987).

La información captada termina almacenándose en la memoria a largo plazo. En el aprendizaje memorístico hay poca o nula integración entre el nuevo conocimiento y los que ya se tienen. Esto hace que tienda a olvidarse rápidamente, a menos que se repita o ensaye muchas veces. Además, la estructura cognitiva no es modificada, por lo que los errores conceptuales permanecen y el conocimiento aprendido será poco útil en aprendizajes futuros (Novak, 2002). Por el contrario, el aprendizaje significativo origina una secuencia ordenada de interacciones entre la memoria de trabajo (donde se procesa la información recibida para relacionarla con el conocimiento existente) y la memoria a largo plazo a medida que se recibe el nuevo conocimiento (Anderson, 1992), logrando que queden anclados para su posterior uso en otros contextos.

Para el constructivismo la enseñanza no es considerada como un medio de transmisión del conocimiento, sino como el instrumento que debe adecuar las ideas de los alumnos a las ideas científicas que deben aprender. En su versión más clásica, el proceso de aprendizaje se realiza mediante el llamado cambio conceptual, por el cual el alumno pasa de sus ideas iniciales a las ideas científicas que propone el profesor. El cambio conceptual es interpretado como un proceso de reestructuración que puede ir desde un cambio de relaciones entre los conceptos a un cambio en la naturaleza de las explicaciones de un fenómeno y que afecta a los conceptos básicos de la explicación. (Rodrigo y Cubero, 2000). Para Posner *et al.* (1982) el cambio conceptual se produce mediante una ruptura parecida al cambio de paradigma en las revoluciones científicas (Kuhn, 1962). El estudiante es incapaz de explicar fenómenos de forma coherente con sus concepciones previas, y para ello tiene que reemplazarlas o reorganizarlas.

El cambio conceptual se produce si se cumplen cuatro condiciones esenciales:

1. Debe haber insatisfacción con las concepciones existentes.
2. La nueva concepción debe ser inteligible.
3. La nueva concepción debe parecer inicialmente plausible.
4. El nuevo concepto debe poder explicar nuevas situaciones y áreas de investigación.

Para Driver, el proceso de aprendizaje es una interacción entre los esquemas mentales del que aprende y las características del medio de aprendizaje. De este modo, lo que se aprende depende de las ideas previas de los estudiantes, de sus estrategias cognoscitivas y de sus propios intereses (Driver, 1988). Según esta autora (1986a):

- Los resultados del aprendizaje no sólo dependen de la situación y experiencias de aprendizaje, sino de los conocimientos previos, concepciones y motivaciones del que va a aprender.
- Comprender algo supone establecer relaciones.
- Quien aprende construye activamente significados.

Driver desarrolla el aprendizaje como cambio conceptual a partir de las ideas previas de los alumnos. La enseñanza debe encaminarse al desarrollo y cambio de las mismas, bajo una perspectiva en la que el estudiante es parte activa en el proceso de aprendizaje. Y si se busca un aprendizaje significativo es necesario que el alumno parta de sus conocimientos previos y construya significados (Resnick, 1983; Driver y Bell, 1986). El cambio conceptual se logra siguiendo cuatro etapas (Driver, 1986b; Driver, 1988):

- 1- Identificación y clarificación de las ideas que ya poseen los alumnos.
- 2- Puesta en cuestión de estas ideas mediante contraejemplos.
- 3- Introducción de los nuevos conceptos.
- 4- Permitir el uso de las nuevas ideas en un amplio abanico de situaciones.

Como consecuencia, el currículo debe ofrecer oportunidades de clarificar e intercambiar ideas y experiencias que pongan en cuestión las ideas previas de los estudiantes o permitan su reestructuración por el profesor. Para ello sería necesario (Driver, 1986a) un planteamiento de larga duración del currículo de ciencias, tomando en consideración las concepciones de los alumnos. Igualmente sería interesante proponer al inicio de cada tema un conjunto de experiencias adecuado, para dar oportunidad al alumno de acomodar su pensamiento a la experiencia. Otras estrategias serían analizar problemas conceptuales, usar modelos o analogías y construir concepciones alternativas (Driver and Leach, 1993).

Hewson y Beeth (1995) ofrecen una serie de recomendaciones encaminadas a conseguir el cambio conceptual, insistiendo en el debate en el aula de las ideas de los alumnos y la toma en consideración de los aspectos metacognitivos. Para Osborne (1996) el constructivismo presenta como fortaleza el haber generado una gran cantidad de datos empíricos que han contribuido a nuestro conocimiento y comprensión de las dificultades en el aprendizaje de la ciencia, lo que ha permitido el desarrollo de metodologías innovadoras de gran importancia.

I-2. LA ENSEÑANZA POR INVESTIGACIÓN

Desde los años 90 se ha producido un aumento del consenso en torno al modelo de aprendizaje por investigación (Gil, 1994b) así como un desarrollo notable de propuestas relacionadas con este modelo. Sus defensores asumen que para producir cambios conceptuales en los alumnos es preciso situarlos en un contexto de actividad similar a la de un científico (Pozo, 1998). Para estos autores, hacer ciencia escolar es llevar adelante una actividad en la cual la experimentación, las representaciones idealizadas y la discusión se entrecruzan para la construcción de modelos explicativos que han de ser coherentes con los hechos (Sanmartí *et al.*, 2002).

En los documentos oficiales de los países europeos (Eurydice, 2011) se recomienda en la enseñanza de las ciencias algunas actividades motivadoras basadas en investigación, debates, trabajo cooperativo e individual y uso de las TIC.

Mientras que a nivel de primaria la actividad más recomendada es la observación científica, en secundaria obligatoria se propugnan actividades más reflexivas como el diseño y la realización de experimentos, la descripción o interpretación científica de fenómenos o el enmarcar problemas en esquemas científicos. Por tanto, es en la educación secundaria donde comienza a cobrar importancia este enfoque metodológico.

Caamaño (2003) hace una clasificación de las investigaciones en función de la naturaleza del problema que se quiere resolver:

- Investigaciones para resolver problemas teóricos. Plantean problemas de interés en el marco de una teoría. Generalmente provienen de una hipótesis o de una predicción realizada en el desarrollo de un modelo científico escolar.
- Investigaciones encaminadas a resolver problemas prácticos. Son investigaciones que plantean problemas de interés general en el contexto de la vida cotidiana.

En ambos casos, para guiar la investigación se siguen una serie de fases. En ellas no suele faltar el planteamiento del problema, la planificación de un método de resolución, el diseño de un procedimiento para la contrastación de hipótesis, la realización del proceso, la evaluación del resultado y la comunicación de la investigación (Caamaño, 2012). Los educadores han sugerido los beneficios para la enseñanza que suponen este tipo de actividades.

Por otra parte, el laboratorio escolar se encuentra en el centro del proceso. Ejerce un papel protagonista en la enseñanza de las ciencias. Usado apropiadamente, es especialmente importante en la enseñanza por investigación. Sin embargo, algunos factores continúan inhibiendo el aprendizaje en el laboratorio (Hofstein y Luneta, 2003):

- Muchas de estas actividades, antes citadas, continúan siendo “libros de recetas”, que especifican una lista de tareas que los alumnos deben seguir paso a paso.

- La evaluación del conocimiento práctico de los estudiantes y sus habilidades experimentales tiende a ignorarse, por lo que estos no consideran importantes este tipo de actividades.
- Incorporar a la escuela actividades basadas en la investigación viene limitada por la falta habitual de recursos y tiempo de los profesores para desarrollar apropiadamente el currículo de ciencias.

Otros autores añaden algunos obstáculos más a este tipo de aprendizaje:

- La limitada capacidad del alumno obliga a plantear situaciones de investigación muy simplificadas para que el profesor pueda anticipar las dificultades que surgirán durante las clases (Campanario, 1999).
- Los alumnos no siempre están dispuestos a aprender de un modo distinto al que están acostumbrados y les resulta más cómodo recibir pasivamente explicaciones, o puede ocurrir que no encuentran interesante las situaciones tratadas en la investigación (Gil, 1987).

A pesar de las limitaciones encontradas en el uso del laboratorio escolar en el aprendizaje Hofstein y Luneta (2003) insisten en los siguientes puntos:

- Las actividades en el laboratorio tienen un gran potencial como medio de promover el aprendizaje de las ciencias en el alumno.
- Los profesores necesitan consolidar sus conocimientos, habilidades y recursos para enseñar con efectividad en un entorno de aprendizaje práctico.
- Las percepciones y comportamientos en el laboratorio de ciencias se ven influenciados por las expectativas del profesor, la evaluación y las orientaciones de sus cuadernos o guías de trabajo.
- Los profesores deben encontrar el camino adecuado para lograr que sus estudiantes piensen y aprendan en el laboratorio tanto como en la clase.

Minner *et al.*, (2009) realizan una síntesis de estudios sobre el impacto de la enseñanza de las ciencias basada en la investigación. En esta síntesis los autores ponen de manifiesto la diversa interpretación del significado del término. Por ello incluyeron en su síntesis estudios sobre la enseñanza por investigación con las siguientes características:

- Compromiso con los fenómenos científicos.
- Reflexión activa.
- Responsabilidad sobre su aprendizaje.
- Implicación en la investigación.

Las conclusiones del estudio muestran que la enseñanza por investigación influye de un modo positivo en el aprendizaje y la retención de los contenidos por parte de los estudiantes. Las actividades de carácter práctico favorecen el aprendizaje conceptual, si bien el uso intensivo de este tipo de instrucción no muestra mejores resultados de aprendizaje.

Existe la idea equivocada de que el aprendizaje por indagación asegura por sí mismo un aprendizaje significativo. La realidad es que si los estudiantes no poseen previamente un mínimo conocimiento del fenómeno, la actividad no aporta conocimiento relevante (Novak y Cañas, 2006). Esto, unido a las diferencias entre el modo en el que se construye la ciencia y las situaciones de enseñanza-aprendizaje (Gil, 1994a), conducen a la necesidad de que el aprendizaje por investigación sea dirigido por el profesor. De hecho las investigaciones indican que los estudiantes suelen encontrar dificultades para establecer hipótesis contrastables, y trasladar las variables teóricas de sus hipótesis a las variables experimentales, fallan al hacer predicciones y cometen errores al interpretar los datos (De Jong, 2006). El aprendizaje no guiado es una forma poco efectiva de aprender (Klahr y Nigam, 2004) y por tanto la presencia del profesor como guía de aprendizaje es esencial.

Para Watson y Caamaño (1994) el profesor debe tener claras las habilidades y procedimientos que posee el estudiante, cuáles se necesitan para llevar a cabo la actividad y cuáles pueden desarrollarse a lo largo de las tres fases del proceso de investigación: diseño, realización y obtención de conclusiones. La estrategia

propuesta por algunos autores para llevar a cabo un aprendizaje por investigación dirigida consiste en la siguiente secuencia (Gil, 1993,1994a; Gil y Valdés, 1996):

1. Plantear situaciones problemáticas que generan el interés de los alumnos y proporcionan una concepción preliminar de la tarea.
2. Los alumnos, trabajando en grupo, estudian cualitativamente las situaciones problemáticas planteadas y, con ayuda bibliográfica, delimitan el problema y explicitan ideas.
3. Los problemas se tratan con orientación científica: se emiten hipótesis (oportunidad para que las ideas previas salgan a la luz), se elaboran estrategias de resolución (incluyendo diseños experimentales) para la contrastación de las hipótesis a partir del cuerpo de conocimientos del que se dispone, y se analizan los resultados cotejándolos con los obtenidos por otros alumnos (esto puede convertirse en oportunidad de conflicto entre distintas concepciones y obligar a concebir nuevas hipótesis).
4. Los nuevos conocimientos se manejan y aplican a nuevas situaciones para profundizar en los mismos y afianzarlos. En este punto se deben promover las actividades de síntesis que den lugar a la elaboración de productos como esquemas, memorias, mapas conceptuales, etc. y permitan concebir nuevos problemas

Bell *et al.* (2005) van más allá y proponen un modelo en el que incluyen cuatro categorías de investigación, que pueden variar en función de la información que el profesor ofrece al estudiante:

1. Confirmación: los estudiantes confirman un principio a través de una actividad y saben a priori los resultados de la investigación.
2. Investigación estructurada: los estudiantes investigan una cuestión presentada por el profesor haciendo uso de procedimientos que proporciona el profesor.
3. Investigación guiada: los estudiantes investigan una cuestión proporcionada por el profesor usando procedimientos diseñados o seleccionados por ellos mismos.

4. Investigación abierta: los estudiantes investigan cuestiones en torno a un tema, que ellos mismos han formulado usando procedimientos diseñados o seleccionados también por ellos mismos.

Los autores de este modelo ven en él una escala en la que lo ideal sería que los estudiantes fueran progresando de forma continua a lo largo de cada curso de un nivel de investigación al siguiente. Una progresión gradual hacia el nivel más alto de investigación debería venir acompañada de auténticas actividades de aprendizaje por investigación, en las que el profesorado juega un papel importante en su diseño.

Caamaño (2011), basándose en el proyecto APU (Assessment of Performance Unit) (1984), y otros similares propone una serie de fases para la elaboración de trabajos prácticos de investigación en el aula:

5. Fase de percepción del problema, en la que los estudiantes deben captar el problema que han de resolver y decidir qué variables deben ser investigadas.
6. Fase de planificación, en la que los estudiantes discuten qué método usarán para resolver el problema, cuáles son las variables dependientes e independientes y cómo medirlas.
7. Fase de realización, que consiste en montar el dispositivo experimental y los instrumentos de medida necesarios, llevar a cabo la experiencia y la toma de datos, y su tratamiento posterior.
8. Fase de evaluación, que supone la valoración del resultado o resultados obtenidos, a partir de la información de otras fuentes y la comparación con otros grupos.
9. Fase de comunicación, consistente en la redacción de un informe y la comunicación oral de la investigación realizada en los casos que se solicite.

Los últimos avances del aprendizaje por investigación son detallados por De Jong (2006a) y consisten en el uso de simulaciones por ordenador, mediante las que el alumno puede reproducir experimentos y cambiar variables para observar los efectos de los cambios.

Entre las ventajas del aprendizaje por investigación dirigida cabe señalar que favorece la interdisciplinariedad, el aprendizaje colaborativo y el clima de aula. La adopción de este enfoque de enseñanza podría solventar algunos de los problemas que existen en nuestras aulas (Abril *et al.*, 2014). Estudios realizados por Brickman *et al.* (2009) revelan, además, que los estudiantes que trabajan en laboratorios de investigación muestran una mejora significativa en sus competencias científicas. La mayoría de las evaluaciones experimentales sobre este tipo herramientas cognitivas resaltan una mejor adquisición de conocimiento procedimental y habilidades de investigación.

I-3. METODOLOGÍA POR RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

La resolución de problemas suele identificarse con la resolución de problemas numéricos propios de la enseñanza de corte tradicional, basada en rutinas y con solución conocida previamente que poco o nada tiene que ver con situaciones reales. Este tipo de problemas académicos describen una situación que suele ser artificial, introducen algunas modificaciones para inscribir el fenómeno en un marco teórico simple, ofrecen los valores que toman determinadas magnitudes físicas y plantean unas cuestiones con consignas de respuesta más o menos implícitas (Dumas-Carré, 1987).

Para abordar con propiedad la metodología por resolución de problemas es conveniente recordar las tipologías propuestas para ordenar la diversidad de problemas. Es bien conocida la diferencia entre problemas cerrados, que tienen una o varias soluciones, y problemas abiertos, que permiten varias sin que ninguna de ellas pueda señalarse como correcta o equivocada en términos absolutos. Garret (1986) considera a estas situaciones “problemas verdaderos”, pues requieren que el estudiante las reinterprete y no son solucionables ni resolubles, sino tan solo comprensibles. Este autor cree que con este tipo de situaciones es más probable que se produzca aprendizaje significativo. No obstante, cada tipo de situación requerirá distintas destrezas, enfoques y capacidades.

Perales (2000), clasifica los problemas en torno a una serie de criterios:

- Según el campo de conocimiento implicado. La clasificación viene marcada por la disciplina que se está abordando de forma más general (física, química, biología, etc.) o pormenorizada (mecánica, genética, etc.)
- Según la tarea requerida para su resolución. La clasificación sería entonces, problemas cualitativos o cuantitativos.
- Según el procedimiento seguido en su resolución. Podemos encontrar problemas de aplicación directa, que requieren operaciones matemáticas simples como la sustitución de datos en una ecuación; problemas algorítmicos, que implican el seguimiento de un algoritmo para su resolución; problemas heurísticos, consistentes en una planificación previa; problemas creativos, que permiten la adopción de estrategias que no se ajustan a ningún patrón predeterminado, ni garantiza que todos los sujetos lleguen a una solución ni que sea la óptima.
- Según el número de soluciones. Comprende la clásica distinción entre problemas cerrados y abiertos según la respuesta sea única, o que se admitan varias soluciones que a priori no pueden ser rechazadas o aceptadas con certeza.

El papel asignado a los problemas dentro del modelo constructivista se puede resumir en los siguientes puntos:

- Los problemas juegan un papel esencial en el aprendizaje conceptual.
- Su enunciado y resolución deben estar conectados con la experiencia previa del sujeto,
- El objetivo fundamental del problema será facilitar el cambio conceptual.
- La resolución de problemas debe servir para un cambio de estrategias o cambio metodológico.

El modelo de resolución de problemas tiene puntos comunes evidentes con el modelo por investigación. Ambos se radican en el marco constructivista. El arranque es el mismo: se parte de lo concreto, esto es, una situación

problemática. La finalidad del modelo de resolución de problemas es más modesta. Se pretende resolver un problema (cerrado o abierto) que puede ser de papel y lápiz y no necesariamente exige manipulación empírica.

Se propone organizar unidades didácticas articuladas como colecciones de problemas, entendidos como pequeños experimentos, observaciones, tareas de clasificación, etc. (Campanario, 1999). Estos enfoques sitúan en lugar más adecuado la enseñanza de las ciencias, porque la búsqueda de soluciones a situaciones problemáticas es la base de las ciencias experimentales. De hecho, la enseñanza de la ciencia se convierte en una actividad con objetivos claros para los alumnos, cuyo trabajo, que deja de ser estático y cerrado.

Para Torp y Sage (2002) el aprendizaje basado en problemas se centra en el aprendizaje basado en la experiencia y organizado alrededor de la investigación y problemas del mundo real, incorporando dos procesos complementarios, la organización del currículo y la estrategia de instrucción. Este enfoque de aprendizaje incluiría tres características fundamentales:

- Compromete a los estudiantes con una situación problemática.
- Organiza el currículo alrededor de un problema general que genera en los estudiantes un aprendizaje significativo.
- Crea un entorno de aprendizaje en el que los profesores guían el pensamiento y e indagaciones de los alumnos facilitando niveles profundos de conocimiento.

Los autores defienden este enfoque porque proporciona experiencias que promueven el aprendizaje activo y la construcción del conocimiento, integran la vida real con el aprendizaje escolar y aumentan la motivación de los alumnos.

La mayor parte de la investigación generada en este modelo estudia la conversión de problemas en una actividad de resolución. Y esto se enfoca de dos modos: convirtiendo problemas tradicionales en otros de investigación y planificando el currículo en torno a unos ejes problemáticos que contemplan el conjunto de acciones necesarias para darles respuesta.

Existen propuestas de aplicación de este modelo al currículo de la ESO, como la de Guisasola y De la Iglesia (1997) que describen con detalle un proyecto curricular basado en la resolución de situaciones problemáticas. En este proyecto los autores presentan criterios para la organización y secuencia de los contenidos, las características del proceso de evaluación y la ejemplificación de alguno de sus apartados.

Siguiendo la misma idea, aunque variando el contexto, Carrascosa (1995) propone fomentar los trabajos prácticos de tipo investigación, partiendo de situaciones problematizadas ante las que hay que emitir hipótesis, diseñar experimentos, analizar resultados y elaborar conclusiones. De este modo se integrarían las clases de teoría, de problemas y de laboratorio en un modo común de acción. En esta misma línea otros autores (De Anta *et al.*, 1995) centran su atención en la prensa escrita como fuente de situaciones problemáticas.

La resolución problemas es considerada un medio para la adquisición de habilidades relacionadas con el aprendizaje de la ciencia, un instrumento para evaluar dicho aprendizaje, y a la vez es útil para diagnosticar ideas previas, adquirir habilidades cognitivas, promover actitudes científicas y acercar el conocimiento científico a lo cotidiano (Perales y Cañal, 2000). Sin embargo, el objetivo, enseñar ciencias aproximándonos a ellas a través de los problemas, sólo es sostenible si lo que deseamos enseñar es el proceso y no el resultado de la ciencia. Nuestra visión no debe limitarse a una serie de técnicas que emplean los científicos (observación, interpretación, experimentación controlada, comprobación de hipótesis, etc.), sino que debe tener en cuenta el contexto en el que se desarrolla la ciencia (Garret, 1995).

El aprendizaje basado en problemas presenta algunas limitaciones. Una de ellas es la alta dedicación exigida al profesor que debe seleccionar y secuenciar adecuadamente los problemas para lograr el interés de los alumnos y el grado de coherencia adecuado de los contenidos. Otra sería la mayor dedicación que el procedimiento exige a los alumnos que, en general, provienen de ambientes educativos tradicionales (Campanario, 1999).

I-4. EL MOVIMIENTO CTS

En respuesta a la crisis de la enseñanza de las ciencias surgen movimientos como el de CTS y el de alfabetización científica y tecnológica (Vázquez et al, 2005). El movimiento CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) se extiende en los años 80 a la enseñanza con la pretensión de comprender mejor los problemas de base científica a los que se enfrenta la humanidad y esclarecer las relaciones ciencia – tecnología – sociedad. Se cuestiona la imagen de una ciencia y una tecnología aisladas del contexto social, político y económico, al tiempo que surge una conciencia crítica respecto a los efectos negativos de la ciencia y la tecnología (Sanmartín y Luján, 1992).

Dentro de este movimiento se pueden considerar varias orientaciones no excluyentes (Membiela, 2002). Entre ellas destacan:

- La orientación interdisciplinar, cambiando el enfoque puramente disciplinar de la educación científica por una orientación extendida a los estudios sociales, la geografía o la historia.
- El estudio de de las cuestiones problemáticas, que se ocupa de problemas locales que afectan a la población (las drogas, la contaminación del agua, etc.).

El movimiento CTS tiene como objetivo formar como ciudadanos a los alumnos (Membiela, 1995) para que sean capaces de tomar decisiones informadas y acciones responsables, además de alcanzar el pensamiento crítico y la independencia intelectual (Rubba y Randall, 1988; Aikenhead, 1987). Debido a los objetivos que persigue, la educación CTS en secundaria suele considerarse una innovación en el currículo escolar (Acevedo, 1997), que da prioridad a contenidos actitudinales así como a normas y valores relacionados con la intervención mutua de la ciencia y la tecnología con la sociedad. De ahí que de este movimiento se reclame la incorporación a los currículos escolares de la dimensión cultural de la ciencia, sus relaciones con la tecnología, y su contexto social, político y económico lo más cercanamente posible a la experiencia cotidiana de los estudiantes (Acevedo y Acevedo, 2002).

La inclusión de los contenidos CTS dentro del currículum escolar puede además contribuir a (Solbes y Vilches, 1997; Acevedo y Acevedo, 2002; Solbes y Vilchez, 2005):

- Dar sentido a los conocimientos aprendidos potenciando su utilidad fuera del aula.
- Transmitir una visión adecuada de cuáles son los problemas de la humanidad, sus causas y las medidas a tomar.
- Hacer comprender el papel de la ciencia y la tecnología en la solución de estos problemas.
- Evitar rupturas entre ciencia y tecnología.
- Motivar al alumno, favoreciendo actitudes hacia la ciencia y la tecnología.
- Demostrar una imagen más contextualizada del conocimiento científico.
- Conocer con mayor profundidad los problemas asociados a la construcción del conocimiento científico, ayudando así a comprender el rol de la ciencia, la tecnología y los científicos.

Los autores recomiendan la introducción de actividades CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad) en asignaturas de ciencias experimentales y tecnología (Solbes y Ríos, 2003). No obstante, existen dos maneras de enfocar la educación CTS: una centrada en cuestiones científicas y tecnológicas relevantes que afectan a la sociedad y otra basada en aspectos sociales y culturales de la ciencia y la tecnología (Acevedo *et al.*, 2002). El primero de ellos es el más frecuente debido a que trata de temas en los que aparecen las interacciones de las ciencias y la tecnología con la vida cotidiana. Sin embargo, el profesorado muestra más dificultades para enfocar la inserción de actividades CTS y parece necesario incidir en la formación específica de los profesores a la hora de introducir estos contenidos. Estudios realizados muestran limitaciones de los profesores de secundaria tanto para relacionar adecuadamente ciencia y tecnología como en contenidos acerca de la naturaleza y la historia de la ciencia y la tecnología (Aikenhead, 2005).

El movimiento CTS no está exento de críticas. Algunos autores no creen (Marco-Stiefel, 1997) que este enfoque cubra los niveles de alfabetización científica

necesarios. Para Cheek (1992), aunque está demostrado que la inclusión de actividades CTS mejora las actitudes hacia la ciencia y la comprensión de sus relaciones con la tecnología y la sociedad, existen dificultades a la hora de poner en práctica este enfoque, entre las que destacan:

- La formación disciplinar del profesorado choca con el enfoque interdisciplinar de la perspectiva CTS.
- El temor del profesorado a perder su identidad por preocuparse de cuestiones que están fuera de la ciencia.
- La ausencia de enfoque CTS en los exámenes externos, lo que influye negativamente en su aplicación.
- La preocupación por tener que reducir el número de conceptos científicos enseñados a los estudiantes o tener que dedicarles menos tiempo comprometiendo los resultados académicos.

No obstante, los defensores del movimiento CTS afirman que estas críticas carecen de fundamento siempre que se planifiquen las actividades cuidadosamente, mostrando de forma explícita las relaciones mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad (Acevedo et al, 2003). Para Membiela (2005), introducir de forma adecuada CTS en la enseñanza de las ciencias supone transformar las prácticas educativas apartándolas de la enseñanza por transmisión, informativa y disciplinar.

I-5. LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

La alfabetización científica como finalidad educativa toma fuerza en los años 80 y, sobre todo en los 90 (Laugksch, 2000) impulsada muy particularmente por la AAAS (American Association for Advancement of Science) (AAAS, 1993; Bybee, 1997). Coincidiendo con el desarrollo de numerosas reformas educativas en distintos países surge la necesidad de promover una “alfabetización científica y tecnológica” de los ciudadanos presentada como “lo que el público en general debería saber sobre ciencias” (Durant, 1993, p.129). Los movimientos de alfabetización científica relacionan ciencia y vida cotidiana hasta el punto de considerar que la habilidad de

los alumnos para utilizar sus conocimientos científicos en su vida diaria es la esencia de su alfabetización (Collins, 1997).

El significado del término “alfabetización científica y tecnológica” ha sido objeto de estudio y análisis a lo largo de los últimos años. Hodson (1992) distingue tres elementos básicos en la alfabetización científica:

- a) Adquisición de conocimientos científicos, seleccionados de entre el cuerpo de conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales.
- b) Comprensión de la naturaleza de la ciencia, sus métodos e interacciones con la sociedad.
- c) Aprender a hacer ciencia, es decir familiarizarse con la actividad de planteamientos y tratamientos científicos de problemas.

No obstante, según Gil (1994a) a estos elementos habría que añadirles una aproximación a la tecnología precientífica, es decir, previa a la revolución científica, y un interés crítico por la actividad científica, sus productos y su papel en nuestra sociedad.

¿Qué es entonces una persona alfabetizada científicamente? La NTSA (National Science Teacher Association) (en AAAS, 1993) la define a como aquella que es capaz de comprender las relaciones entre la sociedad, la ciencia y la tecnología, usa conceptos, destrezas y valores científicos en su toma de decisiones, y conoce fuentes fiables de información científica siendo capaz de incorporarlas a su toma de decisiones.

En un análisis más detallado, Kemp (2002) afirma que en el concepto de alfabetización científica y tecnológica pueden distinguirse tres dimensiones: conceptual (conceptos de ciencia y relaciones CTS); procedimental (obtención de la información científica, aplicación de la ciencia en la vida cotidiana, utilización de la ciencia con propósitos sociales); afectiva (aprecio e interés por la ciencia). Establece, además, tres tipos de alfabetización científica: personal, práctica y formal. Esta última posee un carácter más global e implica el conocimiento de conceptos científicos, la comprensión de la naturaleza de la ciencia y de las relaciones CTS. Incluiría, además, el saber obtener, utilizar y comunicar información científica, ser

capaz de usar la ciencia en la vida cotidiana y participar democráticamente en la sociedad para tomar decisiones sobre asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología, así como interesarse por la ciencia y estar al día de las novedades científicas.

Reid y Hodson (1993) proponen que una educación dirigida hacia una cultura científica básica debe contener:

- Conocimientos de hechos, conceptos teorías científicas.
- Aplicaciones del conocimiento científico en situaciones reales y simuladas.
- Habilidades y tácticas de la ciencia (procedimientos y uso de aparatos e instrumentos).
- Resolución de problemas aplicación de habilidades tácticas y conocimientos científicos a investigaciones reales.
- Interacción con la tecnología, mediante la resolución de problemas prácticos.
- Cuestiones socio-económico-políticas y ético-morales en ciencia y tecnología.
- Historia y desarrollo de la ciencia y la tecnología.
- Estudio de la naturaleza de la ciencia y la práctica científica.

La alfabetización científica para todos los ciudadanos, entendida como una enseñanza de la ciencia que no excluye a nadie, tiene una de sus manifestaciones más destacadas en la iniciativa “ciencia para todos” (Fensham, 1985,1995; Garritz, 2005; Hodson y Reid, 1988). Se argumenta la necesidad de que los gobiernos inviertan en una educación científica que llegue a todos los estudiantes mediante su en el currículo y el apoyo de la educación no formal. Esto exige un cambio de paradigma en la escuela para lograr acercar la ciencia a los alumnos de una forma asequible y atractiva.

Gran parte de las recomendaciones internacionales sobre alfabetización científica y tecnológica para todas las personas coinciden con propuestas llevadas a

cabo por el movimiento CTS, (Acevedo *et al.*, 2003) entre otras: El papel humanístico y cultural de la ciencia y la tecnología, la consideración de la ética y los valores en este ámbito, y la presentación de la tecnología como elemento que facilita la conexión con el mundo real.

Tras el tiempo transcurrido desde sus inicios, las propuestas de trabajo basadas en esta iniciativa siguen encaminadas a tres aspectos básicos: 1) un currículum centrado en proporcionar el conocimiento científico necesario para una toma de decisiones responsable y comprometida con la cultura y la sociedad, 2) enfoques de enseñanza que prioricen las “grandes ideas” de la ciencia evitando detalles innecesarios y 3) la búsqueda de una metodología de aprendizaje que permita alcanzar estas aspiraciones (Millar, 2012). En la misma línea encontramos “ciencia para la ciudadanía”, con el objetivo de capacitar a nuestros alumnos como “futuros ciudadanos” para tomar decisiones sobre problemas sociales de base científica (Marco, 2000).

La necesidad de alfabetización científica extendida a todos los ciudadanos es incompatible con una finalidad propedéutica de la enseñanza de las ciencias, es decir, con una ciencia escolar relevante sólo para proseguir estudios científicos superiores (Acevedo, 2004; Gil y Vilches, 2001). Esto evidencia la necesidad de cambios en el currículo de ciencias experimentales. En los países anglosajones, estos cambios se orientan a situaciones de la vida cotidiana y relaciones de la ciencia con cuestiones sociales y tecnológicas (Membiela, 1997). Algunos autores (Vilches *et al.*, 2004) proponen reorientar la enseñanza a través de la inmersión en la cultura científica y llevar a cabo esta inmersión a través de un trabajo de innovación basado en el tratamiento de situaciones problemáticas relevantes. En resumen, la mayor parte de investigaciones realizadas apuntan a la necesidad de pasar de una transmisión de conocimientos elaborados a plantear el aprendizaje como una construcción del conocimiento mediante una actividad abierta y creativa, orientada por el profesor (Gil y Vilches, 1999).

La legislación educativa en España no es ajena a la idea de alfabetización científica. Desde la implantación de la LOGSE y en sucesivas reformas educativas ha tomado mayor protagonismo. En la exposición de la LOE, Anexo II del decreto

de enseñanzas mínimas de la ESO (RD 1631/2006) correspondiente a la materia de Ciencias de la Naturaleza, se afirma lo siguiente:

La educación secundaria obligatoria ha de facilitar a todas las personas una alfabetización científica que haga posible la familiarización con la naturaleza y las ideas básicas de la ciencia y que ayude a la comprensión de los problemas a cuya solución puede contribuir el desarrollo tecnocientífico (M.E.C., 2007a: 690).

I-6. CIENCIA Y TECNOLOGÍA

A pesar del reconocimiento de la importancia del desarrollo tecnocientífico en la sociedad actual, la visión de quienes se encargan de la alfabetización tecnológica en la educación secundaria sigue siendo distorsionada en lo que respecta a la tecnología y a sus relaciones con la ciencia y la sociedad. Incluso se sigue definiendo la tecnología como “ciencia aplicada” (Ferreira *et al.*, 2012).

Dentro del marco de alfabetización científica hay que prestar una especial atención a la tecnología. Su introducción en el currículo debe entenderse como una visión específica del mundo diferente de la visión tradicional de la ciencia (Cajas, 1999). La comprensión necesaria en un contexto tecnológico es muy diferente de la comprensión analítica de la ciencia, puesto que en tecnología la comprensión es un instrumento más que un fin.

La tecnología como área de conocimientos no es un conjunto acotado, y en un sentido amplio se puede decir que existen tantas tecnologías específicas como tipos de problemas a resolver (Acevedo, 1996). Todo esto lleva a definir diversos componentes en la tecnología:

- Un componente científico-tecnológico que realza las relaciones mutuas entre ciencia y tecnología respetando sus finalidades y objetivos propios.
- Un componente histórico cultural, que se ocupa de los cambios que provocan en la sociedad las técnicas desarrolladas por la humanidad y de cómo la sociedad condiciona la actividad tecnológica.
- Un componente verbal-iconográfico, que muestra las diversas formas de expresión y comunicación propias de la tecnología.

- Un componente técnico-metodológico, entendido como el conjunto de capacidades y destrezas técnicas necesarias para manipular los instrumentos y fabricar los productos tecnológicos.

Esta diversidad de componentes nos conduce a plantear diversas opciones para la educación tecnológica en la enseñanza, desde el estudio transversal de la tecnología a la integración de las tecnologías en las disciplinas del área de ciencias, sobre todo la física y la química, pasando por una tercera opción que consistiría en el tratamiento disciplinar como área, tal y como aparece en los últimos años en nuestro sistema educativo.

Algunos autores apuestan por una mayor integración entre ciencia y tecnología (Acevedo, 1996), dada su mutua dependencia y la necesidad cada vez más prioritaria de alfabetización científico-tecnológica de los futuros ciudadanos. Nos situamos pues en un terreno fronterizo con otros dos más estudiados: la tecnología y la museología. Las diferencias, a veces difusas, son que la primera (Cajas, 1999) constituye una disciplina donde el dispositivo es el protagonista indiscutible y sus conexiones con la teoría son menos rígidas; la segunda (Rahm, 2004) forma parte de la educación no formal y, por tanto, es menos sistemática y más interactiva.

El reflejo de esta interdisciplinaridad y la incidencia de la tecnología en otros campos de conocimiento, especialmente en las ciencias de la naturaleza son algunos de los cambios sugeridos en el currículo para lograr una adecuada alfabetización científica (Marco, 2003). Uno de los caminos propuestos es la inclusión de actividades CTS en asignaturas de ciencias experimentales y tecnología, estableciendo problemas comunes sobre sus relaciones mutuas o sobre sus interacciones sobre la sociedad (Solbes, 2003). Mediante el estudio de funcionamiento de aparatos y dispositivos de nuestro entorno se puede lograr el espacio común que permita una mayor coordinación entre las áreas de tecnología y ciencias (Olartecochea, 2003).

Dentro de la tecnología, en lo que respecta a los dispositivos en la enseñanza y, particularmente en los manuales, tradicionalmente ha ido encaminado a brindar ejemplos a la teoría. En el ámbito de la enseñanza renovada de las ciencias,

aunque, en general, sigue con este cometido, también se intenta prestar atención al propio dispositivo, que se convierte de este modo en objeto de enseñanza por sí mismo. En cualquier caso, aunque aparezca subordinado a la teoría, el protagonismo con que es presentado suele ser, en general, mayor que en la enseñanza tradicional porque trata de detenerse en el aparato y explicarlo, poniendo en claro su funcionamiento, es decir, el mecanismo por el cual desarrolla su actuación. Para ello es necesario recurrir al fundamento, que aporta la base teórica sobre la que descansa. Desde la óptica del alumno, si el dispositivo es ya familiar, aprende por qué y cómo funciona; si no lo es, conoce además su existencia y utilidad (Fernández y Torres, 2006).

I-7. CIENCIA CONTEXTUAL

El interés por la ciencia basada en el contexto ha crecido en los últimos años entre los investigadores y diseñadores del currículo (Pilot y Bulte, 2006). De hecho, nos encontramos dos modalidades de utilización del contexto en la enseñanza de las ciencias: uno que partiendo de los conceptos explica el contexto y otro que parte del contexto para desarrollar los conceptos. Este último, es el que propiamente se ha llamado enseñanza contextualizada de las ciencias (Caamaño, 2011).

De Jong (2006b) considera los contextos como situaciones que ayudan a los estudiantes a dar significado a los conceptos. Clasifica, además, el contexto atendiendo al ámbito o dominio que concierne. Así tenemos:

- Los contextos del ámbito personal, que son importantes para los alumnos porque contribuyen a su desarrollo personal al conectar la ciencia con sus propias vidas.
- Los contextos sacados del ámbito social, que basan su importancia en la contribución de la escuela a preparar estudiantes como ciudadanos responsables clarificando los roles y objetivos de la ciencia.
- Los contextos procedentes del ámbito de la práctica profesional, los cuales tienen importancia en la preparación de los ciudadanos de cara a su futuro profesional.

- Los contextos del ámbito científico-tecnológico, que son clave en el desarrollo de la alfabetización científica y tecnológica de los estudiantes.

Entre los conceptos y el contexto puede existir una relación única o múltiples. El significado del concepto variará en función del contexto en el que se defina, ya sea el campo de conocimiento en el que se encuentra o el orden de presentación en la enseñanza.

La enseñanza contextual aborda el problema de transferir el conocimiento escolar al mundo real. Las investigaciones demuestran que los alumnos habitualmente tienen dificultades en transferir los conceptos científicos a fenómenos cotidianos usuales. Pero también las dificultades surgen al intentar transferir los conceptos a contextos diferentes al estudiado, ya que el contexto ayuda a definir el significado del contenido y viceversa.

Dentro de la ciencia contextual hay que destacar por su interés la ciencia cotidiana, que presta atención al estudio de fenómenos, materiales y aparatos de nuestra vida diaria (Costa, 1995). La contextualización, o lo que es lo mismo, la relación de la ciencia con la vida cotidiana de los estudiantes tiene entre sus objetivos que al finalizar sus estudios, tengan una visión global de los diseños tecnológicos de nuestra sociedad, que puede permitirles afrontar los retos que surjan (Cajas, 2001). De hecho, el argumento más frecuente de quienes defienden la enseñanza contextualizada de las ciencias es que proporciona relevancia al aprendizaje de la ciencia escolar (Campbel *et al.*, 1994).

Según De Jong (2006a), para lograr que la enseñanza basada en el contexto tenga éxito se deben cumplir varios requisitos:

- a) Desde la perspectiva del estudiante, es importante seleccionar cuidadosamente el contexto que se incorpora a las lecciones de ciencias, especialmente si son usados como puntos de partida en la enseñanza. Hay que procurar que sean relevantes y despierten el interés de los estudiantes.
- b) Desde la perspectiva del currículo, es muy importante tener en cuenta la posición que ocupan los contenidos contextuales. Si se usan como complemento a los contenidos centrales, pueden no resultar significativos para estudiantes y profesores.

c) Desde el punto de vista del profesor, es importante que la enseñanza basada en el contexto se lleve a cabo de un modo correcto, y esto se consigue con una formación adecuada del profesorado para la producción de materiales contextuales.

Informes como *Beyond 2000*, publicado en 1998 en el Reino Unido, sugieren que todos los estudiantes deberían seguir un currículum con contenidos de ciencia cotidiana desde los 14 años (Feinstein, 2009). Numerosos estudios en diferentes países muestran que el enfoque de la enseñanza de las ciencias basado en el contexto incrementa la motivación de los estudiantes (Ramsdem, 1994; Sutman y Bruce, 1992) sin afectar negativamente a la comprensión de ideas científicas (Bennet *et al.*, 2003).

Los autores que se preocupan por enlazar con la realidad el currículo de algunas asignaturas científicas proponen la utilización de la ciencia cotidiana como eje central (Jiménez *et al.*, 2002). Algunas experiencias muestran cómo los profesores crean nuevos entornos de aprendizaje en sus lecturas sobre investigaciones en ciencia y tecnología desde una perspectiva social-constructivista (Roth, 1997). Los fenómenos cotidianos como núcleo central para aprender contenidos científicos surgen de la necesidad de mejorar la motivación de los alumnos y persiguen además objetivos comunes a la alfabetización científica. Esto sin embargo hace temer que en ocasiones los profesores de secundaria puedan considerar utópicos estos objetivos (Jiménez *et al.*, 2002).

Habitualmente, los materiales de temática contextual aparecen en los manuales y documentos escolares como aplicación o ejemplo de los contenidos disciplinares, si bien también pueden encontrarse como arranque del modelo de investigación, o como estrategia de introducir un componente lúdico como es el caso de la ciencia recreativa. El nivel de presencia de contenidos contextuales en los libros de texto ha sido estudiado por algunos autores (Sánchez *et al.*, 2001), como también algunos aspectos relacionados con la vida cotidiana (p.e. la química en la cocina) (Jiménez y López, 2010), que facilitan la construcción de modelos por parte de los alumnos.

Estudios recientes demuestran que la inclusión de lo cotidiano en los textos escolares juega un valioso papel, bien como parte de la teoría o como simple elemento motivador. Esto se debe a que no sólo acerca la teoría a la realidad, sino también porque contribuye a borrar la falsa idea de que la ciencia sólo se encuentra en los laboratorios (Fernández y Jiménez, 2013).

Dentro de las iniciativas de la enseñanza de la ciencia basada en el contexto, hay que mencionar los cursos para estudiantes de enseñanza secundaria “Salters Advanced Chemistry” y “Salters Horners Advanced Physics”, surgidos en el Reino Unido en los años 80 con la finalidad de hacer estas disciplinas más atractivas a los alumnos. Las investigaciones realizadas han puesto de manifiesto que la introducción de la ciencia contextual y los contenidos CTS desarrollan actitudes positivas en los estudiantes hacia la ciencia, a la vez que los niveles de comprensión de las ideas científicas es comparable al obtenido mediante enfoques convencionales. La longevidad de estos proyectos es la prueba de que han supuesto una innovación curricular exitosa. (Bennett y Lubben, 2007; Bennett *et al.*, 2007).

Es digno de señalar la adaptación en nuestro país del proyecto Salters, viendo las sugestivas aportaciones transversales y contextuales. Así, la Química se incorporó desde el año 95 y la Física desde el 2005, a nivel equivalente a nuestro bachillerato. Entre sus objetivos destacan los siguientes: mostrar los métodos que utiliza la ciencia y las áreas más importantes de investigación, enfatizar la relación de la física y la química con nuestra vida cotidiana y ampliar el abanico de actividades de aprendizaje que se utilizan en la enseñanza de la física y la química, siempre con un tratamiento riguroso que proporcione la base suficiente para proseguir futuros estudios (Plana *et al.*, 2005; Caamaño *et al.*, 1999).

En España, tras la reforma educativa de la LOGSE, se tiende a contextualizar el currículo e introducir la orientación CTS. Esto se produce en el momento idóneo, ya que las etapas obligatorias fijan sus objetivos en una “ciencia para todos”, es decir, una ciencia que valga para los futuros ciudadanos aunque luego no sigan estudios científicos (Caamaño, 1995). Otro acierto en la línea de ciencia contextual y enfoque CTS lo podemos encontrar en la inclusión de una asignatura obligatoria

común a todos los alumnos como la implantada en nuestro país con el nombre de “Ciencias para el mundo contemporáneo” (MEC, 2007b).

Los cambios en el sistema educativo de los últimos años reflejan el hecho de que la sociedad en la que vivimos incorpora con rapidez a nuestra vida cotidiana cambios científicos y tecnológicos. Esto hace que los documentos oficiales de los países europeos recomienden un abanico de aspectos contextuales que se deben abordar en los centros de primaria y secundaria obligatoria (Eurydice, 2011). Entre estos aspectos se mencionan la ciencia y la tecnología de la vida cotidiana, el medio ambiente y la sostenibilidad, el cuerpo humano, la ética y el contexto social de la ciencia, y la historia y filosofía de las ciencias.

Siguiendo las recomendaciones de la OCDE y la Unión Europea, en el decreto de enseñanzas mínimas de la ESO (RD 1631/2006) se introducen ocho competencias básicas encaminadas a formar un marco común europeo. La competencia centrada en la ciencia recibe el nombre de *competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico*. En el anexo I de este decreto se define tal competencia como:

La habilidad para interactuar con el mundo físico, tanto en los aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que se posibilite la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de los seres vivos (MEC, 2007: 687)

En el anexo II de este decreto se concretan los objetivos, contenidos, y criterios de evaluación de la materia Ciencias de la Naturaleza, siendo el primero de los objetivos:

Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de las ciencias de la naturaleza para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de desarrollos tecnocientíficos y sus aplicaciones (MEC, 2007: 693).

Y en el apartado correspondiente a la materia de Tecnología, encontramos otra referencia a la necesidad del conocimiento científico, como base de los objetos tecnológicos:

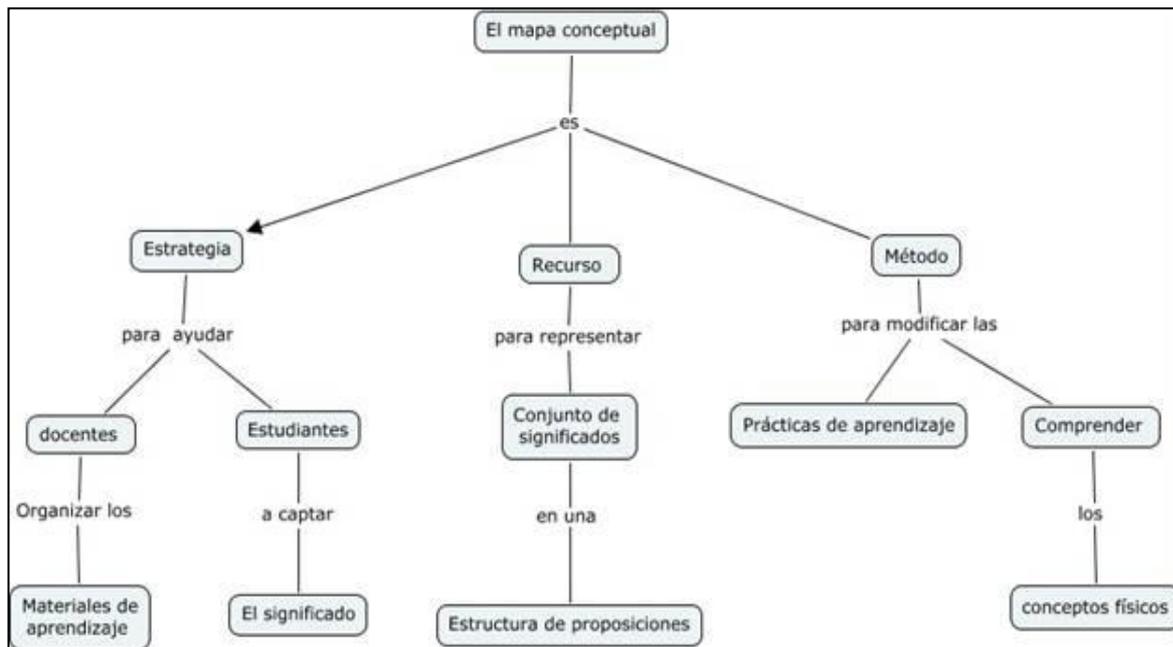
La puesta en práctica de este proceso tecnológico exige a su vez un componente científico y técnico. Tanto para conocer y utilizar mejor los objetos tecnológicos como para intervenir en ellos es necesario poner en juego una serie de conocimientos sobre el funcionamiento de determinados fenómenos y sobre los elementos principales que constituyen las máquinas (M.E.C., 2007: 766).

Debe recalarse como idea principal de todo lo dicho anteriormente que, si bien ha quedado probado que el uso de la ciencia contextual tiene un impacto positivo sobre las competencias de los alumnos relacionadas con el diseño experimental, si queremos que los estudiantes hagan uso de su comprensión científica para resolver problemas de la vida cotidiana no basta con enseñarles la ciencia a través del contexto. Además de usar el contexto debemos enseñar a los alumnos a seleccionar los conceptos científicos más relevantes para resolver esos problemas (Campbell y Lubben, 2010).

II. ESTRATEGIAS Y RECURSOS DE ENSEÑANZA

II-1. MAPAS CONCEPTUALES

Un mapa conceptual es una herramienta que organiza y representa conceptos y las relaciones entre ellos mediante líneas, flechas y palabras de enlace. El resultado es una estructura jerarquizada que evidencia las conexiones entre determinados conceptos y la inclusión de unos en otros. Los mapas conceptuales fueron diseñados por Novak con el objetivo de que los alumnos aprendiesen significativamente. Desde entonces, numerosas investigaciones han demostrado que la elaboración de mapas conceptuales ayuda a lograr un aprendizaje más efectivo y su utilidad trasciende el aula y se introduce en el campo de la investigación en didáctica de las ciencias (González, 1992).



Qué es un mapa conceptual explicado por un mapa conceptual.

<http://www.aiu.edu/publications/student/spanish/131-179/Conceptual-Map-on-Modern-Physics.html>

Los mapas conceptuales son una técnica presentada por Novak (1990) como una estrategia, un método y recurso esquemático. Estrategia para ayudar a los estudiantes a aprender y a los educadores a organizar los materiales de enseñanza; método, para facilitar a educadores y estudiantes a captar el significado de lo que se quiere aprender; y recurso esquemático encaminado a representar conceptos.

Según Novak, en un mapa conceptual pueden distinguirse: conceptos (cada concepto aparece una sola vez), palabras de enlace (vinculan conceptos), y proposiciones (forman una unidad semántica que consta de dos o más conceptos unidos por palabras enlace y afirman o niegan algo de un concepto).

La forma de organización de los conceptos en un mapa conceptual hace que éste posea unas características que lo diferencian de otras formas de representación de la de la información.

- La jerarquización. Los conceptos se ordenan de mayor a menor importancia o de lo más general a lo más específico. Los ejemplos se sitúan en último lugar y no se enmarcan.
- La selección. En un mapa conceptual se encuentran seleccionados los conceptos más importantes. Previamente a la construcción del mapa se deben seleccionar los conceptos más importantes.
- El impacto visual. Es la medida en la que el mapa conceptual está bien elaborado y es más claro, simple o vistoso, ya que la distribución espacial de los conceptos es fundamental para la comprensión.
- La inclusión de enlaces cruzados, que marcan las relaciones entre conceptos de diferentes dominios del mapa conceptual y que facilitan el pensamiento creativo, considerado uno de los niveles más altos del aprendizaje significativo.

Aunque normalmente tengan una organización jerárquica, los mapas conceptuales no deben confundirse con otro tipo de diagramas (organigramas, diagramas de flujo), pues no implican ni secuencias ni jerarquías organizativas. Los mapas conceptuales son diagramas de significados y relaciones significativas o jerarquías conceptuales (Moreira, 1998).

Para elaborar un mapa conceptual hay que prestar especial atención a qué conceptos son más relevantes y qué relaciones conceptuales pueden establecerse, sin perder de vista que no existe un único mapa conceptual correcto. Según Gómez y Molina (1999), para su construcción deben tenerse en cuenta las siguientes ideas:

- Los mapas recogen un número pequeño de conceptos e ideas, los más importantes.
- Hay que comprender el significado de los conceptos, mediante ejemplos, análisis e ideas simples.
- Deben aislarse conceptos y palabras enlace y darse cuenta de las diferentes funciones que desempeñan.
- Los mapas presentan un medio de visualizar conceptos y relaciones jerárquicas entre ellos. La jerarquía del mapa nos obligará a poner los

conceptos más generales en la parte superior y los menos generales o inclusivos en la parte inferior.

- Los mapas sirven para observar los matices y el significado que un estudiante asigna a los conceptos.

Para Novak, el mapa conceptual es una proyección práctica de la teoría del aprendizaje de Ausubel. Inicialmente fueron aprovechados para explorar la estructura cognitiva del alumno y mostrar al estudiante y al profesor lo que el estudiante ya sabe (Novak y Gowin, 1988). La estructura del mapa conceptual puede actuar como un andamiaje para organizar el conocimiento. Mediante la jerarquización se favorece la “diferenciación progresiva” de los conceptos y mediante la identificación de conceptos generales se puede conseguir que el material de aprendizaje sea conceptualmente claro. Esta es una condición exigida por el constructivismo para lograr el cambio conceptual (ap. I-1).

El uso de mapas conceptuales concuerda con un modelo educativo centrado en el alumno, que atiende al desarrollo de destrezas en contraposición al aprendizaje memorístico, y que pretende un desarrollo armónico de todas las dimensiones de la persona.

No obstante, el valor del mapa conceptual depende de la meta que se pretende conseguir y su eficacia dependerá del contexto. Para definir el contexto puede formularse una “pregunta de enfoque” que especifique el problema o cuestión sobre la que trate el mapa conceptual. Tanto la pregunta de enfoque como el concepto raíz del mapa tendrán una fuerte influencia en su calidad (Derbentseva *et al.*, 2006). Otro punto de partida para el mapa puede ser una lista de conceptos sugeridos por el profesor y que deben estar incluidos en el mapa desarrollado por los alumnos. Esta técnica recibe el nombre de estacionamiento.

Un mapa conceptual no debe considerarse nunca completamente terminado, ya que pueden serle agregados más conceptos (Novak, 2006). Al igual que dos mapas conceptuales sobre el mismo tema pueden ser igualmente válidos. En consecuencia, puede resultar interesante el uso de programas de software para su producción, como el CmapTools (Cañas *et al.*, 2004) (en <http://cmap.ihmc.us>) del

IHMC (Institute for Human and Machine Cognition), que cuenta con la colaboración del profesor Novak.

En relación al profesorado, los mapas conceptuales ayudan a identificar, comprender, relacionar y organizar los conceptos que se pretenden enseñar, incluso si los conceptos son abstractos, intuitivos o no se mencionan directamente (Cullen, 1990). Si un mapa es explicado por quien lo hace, al exponerlo se externalizan sus significados y adquiere mayor valor didáctico. Si son empleados en la planificación del currículo, permitirán el diseño del material en torno a lo que el alumno conoce (Ballesteros *et al.*, 1997). Según el grado de generalización, el mapa servirá para planificar todo un curso, una unidad didáctica o incluso para seleccionar materiales de enseñanza.

Por otra parte, los mapas conceptuales se pueden usar como herramienta de investigación en didáctica de las ciencias, habiéndose usado para detectar las preconcepciones de los alumnos y cómo cambian durante el proceso de aprendizaje (Xiufeng, 2004),

En relación al alumno los mapas conceptuales pueden servir como técnica de estudio o como una herramienta para la construcción de los conocimientos a través de un análisis reflexivo individual o grupal. Investigaciones recientes muestran que cuando los estudiantes trabajan en pequeños grupos se obtienen resultados positivos a nivel cognitivo y de motivación (Johnson *et al.*, 1981, 1999). Cuando trabajan de forma cooperativa en grupos y usan mapas conceptuales, el aprendizaje es mayor (Preszler, 2004).

Los mapas conceptuales facilitan la comprensión, ayudan a relacionar los nuevos conceptos con los que el alumno ya posee y proporcionan al profesor información sobre la estructura cognitiva del alumno en relación a un cuerpo de conocimientos (González e Iraizoz, 2001), por lo que constituyen un valioso recurso de enseñanza. Además, también contribuyen a desarrollar otros valores educativos: son una buena estrategia para el desarrollo de la capacidad de pensar a través de la síntesis, la estructuración y las relaciones entre conceptos, y el pensamiento creativo con la producción de soluciones originales a los problemas.

Otra de las aplicaciones de los mapas conceptuales es que pueden convertirse en un valioso instrumento de evaluación del aprendizaje (Moreira y Buchweitz, 1993). Las evaluaciones basadas en mapas conceptuales deben poseer las características siguientes: ser tareas que inviten a los estudiantes a proporcionar evidencia de la estructura de su conocimiento en un dominio, presentar un formato adecuado para las respuestas de los estudiantes y serles asignado un sistema de puntuación preciso y consistente (Ruiz-Primo y Shavelson, 1996). Si se dan estas tres condiciones los mapas conceptuales pueden ayudar a determinar los conocimientos del alumno, la estructura de esos conocimientos y los cambios que se producen a lo largo de su aprendizaje.

Estudios realizados acerca del uso de los mapas conceptuales en el aula (Francisco *et al.*, 2002) revelan que son una excelente herramienta educativa para profesores y estudiantes: crean oportunidades para la reflexión personal y favorecen el cambio del pensamiento de los alumnos a niveles más profundos de conocimiento. A través de la visualización los estudiantes pueden reconocer si su comprensión es incorrecta, incompleta o deficiente y los educadores pueden reconocer las dificultades que los estudiantes tienen con conceptos específicos.

Dentro de las tendencias más recientes de investigación en mapas conceptuales encontramos el uso de mapas conceptuales esqueleto (Novak, 2006), que son mapas preparados por un experto en el tema a enseñar, para que tanto estudiantes como docentes puedan construir su conocimiento sobre una base más sólida. Están basados en la idea de que el experto es el que mejor puede seleccionar los conceptos clave para entender el tema y, a continuación dejar a los alumnos que agreguen más conceptos, enlacen con recursos digitales y creen submapas más específicos.

II-2. LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA

Algunos teóricos han insistido en señalar el hecho de que los conocimientos científicos y tecnológicos se han construido en ámbitos no escolares y al introducirlos en la enseñanza es necesario realizar transformaciones. El proceso a seguir para incorporar el saber experto a los saberes escolares y convertir los

contenidos científicos en objetos de enseñanza es a lo que se ha venido en llamar transposición didáctica (Chevallard, 1997).

El término transposición didáctica es acuñado por primera vez por el sociólogo francés Michel Verret (1975) que se plantea el tema de la posibilidad de enseñar a los alumnos los saberes y llega a la conclusión de que sólo se pueden enseñar sus sustitutos didácticos. Posteriormente, Chevallard retomaría el término transposición didáctica en los años 80 para aplicarlo al campo de las matemáticas, en particular a la noción de distancia.

El saber experto se reconoce como tal en la comunidad científica, pero no puede enseñarse sin modificación. Se requieren mecanismos de extracción del dominio del saber-sabio hasta llegar a su inclusión en un discurso didáctico. En este camino podemos encontrar dos peligrosas desviaciones que pueden abortar el proceso por hacer cualitativamente diferentes el objeto de saber y el objeto de enseñanza:

- Puede ocurrir que la transformación de un concepto sufra una degradación que lo desasimile al saber experto.
- Puede suceder que la transposición didáctica omita hechos que oculten el verdadero proceso de elaboración de una teoría científica y presentándola como una teoría acabada.

Para Chevallard, la transposición didáctica es la transformación de un objeto de saber en un objeto de enseñanza. Un contenido del saber enseñable, al ser adaptado mediante transposición didáctica debe sufrir una serie de transformaciones para convertirse en saber escolar. Este proceso que consiste en el paso de lo implícito a lo explícito, de la práctica a la teoría, de lo preconstruido a lo construido, es lo que Chevallard define como transposición didáctica (Chevallard, 1997).

Chevallard define la transposición didáctica en un sentido estricto como el paso de un contenido de saber a una versión didáctica del mismo, mientras que en un sentido amplio podría aproximarse al siguiente esquema (Gómez, 2005):

Objeto de saber → Objeto a enseñar → Objeto de enseñanza

siendo el objeto a enseñar el que se ha elegido entre los objetos de saber para esta misión.

Para este autor, el esquema no es estático pues cuando el saber enseñado se hace antiguo para la sociedad, debido, por ejemplo, a nuevas adquisiciones de conocimiento de la disciplina y aleja de los alumnos dicho saber.

Verret (1975) considera que la transposición posee distintos niveles. Un primer nivel que se da como mediación entre el conocimiento científico y el conocimiento a enseñar y un segundo nivel que se da entre el conocimiento a enseñar y el enseñado. En el primer nivel el conocimiento científico sufre modificaciones: se fragmenta el concepto original, se transforma en un lenguaje comprensible y se seleccionan los temas que se deben enseñar, perdiéndose parte de la experiencia real de los científicos. En un segundo nivel el conocimiento a enseñar es el que aparece en los textos y el conocimiento enseñado es la interpretación que hace el profesor para llevarlo a sus estudiantes en la práctica docente (Solarte, 2006).

La traslación de saberes científicos a escolares se ha llevado a cabo desde siempre de una manera espontánea, por lo que casi nunca se estudian sus implicaciones a largo plazo (Cajas, 2001). De hecho en trabajos que analizan la explicación en ciencias, no aparece con claridad cómo el docente transforma la explicación científica en una explicación que acerque el conocimiento a los alumnos (Eder, 2005).

Para Sanmartí (2002), el reto vigente de la escuela consiste en establecer un conjunto de saberes que permitan a los estudiantes entender la información que les llega por distintos medios, comunicar sus ideas y proyectar dichos conocimientos. Lo que el profesor explica en una lección de ciencias es una forma cuidadosamente adaptada de conocimiento y adecuada a los alumnos en un contexto particular.

Generalmente, una adaptación acertada es producto de años de trabajo de profesores y editoriales, y, en ocasiones, requiere la reelaboración de un concepto científico. Un concepto que se podría describir por medio de una ecuación se transforma en un discurso explicativo de varios tipos de representaciones, con sus relaciones y su conexión con la realidad (Ogborn *et al.*, 1998). Podemos encontrar

nuestros manuales repletos de ejemplos de transposición didáctica, así como nuestra misma actuación de aula.

La transposición didáctica es llamativa en el caso de contenidos considerados de nivel elevado. Algunos intentos de transposición didáctica realizados en el campo de la electricidad y los semiconductores a un nivel de ESO parecen arrojar resultados satisfactorios si bien las simplificaciones hechas en la transposición pueden contribuir al desarrollo de algunas concepciones alternativas (García y Criado, 2011).

II-3. LIBROS DE TEXTO

Los manuales de enseñanza o libros de texto son por hoy el principal instrumento en las clases de ciencias (Cañal y Criado, 2002) y su elección suele ser una de las decisiones más problemáticas para el profesorado. El libro de texto dirige las actividades de profesores y alumnos, incluida la propuesta de problemas y ejercicios de los que se nutrirá la enseñanza de la disciplina (Campanario y Otero, 2000).

Los manuales de enseñanza utilizados por el profesorado constituyen un muestrario de la conversión de contenidos científicos en objetos de enseñanza. Pero no siempre se realiza adecuadamente. Estudios llevados a cabo durante los años 80 muestran diferencias entre las posibilidades intelectuales de gran parte de los alumnos y las exigencias de los libros de texto, lo que nos lleva a la conclusión de que la forma en que estos introducen los conceptos no facilita su asimilación por parte del alumno, si lo utiliza como único medio de instrucción (Aguirre de Carcer, 1983).

Un somero análisis de los manuales existentes en secundaria y bachillerato da cuenta de que la mayoría de ellos presentan dificultades de comprensión. Las razones son variadas: los manuales suelen contener términos técnicos que necesitan ser descifrados y memorizados, presentan mecanismos con múltiples componentes que se relacionan entre sí, y habitualmente usan un lenguaje cargado de simbolismo y precisión alejado de la experiencia cotidiana. Este problema se agudiza si los estudiantes poseen escasos conocimientos, o, lo que es peor, poseen

conocimientos previos erróneos que interfieren con los presentados en el texto (Graesser *et al.*, 2002).

Estudios recientes muestran conclusiones parecidas: no se concibe la enseñanza como un discurso argumentado o como indagación, sino que se presenta la ciencia al alumno como un cuerpo cerrado acerca del cual no tiene nada que decir (Álvarez, 1997). No obstante, algunos estudios matizan estas apreciaciones encontrando que muchos profesores de ciencias llevan el peso de la planificación docente, y emplean el libro de texto de modo análogo al del diccionario (Driscall *et al.*, 1994).

Para algunos autores (Jiménez *et al.*, 2000) los libros de texto son un fiel reflejo de la situación de la enseñanza de las ciencias, puesto que expresa a la vez las expectativas del profesorado, las estrategias de marketing de las editoriales y las reformas del sistema educativo.

Según Van Dijk y Kinstch (1983) en un texto existen tres estructuras fundamentales. La microestructura, la macroestructura y la superestructura. La primera es la estructura de las proposiciones o ideas y de sus relaciones. La segunda se refiere es al significado global del texto, puesta en evidencia en el resumen del mismo. Jerarquiza las ideas y le proporciona coherencia. La superestructura es la estructura formal que representa las partes en que se organiza el contenido de un texto. Es, pues, el esqueleto reconocible que caracteriza un género discursivo por su forma habitual. En el caso del libro de texto, una unidad didáctica es perfectamente reconocible por su estructura y secuenciación de las partes.

Sobre los requisitos que deben reunir los libros de texto se han dado a conocer diversas propuestas. Entre ellas destaca la elaborada por Parcerisa (1996):

-Es necesario que los autores hagan explícitos sus principios teóricos y que argumenten las opciones prácticas.

-Respecto a la información recogida es conveniente el rigor, una secuenciación lógica de los contenidos, una presentación interesante de los temas, la inclusión de datos para la reflexión, y señalar los elementos que ayuden a la comprensión.

-Sobre la atención a la diversidad del alumnado, es importante: una adecuación a las características del alumnado, la posibilidad de readaptar los materiales, el tratamiento de contenidos procedimentales y actitudinales, materiales para búsqueda de información, y el planteamiento de actividades que abran campos de conocimiento.

-Respecto a las características físicas del manual, es necesaria una iconografía bien estudiada, al servicio de los contenidos y un cuidado especial en el diseño, la tipología y la presentación en general.

Bajo el punto de vista del lector, en la actualidad parece haber bastante consenso en afirmar que la comprensión de un texto de ciencias es un proceso interactivo en el que el lector realiza múltiples tareas, entre las que se encuentran: la decodificación, la representación del significado en forma de proposiciones y la activación de conocimiento relevante para entender la información. De este modo se formulan las inferencias necesarias para establecer coherencias en la representación del texto a partir de los conocimientos del lector. Cuando un texto es legible y comprensible y conecta con el mundo experimental se dice que es coherente. Un texto de ciencias no será útil si no relaciona sus contenidos con los fenómenos (Izquierdo, 1997). No obstante, a menudo los autores no proporcionan suficientes claves para crear representaciones coherentes de la información.

Izquierdo (*Op. cit.*) identifica diversos tipos de narrativas experimentales en los libros de texto. Estas van desde el texto afirmativo, que es el predominante, en el que los fenómenos se muestran interpretados en el marco teórico del texto, el de duda retórica en el que se presentan los fenómenos de forma intrigante al inicio del texto, hasta el texto magistral en forma de sumario que presenta lo más importante de la temática.

Campanario (2000), en base a teorías sobre la comprensión de textos, señala tres niveles de comprensión: a) la formulación superficial, que corresponde a la identificación de caracteres y el procesamiento literal de la información, b) la base de texto, la cual captura el significado del texto, c) el modelo situacional, que es la base cognitiva de la situación sobre la que trata el texto e incorpora todo lo necesario para dar coherencia a la base del texto.

Algunos autores defienden que los textos pueden mostrar varios niveles de representación, que van del conocimiento superficial al conocimiento profundo. En el nivel más profundo se encontraría la situación modelo o modelo mental que indicaría de qué trata el texto. Para dispositivos cotidianos debería incluir los componentes del sistema, la distribución espacial de esos componentes, el mecanismo de funcionamiento, las funciones del dispositivo y sus componentes y la finalidad o planes de los agentes que manipulan el sistema para diferentes propósitos. (Graeesser et al, 2002).

Sanjosé *et al.* (1993) ofrecen una clasificación de variables encaminada a la mejora de los textos de ciencias en cuatro aspectos: contenido, estructura organizativa, cohesión y estructura superficial.

- En lo que respecta a los contenidos, éstos hacen referencia a las proposiciones que contiene el texto. Las evidencias empíricas muestran que el uso de lenguaje figurativo, sobre todo analogías, resulta muy positivo para la enseñanza de las ciencias.
- En el apartado de estructura organizativa es importante una buena organización del texto, favoreciendo la activación de esquemas de conocimiento necesarios para la recepción del nuevo material.
- En referencia a la cohesión, es necesario que el texto tenga una cohesión intraproposicional y proposicional que permita una descripción coherente del significado, estableciendo relaciones entre ideas y evitando ideas irrelevantes.
- La estructura superficial del texto debe destacar las ideas principales, emplear frases introductorias que avancen el contenido del texto, utilizar títulos y encabezamientos colocados adecuadamente que suministren información estructural y ajustar el estilo lingüístico del texto al estudiante.

Por último, no debemos olvidar un elemento imprescindible en los documentos científicos, en general, como es la imagen. El estudio de las ilustraciones en sí, constituye desde hace pocos años una línea de investigación en didáctica de las ciencias. Cualquier investigación que se pretenda realizar sobre los dispositivos en el medio escolar ha de atender a las ilustraciones como un aspecto

muy importante a tener en cuenta (Wellington, 2001). Deben considerarse las características que muestran y a continuación estudiar su relación con el texto.

La ilustración es una herramienta poderosa que refuerza el mensaje transmitido y sirve para que llegue más nítido al lector (Perales, Vílchez y Sierra, 2004). La finalidad de las ilustraciones es, pues, doble: incrementa la percepción del contenido y mejora su comprensión (Jiménez, Hoces y Perales, 1997). Esto es válido siempre que dichas ilustraciones muestren un nivel mínimo de idoneidad.

Otro aspecto a considerar es la relación entre texto e ilustración, o entre presentación verbal y representación iconográfica (Perales y Jiménez, 2004). En general, cabe distinguir tres tipos de situación:

- Texto sin ilustración. Es una pura presentación verbal de un objeto o un fenómeno.
- Texto con ilustración. El texto establece la correspondencia entre contenido e ilustración. La ilustración apoya al texto y éste a su vez ayuda a descifrarla.
- Ilustración sin texto. No hay correspondencia entre contenido e ilustración. El texto no alude a la figura. En este caso lo más frecuente es que la interpretación viene esbozada en el pie de la figura.

Perales y Jiménez (2002), basándose en la categorización propuesta por Moles (1992), sugieren las siguientes categorías para el análisis iconográfico de libros de texto:

Fotografía; Dibujo figurativo; Dibujo figurativo + signos; Figurativa/signos normalizados; Dibujo esquemático; Dibujo esquemático + signos; Descripción en signos normalizados.

Todas ellas, según estos autores, son variaciones de dos categorías fundamentales que han sido aplicadas al estudio de las figuras presentes en los textos para la enseñanza de las ciencias:

- Ilustraciones en formato pictórico (figurativas)
- Ilustraciones que usan códigos simbólicos (no figurativas).

En los libros de texto las ilustraciones se incluyen con finalidades diversas (Perales y Jiménez, 2002). Aparecen describiendo fenómenos y explicando situaciones y mecanismos. En estos dos casos, los investigadores coinciden en su papel contribuyendo a la resolución de problemas ya que pueden representar relaciones estructurales con claridad y economía.

En su lado negativo hay que decir que a veces los manuales recurren a las ilustraciones como elemento decorativo, con poca (o nula) relación con los contenidos. Una mala gestión de la imagen que acompaña al texto puede dificultar la comprensión del mismo. En muchas ocasiones podemos encontrar imágenes erróneas (o que inducen a error), o contradictorias. En otras, las imágenes sólo son comprensibles si se entienden los conceptos que se manejan. No faltan tampoco imágenes sin valor científico, de analogías confusas, o simplemente imágenes sin sentido (Soler, 2002).

II-4. LA ANALOGÍA

Las analogías son uno de las herramientas más utilizadas en la práctica docente de la enseñanza de las ciencias. Existen analogías que son clásicas en ciencias no sólo por su uso desde tiempos antiguos sino también por su empleo extendido. Entre las más populares se encuentran la que compara los circuitos eléctricos con circuitos de agua, la que compara el ojo con una cámara, y una célula con una fábrica (Glynn, 1995).

Hacia mediados de los 90 se suceden nuevos estudios sobre el uso de las analogías en el aula. Examinando las analogías de profesores y libros de texto, como el de Hewitt (1999), un grupo de autores (Glynn, Duit y Thiele, 1995) desarrollaron el modelo de enseñanza por analogía o TWA (Teaching With Analogies Model). En este modelo, las ideas de un concepto familiar (el análogo) se transfieren a un objeto menos familiar (el objetivo). Si análogo y objetivo comparten características similares, puede establecerse entre ellos una relación analógica. El proceso consta de varias operaciones que los profesores deben llevar a cabo (Glynn, 2008). Estas son:

1. Presentar el concepto objetivo.
2. Revisar el concepto análogo.
3. Identificar las características del objetivo y el análogo.
4. Establecer las similitudes.
5. Indicar cuando cesa la similitud
6. Dibujar las conclusiones.

Dado su uso frecuente entre el profesorado, se han hecho intentos de evaluar la efectividad de la analogía en el aula. Así por ejemplo, Oliva *et al.* (2003) realizaron un estudio acerca de las analogías sobre la teoría cinético-molecular, cuyos resultados fueron una baza positiva a favor de su empleo. Otro ejemplo reciente es el de Calik *et al.* (2009), quienes en un estudio sobre el uso de analogías en química, confirmaron que las actividades basadas en la analogía pueden ayudar a la comprensión de conceptos y que los cambios obtenidos se almacenaban en la memoria a largo plazo de los estudiantes.

La mayoría de las analogías suelen utilizarse durante la explicación de los profesores en el aula o a través de los manuales de enseñanza. Los propios alumnos hacen uso durante su aprendizaje de analogías, aunque estas se basan en similitudes superficiales. Estas analogías, denominadas analogías espontáneas (Pozo *et al.*, 1991), tienen un efecto limitado sobre su comprensión de la ciencia por la menor capacidad de generalización con respecto a las analogías estructurales o conceptuales, que son las que suele usar el profesorado como herramienta y las que trataremos aquí.

Para Aragón *et al.* (1999) la analogía es una comparación entre dos dominios de conocimientos que guardan entre sí una cierta relación de semejanza. Al fenómeno que el alumno quiere aprender se le denomina objeto o blanco y al sistema análogo, que resulta para el alumno más conocido y familiar se le denomina ancla o fuente. Es una analogía en la que las relaciones entre el objeto y el análogo quedan totalmente explícitas. Además de la analogía propiamente dicha, se incluyen dentro del término otros tipos de comparaciones. De este modo podemos encontrar el símil, que se trata de una comparación en la que se relaciona sólo un elemento

del objeto con un elemento del análogo quedando implícito el resto de la analogía. Igualmente, la metáfora, que se produce cuando sustituimos los elementos del objeto por otro análogo, hablando en sentido figurado.

Raviolo y Garritz (2009) presentan la analogía como la visualización de un fenómeno, ente o proceso a través de la comparación entre dos campos: uno de ellos conocido y familiar al que aprende y otro parcialmente desconocido, el campo de la ciencia. Una analogía incluye:

- (a) Un campo científico poco familiar o desconocido (blanco, objetivo).
- (b) Un dominio familiar (análogo, base, fuente) para el sujeto que va a aprender.
- (c) Un conjunto de relaciones establecidas entre (a) y (b) o una serie de procesos de correspondencia entre los componentes de ambos campos.

Hoy día el estudio de las analogías es muy cercano al campo de investigación sobre modelos (Oliva *et al.*, 2001). Si entendemos como modelo la representación de una idea, objeto, evento, proceso o sistema (Gilbert y Boulter, 2000), y modelo mental las construcciones cognitivas humanas usadas para explicar fenómenos que no se pueden experimentar directamente (Ritchie *et al.*, 1997), algunos autores consideran las analogías como un intento de modelizar el aprendizaje, ya que es una comparación de dos cosas que son parecidas en algunos aspectos., Las analogías son usadas a menudo por los científicos para explicar conceptos abstractos de ciencia a la vez que desarrollan la complejidad de sus modelos mentales. Para Coll (2005) existen evidencias de que el uso de analogías y modelos en la enseñanza de las ciencias puede proporcionar a los estudiantes una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia y del desarrollo científico.

Las analogías son uno de los recursos más útiles en la enseñanza por lograr diversos objetivos:

- Permiten partir de la experiencia cotidiana y el conocimiento previo de los alumnos.
- Facilitan la transferencia de contenidos entre ámbitos diferentes del conocimiento.

- Contribuyen a adiestrar a los alumnos en la construcción y uso de modelos.
- Suponen un modo de pensamiento natural y una forma de comunicación.
- Se prestan a promover actitudes favorables hacia la ciencia y su aprendizaje.
- Son un instrumento adaptable a la diversidad del alumnado.

Las analogías suelen estar presentes en muchas explicaciones utilizadas por los profesores de ciencias debido a que son un recurso útil y frecuente desde el punto de vista de la comprensión de conceptos (Aubusson *et al.*, 2006). Además, son particularmente efectivas cuando se usan mediante un enfoque constructivista de la enseñanza, que enfatiza el aprendizaje como un proceso activo de construcción sobre conocimientos previos del alumno (Duit, 1991). De hecho, para Galakowsky y Adúriz-Bravo (2001), el razonamiento analógico visto desde la perspectiva constructivista juega un papel muy importante en la comprensión y visualización de conceptos abstractos, despierta el interés por nuevos temas, y estimula al profesor a tener en cuenta los conocimientos previos de sus alumnos.

Esta herramienta se suele utilizar para comprender situaciones nuevas, abstractas o poco familiares ante las que no se poseen experiencias ni conocimientos suficientemente estructurados para permitir un aprendizaje significativo. Mediante la analogía este tipo de situaciones se muestra al alumnado más accesibles a sus sentidos y experiencias pasadas (Oliva, 2003).

En un análisis realizado por este mismo autor sobre la actuación de aula de profesores cuando usan analogías llega a las siguientes conclusiones:

- Las analogías surgen durante las explicaciones o la preparación de las clases.
- Se introducen al comenzar el tema o a lo largo del mismo de manera continuada.
- Se presentan por vías de transmisión oral.
- El profesor intenta controlar el grado de comprensión corrigiendo errores y analizando similitudes.

Sin embargo la analogía como recurso de aula no ha estado exenta de críticas, lo que ha llevado a realizar numerosos estudios sobre su incidencia en la práctica docente. Tras una profunda revisión llevada a cabo por Dagher (1995), se llega a la conclusión de que no se debe estudiar la utilidad de las analogías sino bajo qué condiciones pueden llegar a ser útiles para la enseñanza. Para que las analogías sean eficaces Dagher contempla, entre otros, determinados aspectos que deberían cumplirse. En primer lugar, el análogo debe ser un sistema más familiar y más sencillo que el objeto para los alumnos, que deben, además, presentar actitudes positivas hacia el análogo. Igualmente, se deben clarificar las relaciones que pueden establecerse entre el objeto y el análogo. Deben tenerse en cuenta también que las analogías han de usarse en un sentido múltiple, pudiendo utilizar una misma analogía para explicar diversos hechos o utilizar varias analogías para una misma situación.

Del mismo modo, Oliva *et al.* (2001) establecen una serie de criterios para seleccionar las analogías sobre las que vale la pena trabajar en clase, desde el punto de vista del contenido que abordan:

- El análogo debe ser más accesible que el objeto, debe hacer referencia a una situación más cotidiana con la que los alumnos se sientan más identificados.
- La analogía debe ser concreta y susceptible de presentarse a través de una imagen o algo tangible.
- El análogo empleado debe simplificarse en lo posible.
- La semejanza entre los fenómenos que se comparan no debe ser ni demasiado grande ni demasiado pequeña. Si el objeto y el análogo son muy distintos se pueden encontrar dificultades al compararlos, y si son muy parecidos la semejanza podría no ser estimulante.
- Se debe evitar el empleo de análogos en los que los alumnos dispongan de concepciones alternativas.

En los estudios realizados (Oliva *et al.*, 2007) sobre el uso de las analogías entre el profesorado muestran que la mayoría usa las analogías a través de modelos tradicionales como el de transmisión-recepción. Una pequeña fracción se basa en modelos socio-constructivistas, en cambio no se encuentran profesores que usen el modelo en el que la analogía se considera un modelo de construcción autónoma de los estudiantes. Además, la mayor parte de los profesores hacen uso de las analogías como un recurso destinado al aprendizaje de conceptos, aunque las analogías constituyen una herramienta importante no solo en este campo (Oliva y Aragón, 2009).

Basándose en las ideas anteriores, los autores proponen futuras líneas de trabajo, como elaboración de materiales de enseñanza con el empleo de analogías, ensayar los materiales con alumnos para evaluar su validez, y diseñar, aplicar y evaluar programas de formación dirigidos al profesorado. Igualmente, sugieren plantear a los alumnos una secuencia de actividades con analogías que, de menor a mayor dificultad, sería:

- Aprender analogías formuladas y presentadas por el profesor o el libro de texto.
- Usar estas analogías para extraer conclusiones o realizar predicciones sobre fenómenos.
- Determinar los límites de validez de las analogías aprendidas.
- Reconstruir analogías previamente pensadas por el profesor y planteadas sólo parcialmente para que los alumnos las completen y reconstruyan.
- Idear analogías personales propias, usarlas y evaluarlas.

En cuanto a los libros de texto, el análisis de la presencia de analogías se ha hecho en numerosas ocasiones. Thiele y Treagust (1995) llegan a la conclusión de que la aplicación de la analogía es difícil debido a que requieren una flexibilidad en la explicación que no se consigue en su versión escrita. González (2005) realiza un estudio en el que confirma que los libros de texto de secundaria incluyen frecuentemente la analogía en sus explicaciones, pero con importantes limitaciones en su presentación y desarrollo. Para Fernández *et al.* (2003) el uso de analogías en

libros de texto se hace de manera poco reflexiva y estudiada. La mayor parte de los estudios concluyen que el uso que se hace de las analogías, tanto en libros de texto como en el aula, no es el más adecuado. Oliva (2003) estudia las razones de la baja efectividad de la analogía en medio escolar:

1. El proceso de selección de situaciones análogas resulta habitualmente poco crítico y cuidadoso. Suelen ser confusas y complejas.
2. La mayoría de las analogías muestran un enfoque transmisivo, alejado de las ideas de la enseñanza renovada de las ciencias.
3. Una vez presentada la analogía se fomenta escasamente entre el alumnado.
4. No se desarrollan varias analogías para explicar un mismo objeto.
5. No suelen proponerse límites de validez a las analogías que son adoptadas por los alumnos al pie de la letra.

El aprendizaje a través de la analogía puede verse reforzado no sólo a través de la discusión en el aula, sino a través de la escritura. Estudios recientes (Klein *et al.*, 2007) sugieren que combinar actividades relacionadas con la analogía con actividades de argumentación escrita ayuda a fijar en la memoria los cambios producidos en estudiantes y mejora la comprensión de las explicaciones.

Otras investigaciones indican cambios en el uso de analogías como herramienta de aprendizaje en la enseñanza de las ciencias. Entre ellas se proponen las analogías auto-generadas, es decir, analogías creadas por los propios estudiantes (Glynn, 2007). Se justifican en el hecho de que desarrollar las propias analogías puede ayudar a los estudiantes a ejercer un papel activo en su aprendizaje y a construir puentes conceptuales entre lo que saben y lo que pretenden aprender. En la misma línea (Haglund, 2013) propone además la generación de analogías en pequeños grupos de trabajo colaborativos, dado que los estudios empíricos realizados muestran resultados positivos en referencia a las actitudes, y al aprendizaje creativo de los alumnos.

CAPÍTULO 3

LOS DISPOSITIVOS EN LOS LIBROS DE TEXTO

3.1.¿QUÉ ENTENDEMOS POR DISPOSITIVO TECNOLÓGICO COTIDIANO?

Puesto que el objeto de estudio de nuestro trabajo son los dispositivos tecnológicos cotidianos, es obligado comenzar aclarando el término, especialmente los matices derivados de los adjetivos “tecnológico” y “cotidiano”.

En una primera aproximación, por dispositivo tecnológico puede entenderse un objeto o sistema que aúna ciencia y tecnología, y es utilizado por el hombre para mejorar en mayor o menor grado su calidad de vida y contribuir al funcionamiento de la sociedad en que vive. Precizando más, sobre todo en lo que respecta a la parte material, el dispositivo es un artificio que consta de un mecanismo formado por diversos elementos que actúan conjuntamente para obtener un resultado automático. Así pues, sus rasgos esenciales son: la base tecnológica de su diseño, la diversidad de componentes, la existencia de un mecanismo de funcionamiento (normalmente no evidente) y la actuación conjunta hacia un fin determinado.

Por lo que acaba de decirse van a ser excluidos de nuestro estudio, aunque aparezcan en los libros, los instrumentos sin mecanismo, como por ejemplo el plano inclinado, que es una simple tabla. Tampoco van a considerarse los instrumentos musicales (p.ej. piano, guitarra), que aunque reúnen en gran parte características de dispositivos, pertenecen más al ámbito artístico que al tecnológico. Entre otras cosas, no están fabricados tecnológicamente (otro caso sería instrumentos como la guitarra eléctrica). Esto no impide que se aluda a determinadas características de ellos como resonancia, armónicos, frecuencias, etc.

En cuanto a lo “cotidiano” es entendido como un término que engloba todos aquellos objetos, fenómenos y situaciones con los que nos relacionamos frecuentemente en nuestras actividades diarias (Morales y Manrique, 2012). Si atendemos entonces al significado así expresado, hemos de descartar tanto a los aparatos históricos (p.ej. la marmita de Papin), como a aquellos de ultimísima generación científica y tecnológica (y de porvenir aún incierto), introducidos con la sola finalidad de hacer notar la puesta al día del manual (p.ej. el microscopio de fuerza atómica, SM 4º, 2008, p.197).

En el mismo sentido y para concretar más el término, vamos a distinguir entre dispositivos e instrumentos científicos (p.ej. osciloscopio). La diferencia es que los dispositivos tienen una utilidad cotidiana y una incidencia social muy amplia. Los instrumentos científicos, entre los que se encuentran los instrumentos de medida con escalas cuantitativas (p.ej. amperímetro), son de uso minoritario y muestran un perfil disciplinar acentuado. Bien es cierto que alguno de ellos puede estar en casa (p.ej. microscopio, termómetro), pero no por ello deja de ser instrumento científico. Puesto que uno de nuestros objetivos es estudiar en los manuales cómo lo disciplinar deja paso a lo contextual, que es uno de los rasgos más importantes de la enseñanza renovada de las ciencias, de ahí no incluir estos instrumentos que también estaban presentes en los libros de texto de hace varias décadas.

Entre la generalidad de dispositivos, los dispositivos cotidianos son los que pertenecen a nuestro entorno experiencial. Solemos tener experiencia directa y real de ellos (p.ej. frigorífico, teléfono móvil), o experiencia virtual a través de la TV (p.ej. aerodeslizador). Los hay de utilización individual y de utilización colectiva; pueden estar en casa, fuera de ella, y en los medios de comunicación. Dentro de los dispositivos cotidianos podemos destacar un subgrupo en el que la utilización directa y la familiarización es máxima: se trata de aquellos presentes en la propia casa, o los que nos acompañan permanentemente. En consecuencia, podríamos dibujar el universo de los dispositivos tecnológicos mediante varios círculos concéntricos. El más amplio contendría la generalidad de ellos; el siguiente limitaría los anteriores a sólo los cotidianos; el último, el más restringido, acogería a los más habituales.



Aunque hemos limitado el campo del término “dispositivo”, no por ello ha perdido variedad. Lo mismo puede incluir aparatos habituales en el hogar (p.ej. frigorífico), dispositivos que forman parte de otros más complejos (p.ej. freno hidráulico en automóviles), máquinas destinadas al transporte (p.ej. tren de levitación magnética), aparatos recreativos (p.ej. juguete de cuerda), etc. Bajo el punto de vista didáctico, los dispositivos cotidianos, por su proximidad al alumno, constituye un grupo muy interesante, pues permiten al profesor utilizarlos para fines escolares y hacer ver al alumno que vive en un entorno repleto de ciencia.

3.2. DELIMITANDO LA MUESTRA. CRITERIOS

Una vez definido el término central, acudimos a su aplicación práctica en los libros de texto. Esta operación va a conducirnos a delimitar el campo de estudio, añadiendo a los criterios derivados de la definición del término, otros sugeridos por la práctica. Con esta idea hemos llevado a cabo un preestudio de los aparatos que aparecen en los libros de texto, con el objetivo de perfilar los criterios a seguir para determinar la muestra de estudio. Los criterios de selección adoptados se comentan a continuación.

Primer criterio

El primer criterio, como no podía ser de otra manera, es determinar si el aparato responde a la definición de dispositivo tecnológico cotidiano, dada en la sección anterior. Para ello ha de mostrar un diseño tecnológico, tener un mecanismo de funcionamiento propio, estar formado por componentes diversos y actuar conjuntamente hacia un mismo fin. En consecuencia, aunque aparezcan en los manuales, no vamos a considerar como dispositivos:

- Elementos componentes de multitud de aparatos, pero que no constituyen ningún dispositivo por sí mismos (p.ej. resistencia eléctrica, fibra óptica, diodo). Algunas excepciones deben señalarse. Por ejemplo, el diodo, cuando se emplea como rectificador a modo individual (sin estar inserto con otros elementos en circuitos complejos de misión global diferente). Es el caso, también, del LED.

- Máquinas complejas (p.ej. avión a reacción, automóvil, satélite artificial). Entiéndase bien que excluimos el aparato si se expone en su globalidad. Lo frecuente es que las referencias sean a componentes concretos como el motor a reacción, los frenos hidráulicos, el motor de explosión, etc. Así cuando el manual se refiere al aerodeslizador o al submarino enseguida se puede constatar que la exposición está referida, en concreto, al sistema de locomoción o al sistema de inmersión de la máquina. Igualmente el láser, que puede formar parte esencial de aparatos diversos (p.ej. lector de CDs). Por otra parte, conviene prestar atención a conceptos teóricos con apariencia de dispositivo, como p.ej. máquina térmica.

- Instalaciones como las eléctricas, que pueden adoptar disposiciones muy diferentes, persiguiendo finalidades diversas. No deben incluirse elementos de ellas como el magnetotérmico, el diferencial, las lámparas, etc.

- Macroinstalaciones/Plantas industriales (p.ej. central solar termoeléctrica, estación espacial, refinería de petróleo) serán excluidas. En cambio serán admitidas exposiciones que se centran en la parte esencial, o en alguna otra parte de la instalación.

Segundo criterio

El segundo criterio es externo al propio aparato y se refiere a la manera en que está presentado en el manual. Si la exposición se reduce a una simple mención del nombre, difícilmente puede ser objeto de estudio y, por tanto, no será tenido en cuenta. Lo mismo ocurre en el caso de utilizar el dispositivo para un cometido ajeno a su funcionamiento. Sólo vamos a detenernos en los casos que ofrezcan alguna información, aunque sea mínima, del dispositivo en sí.

Veamos unos ejemplos concretos de exclusión.

Sucede a veces que el dispositivo ejemplifica un rasgo que no es propio del mismo y puede encontrarse en otros objetos. A esto se une ausencia total de información sobre el aparato y su funcionamiento. Por ejemplo (Anaya, p.191), al tratar los plásticos aparece una fotografía en cuyo pie se lee "*Impresora fabricada con un biopolímero que proviene del maíz*". O cuando se habla del concepto de

presión (Oxford, p.92) aparece una pulidora para mostrar la presión ejercida sobre una mesa.

Otras veces sólo se considera un material componente. Así, al tratar la tabla periódica, alcalinos, se dice en el pie de una foto: *“Las pilas alcalinas suelen contener litio”* (V.Vives, p.167). Una variante de esta opción es darle forma de problema. Así por ejemplo: *“Las aspas de un ventilador de radio 25 cm, giran con $\omega = 600$ r.p.m. a) Calcula...”* (Anaya, p.23).

Un caso no infrecuente es utilizar el dispositivo en un montaje y, por tanto, con una finalidad diferente a la propia, como el hacer aparecer un timbre eléctrico para comprobar la ausencia de sonido en una campana de vacío (Oxford, p.164).

Otra variante muy habitual es presentarlo con una sola fotografía escasamente informativa. Por ejemplo, en un esquema del espectro electromagnético se coloca en la zona correspondiente una fotografía de horno microondas (Bruño, p.204).

Y ya en el nivel ínfimo de la información¹ encontramos la simple mención. Por ejemplo (McGraw-Hill, p.145), tras la definición de máquina se dice: *“Si queremos cambiar una rueda de un automóvil utilizamos un gato mecánico para levantar el vehículo”*; o por ejemplo (Bruño, p.205), se habla en general de la tecnología inalámbrica y se mencionan ejemplos, entre ellos el teléfono móvil. Así también cuando se trata de un genérico y se mencionan (sólo) varios y diversos dispositivos. Ejemplo *“Las máquinas del sonido”* (Anaya, p.124): *“Grabadoras. Como los antiguos discos, las grabadoras de cinta, las de CD, las del sistema MP3, etc., son capaces de grabar y reproducir los sonidos mediante procedimientos muy diferentes”*.

Todos estos casos en que se alude al dispositivo ignorando su condición de tal, van a ser excluidos de nuestro estudio y no van a recogerse en ninguna de las tablas que aparecen a continuación.

¹ Otro ejemplo. Una fotografía muestra un cascanueces en acción mientras el texto indica *“Identifica la máquina de la fotografía y realiza un esquema de las fuerzas...”* (Anaya, p.43). Aquí el libro no ofrece la menor información, que se deja para el alumno. Como recurso didáctico es interesante, pero nuestro estudio recae en valorar la información que proporcionan los manuales.

3.3. RELEVANCIA DE LOS DISPOSITIVOS EN LOS LIBROS DE TEXTO

Sobre el tema de los dispositivos en los libros de texto pueden estudiarse aspectos variados. Además de la abundancia con que aparecen y cuáles están incluidos, un punto de gran interés es la atención que se le concede y el papel que se le asigna. Una mayor consideración suele ir asociada a un mayor interés por conectar con el mundo vivencial del alumno. Estas características están relacionadas con la calidad que muestra la exposición del dispositivo.

En el estudio llevado a cabo en libros de 4º de E.S.O. (ediciones del 2008) de diez editoriales de amplia difusión se han podido detectar diversas modalidades, según el mayor o menor protagonismo concedido al dispositivo y las finalidades perseguidas. Lo primero a señalar es que todas ellas siguen una línea de corte tradicional, donde el dispositivo figura, en mayor o menor grado, como ejemplo de la teoría. Se comprende, pues, que la mayor parte de las veces siga a ésta en la exposición. Es una manera de mostrar la utilidad práctica de la teoría por poder materializarse en un instrumento. Nunca aparece como objeto en el que reside un concepto estructurante como punto de partida para el desarrollo de un tema. Tampoco hemos encontrado exposiciones que sigan otras metodologías inductivas, como investigación dirigida o resolución de problemas.

Dentro del esquema citado, pueden constatarse situaciones diferentes ya que el protagonismo asignado al dispositivo varía notablemente. En algunos casos, más que exposición encontramos la simple mención. Estos casos no van a considerarse en nuestro estudio. Excluidos estos, hemos comprobado que, a grandes rasgos, las exposiciones pueden encajar bien en dos modalidades principales, según el mayor o menor protagonismo concedido al dispositivo y, consecuentemente, las finalidades perseguidas.

Modalidad-a. El dispositivo con cierto nivel de relevancia

Unas veces se manifiesta que la finalidad de la presentación es, sobre todo, el estudio del dispositivo por sí mismo. Como consecuencia, manteniendo la vinculación a su base teórica, se presta una especial atención al funcionamiento, que gana peso en la exposición.

Aparte de su mayor extensión, una prueba inequívoca de esta modalidad es que el título bajo el que aparece está referido al nombre del dispositivo y no a conceptos disciplinares, fenómenos o leyes. Con frecuencia viene ubicada en un recuadro o sección fija complementaria de la unidad. Por ejemplo, “Ciencia aplicada” (en SM), “Ciencia y sociedad” (en McGraw-Hill). También puede aparecer en el núcleo fundamental de la unidad, ocupando una sección propia. Por ejemplo, la prensa hidráulica (Edelvives, p.72), un clásico que supone la materialización del principio de Pascal y muestra una relación estrecha fundamento-dispositivo. A veces incluso aparece adoptando forma de problema práctico (p.ej. alcoholímetro, SM, p.267).

En esta modalidad se le concede al dispositivo la máxima relevancia frente a la teoría. Y puede incluso aportar elementos teóricos nuevos. La modalidad deja traslucir la influencia del enfoque ciencia contextual. Otra cosa es la calidad de lo expuesto, que a veces puede mostrarse francamente escasa (p.ej. la cámara termográfica, Bruño, p.211).

En la tabla 3.1 (y las demás) los dispositivos de esta modalidad aparecen marcados en negritas.

Modalidad-b. El dispositivo como puro ejemplo de la teoría

Esta modalidad es la que se ve con más frecuencia en buena parte de los manuales. El dispositivo figura subordinado totalmente a la teoría, como puro ejemplo de las ideas que constituyen su fundamento. Siempre va incluido en el desarrollo de estas. La intencionalidad suele ser mostrar que la teoría está presente en el mundo real, sin aportar muchos detalles del ámbito interno del dispositivo. Por ello su presencia suele ser muy escueta y rara vez pasa de un párrafo.

Aparece bajo el título del concepto o ley que ejemplifica. Por ejemplo, “paneles solares” está incluido en el apartado que lleva por título “Energía solar térmica”: *“Se aprovecha la energía del Sol, que se recoge mediante paneles solares y se convierte en calor. Con ella se puede conseguir agua caliente para uso doméstico o industrial, calefacción y refrigeración”* (Edelvives, p.212). Otras veces el título se refiere a la aplicación de algún proceso o agente físico. P.ej. “Las máquinas de la luz. Radio y TV”: *“Son aparatos complejos que transforman el sonido y las*

imágenes en OEM de frecuencias intermedias que pueden ser enviadas a grandes distancias” (Anaya, p.125).

Pero esta modalidad de presentación puede encerrar, si está bien diseñada, un interés didáctico especial porque en pocas líneas ofrece la información esencial del dispositivo. Por ejemplo, sobre la televisión algún manual dice *“Es un aparato complejo que transforma el sonido y las imágenes en OEM de frecuencias intermedias que pueden ser enviadas a grandes distancias” (Anaya, p.125).* En cambio, puede también ocurrir que falte una información tan esencial como el funcionamiento. Por ejemplo, al hablar del hidrógeno como combustible se dice escuetamente: *“El hidrógeno se utiliza en unos dispositivos denominados pilas de combustión que se utilizan como fuente de energía en la industria aeroespacial y, más recientemente, en algunos automóviles” (Santillana, p.248).*

3.4. LA PRESENCIA EN LOS LIBROS DE TEXTO

Se han examinado los 10 manuales de 4º de ESO antes referidos para localizar los dispositivos tecnológicos cotidianos que incluyen y anotando de cuáles se tratan. Para ello se han seguido las precisiones señaladas en el apartado 3.2. La simple mención no se ha considerado. Obviamente van a faltar dispositivos de los campos no considerados en el programa de la asignatura (p.ej. óptica).

El estudio se ha extendido a manuales de 1º de bachillerato, también actuales y de las mismas editoriales. Los criterios anteriores han permitido obtener las listas de dispositivos propuestos por los manuales de uno u otro curso.

Los resultados se dan en las tablas 3.1 y 3.2 que aparecen seguidamente. En ellas se ha marcado en negritas la editorial que presenta el dispositivo en la modalidad-a. Hay dispositivos que se presentan apareados. Esto ocurre cuando su fundamento es el mismo y su funcionamiento es idéntico o difiere muy poco. En tales casos se cuentan como si fuera uno solo.

En los manuales de 4º de ESO revisados han aparecido 47 dispositivos diferentes (tabla 3.1), que se muestran un total de 145 ocasiones. En los de 1º de

bachillerato aparecen 31 dispositivos (tabla 3.2), que se muestran un total de 81 ocasiones.

DISPOSITIVO	EDITORIAL									
1. Acumulador/Batería						McG.				VV.
2. Aerodeslizador			Edel.							
3. Aerogenerador	Ana.								SM	VV.
4. Airbag	Ana.			Edit.						
5. Alcoholímetro						McG.				
6. Altavoz	Ana.									
7. Alternador/dinamo	Ana.	Bru.	Edel.	Edit.	Ever.		Oxf.	Sant.	SM	
8. Bombilla	Ana.			Edit.	Ever.	McG.		Sant.		VV.
9. Cafetera eléctrica		Bru.								
10. Calentador de agua								Sant.		
11. Catalizador								Sant.		
12. Estufa eléctrica	Ana.			Edit.	Ever.		Oxf.			
13. Fotocop./Imp. láser				Edit.				Sant.		
14. Frigorífico					Ever.				SM	VV.
15. Globo aerostático								Sant.		
16. Lámpara alcalina						McG.				
17. Láser										VV.
18. Máquina de vapor			Edel.	Edit.		McG.	Oxf.			VV.
19. Motor comb. interna			Edel.	Edit.		McG.		Sant.		VV.
20. Motor de reacción				Edit.						
21. Motor eléctrico	Ana.	Bru.	Edel.	Edit.			Oxf.			VV.
22. Placa fotovoltaica	Ana.	Bru.	Edel.	Edit.	Ever.			Sant.	SM	VV.
23. Placa termosolar			Edel.						SM	
24. Pila de combustible	Ana.									
25. Pilas ordinarias	Ana.	Bru.		Edit.	Ever.		Oxf.	Sant.	SM	
26. Soplete							Oxf.			
27. Taladro				Edit.						
28. Tostador eléctrico				Edit.						
29. Transformador	Ana.									
30. Tubo fluorescente				Edit.		McG.				
31. Turbina									SM	
TOTAL DE EXPOSICIONES	11	5	7	14	6	7	6	9	7	9

Tabla 3.2. Dispositivos en manuales de 1º de Bachillerato (2008)

DISPOSITIVO	EDITORIAL									
1.Acumulad./Batería		Bru.								
2.Aerodeslizador		Bru.							SM	
3.Aerogenerador			Edel.	Edit.		McG.		Sant.	SM	
4.Airbag										VV.
5.Alcoholímetro									SM	
6.Altavoz/Micrófono	Ana.						Oxf.	Sant.		
7.Avión						McG.				VV.
8.Barco	Ana.	Bru.		Edit.		McG.	Oxf.	Sant.	SM	
9.Batiscafo						McG.			SM	VV.
10.Bombilla	Ana.									
11.Caleidoscopio								Sant.		
12.Calientamanos									SM	
13.Cámara fotográf.			Edel.							VV.
14.Cambio marchas									SM	
15.Cinta transportad.									SM	
16.Convert. catalít.	Ana.	Bru.							SM	VV.
17.Elev./Prensa hidr.	Ana.	Bru.	Edel.	Edit.	Ever.	McG.	Oxf.	Sant.	SM	VV.
18.Freno hidráulico	Ana.		Edel.		Ever.	McG.		Sant.	SM	VV.
19.Frenos ABS							Oxf.			
20.Frigoríf./BombaQ		Bru.	Edel.					Sant.	SM	VV.
21.Generador/Dinamo			Edel.					Sant.		
22.Globo/Dirigible		Bru.		Edit.	Ever.	McG.	Oxf.	Sant.	SM	VV.
23.GPS		Bru.					Oxf.	Sant.		
24.Horno microondas	Ana.						Oxf.	Sant.		VV.
25.Juguete (Pato deJ.)									SM	
26.Juguete de cuerda							Oxf.			
27.Láser	Ana.					McG.			SM	
28.Lavadora							Oxf.			
29.Máquina de vapor	Ana.	Bru.	Edel.	Edit.	Ever.		Oxf.	Sant.	SM	VV.
30.Martillo pilón						McG.			SM	
31.Motor combust.int. (Explosión/Diesel)	Ana.	Bru.	Edel.	Edit.	Ever.	McG.	Oxf.	Sant.	SM	VV.
32.Motor de reacción		Bru.							SM	
33.Olla exprés				Edit.		McG.				
34.Pila de combust.	Ana.							Sant.	SM	
35.Pilas ordinarias		Bru.				McG.				
36.Placa fotovoltaica			Edel.	Edit.			Oxf.	Sant.	SM	
37.Placa termosolar			Edel.						SM	
38.Plancha eléctrica							Oxf.			
39.Polea/Polipasto	Ana.	Bru.			Ever.		Oxf.		SM	VV.
40.Radio y TV	Ana.									
41.Sónar/Ecógrafo	Ana.			Edit.		McG.		Sant.	SM	
42.Submarino		Bru.		Edit.		McG.		Sant.	SM	
43.Teléfono móvil	Ana.									

44.Tornillo Arquím.		Bru.								
45.Torno	Ana.									
46.Turbina				Edit.	Ever.		Oxf.		SM	
47.Visor de IR / Cámara termográfica		Bru.								
TOTAL DE EXPOSICIONES	16	16	10	11	7	14	15	17	26	13

Tabla 3.1. Dispositivos en manuales de 4º de E.S.O. (2008)

3.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

E.S.O.

De los datos de la tabla 3.1 se deduce que, en general, el número de dispositivos diferentes que muestran los manuales de 4º de ESO no es abundante. En el mejor de los casos (SM) se pueden localizar 26. Los demás oscilan entre 10 y 17, excepto uno (Everest) con 7, cifras más bien moderadas para libros que suelen tener unas 250 páginas.

Cabe reseñar que, aunque hay dispositivos que no se repiten mucho, dos de ellos hacen unanimidad entre los manuales. Se trata de la prensa/elevador hidráulicos y el motor de explosión. Por otra parte, en la lista general de 47 dispositivos y teniendo en cuenta los temas del programa de la asignatura, se echan de menos algunos muy familiares al alumno que podrían tener cabida (p.ej. mando a distancia), al tiempo que se constata la poca representación de otros de relevancia cotidiana (p.ej. micrófono, placas termosolares).

EDITORIAL	Ana.	Bru.	Edel.	Edit.	Ever.	McGr	Oxf.	Sant.	SM	VV.	TOTAL
Exposiciones ESO	16	16	10	11	7	14	15	17	26	13	145
Exposiciones tipo-a ESO	5 (31%)	10 (63%)	5 (50%)	5 (45%)	3 (43%)	4 (29%)	2 (13%)	4 (24%)	20 (77%)	5 (38%)	63 (43%)
Exposiciones Bach.	11	5	7	14	6	7	6	9	7	9	81
Exposiciones tipo-a Bach.	3 (27%)	0	0	3 (20%)	0	2 (29%)	0	0	0	0	8 (10%)

Tabla 3.3. Número total de exposiciones y de exposiciones tipo-a en manuales de 4º de ESO y 1º de Bach.

En cuanto a las exposiciones de tipo-a, la tabla 3.1 señala una escasa presencia de ellas. La gran mayoría de los manuales no llega a 10 y sólo dos (SM y Bruño) alcanzan o superan esta cifra. Recordemos que esta modalidad, que le concede al dispositivo elegido la máxima atención, deja traslucir la influencia en el manual del enfoque didáctico ciencia-tecnología. En la tabla 3.3 (parte de arriba) se han resumido los datos de la tabla 3.1 que permiten apreciar la relación de las exposiciones tipo-a con el total de ellas.

Destaca alguna editorial (Oxford) con un porcentaje mínimo (13%, es decir, 2/15 disp.) de este tipo de exposición. Dentro de la misma tendencia, encontramos también otras editoriales como Santillana (24%), Anaya (31%) y McGraw-Hill (29%), esta última pese a tener una sección reservada a dispositivos, pero la suele utilizar para describir fenómenos y acoger relatos históricos

Diferencias ESO-Bachillerato

En cuanto a las exposiciones que ofrecen los libros de 1º de bachillerato, que se recogen en la tabla 3.2, hay que señalar profundas diferencias con la anterior, tal como se aprecia en la tabla 3.3. Lo que más llama la atención es la fuerte pérdida de presencia de los dispositivos en este curso. Salvo en un caso (Editex: 11 en ESO y 14 en bach.), en los demás encontramos un descenso muy evidente en relación a 4º de ESO. Un ejemplo contundente lo tenemos en la editorial SM (26 en ESO y 7 en bachillerato).

Bien es verdad que la idea de contrastar los libros de 4º y de 1º de una misma editorial no es muy significativa porque normalmente los autores no coinciden. Por ello es preferible manejar los resultados globales (145 exposiciones en ESO y 81 en bach.), que conducen inevitablemente a la conclusión apuntada, esto es, disminución hasta casi la mitad de la presencia de dispositivos. Y si nos fijamos en las de tipo-a, las diferencias son más marcadas. En efecto, siete de las diez editoriales no presentan ni una exposición con estas características y en cuanto a las cifras globales, la caída es espectacular pues se pasa de 63 en ESO a 8 en bachillerato, que en porcentaje supone una disminución del 43% al 10%.

La interpretación de estas cifras apunta a un cambio, no deseado, al pasar de una etapa a otra. A pesar de que son dos cursos consecutivos, la filosofía de la

etapa influye con fuerza en el alejamiento de lo contextual. Aún siendo normal que el nivel de los contenidos sea más teórico, esto no es incompatible con la presencia de lo contextual, o incluso por este motivo es aún más necesario mantener vinculaciones entre ambos aspectos. Pero esto es lo que falla aquí, porque vemos que lo académico se impone a lo contextual. Las relaciones ciencia-tecnología se reducen a un mínimo. El bachillerato es dominado por una visión propedéutica que tiene sus miras puestas en el paso a la universidad.

Características comunes

Señalamos ahora aspectos que aparecen en ambas distribuciones de dispositivos. Aunque los datos concretos pertenecen a ESO (tabla 3.1), se cumplen igualmente para los de bachillerato.

Los dispositivos más mencionados y que se exponen con mayor detenimiento (tipo-a) resultan ser los que están ligados estrechamente a una ley o principio teórico. Así, el elevador/prensa hidráulica es un ejemplo prototípico del principio de Pascal; la máquina de vapor, del segundo principio de la termodinámica; el motor de combustión interna, también. Son responsables, además, de gran parte del desarrollo de la sociedad moderna. Algunos dispositivos (barco, submarino) son artefactos complejos de los que sólo se estudia una propiedad esencial (la flotabilidad) y otros relativamente recientes (aerogenerador, frigorífico/bomba de calor, placa fotovoltaica, ecógrafo/sonar) afianzan su presencia en las páginas de nuestros manuales.

El resto de dispositivos son en su gran mayoría muy de actualidad. Destacan entre otros con 3-4 menciones: convertidor catalítico, GPS, horno microondas, láser y pila de combustible. Entre los menos citados los hay de fundamento considerado poco asequible (p.ej. airbag), o de uso más minoritario (p.ej. visor de IR).

En resumen, a grandes rasgos nos encontramos para cada manual un conjunto de dispositivos constituido por un núcleo fijo y el resto variable, constituido por los más modernos. Entre estos, los de más actualidad, aún no consolidados, ocupan un lugar inferior en la escala de presencia. También hay que hacer notar que si el dispositivo es un artefacto complejo suele rehuirse su tratamiento (p.ej. el

teléfono móvil, sólo mencionado por un manual), a menos que se decida estudiar de él sólo una parte esencial o fenómeno (p.ej. en el barco, la flotabilidad; en la lavadora, la centrifugación).

3.6. LA PRESENCIA EN LIBROS DE TEXTO NO ACTUALES

Para completar nuestro estudio se ha creído conveniente contrastar los manuales actuales con los del mismo nivel escolar de hace varias décadas. La finalidad es comprobar la evolución en la presencia de dispositivos. Tomamos entonces 6 libros de los años 70 de 2º de BUP, curso correspondiente al actual 4º de ESO, y se contrastaron con otros 6 libros de este último, de entre los 10 anteriores.

DISPOSITIVO	EDITORIAL					
	Ana.	Bru.			SM	
1.Barco	Ana.	Bru.			SM	
2.Batiscafo						VV.
<i>3.Bomba aspirante</i>						VV.
<i>4.Cohete</i>	Ana.					
<i>5.Diapasón</i>	Ana.	Bru.				VV.
6.Elev./Prensa hidr	Ana.	Bru.	Ever.	Sant.	SM	VV.
<i>7.Estroboscopio</i>	Ana.					
8.Frenos hidráulicos	Ana.	Bru.	Ever.		SM	VV.
9.Frigorífico			Ever.			
10.Globo/Dirigible			Ever.			
11.Máquina de vapor			Ever.			VV.
12.Motor combust.int. (Explosión / Diesel)			Ever.		SM	VV.
13.Motor de reacción		Bru.				
<i>14.Rodamiento</i>			Ever.			
15.Sónar		Bru.				
16.Submarino		Bru.				
<i>17.Termo</i>						VV.
<i>18.Timbre bimetálico</i>	Ana.					
19.Turbina						VV.
TOTAL DE EXPOSICIONES	7	7	7	1	4	9

Tabla 3.4. Dispositivos (temas comunes) de manuales de 2º de BUP (años 70)
(Van en cursivas los dispositivos que no se encuentran en los manuales de 4º de ESO).

Un primer obstáculo a efectos comparativos reside en la diferencia de los programas. Por este motivo nos hemos centrado únicamente en los temas que

comparten (cinemática, dinámica, hidrostática, energía, sonido y calor). La tabla 3.4 da la lista de los dispositivos que aparecen en los capítulos comunes de los manuales de 2º de BUP de seis editoriales de los años 70. La tabla 3.5 hace igual con manuales actuales de 4º de ESO de 2008 de las mismas editoriales, recogiendo datos de la tabla 3.1.

DISPOSITIVO	EDITORIAL					
<i>1. Aerodeslizador</i>		Bru.			SM	
<i>2. Aerogenerador</i>				Sant.	SM	
<i>3. Altavoz/Micrófono</i>	Ana.			Sant.		
<i>4. Avión</i>						VV.
<i>5. Barco</i>	Ana.	Bru.		Sant.	SM	
<i>6. Batiscafo</i>					SM	VV.
<i>7. Bombilla</i>	Ana.					
<i>8. Cambio marchas</i>					SM	
<i>9. Cinta transportad.</i>					SM	
<i>10. Elev./Prensa hidr.</i>	Ana.	Bru.	Ever.	Sant.	SM	VV.
<i>11. Frenos hidráulicos</i>	Ana.		Ever.	Sant.	SM	VV.
<i>12. Frigorífico</i>		Bru.		Sant.	SM	VV.
<i>13. Globo/Dirigible</i>		Bru.	Ever.	Sant.	SM	VV.
<i>14. Horno microondas</i>	Ana.			Sant.		VV.
<i>15. Juguete (Pato deJ)</i>					SM	
<i>16. Láser</i>	Ana.				SM	
<i>17. Máquina de vapor</i>	Ana.	Bru.	Ever.	Sant.	SM	VV.
<i>18. Martillo pilón</i>					SM	
<i>19. Motor combust.int. (Explosión/Diesel)</i>	Ana.	Bru.	Ever.	Sant.	SM	VV.
<i>20. Motor de reacción</i>		Bru.			SM	
<i>21. Placa fotovoltaica</i>				Sant.	SM	
<i>22. Placa termosolar</i>					SM	
<i>23. Poleas/Polipasto</i>	Ana.	Bru.	Ever.		SM	VV.
<i>24. Radio y TV</i>	Ana.					
<i>25. Sónar/Ecógrafo</i>	Ana.			Sant.	SM	
<i>26. Submarino</i>		Bru.		Sant.	SM	
<i>27. Teléfono móvil</i>	Ana.					
<i>28. Tornillo Arquím.</i>		Bru.				
<i>29. Torno</i>	Ana.					
<i>30. Turbina</i>			Ever.		SM	
<i>31. Visor de IR / Cámara termográfica</i>		Bru.				
TOTAL DE EXPOSICIONES	14	12	7	13	22	10

Tabla 3.5. Dispositivos (temas comunes) de manuales de 4º de ESO (2008)
(Van en cursivas los dispositivos que no se encuentran en los manuales de 2º de BUP)

En las tablas 3.4 y 3.5 figuran en cursivas los dispositivos que no aparecen en la otra, es decir, en la 3.4 los que no se encuentran en los manuales de 4º de ESO y en la 3.5 los que no se encuentran en los manuales de 2º de BUP. Los que figuran en letra normal se encuentran en ambos.

3.7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE MANUALES DE ÉPOCAS DIFERENTES

A fin de agilizar la discusión de los resultados referentes a la comparación de manuales de dos épocas diferentes, se ha elaborado la tabla 3.6 con datos significativos de las tablas 3.4 (columna 2 de 3.6) y 3.5 (columna 3 de 3.6). Van entre paréntesis las exposiciones de modalidad-a.

EDITORIAL	Años70 disposit.	2008 disposit.	Años70 i. medida	2008 i. medida
Anaya	7 (1)	14 (5)	3 (1)	3 (1)
Bruño	7 (2)	12 (7)	5 (4)	4 (2)
Everest	7 (4)	7 (3)	5 (1)	3 (1)
Santillana	1 (0)	13 (4)	3 (0)	4 (2)
SM	4 (1)	22 (16)	6 (2)	5 (2)
Vicens Vives	9 (4)	10 (4)	5 (2)	4 (1)
TOTALES	35 (12)	78 (39)	27 (10)	23 (9)

Tabla 3.6. Comparación de dispositivos en libros de 2º de BUP (años 70) y de 4º de ESO (2008)

Los resultados globales de las dos muestras estudiadas señala una atención mayor hacia los dispositivos en nuestros días que en los años 70. Esto viene indicado por la variedad de dispositivos que encontramos: 19 (2º BUP, tabla 3.4) frente a 31 (4º ESO, tabla 3.5), así como por el número de veces que se citan: 35 frente a 78 (tabla 3.6). En el mismo sentido apunta el número de exposiciones tipo-a que aparece, que pasa de la tercera parte (12) a la mitad (39). Si consideramos cada

manual, aquellos de los años 70 suelen ofrecer una media de 6 dispositivos frente a los actuales que ofrecen 13, con desviaciones de consideración en ambos casos.

En cuanto a dispositivos concretos (tablas 3.4 y 3.5), siguen presentes los tradicionales como frenos, prensa hidráulica, barco, motor de combustión, frigorífico, etc. Son aparatos tecnológicos que no han perdido vigencia y muestran una conexión estrecha y directa con importantes leyes y principios. Otros aparecen sólo en los manuales de una época u otra sin significaciones de modernidad, como cohete, diapasón (años 70) o radio y TV (actuales). En cambio hay dispositivos que pueden ser contemplados como índice de la rápida evolución tecnológica experimentada en los últimos tiempos, como el horno microondas, el láser, el aerogenerador, el aerodeslizador, las placas fotovoltaicas, el teléfono móvil, el ecógrafo, etc. También tenemos ejemplos de lo contrario, esto es, dispositivos que han desaparecido o disminuido su importancia en la sociedad actual, como la bomba aspirante, el termo, etc. Otros, por último, aparecen en los manuales de una época u otra sin más significación que la decisión de los autores.

Por otra parte, aunque los instrumentos de medida han sido excluidos como instrumentos cotidianos (ap. 3.1), en esta ocasión les hemos dado acogida (tabla 3.6, cols. der.). A este propósito se ha llevado a cabo un recuento en los capítulos comunes de los manuales de ambas muestras. Con ello se ha tratado de ver la evolución de tales instrumentos, recordando la importancia concedida a éstos tradicionalmente. Los resultados constatan, en efecto, una merma de la atención prestada por los manuales, ya que su número decae apreciablemente en los actuales: 27/23.

3.8. DISPOSITIVOS EN LOS MANUALES DE TECNOLOGÍA

Nuestro estudio estaría incompleto si ignoramos una asignatura como la Tecnología, presente a lo largo de toda la ESO. Para indagar el tratamiento que se da a los dispositivos hemos seleccionado varios manuales actuales tres de 3º y tres 4º de ESO de esta disciplina. Vamos a comprobar, pues, si en el ámbito de la educación tecnológica los dispositivos merecen por parte de los manuales un tratamiento diferente al que hemos visto.

Características de la asignatura

Las orientaciones sobre esta disciplina vienen marcadas por las disposiciones del R.D. 1631/2006 de Enseñanzas Mínimas de la ESO (BOE 05-01-2007). En el Preámbulo se advierte la importancia concedida a la utilización y manipulación de los objetos tecnológicos:

“Esta materia trata, pues, de fomentar los aprendizajes y desarrollar las capacidades que permitan tanto la comprensión de los objetos técnicos como su utilización y manipulación, incluyendo el manejo de las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas en este proceso” (p.766).

Un poco más adelante se subraya este punto señalando que el eje vertebrador de los contenidos “es el proceso de resolución de problemas tecnológicos”. Igualmente se presta atención al análisis de este tipo de objetos. Así, al hablar de la competencia en el conocimiento y la interacción con el medio físico se insiste en

“...el conocimiento y utilización del proceso de resolución técnica de problemas y su aplicación para identificar y dar respuesta a necesidades, evaluando el desarrollo del proceso y sus resultados. Por su parte, el análisis de objetos y sistemas técnicos desde distintos puntos de vista permite conocer cómo han sido diseñados y construidos” (p.767).

Obsérvese que la insistencia en el análisis de objetos y sistemas supone el paso a un primer plano de todos los elementos componentes.

Es de destacar que ni en las orientaciones de la disciplina ni en los Objetivos (p.768) se habla de proporcionar la base científica de los objetos y sistemas tecnológicos que se estudian. Lo importante es más bien conocer el funcionamiento, la operatividad y las partes componentes. Ello puede garantizar el diseño y análisis de los dispositivos.

En cuanto a los contenidos, los cursos 1º, 2º y 3º están constituidos por ocho bloques: 1. Proceso de resolución de problemas tecnológicos. 2. Hardware y sistemas operativos. 3. Materiales de uso técnico. 4. Técnicas de expresión y comunicación. 5. Estructuras. 6. Mecanismos. 7. Electricidad. 8. Tecnologías de la

comunicación. Internet. El bloque 1 señala una de las ideas básicas de la orientación de la disciplina y los 5, 6 y 7 se centran en los sistemas tecnológicos propiamente dichos. Hay que recalcar que en estos últimos, si aparecen dispositivos se encuentran como componentes de estructuras más complejas, como redes y sistemas.

Los contenidos del curso 4º se desarrollan en seis bloques: 1. Instalaciones en viviendas. 2. Electrónica. 3. Tecnologías de la comunicación. 4. Control y robótica. 5. Neumática e hidráulica. 6. Tecnología y sociedad. A señalar que el 6 recoge el enfoque CTS y los 1, 3 y 5 están centrados en sistemas tecnológicos. Es inevitable que estos arrastren una gran cantidad de componentes que han de ser estudiados previamente.

La orientación de los manuales

Estudiando los libros de texto de Tecnología hemos podido constatar que siguen la orientación dada por los documentos oficiales. Así, lo primero que se advierte es que los contenidos se centran en sistemas e instalaciones, con lo que la individualidad del dispositivo pierde su carácter (fig.1). En esta línea, nos encontramos con páginas y páginas dedicadas a instalaciones eléctricas y de fontanería de una vivienda, cadenas musicales, redes de telefonía, redes informáticas, sistemas automáticos y circuitos neumáticos e hidráulicos. Por eso, raro es el capítulo que no comienza mostrando un sinfín de elementos componentes como válvulas, resistencias, depósitos, condensadores, transistores, etc. Las clasificaciones de estos componentes son exhaustivas y se extienden a sistemas e instalaciones. Todo ello conduce inevitablemente a desarrollar un exceso muy poco deseable de contenidos.

La teoría, que podría fundamentar mejor la exposición y proporcionar una explicación más sólida, se encuentra casi totalmente ausente, lo que hace muy difícil la comprensión de estos contenidos por parte de alumnos de ESO. Así, un manual como el de 4º de SM (2008) sólo suministra información, y además mínima, sobre las o.e.m., sus magnitudes características, las propiedades de los fluidos y el principio de Pascal. Por el contrario, al transistor (cap.5) se le dedican más de diez

páginas con un enfoque totalmente operativo. Es la finalidad lo que cuenta y no la base teórica que aporta el fundamento, que es por otra parte casi inexistente. En la instalación de una vivienda (cap.4) se presta más atención en señalar el significado del color de los cables que en exponer alguna idea sobre corriente alterna. El peligro de esta orientación es que fomenta aprendizajes memorísticos y ni siquiera contribuye a desarrollar unas destrezas operativas.

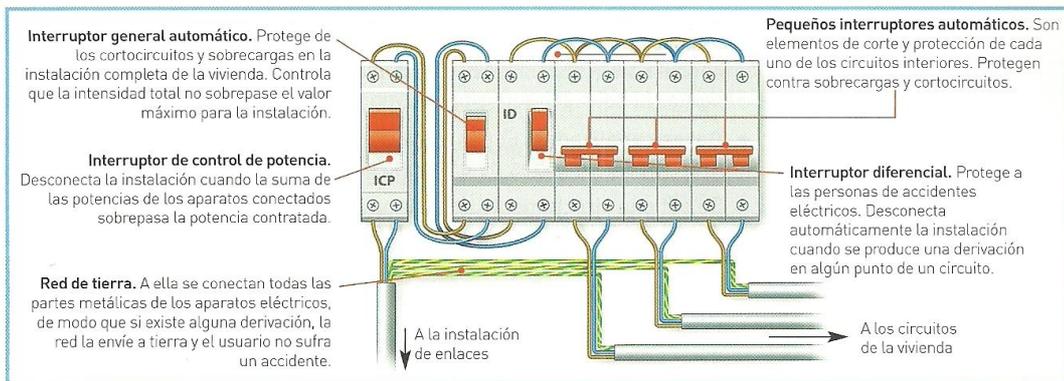
Hay partes en que faltando la teoría básica, sin embargo la teoría especializada puede alcanzar niveles insostenibles, pues el mismo programa empuja a ello. Por ejemplo, en el capítulo 6 “Electrónica digital” de 4º de SM pueden verse los sistemas binario y hexadecimal, las funciones y puertas lógicas, las tablas de verdad, y el álgebra de Boole. Igualmente, en los esquemas de montajes el nivel de abstracción es elevado por lo que su interpretación suele resultar muy complicada.

Todas estas características se derivan de la orientación dada a la asignatura en los documentos oficiales y son la interpretación dada por autores y editoriales a las directrices del BOE. Gran parte de las deficiencias apuntadas era previsible que se produjeran.

INSTALACIÓN INTERIOR O RECEPTORA

La instalación de cada una de las viviendas se inicia en el cuadro privado de mando y protección, y contiene distintos dispositivos de control.

Cuadro privado de mando y protección

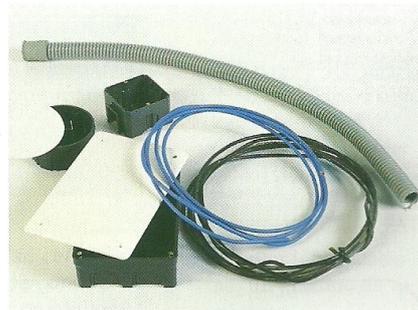


Del cuadro de mando y protección parten los cables que forman cada circuito. Como mínimo hay tres circuitos que salen del cuadro y se distribuyen por la vivienda: un circuito para el alumbrado, otro para los enchufes y otro para los electrodomésticos.

Los cables son conductores de cobre revestidos con plástico de distinto color según su función. Cada circuito individual necesita tres cables conductores:

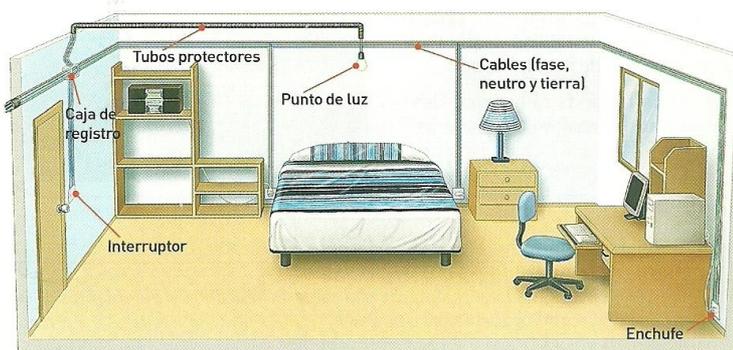
- **La fase** (negro, gris o marrón), que es el conductor por el que entra la corriente eléctrica.
- **El neutro** (azul claro), que es el conductor por donde la corriente sale de la vivienda tras haber recorrido los circuitos.
- **El cable de toma de tierra** (verde y amarillo), que va desde los circuitos de la vivienda al cuadro de dispositivos generales de mando y protección, y de allí, a la toma de tierra del edificio.

Los cables van alojados en tubos protectores que confluyen en las cajas de registro y derivación, en las que se realiza el empalme y derivación de los cables, y desde las que parten hacia cada uno de los elementos de maniobra y conexión (interruptores y enchufes).



Tubo protector, conductores y caja de registro, de plástico y con tapa.

Los circuitos dentro de la vivienda



ACTIVIDADES

- 3 ¿Por qué los mecanismos de la instalación eléctrica y los aparatos incorporan la toma de tierra?
- 4 ¿Cómo se llaman los tres cables conductores que necesita cada circuito de una instalación eléctrica?
¿Cuáles son sus colores y sus funciones?

Fig. 1. Tecnología 4º, SM, 2008, p.69

Los dispositivos en los manuales

En principio se han identificado los dispositivos que aparecen en los manuales y se han comprobado las condiciones de exposición. Los resultados se dan en las tablas 3.7 y 3.8.

DISPOSITIVO	F.yQ. 4º ESO. EDITORIAL			DISPOSITIVO	TECN. 4º ESO. EDITORIAL		
			SM				SM
2.Aerodeslizador			SM	1.Aerodeslizador			SM
3.Aerogenerador		Sant.	SM	2.Aerogenerador			SM
5.Alcoholímetro			SM	3.Caldera		Sant	SM
6.Altavoz/Micrófono	Ana.	Sant.		4.Cisterna		Sant	
8.Barco	Ana.	Sant.	SM	5.Compresor	Ana.	Sant	SM
9.Batiscafo			SM	6.DVD (Lector)		Sant	
10.Bombilla	Ana.			7.Electroimán		Sant	
11.Caleidoscopio		Sant.		8.Elevador/Prensa hidr.	Ana.		SM
12.Calientamanos			SM	9.Freno hidráulico	Ana.		
14.Cambio marchas			SM	10.Frigorífico/BombaQ	Ana.		
15.Cinta transportadora			SM	11.Fuente de alimentación			SM
16.Convert. catalítico	Ana.		SM	12.GPS		Sant	
17.Elevador/Prensa hidr.	Ana.	Sant	SM	13.Interruptor diferencial	Ana.		SM
18.Freno hidráulico	Ana.	Sant.	SM	14.LED	Ana.	Sant	
20.Frigorífico/BombaQ		Sant	SM	15.Máquina de vapor			SM
21.Generador/Dinamo		Sant.		16.Motor eléctrico		Sant	
22.Globo/Dirigible		Sant.	SM	17.Motor hidráulico			SM
23.GPS		Sant.		18.Motor neumático			SM
24.Horno microondas	Ana.	Sant.		19.Placa fotovoltaica	Ana.		SM
25.Juguete (Pato deJ.)			SM	20.Placa termosolar	Ana.		SM
27.Láser	Ana.		SM	21.Radio		Sant	SM
29.Máquina de vapor	Ana.	Sant	SM	22.Ratón			SM
30.Martillo pilón			SM	23.Teléfono móvil		Sant	SM
31.Motor combust.int.	Ana.	Sant	SM	24.Termo eléctrico	Ana.		
32.Motor de reacción			SM	25.Termostato		Sant	
34.Pila de combust.	Ana.	Sant.	SM	26.Transformador		Sant	
36.Placa fotovoltaica		Sant.	SM	27.Tren de levit.magnética			SM

37.Placa termosolar			SM	28.TV		Sant	
39.Polea/Polipasto	Ana.		SM	29.Zumbador	Ana.		
40.Radio y TV	Ana.						
41.Sónar/Ecógrafo	Ana.	Sant.	SM				
42.Submarino		Sant.	SM				
43.Teléfono móvil	Ana.						
45.Torno	Ana.						
46.Turbina			SM				
TOTAL DE EXPOSICIONES	16	17	26	TOTAL DE EXPOSICIONES	10	13	16

*Tabla 3.7. Dispositivos en manuales de Tecnología y de Física y Química de 4º de ESO (2008)
(Van en cursivas los dispositivos de Tecnología que también se encuentran en Física y Química)
(Los dispositivos de Física y Química conservan los números de la tabla 3.1)*

EDITORIAL	Total de Expos.	Muestran Fundam.	Parte de sistemas	Muestran elementos
Anaya 3º	19	7 (37%)	6 (32%)	6 (32%)
Santillana 3º	15	6 (40%)	6 (40%)	5 (33%)
SM 3º	14	6 (43%)	4 (29%)	8 (57%)
Anaya 4º	10	4 (40%)	4 (40%)	3 (30%)
Santillana 4º	13	6 (46%)	3 (23%)	5 (38%)
SM 4º	16	5 (31%)	5 (31%)	8 (50%)

Tabla 3.8. Resumen de características de exposiciones en manuales de Tecnología

3.9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En primer lugar y contra lo que podría esperarse inicialmente, el número de dispositivos diferentes encontrados en la muestra de manuales de Tecnología de 4º de ESO es sensiblemente inferior a los correspondientes de Física y Química del mismo curso. Así, tenemos 29 en Tecnología y 35 en Física y Química de las mismas editoriales (ver tablas 3.1 y 3.7), que aparecen en un total de 39 exposiciones en

Tecnología y 59 en Física y Química. Aquí sí es más evidente la diferencia, lo mismo que si se considera el número de exposiciones de tipo-a: 4 en Tecnología y 29 en Física y Química.

La razón ya se ha indicado: priman los sistemas frente a los objetos individuales. Aquí los dispositivos aparecen o como parte de una instalación, o de modo más individual (lo que no impide que se muestre también el sistema en su totalidad). Por ejemplo, el teléfono móvil (SM 4º, 2008, pp. 140-1) figura como un elemento de la red de telefonía móvil, pero lo que se describe es su funcionamiento dentro de la red y no el del propio teléfono.

En este mismo sentido apuntan los casos de dispositivos de Tecnología que figuran también en los manuales de Física y Química (tabla 3.7 der., disp. en cursivas). Por ejemplo, el panel solar térmico (o placa termosolar) aparece en el manual de Tecnología (SM, p.76) inserto en la instalación completa, de la que se describen todos los elementos (fig.2). Del dispositivo sólo se señala su finalidad. Ni la menor alusión a su fundamento (el efecto invernadero). Otro ejemplo, el aerogenerador (SM, p.77). Se señalan el efecto y la finalidad del dispositivo y se realiza un despiece, muy detallado, de sus componentes. No obstante, el elemento esencial, el alternador, sólo se menciona, dejando sin aclarar el porqué y cómo produce corriente.

A diferencia de lo que ocurre en los manuales de Física y Química, aquí para un dispositivo el principal criterio de selección es si forma parte o no de una red o sistema. En los manuales de Física y Química se ha utilizado como criterio de clasificación de las exposiciones la mayor o menor subordinación a la teoría con relación al dispositivo (sec. 3.3). Si quisiéramos hacer algo semejante en los manuales de Tecnología, tendríamos que adoptar como criterio la mayor o menor independencia respecto al sistema al que está ligado.

9. AHORRO ENERGÉTICO EN LAS VIVIENDAS

La búsqueda de ahorro energético en las viviendas ha potenciado el uso de energías renovables mediante instalaciones realizadas con un equipamiento específico.

Los equipos más habituales son los paneles solares, las células fotovoltaicas, los pequeños aerogeneradores y la biomasa.



ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Esta instalación se fundamenta en el aprovechamiento térmico de la radiación solar para el agua caliente y la calefacción. La incidencia de los rayos solares sobre el captador permite calentar un fluido (generalmente, agua con aditivos) que circula por el interior del mismo.

Este calor se transmite al agua de consumo a través de un intercambiador, y normalmente queda acumulado en un depósito preparado para su uso posterior. Estos depósitos acumuladores tienen la misión de almacenar el agua caliente hasta su uso y tienen una capacidad de unos 150 a 500 litros.

Estas instalaciones necesitan un apoyo de sistemas convencionales de producción de agua caliente (caldera de gas, caldera de gasóleo, etc.) para suministrar la energía necesaria en los momentos en los que no existe suficiente radiación solar o cuando se realiza un alto consumo.



Fig.2. Tecnología, SM, 2008, p.76

Igualmente debe señalarse que en la revisión de manuales de Tecnología de 3º aparece un número semejante de dispositivos pero más exposiciones que en 4º, esto es, un total de 48 frente a 39 (tabla 3.8). No obstante, en cuanto a la propia exposición la orientación es idéntica, y en los casos en que el dispositivo se repite en ambos (p.ej. transformador, cisterna, caldera, etc.) no se advierten, dentro de la misma orientación, grandes diferencias en las exposiciones.

Lo habitual es que dicha exposición sea totalmente descriptiva y no contenga el menor elemento explicativo. En la tabla 3.8 (col.3) puede apreciarse que menos del 50% de ellas muestra el fundamento. A veces se agota en la finalidad, que rara vez falta. También suele aparecer el funcionamiento, aunque no siempre (col.5), el cual puede comprenderse bien si tiene base mecánica, pero más difícilmente en cualquier otro caso si no va respaldado por el fundamento, lo que, como hemos dicho, salvo excepción, sucede.

Otro detalle digno de ser señalado es el tipo particular de dispositivo que aparece como consecuencia de la orientación operativa de la asignatura. Se prima el material auxiliar que se utiliza en las manipulaciones para la construcción de aparatos. Los encontramos especialmente en los libros de 3º. Entre ellos están la fresadora, la sierra eléctrica, la taladradora y el torno.

Como vemos, estos ejemplos corroboran que en el ámbito de la tecnología las expectativas iniciales no se cumplen y los dispositivos aparecen en menor abundancia que en los manuales de Física y Química, siendo su exposición, en general, mucho más incompleta y con otros objetivos.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE EXPOSICIONES DE DISPOSITIVOS

4.1. ¿QUÉ ELEMENTOS MUESTRA LA EXPOSICIÓN DE UN DISPOSITIVO?

Hasta ahora se ha estudiado qué dispositivos aparecen en los manuales y cuál es la modalidad de su presentación, según la atención prestada y el papel asignado. Damos un paso más y abordamos el análisis de estas presentaciones, centrado en el mismo dispositivo y prescindiendo de otros aspectos. El objetivo es perfilar los elementos componentes de la exposición.

¿Cómo llevar a cabo esta labor? Un planteamiento puramente empírico de la metodología de investigación haría la tarea muy complicada y podría conducir a varias opciones, todas ellas válidas. Preferimos avanzar una hipótesis y comprobarla con una muestra reducida y variada de dispositivos. La hipótesis, por otra parte, tiene sus raíces en el quehacer cotidiano de cualquier profesor que, puesto en la tesitura de explicar un dispositivo, tendría que organizar su discurso dando respuesta a las siguientes preguntas: ¿Qué es y para qué sirve? ¿Por qué funciona? ¿Cómo y cuál es el mecanismo que le hace funcionar? Estos interrogantes dibujarían los siguientes elementos en la exposición del dispositivo: presentación, finalidad, fundamento y funcionamiento (Tabla 4.1).

Elemento	Responde a	Se concreta en	Expresado en términos
Presentación + Finalidad	<i>¿Qué es? ¿Para qué sirve?</i>	Descripción del aparato Misión del aparato	Prácticos
Fundamento	<i>¿Por qué funciona?</i>	Fenómeno, ley/principio, agente	Teóricos
Funcionamiento	<i>¿Cómo funciona?</i>	Actividad de los componentes	Teóricos y prácticos

Tabla 4.1. Elementos esenciales y sus características

Veamos a grandes rasgos las características de estos elementos:

- **Presentación** (¿Qué es?). Da idea de qué es el aparato y describe de modo abreviado lo más fundamental del mismo. Es imprescindible para un dispositivo poco habitual (p.ej. el aerodeslizador) y debería ir complementada por una ilustración. Pero en caso de aparatos muy conocidos, la presentación puede obviarse.

Dentro de la presentación hemos incluido la **finalidad** (¿para qué sirve?), ya que forma parte de la descripción del dispositivo. Indica la misión del mismo, es decir, el fin práctico que produce al actuar. Ha de verse bajo el punto de vista del usuario (¿para qué lo compra?). Por ejemplo, la finalidad del micrófono es recoger el sonido; los frenos ABS sirven para mantener el control del vehículo al frenar. Viene, por tanto, expresado en términos prácticos. La finalidad es particular del aparato, aunque otros pueden tener la misma.

- **Fundamento** (¿Por qué funciona?). Es el elemento teórico que explica el funcionamiento del aparato. Puede residir en alguna característica del agente que lo hace funcionar (p.ej. la fuerza expansiva del vapor), en un fenómeno (p.ej. el efecto fotoeléctrico), o en un principio (p.ej. la transformación de la energía). Tiene carácter general ya que puede ser el sostén teórico de muchos y diferentes aparatos², fenómenos o procesos. Habitualmente el fundamento del dispositivo viene dado por la teoría estudiada en el mismo apartado que lo incluye.

- **Funcionamiento** (¿Cómo funciona?). Justifica, con base en el fundamento, la actuación del aparato. Se establece una conexión de lo teórico con lo real, al ser aplicada la teoría (el fundamento) a un caso particular (el dispositivo y su funcionamiento). Por ejemplo, en la máquina de vapor el foco caliente se concreta en la caldera, el foco frío en el entorno y el trabajo en el del movimiento del pistón, explicándose, además, cómo esta disposición produce movimiento.

Es evidente, además, que en la mayor parte de los casos, para explicar el funcionamiento del aparato, se hace necesario reseñar los componentes. Así pues, el

² Una estrategia expositiva empleada con cierta frecuencia y muy aceptable didácticamente es desarrollar, a partir de una ley o principio teórico común, varios dispositivos vinculados entre sí. Por ejemplo, a partir del concepto de máquina térmica se exponen la máquina de vapor, el motor de explosión, la turbina, el motor de reacción, etc. (ver también ej. de acumuladores y pilas, fig. 4.3). Claro que si la iniciativa sirve únicamente para confeccionar una lista de aparatos, pierde el valor didáctico de establecer comparaciones y discriminaciones entre dispositivos de igual fundamento.

funcionamiento indica y justifica la actuación conjunta de los componentes del aparato, es decir, el mecanismo del mismo.

4. 2. PRUEBAS INICIALES DEL ESQUEMA DE ANÁLISIS

Una vez establecidos estos tres elementos esenciales en la exposición de un dispositivo, se procede a comprobar su presencia real en estas. Si la adecuación es ajustada, pasarán a constituir un esquema válido como herramienta de análisis. Para llevar a cabo esta labor comenzamos estudiando muestra reducida (6 exposiciones), pero variada, procedente de varios manuales (Anexo 4.1). En la muestra se incluyen exposiciones que por su desarrollo conceden un evidente protagonismo al dispositivo (modalidad-a), y otras mucho más limitadas (modalidad-b). Se han tomado primero las de tipo-a, ya que por su mayor extensión muestran con más nitidez los elementos constituyentes.

En el estudio de las exposiciones se ha contado con el apoyo de mapas conceptuales. La ventaja que presentan es que resaltan y conectan los conceptos que intervienen, los distribuyen más claramente y suprimen repeticiones e información superflua. Todo ello pone más en evidencia los bloques estructurales que componen la exposición (Pontes, 2012) y permite perfilar mejor el esquema propuesto.

Revisadas entonces las exposiciones tipo-a, se observa que el esquema anterior está bien presente en ellas. En el discurso textual pueden ser identificados los bloques correspondientes a los elementos propuestos, si bien es cierto que no siempre aparecen nítidos. En cuanto a las de tipo-b, podríamos decir también lo mismo, aunque su abreviado desarrollo hace más ardua la tarea, pues son frecuentes los solapamientos y, a veces, las omisiones. Por eso, tras su elaboración, los mapas muestran más claramente los elementos que el texto mismo.

A continuación se repite el mismo proceso sobre una muestra amplia, constituida por las exposiciones localizadas en los manuales de 4º de ESO (tabla 3.1). Como consecuencia, se confirma la idoneidad del esquema para el análisis de exposiciones, si bien no es raro que aparezcan poco perfilados y sin seguir un orden lógico, pues unas veces están separados y otras entremezclados, unas

secuenciados de una manera y otras, de otra diferente. A veces, además, ocurre que alguno de los tres elementos falta o está implícito, lo que es muy común cuando se trata de exposiciones tipo-b. Esta carencia arrastra, en buena parte de los casos, graves inconvenientes. De todos modos, la presencia de todos los elementos en la exposición es un indicio favorable pero no suficiente, pues ésta puede resultar inadecuada por defecto grave de alguno de ellos. En el apartado 4.4 mostraremos ejemplos variados y el modo en que ajustan textos y esquema.

En términos de la lingüística de texto (Van Dijk, 1980; Van Dijk y Kintsch, 1983), los referidos elementos constituyen la macroestructura de la exposición del dispositivo y cada uno de ellos es una categoría conceptual de la macroestructura. Aquí no puede hablarse de superestructura, que es la organización esquemática del texto constituida por secciones separadas (p.ej. las de un periódico). La superestructura es siempre propia de un tipo de texto (p.ej. el folleto de un medicamento). Pero lo que encontramos en nuestro caso es una ausencia total de sistemática en la exposición, incluso en el mismo manual. Los contenidos del dispositivo, salvo la presentación, suelen disponerse sin ningún patrón y con frecuencia entremezclados. Hubiera sido deseable que la exposición tuviera un esquema más definido y se configurara en secciones claramente secuenciadas y diferenciadas.

4. 3. OTROS ELEMENTOS DE LA EXPOSICIÓN

La exploración previa llevada a cabo, aplicando el esquema propuesto al análisis de dispositivos, ha permitido precisar los tres elementos fundamentales, así como la puesta en evidencia y consiguiente incorporación de otros elementos y estrategias expositivas. Vamos a hablar enseguida de un elemento primordial en las exposiciones que apoya a los tres fundamentales, como es el de la carga ilustrativa. En cuanto a otros elementos, es interesante señalar que algunas veces aparecen señalamientos históricos, alusiones medioambientales, o vínculos con otros aparatos semejantes. Pero también hay que decir que se prodigan raramente y, además, podrían ser asumidos fácilmente por los elementos fundamentales anteriores.

Tenemos que hablar, pues, de los se dan a continuación:

- **Fotografías y esquemas.** Como complemento expositivo tienen una importancia primordial las ilustraciones, que forman parte esencial de los elementos básicos que venimos comentando. Son esencialmente las fotografías y los esquemas. Las primeras se utilizan especialmente (o deberían utilizarse) en la presentación si el aparato es poco conocido. Los segundos son indispensables para mostrar las partes componentes y apoyar la explicación del funcionamiento del aparato. Tanto unas como otros se encuentran formando parte importante de elementos básicos, como la presentación y el funcionamiento, respectivamente.

- **Historia.** Otros elementos aparecen esporádicamente en el entorno de la exposición, como por ejemplo la Historia de la Ciencia. Puesto que pueden ser incluidos en alguno de los elementos principales, no deben ser considerados como esenciales.

Los resultados de la revisión indican que en ocasiones se utilizan las reseñas históricas. Por ejemplo (Everest, p.111):

artilugios capaces de hacernos la vida más fácil.

Sirva de ejemplo la historia de la «olla exprés», un artefacto al que estamos muy acostumbrados. Lo inventó el físico y matemático Denis Papin, que describió la olla en un artículo publicado en 1679, en el que señalaba que debido a que dentro de la olla el agua hierve a temperatura más elevada de lo normal la carne y otros alimentos se cuecen en un menor tiempo. Este gran invento pasó desapercibido hasta el siglo XIX, en el que se le añadió la válvula de seguridad.

En las ollas exprés modernas el agua hierve a unos 112 °C mientras que en los

- **Medioambiente.** Las alusiones a aspectos medioambientales del dispositivo, impulsadas por las corrientes educativas actuales (CTSA), se ven con alguna frecuencia en los manuales. Por ejemplo, *“Los parques de aerogeneradores no perjudican al medio ambiente, aunque producen un impacto visual y pueden tener incidencia sobre algunas aves”* (SM, p.140). O, por ejemplo, *“La gran ventaja de utilizar el hidrógeno como combustible es que , al reaccionar con el oxígeno, se*

obtiene agua, una sustancia no contaminante”. Referencias como estas, cuando aparecen, tienen gran valor formativo.

- **Datos técnicos.** Otras veces se señalan ventajas e inconvenientes del aparato, se añade algún dato técnico (p.ej. potencia, dimensiones), o se indican diversos tipos del mismo. Pero estas incorporaciones, en especial los datos técnicos, pueden arrastrar información innecesaria que desvía la atención más de lo deseable.

4. 4. LOS ELEMENTOS EN LOS MANUALES

Los elementos de la exposición, propuestos al principio y confirmados a continuación, van a ser especificados con más detalle tras el análisis de dispositivos efectuado en los manuales. Las características más propias que se han señalado para ellos se ilustran con ejemplos concretos, tomados todos de manuales de 4º de ESO (2008).

- Presentación.

En ciertos aspectos se asemeja a un enunciado de definición. Como al mismo tiempo ofrece una visión general del dispositivo, suele mostrar un esbozo de alguno de los otros elementos (fundamento y funcionamiento), que luego puede ser ampliado. Con frecuencia incluye el efecto que produce al funcionar, lo que indica su característica más propia. Y cuando el dispositivo es poco habitual (p.ej. el aerodeslizador) suele aparecer, como así debe ser, una fotografía.

Lo más habitual es que la finalidad vaya incluida en la presentación. Si resulta obvia o el dispositivo es muy conocido, se omite (p.ej. el frigorífico). En exposiciones escuetas es muy frecuente que aparezca sólo el fundamento y la finalidad del aparato, lo que es señal de que se utiliza exclusivamente para ejemplificar la teoría. No obstante, tratar de conectar directamente fundamento y finalidad no produce buenos resultados si no se hace a través del funcionamiento, pues éste se basa en el fundamento y da cuenta de la finalidad.

A veces la presentación sitúa en contexto al aparato, lo que ha de ser contemplado como positivo. Ello se hace o bien estableciendo relaciones de semejanza o discriminación con otros aparatos parecidos en fundamento o finalidad

(p.ej. “Las pilas de combustible”, SM, p.124: se comparan con las pilas primarias y con las recargables).

Las pilas de combustible

Al igual que las pilas desechables, denominadas pilas primarias, y las pilas recargables, llamadas acumuladores, las **pilas de combustible** también realizan la conversión:

ENERGÍA QUÍMICA → ENERGÍA ELÉCTRICA + ENERGÍA TÉRMICA

En las pilas primarias y en los acumuladores, los reactivos vienen determinados por los electrodos elegidos (plomo, cinc, mercurio, etc.), por lo que su vida útil y su potencial quedan establecidos de antemano. Sin embargo, las pilas de combustible **se alimentan continuamente** con combustible, generalmente hidrógeno, y oxígeno.

La base estructural de una pila de combustible es la **celda de combustible**, que pro-

Otra forma de situar en contexto al dispositivo es referirlo a sus precedentes históricos y posterior evolución. Por ejemplo, a propósito del submarino (McGraw, p.104) se ofrece un relato histórico del diseño de los primeros submarinos, centrado en las figuras de Narcís Monturiol e Isaac Peral (fig. 4.1).

Un sólido sumergido en un fluido se hundirá, estará en equilibrio en el seno del mismo o flotará si su densidad es mayor, igual o menor, respectivamente, que la del fluido (Fig. 4.13).

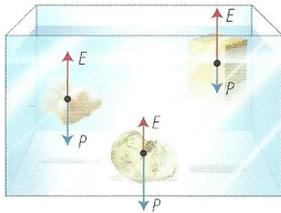


Fig. 4.13 Distintos casos de equilibrio de cuerpos sumergidos.

*** Sabías que...**

Hoy en día, con la propulsión nuclear, la navegación submarina está tan desarrollada que un submarino puede permanecer meses en estado de inmersión sin necesidad de atracar en un puerto ni hacer ningún tipo de escala técnica o recarga de provisiones o combustible.

Respecto a la flotación de los objetos en el seno de un fluido, cabe destacar de forma importantísima la contribución de dos españoles a la existencia de uno de los medios de transporte y bélicos más importante en el mar: el **submarino**.

A pesar de que ya había habido intentos de navegación submarina, **Narcís Monturiol** (Figueras, 1819-1885) fue el primero que logró fabricar, en 1859, un submarino, el *Ictíneo*, con capacidad para seis personas y de propulsión manual, que pudiera autónomamente sumergirse y emerger.

Cinco años después fabricó el primer submarino con propulsión a vapor, pero ya no pudo desarrollar más sus modelos.

Isaac Peral (Cartagena, 1851-1895) fue profesor de Física matemática de la Armada, para la que desarrolló un proyecto de navegación submarina donde describía la fabricación de un torpedero eléctrico, de unas dimensiones bastante considerables, ya que su masa era 79 000 kg.

Hasta ese momento el intento más importante había sido el del submarino *Huntley*, por parte de la Marina de los Estados de la Unión en la Guerra Civil Americana. Basado en el *Ictíneo*, sirvió para provocar el hundimiento de un barco confederado (1864), aunque él mismo se hundió.

Isaac Peral botó su submarino en 1888 y consiguió dotarle de propulsión eléctrica, a través de unos acumuladores de su invención, con lo que logró que no consumiera oxígeno para moverse, que era el principal inconveniente que presentaba el método de Monturiol.

El submarino se basa en que, al llenar de agua unas cámaras internas, su masa aumenta sin que lo haga el volumen, por lo que el peso supera al empuje y el submarino desciende.

Posteriormente, se bombea el agua al exterior, ocupándose ese espacio con aire, lo que hace que el empuje exceda al peso y se ascienda a la superficie.



Fig. 4.14 Isaac Peral por Gamonal, Museo Naval, Madrid.



Fig. 4.15 Submarino.

- Fundamento.

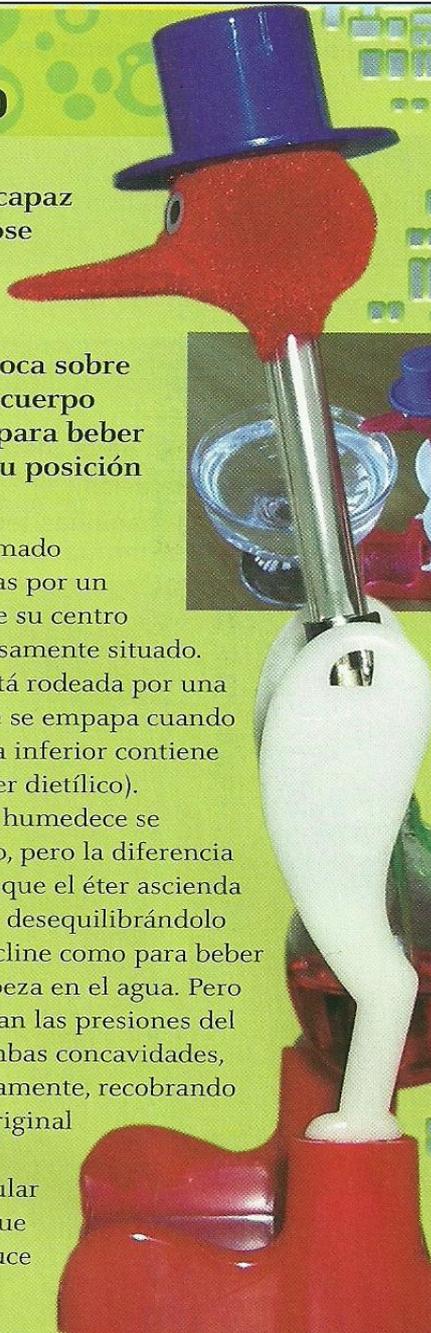
Como ya se ha dicho, en la mayoría de los casos el dispositivo suele insertarse como ejemplo práctico de la teoría. Por este motivo, lo más usual es que la exposición del dispositivo siga a la teoría que le sirve de fundamento, aunque alguna vez ésta se va exponiendo a medida que se explica el funcionamiento (p.ej. “Pato de Jottabich”, SM, p.144).

EL PATO MILAGROSO

No tiene pilas ni enchufes, pero es capaz de estar moviéndose de forma permanente.

Cuando el pato de Jottabich se coloca sobre el agua, mueve su cuerpo alternativamente para beber y para recuperar su posición normal.

Este juguete está formado por dos esferas unidas por un tubo de vidrio y tiene su centro de gravedad cuidadosamente situado. La esfera superior está rodeada por una masa de algodón que se empapa cuando el pato se inclina, y la inferior contiene un líquido volátil (éter dietílico). Cuando su cabeza se humedece se mantiene enderezado, pero la diferencia de temperatura hace que el éter ascienda por el tubo de vidrio, desequilibrándolo y haciendo que se incline como para beber hasta sumergir la cabeza en el agua. Pero al hacerlo se equilibran las presiones del vapor saturado de ambas concavidades, y el líquido cae nuevamente, recobrando el pato su posición original vertical. Este motor térmico permite simular un móvil perpetuo, que aparentemente produce movimiento sin consumo energético.



En el primer caso la simple yuxtaposición no basta a veces para captar la relación de la teoría con el dispositivo, lo que produce un déficit explicativo que el lector tratará de superar adivinando (no siempre acertadamente) dicha relación.

Para establecer o consolidar la conexión fundamento - dispositivo los manuales recurren en ocasiones al uso de la analogía, al recurso a algún fenómeno conocido, e incluso a la exposición de alguna experiencia sencilla. Por ejemplo, el motor a reacción, SM p.56, se ejemplifica con un bote del que, al calentarlo, sale vapor por varios tubos curvos laterales, que lo hace girar en sentido contrario (fig. 4.2).

- Funcionamiento.

Fundamento y funcionamiento aparecen frecuentemente entremezclados en la exposición ¿Cómo se distinguen entonces? Un criterio podría ser considerar como fundamento la teoría cuando no está particularizada en ningún caso concreto. Por ejemplo, vamos a ver seguidamente que en el aerodeslizador se habla del tercer principio de la dinámica (fundamento) y a continuación se indica que al lanzar un chorro de aire hacia abajo, el vehículo se sostiene (funcionamiento). Otras veces, sin embargo, para ahorrar posibles repeticiones se aplica directamente la teoría al funcionamiento del aparato.

Más clara es la situación cuando se trata el mecanismo³ de funcionamiento del dispositivo a través de sus componentes. En algún caso podemos hallar un funcionamiento degradado y sin conexión con fundamento alguno. Así cuando se señala (solamente) de qué manera un aparato indica los resultados (p. ej. en “Alcoholímetro”, SM, p.267, se dice que el alcohol viene detectado por un cambio de color, de naranja a verde).

Cuando el aparato es complejo y es difícil abordar su funcionamiento, se recurre entonces a mostrar la actuación de los componentes más esenciales. En todo caso, el papel que juega aquí una ilustración, mejor esquemática, es esencial. En las exposiciones más claras el funcionamiento lo encontramos siempre apoyado en uno o varios esquemas.

³ El mecanismo puede ser de muy diverso tipo. Así para un instrumento óptico podemos considerar como tal el seguir la marcha de los rayos.

- Exposiciones tipo-b

En estos casos el carácter escueto de la exposición hace aparecer particularidades que son dignas de comentar. Es interesante hacerlo para clarificar la asignación de la información ofrecida a los bloques de base de nuestro análisis.

Comentemos en primer lugar un caso muy frecuente que es aquel en que se apunta al proceso que tiene lugar cuando actúa el dispositivo, aunque sólo se incluyan las etapas inicial y final del proceso.

Por ejemplo (Anaya, p.125) “La radio y la televisión. Son aparatos complejos que transforman el sonido y las imágenes en o.e.m. de frecuencias intermedias que pueden ser enviadas a grandes distancias” (el proceso se ha subrayado). Esta información reúne las características citadas y, por tanto, cae dentro del ámbito del funcionamiento⁴.

Otro caso, más pobre informativamente, que no es raro encontrar, es aquel en el que no aparece ningún proceso sino simplemente el resultado. Cuando se omite la cadena causal que constituye el mecanismo, nos encontramos con el eslabón final, es decir, con el resultado que produce el funcionamiento del aparato. Por ejemplo, el timbre eléctrico: “al conectarlo a la corriente el timbre suena”. En efecto, otro ejemplo, “el láser produce una luz coherente”. Igualmente este enunciado podría considerarse dentro del funcionamiento⁵, aunque no haga la mínima alusión al mecanismo y sólo considere el efecto final del mismo.

Es interesante también señalar que con frecuencia se pueden adivinar datos referentes a otros elementos, que están implícitos en los ofrecidos. Por ejemplo (SM, p.120), en “Paneles fotovoltaicos” se lee: “Las células fotovoltaicas convierten la energía solar en energía eléctrica”. El texto permite adivinar la finalidad del aparato y, como viene referido a un proceso, insinúa cuál es el fundamento (las transformaciones de la energía). Obsérvese que esto sólo ocurre en procesos que

⁴ Si estuviera en tipo-a, siendo funcionamiento, podría ir incluida en la presentación y luego ser desarrollada de modo más extenso en el bloque propio de funcionamiento.

⁵ Esta información no ha de ser confundida con la finalidad, la cual indica para qué nos sirve como usuarios el dispositivo. Por ejemplo, si se pregunta “¿para qué sirve el láser?”, sin situarse como usuario, podría responderse “para producir luz coherente”, lo cual no es finalidad porque podría preguntarse “¿Y para qué se utiliza la luz coherente?”

se exponen en términos teóricos, como éste, y no en procesos expuestos en términos más cotidianos, como el primero de los citados (Anaya, p.125).

4. 5. ANÁLISIS DE EXPOSICIONES. EJEMPLOS TIPO-a

A fin de ilustrar el análisis de las exposiciones llevado a cabo, ofrecemos tres ejemplos concretos referidos a exposiciones tipo-a tomadas de manuales de 4º de ESO (2008). En todos se han dibujado los mapas conceptuales, que consiguen resaltar, mejor que el texto, los bloques que se corresponden con los elementos fundamentales. Obsérvese que el bloque “funcionamiento” se encuentra conectado al bloque “fundamento”. Esto ha de ocurrir en cualquier planteamiento si es correcto.

Aerodeslizador (SM, p.56)

La información ofrecida en el manual (fig. 4.2) consta de cuatro párrafos (en el recuadro se han marcado con números), acompañados de una fotografía del aparato.

[1] *Un aerodeslizador es un vehículo que se sostiene sobre una superficie lisa, sin tener contacto con ella, gracias a un chorro de aire que lanza contra la superficie. Entre el vehículo y la superficie se crea un colchón de aire que le permite moverse sobre superficies lisas, como el agua, pudiendo alcanzar velocidades de 150 km/h. Sobre tierra puede llegar a 400 km/h.*

[2] *La fuerza que ejerce el chorro de aire contra la superficie es respondida por esta, de acuerdo al tercer principio de la dinámica, realizando una fuerza hacia arriba que sostiene el peso del aerodeslizador separándolo de la superficie.*

[3] *El primer aerodeslizador de pasajeros que realizó viajes regularmente en las costas de Wales lo hizo en 1961. Se sostenía por turbopropulsores que lanzaban el aire contra la superficie sobre la que se deslizaba, avanzaba mediante hélices y era conducido con un timón.*

[4] *El mismo sistema de propulsión que utiliza el aerodeslizador para sostenerse sin entrar en contacto con la superficie sobre la que se desliza es la base de los motores de reacción o de propulsión a chorro, con la que se mueven este tipo de aviones. Cuando los gases de escape se lanzan hacia atrás, el avión es impulsado hacia delante aumentando su velocidad.*

Análisis.

Comentemos ahora la presencia de los elementos constituyentes en los distintos párrafos.

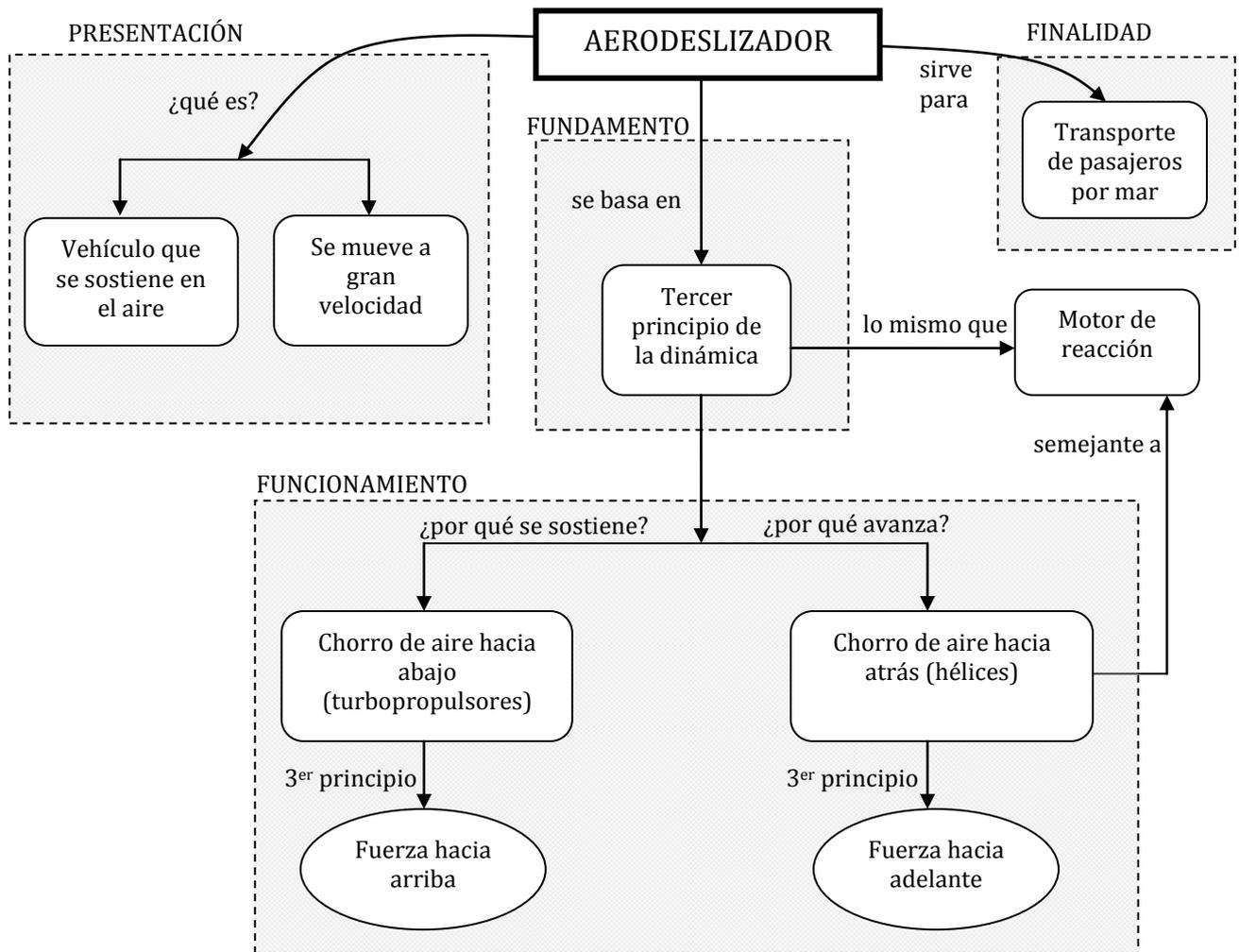
[1] Corresponde esencialmente a una presentación del dispositivo, caracterizada por el resumen abreviado de lo más típico del mismo. Puesto que es poco conocido, procede añadir una fotografía y comenzar aclarando que se trata de un vehículo que se mueve sobre el agua. Se aprecia también un avance de funcionamiento y finalidad. El primero, *“se sostiene...gracias a un chorro de aire que lanza contra la superficie”*, se repetirá en [3]. En cuanto a la finalidad, se cita aquí y se completa en [3]: es un vehículo que sirve para el transporte de pasajeros por mar a gran velocidad.

[2] Muestra sin ambigüedad el fundamento teórico (*“de acuerdo al tercer principio de la dinámica”*), que sirve de soporte explicativo al funcionamiento: *“La fuerza que ejerce el chorro de aire contra la superficie es respondida... realizando una fuerza hacia arriba que sostiene el peso del aerodeslizador”*. Pero se echa de menos un esquema con las fuerzas que actúan, para la correspondiente clarificación de las fuerzas de acción y reacción.

[3] Comienza con una nota histórica, vuelve a repetir el mecanismo de sustentación y completa el funcionamiento, señalando la causa del desplazamiento horizontal (*“avanzaba mediante hélices”*). Por cierto, no se señala que la velocidad que puede alcanzar es posible gracias a que el colchón de aire suprime el rozamiento

[4] Ofrece un vínculo contextual de interés con los motores de reacción de los aviones, señalando que ambos poseen un fundamento y funcionamiento semejante.

En el mapa conceptual vemos cómo los contenidos ofrecidos dibujan varios bloques que se corresponden con los elementos indicados anteriormente. Así la presentación se encuentra en el bloque situado a la izquierda; la la finalidad se podría haber incluido en este, pero por razones de claridad en el esquema se ha situado al mismo nivel a la derecha; el fundamento está en el bloque central, arriba; y, abajo, conectado al anterior, el funcionamiento.



Motores de reacción: aerodeslizadores y aviones de reacción



[1] Un **aerodeslizador** –en inglés, *hovercraft*– es un vehículo que se sostiene sobre una superficie lisa, sin tener contacto con ella, gracias a un chorro de aire que lanza contra la superficie. Entre el vehículo y la superficie se crea un colchón de aire que le permite moverse sobre superficies lisas, como el agua, pudiendo alcanzar velocidades de 150 km/h. Sobre tierra puede llegar a 400 kilómetros por hora.

[2] La fuerza que ejerce el chorro de aire contra la superficie es respondida por esta, de acuerdo al tercer principio de la dinámica, realizando una fuerza hacia arriba que sostiene el peso del aerodeslizador separándolo de la superficie.

[3] El primer aerodeslizador de pasajeros que realizó viajes regularmente en las costas de Wales lo hizo en 1961. Se sostenía por turbopropulsores que lanzaban el aire contra la superficie sobre la que se deslizaba, avanzaba mediante hélices y era conducido con un timón.



Aerodeslizador de pasajeros.



Motor de reacción.

[4] El mismo sistema de propulsión que utiliza el aerodeslizador para sostenerse sin entrar en contacto con la superficie sobre la que se desliza es la base de los **motores de reacción** o de propulsión a chorro, con la que se mueven este tipo de aviones. Cuando los gases de escape se lanzan hacia atrás, el avión es impulsado hacia delante aumentando su velocidad.

[5] Los componentes básicos de un motor de reacción son los siguientes: los **conductos de entrada del aire**; el **compresor**, donde se aumenta la presión del aire; la **cámara de combustión**, donde se quema el combustible y salen los gases que serán utilizados para producir el empuje, a temperaturas y presiones muy altas; la **turbina**, donde disminuye la presión de los gases, aumentando su velocidad de escape, y la **tobera de eyección**, por donde salen los gases, aumentando aún más de velocidad y generando el empuje sobre el avión por el efecto de reacción.

[6] El fundamento de la propulsión no es una idea nueva. Ya hace unos 2000 años, Herón de Alejandría ideó un sistema de turbina de vapor con el mismo planteamiento.

[6] En esencia, sería como el descrito en la imagen: al salir el vapor de agua por los cuatro tubitos en un sentido, empujan al bote en el contrario obligándolo a girar. Este es el fundamento de la propulsión a chorro.



Fig. 4.2. Aerodeslizador. SM, p.56

El acumulador (Bruño, p. 51)

El manual expone la información sobre el acumulador (baterías) junto a diversos tipos de pilas (fig.4.3), aprovechando el fundamento común: las reacciones redox. Vamos a recoger en nuestro estudio la parte común y lo referente al acumulador. La exposición consta de varios párrafos (se han marcado con números), acompañados de una fotografía, de carácter ornamental, de baterías y pilas.

[1] *La autonomía de funcionamiento de multitud de pequeños electrodomésticos y aparatos electrónicos de uso diario depende de las pilas y las baterías. Estas inundan el mercado, presentando una enorme variedad de formas, tamaños y prestaciones. Pero, ¿en qué se basa el funcionamiento de estos dispositivos? ¿En qué se diferencian unas de otras?*

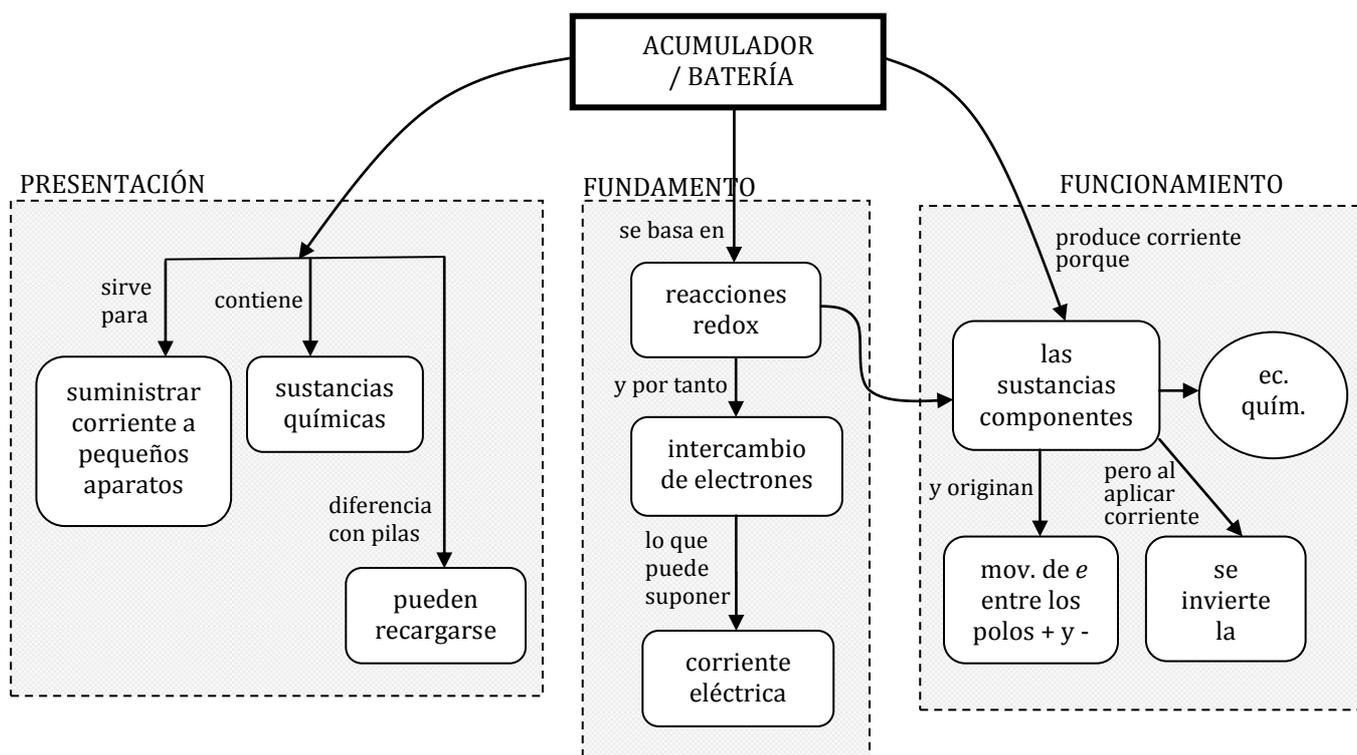
[2] *La respuesta a la primera pregunta la encontramos en los procesos redox. Una pila o una batería contiene en su interior sustancias químicas que pueden reaccionar entre sí, produciendo un intercambio de electrones y dando lugar a una reacción de oxidación-reducción. Lo que diferencia a unas pilas de otras, en cuanto a su potencia o duración, es su composición química, es decir, los distintos reactivos químicos que se utilizan para su fabricación.*

[3] *En lo que respecta a la diferencia entre las pilas y las baterías, las primeras, una vez que se agotan porque se consume alguno de sus reactivos, ya no se pueden reutilizar y se deben desechar en un punto de recogida selectiva. En cambio, las baterías sí pueden reutilizarse numerosas veces, pues una vez que uno de sus reactivos se oxida o se reduce por completo, se puede regenerar invirtiendo el proceso mediante la aplicación de una corriente eléctrica, es decir, se pueden recargar.*

[4] *¿Por qué se obtiene una corriente eléctrica? Si te fijas bien, una pila tiene dos polos, uno positivo (llamado cátodo) y otro negativo (el ánodo). El cátodo está conectado por el interior al reactivo que se va a reducir, y que ganará electrones, mientras que el ánodo se encuentra en contacto con la sustancia que se va a oxidar, y que perderá parte de sus electrones. Cuando ambos polos de la pila se conectan a través de un circuito, se activa el proceso químico y los electrones procedentes del ánodo (oxidación) se mueven por el circuito hacia el cátodo (reducción), dando lugar a una corriente eléctrica.*

[5] *Acumuladores de plomo. Son las baterías de los coches. En el ánodo, una placa de plomo se oxida a ion Pb^{2+} , que queda como sulfato de plomo (II) ($PbSO_4$), mientras que en el cátodo, una placa de óxido de plomo (IV) (PbO_2) se reduce a ion Pb^{2+} , que queda como en el caso anterior. El medio en el que se desarrolla este proceso es ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), por lo que hay que tener mucho cuidado al manipular el contenido de estas baterías.*





Análisis.

El párrafo [1] presenta las pilas y baterías insistiendo en su finalidad: para que funcionen “pequeños electrodomésticos y aparatos electrónicos” (se sobreentiende que por la corriente eléctrica que suministran, lo que se dice específicamente en [4]).

El párrafo [2] expone el fundamento de dispositivo: las reacciones redox de las sustancias químicas que contienen, las cuales “pueden reaccionar entre sí, produciendo un intercambio de electrones”.

El párrafo [4] indica el mecanismo por el cual actúa el dispositivo, es decir, su funcionamiento. Los electrones se pierden en el proceso de oxidación y “se mueven por el circuito”, siendo recogidos en el de reducción. Al margen de todo esto, es desafortunado utilizar los términos *cátodo* y *ánodo* referidos a los polos de la pila. Aunque correctos, induce a la confusión en este nivel.

En el párrafo [3] se marca la diferencia entre pilas y baterías. Las primeras no pueden reutilizarse, las segundas sí. Esto formaría parte de la presentación. Se ofrece seguidamente una breve explicación de cómo se opera para lograr esto en las baterías, lo que podría incluirse en el ámbito del funcionamiento.

El párrafo [5] concreta el funcionamiento del acumulador de plomo, proporcionando una explicación del proceso químico que tiene lugar. Dicha explicación, como la de [4], es confusa y de un nivel conceptual impropio del curso al que se dirige.

> La Ciencia... más cerca

Las reacciones redox en pilas y baterías

[1] La autonomía de funcionamiento de multitud de pequeños electrodomésticos y aparatos electrónicos de uso diario depende de las pilas y las baterías. Estas inundan el mercado, presentando una enorme variedad de formas, tamaños y prestaciones. Pero, ¿en qué se basa el funcionamiento de estos dispositivos? ¿En qué se diferencian unas de otras?

[2] La respuesta a la primera pregunta la encontramos en los procesos redox. Una pila o una batería contiene en su interior sustancias químicas que pueden reaccionar entre sí, produciendo un intercambio de electrones y dando lugar a una reacción de oxidación-reducción. Lo que diferencia a unas pilas de otras, en cuanto a su potencia o duración, es su composición química, es decir, los distintos reactivos químicos que se utilizan para su fabricación.

[3] En lo que respecta a la diferencia entre las pilas y las baterías, las primeras, una vez que se agotan porque se consume alguno de sus reactivos, ya no se pueden reutilizar y se deben desechar en un punto de recogida selectiva. En cambio, las baterías sí pueden reutilizarse numerosas veces,

pues una vez que uno de sus reactivos se oxida o se reduce por completo, se puede regenerar invirtiendo el proceso mediante la aplicación de una corriente eléctrica; es decir, se pueden recargar.

[4] ¿Por qué se obtiene una corriente eléctrica? Si te fijas bien, una pila tiene dos polos, uno positivo (llamado cátodo) y otro negativo (el ánodo). El cátodo está conectado por el interior al reactivo que se va a reducir, y que ganará electrones, mientras que el ánodo se encuentra en contacto con la sustancia que se va a oxidar, y que perderá parte de sus electrones. Cuando ambos polos de la pila se conectan a través de un circuito, se activa el proceso químico y los electrones procedentes del ánodo (oxidación) se mueven por el circuito hacia el cátodo (reducción), dando lugar a una corriente eléctrica.

Pilas salinas y pilas alcalinas

La pila salina tiene una envoltura de cinc que se oxida, mientras que en su interior una pasta de dióxido de manganeso se reduce a trióxido de dimanganeso. Contiene, además, una barra de grafito que actúa como conductor del cátodo, y cloruro amónico (NH₄Cl) como medio de reacción. Si, en lugar de este último, se utiliza hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH), la pila es alcalina, y su potencia y duración es mayor.

Reductor
Oxidante

$$\text{Zn} + 2 \text{MnO}_2 + 2 \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{Mn}_2\text{O}_3 + 2 \text{NH}_4\text{OH}$$



Acumuladores de plomo

Son las baterías de los coches. En el ánodo, una placa de plomo se oxida a ion Pb²⁺, que queda como sulfato de plomo (II) (PbSO₄), mientras que en el cátodo, una placa de óxido de plomo (IV) (PbO₂) se reduce a ion Pb²⁺, que queda como en el caso anterior. El medio en el que se desarrolla este proceso es ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄), por lo que hay que tener mucho cuidado al manipular el contenido de estas baterías.

Reductor
Oxidante

$$\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$$

Pilas de botón

De pequeño tamaño, contienen mercurio, que es muy tóxico y contaminante. El cinc se oxida en el ánodo, mientras que el óxido de mercurio se reduce en el cátodo a mercurio elemental.

Reductor
Oxidante

$$\text{Zn} + \text{HgO} \rightarrow \text{ZnO} + \text{Hg}$$

❶ ¿Cuál es la diferencia fundamental entre una pila y una batería?

❷ El cátodo es el polo positivo de la pila, es decir, el polo del que parte la corriente y, por lo tanto, por el que entran los electrones. ¿Esto concuerda con el hecho de que en el cátodo ocurre un proceso de reducción?

❸ Las pilas y baterías deben desecharse en puntos de recogida selectiva y no deben arrojarse a la basura. ¿Por qué es tan importante que nos deshagamos de ellas de este modo?

Las reacciones químicas. Reacciones ácido-base y redox 51

Fig. 4.3. Acumulador/Batería. Bruño, p.51

Cámara termográfica (Bruño, p.211)

Se nos ven los calores

En el largometraje *Depredador* (1987), Arnold Schwarzenegger se enfrenta en las junglas de Sudamérica a un alienígena invisible con un sistema de visión basado, no en la luz, sino en el calor que emiten los cuerpos. Imitando a este cazador del espacio, el doctor Arthur Tucker, de la Unidad Clínica Microvascular, en el hospital londinense de San Bartolomeu, se ha echado al hombro una cámara termográfica portátil, para registrar y analizar las variaciones de temperatura que experimenta el cuerpo humano mientras realizamos las actividades cotidianas.

Desarrollada para ser instalada en los transbordadores espaciales, la nueva cámara termográfica muestra en vibrantes colores los cambios de calor más livianos: desde un rojo intenso para las temperaturas más calientes hasta un verde fosforito para las más frías. De este modo, la cámara detecta el rubor que inunda el rostro cuando besamos a nuestra pareja, las reacciones térmicas de la cavidad bucal al ingerir un helado o una sopa hirviendo, y la interacción de la piel con el aire acondicionado del supermercado. [...]

Cámara termográfica. Dispositivo que registra la temperatura de un sistema de forma gráfica mediante un código de colores.



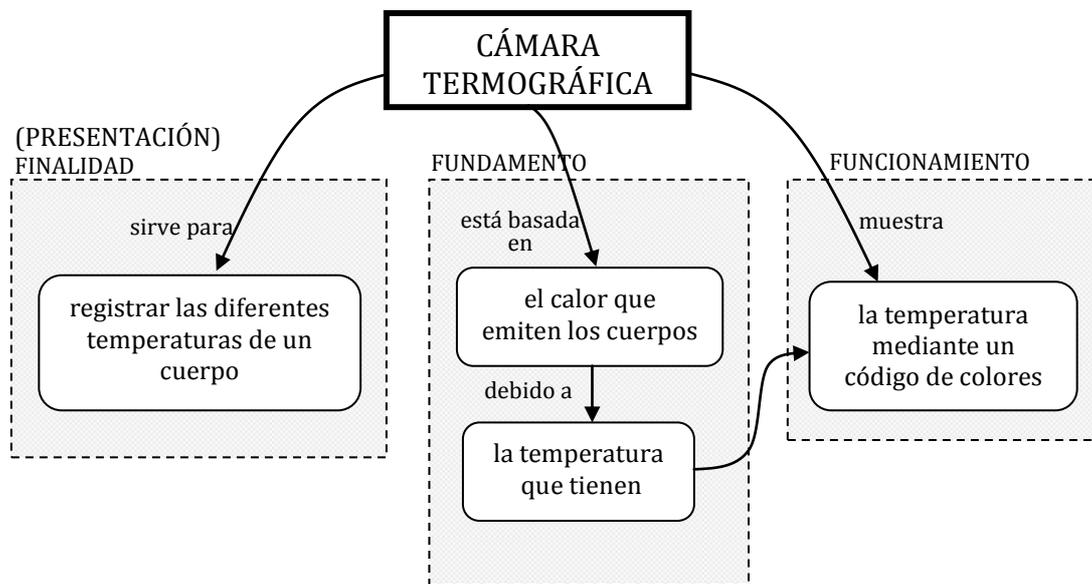
Mediante colores, la cámara termográfica muestra las diferentes temperaturas en la piel de esta persona.

Fig. 4.4. Visor de IR / Cámara termográfica. Bruño, p.211

Análisis.

En el párrafo [1] se habla de “*un sistema de visión basado, no en la luz, sino en el calor que emiten los cuerpos*”. Esta información forma parte del fundamento del dispositivo. También se alude a una cámara termográfica “*para registrar y analizar las variaciones de temperatura que experimenta el cuerpo*”, lo cual constituye la finalidad del aparato.

En el párrafo [2] se dice que la cámara “*muestra los cambios de calor más livianos*” y en el pie de la fotografía se indica que “*muestra las diferentes temperaturas en la piel*”. Todo esto constituye una descripción parcial del aparato, lo cual cae dentro de la presentación, y sobre todo de la finalidad. En cuanto al funcionamiento, sólo hay un atisbo de este cuando en la nota del margen puede leerse: “*de forma gráfica mediante un código de colores*”.



4.6. ANÁLISIS DE EXPOSICIONES. EJEMPLOS TIPO-b

Cuando la exposición del dispositivo aparece de forma escueta, que es el caso de la modalidad-b, existe el máximo riesgo de caer en deficiencias tanto de contenido como de explicación. La causa de ello suele ser la falta de algún elemento, alguna vez el fundamento y en la mayoría de los casos el funcionamiento. Pero también pueden encontrarse dispositivos cuya exposición es destacable bajo el punto de vista didáctico, pues en un texto reducido se transmite una información rica y esencial. Veamos ejemplos de los casos encontrados más frecuentemente.

Ausencia de fundamento

Comencemos por un caso que no es de los más frecuentes. Suministra una información mínima y por ello roza la exclusión.

Frenos ABS (fig. 4.5). Oxford, p.29.

4 La distancia de seguridad FS

Imagina un coche en movimiento por una carretera. De repente, el conductor se da cuenta de que hay un obstáculo en la vía: una piedra, un animal, una persona cruzando... Frena en seco, pero... *¿conseguirá detener el vehículo a tiempo?* Organicemos los sucesos:

1. Sus ojos ven el obstáculo.
2. La información se transmite al cerebro.
3. El cerebro envía una señal a la pierna derecha del conductor para que pise el freno.
 - El tiempo en el que transcurren esos sucesos se llama **tiempo de reacción**.
 - La distancia recorrida por el coche en ese tiempo se denomina **distancia de reacción** (s_r).
 - La distancia que recorre el coche una vez que se ha pisado el freno recibe el nombre de **distancia de frenado** (s_p).

La **distancia de seguridad** o **distancia de parada** (s_p) es la suma de la distancia de reacción más la distancia de frenado:
distancia de seguridad = distancia de reacción + distancia de frenado

Ejemplo 7
Debido a una retención en la carretera, el conductor de un automóvil que

ABS (sistema antibloqueo)

La mayoría de los vehículos disponen de un sistema de frenado que permite que las ruedas no se bloqueen y que el conductor mantenga el control sobre la trayectoria del vehículo.



Fig. 4.5. Frenos ABS. Oxford, p.29

Cinemática. La distancia de seguridad

[En un recuadro (fig. 4.5)] ABS (sistema antibloqueo). La mayoría de los vehículos disponen de un sistema de frenado que permite que las ruedas no se bloqueen y que el conductor mantenga el control sobre la trayectoria del vehículo.

Análisis.

Aquí sólo aparece de manera más o menos clara la finalidad del dispositivo: “*que el conductor mantenga el control [al frenar]*”. El fundamento no se menciona y casi tampoco el funcionamiento. De este último se omite cualquier alusión al mecanismo y lo único que aparece es el resultado: “*permite que las ruedas no se bloqueen*”.

En alguna otra ocasión, la información suministrada es aún menor y está reducida a dar cuenta de una parte del funcionamiento. Así por ejemplo, acerca del altavoz la exposición se limita a decir que “la membrana vibra cuando se emite el sonido”, dejando abiertos numerosos interrogantes (¿cómo funciona? ¿cuál es el papel de la corriente?).

Ausencia de funcionamiento

En los ejemplos que siguen aparecen sólo fundamento y finalidad, y reducidos ambos al mínimo. El funcionamiento está ausente por completo.

Pila de combustible (fig. 4.6). Santillana, p.248

5.1 El hidrógeno como combustible

El gas hidrógeno también reacciona con el oxígeno desprendiendo energía; por este motivo también puede utilizarse como combustible.

La dificultad de su utilización está relacionada con el hecho de que la molécula de hidrógeno es muy pequeña y es difícil retener el hidrógeno en un recipiente, ya que difunde a través de sus paredes. El hidrógeno se utiliza en unos dispositivos denominados **pilas de combustión** que se utilizan como fuente de energía en la industria aeroespacial y, más recientemente, en algunos automóviles.

La gran ventaja de utilizar el hidrógeno como combustible es que, al reaccionar con el oxígeno, se obtiene agua, una sustancia no contaminante.

$$\text{H}_2 (\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \underbrace{\text{H}_2\text{O} (\text{l})}_{\text{Agua}} + \underbrace{285,8 \text{ kJ}}_{\text{Energía}}$$

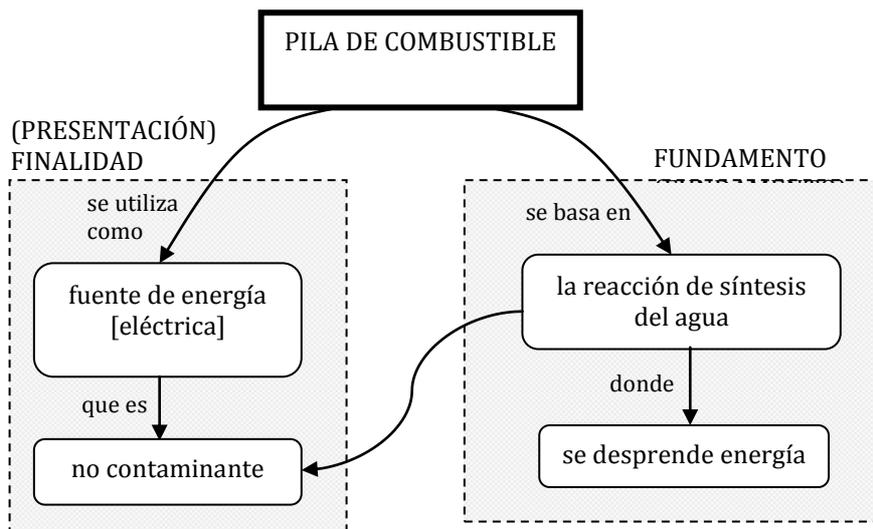
4.6. Pila de combustible. Santillana, p.248

F
ig.

Análisis.

El fundamento se señala al principio cuando dice *“El gas hidrógeno también reacciona con el oxígeno desprendiendo energía”*. Aunque luego se enturbia la exposición cuando se habla de que por ello el hidrógeno es un combustible (el alumno pensará entonces que el hidrógeno arde aquí con llama). Al final se vuelve a insistir en la reacción del hidrógeno con el oxígeno con desprendimiento de agua y de gran cantidad de energía. En el párrafo intermedio, tras una información que no se centra en el instrumento, aparece la finalidad: *“El hidrógeno se utiliza en unos dispositivos denominados pilas de combustión que se utilizan como fuente de energía”*. Que la energía sea eléctrica es algo que debe adivinar el lector porque no se señala explícitamente.

Es difícil hacerse una idea de cómo es el dispositivo (¿forma? ¿tamaño? ¿es transportable?). Falta una fotografía. El fundamento es demasiado escueto: una reacción química de la que se insiste que no es contaminante, en lugar de que es exotérmica. Ni una palabra de que el hidrógeno se aprovecha como fuente de energía sin necesidad de combustión clásica. En cuanto al funcionamiento, silencio acerca del movimiento de electrones. El esquema que acompaña induce a la confusión pues la parte izquierda es ajena a lo que es la pila.



Otros ejemplos.

Las ondas transfieren energía. Máquinas de ultrasonidos.

Los ultrasonidos son variaciones de presión de muy alta frecuencia, superior a las frecuencias que capta nuestro oído y, por tanto de muy alta energía, las máquinas que los utilizan tienen cada día mayores aplicaciones [...]

El ecógrafo. Se utiliza en medicina para visualizar tejidos internos (Anaya, p.124).

La física y la química en la vida cotidiana. Aplicaciones de la física. Comunicaciones. La caracterización de las oem ha permitido el desarrollo de sofisticados dispositivos de comunicación. Piensa, por ejemplo, en la telefonía móvil, la tecnología inalámbrica o los sistemas de localización por GPS.

[En un recuadro, con foto]: Este navegador se comunica con cuatro satélites para determinar con exactitud la posición del vehículo (Bruño, p.214).

Análisis.

En los dos se da a entender el fundamento, aunque limitado a la simple mención del agente, que se cita antes: los ultrasonidos / las o.e.m. La presentación se encuentra reducida a la finalidad, esto es: podemos ver el interior del cuerpo / saber dónde estamos. Al faltar el funcionamiento se hace imposible conectar fundamento y finalidad, pues no se explica por qué con ultrasonidos se pueden visualizar tejidos internos, ni por qué las o.e.m. dan la posición.

Es interesante constatar que en estos casos la exposición adopta una forma falsamente explicativa, donde el fundamento hace de causa y la aplicación hace de efecto. Vienen a decir lo siguiente: “El ecógrafo visualiza tejidos internos porque utiliza ultrasonidos” y “El GPS determina la posición porque se comunica por o.e.m. con satélites”. Difícilmente puede establecerse relación alguna entre causa y efecto, ya que está ausente mucha información intermedia. Incluso para un iniciado en la ciencia sería arduo completar los eslabones que faltan en la cadena causal.

Un último caso a considerar, semejante a los anteriores en la ausencia de funcionamiento es aquel en el que la exposición se centra en una propiedad concreta del dispositivo y se deja de lado su funcionamiento. Así, en SM p.55, al

hablar de “Cinta transportadora”, trata exclusivamente de la fuerza de rozamiento entre la cinta y los objetos.

El proceso como única información

Ya se ha indicado que cuando la exposición es reducida, se recurre con frecuencia a señalar de modo muy simplificado las etapas inicial y final del proceso de funcionamiento del aparato. Bien orientado, puede ser un elemento valioso, pues aunque aparezca solo, deja traslucir casi siempre el fundamento y la finalidad del aparato en conexión mutua. En los ejemplos que siguen la información sobre el dispositivo se reduce prácticamente al proceso.

Las máquinas de la luz

Las OEM, al igual que las sonoras, pueden transmitir información, pero como la energía que transportan es millones de veces mayor, también la información que pueden transmitir lo es. Piensa que nuestros ojos captan la mayor parte de la información que llega a nuestro cerebro gracias a las ondas luminosas. Las máquinas cuyo funcionamiento se basa en la energía de las OEM, o las producen o transforman, son tantas que solo vamos a mencionar las más habituales y conocidas, y lo haremos por orden de antigüedad en su uso:

- **La bombilla.** Fue el primer gran invento que permitió a la humanidad olvidarse de la oscuridad de las noches. Transforma en luz la corriente eléctrica. Debido a su bajo rendimiento, actualmente están siendo sustituidas por las lámparas «de bajo consumo» (fluorescentes).
- **El teléfono.** Con los modernos «móviles» podemos comunicar con cualquier persona, que se encuentre casi en cualquier lugar del mundo.
- **La radio y la televisión.** Son aparatos complejos que transforman el sonido y las imágenes en OEM de frecuencias intermedias que pueden ser enviadas a grandes distancias.
- **El láser.** Transforma la energía eléctrica en luz monocromática (una sola frecuencia) y coherente (todas las ondas tienen sus crestas y valles sincronizados, como los zapatazos de un desfile de soldados). Tiene hoy casi infinitas aplicaciones, desde la cirugía, o los lectores de CD y DVD, hasta la transmisión de información por cables de fibra de vidrio (internet).
- **Los hornos microondas.** Se utilizan para asar y calentar alimentos y bebidas. Generan unas OEM de la misma frecuencia que la vibración de las moléculas del agua. Por eso pueden calentar la leche sin calentar la taza.

Fig. 4.7. La radio y la TV. Anaya, p.125

Las ondas transfieren energía. Las máquinas de la luz.

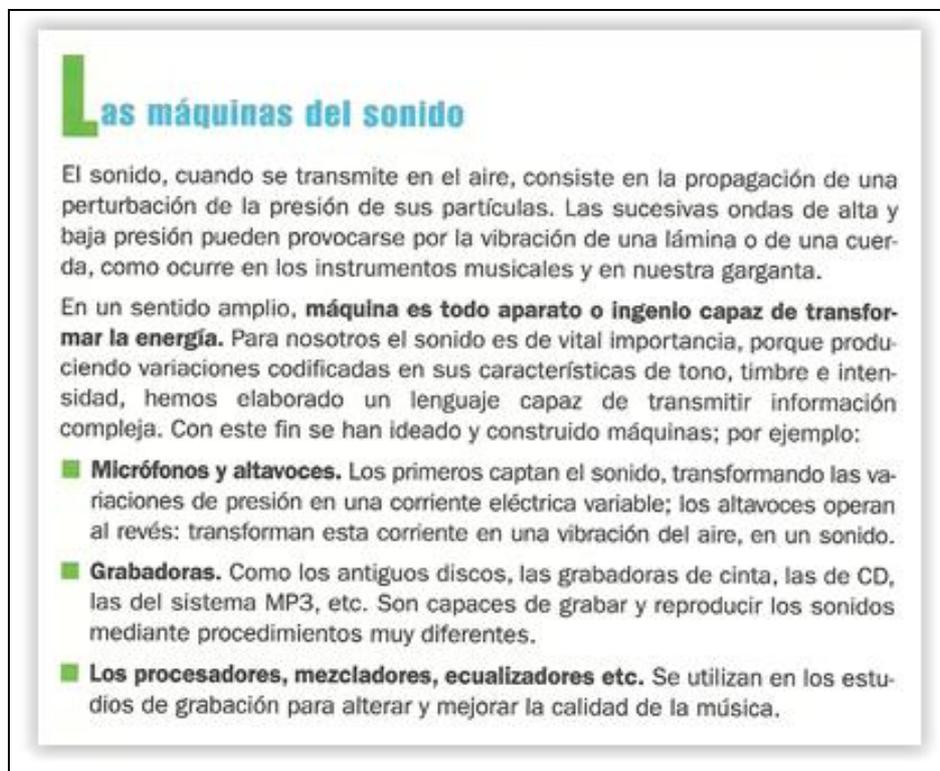
Las oem al igual que las sonoras, pueden transmitir información, pero como la energía que transportan es millones de veces mayor, también la información que pueden transmitir lo es [...]

La radio y la televisión. Son aparatos complejos que transforman el sonido y las imágenes en oem de frecuencias intermedias que pueden ser enviadas a grandes distancias (fig. 4.7).

Análisis.

En la televisión se menciona lo más característico del proceso que se produce al funcionar: transforma el sonido y las imágenes en oem. Pero cualquier detalle adicional está ausente (: ¿cómo transforma el sonido y las imágenes en oem?). El fundamento (la conversión de la energía) está en el título, aunque aquí no se resalta. Sí, en cambio, la finalidad: enviar la imagen y el sonido para ser recibidos a distancia.

Otro ejemplo.



Las máquinas del sonido

El sonido, cuando se transmite en el aire, consiste en la propagación de una perturbación de la presión de sus partículas. Las sucesivas ondas de alta y baja presión pueden provocarse por la vibración de una lámina o de una cuerda, como ocurre en los instrumentos musicales y en nuestra garganta.

En un sentido amplio, **máquina es todo aparato o ingenio capaz de transformar la energía**. Para nosotros el sonido es de vital importancia, porque produciendo variaciones codificadas en sus características de tono, timbre e intensidad, hemos elaborado un lenguaje capaz de transmitir información compleja. Con este fin se han ideado y construido máquinas; por ejemplo:

- **Micrófonos y altavoces.** Los primeros captan el sonido, transformando las variaciones de presión en una corriente eléctrica variable; los altavoces operan al revés: transforman esta corriente en una vibración del aire, en un sonido.
- **Grabadoras.** Como los antiguos discos, las grabadoras de cinta, las de CD, las del sistema MP3, etc. Son capaces de grabar y reproducir los sonidos mediante procedimientos muy diferentes.
- **Los procesadores, mezcladores, ecualizadores etc.** Se utilizan en los estudios de grabación para alterar y mejorar la calidad de la música.

Fig. 4.8. Micrófonos y altavoces. Anaya, p.124

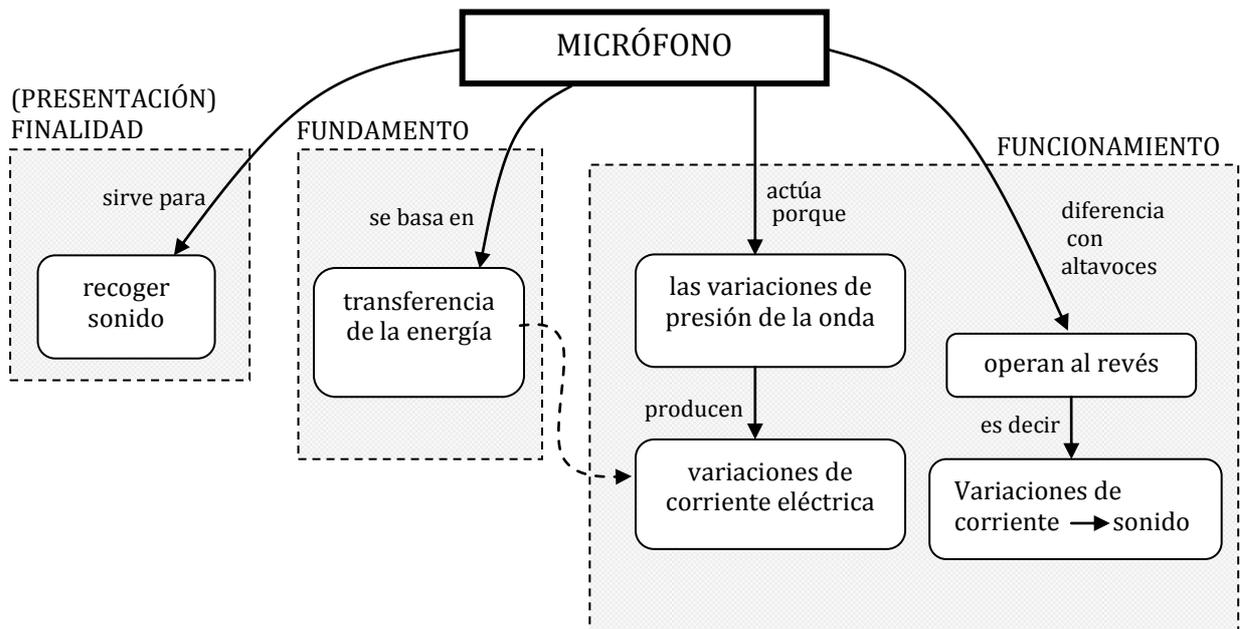
Las ondas transfieren energía. Las máquinas del sonido.

El sonido, cuando se transmite en el aire, consiste en la propagación de una perturbación de la presión de sus partículas. Las sucesivas ondas de alta y baja presión pueden provocarse por la vibración de una lámina o de una cuerda, como ocurre en los instrumentos musicales y en nuestra garganta.

Micrófonos y altavoces. Los primeros captan el sonido transformando las variaciones de presión en una corriente eléctrica variable; los altavoces operan al revés: transforman esta corriente en una vibración del aire, en un sonido. (fig. 4.8).

Análisis.

Sobre el fundamento del micrófono sólo se señala que “*las ondas transfieren energía*” (título del apartado). Habrá que adivinar que en este caso consiste en: E sonora → E eléctrica. Menciona la finalidad: recoger el sonido. El funcionamiento aparece en términos de proceso simplificado: “*captan el sonido transformando las variaciones de presión en una corriente eléctrica variable*”. Sin más aclaración. De este modo, además, se marca la diferencia con los altavoces. Pese a todo, el alumno puede cuestionarse cómo se transforman las variaciones de presión en corriente eléctrica variable. Falta un esquema que podría aclarar esto.



Modalidad-b y calidad didáctica

Aunque en las exposiciones tipo-b la información ofrecida sobre el dispositivo es muy escasa, bajo el punto de vista de la transposición didáctica la estrategia seguida puede ser interesante y digna de ser estudiada. Muchas veces bajo ese punto de vista se alcanza una buena calidad expositiva, que incluye una información mínima pero esencial sobre fundamento, funcionamiento y presentación (finalidad), lo que suele hacerse a través del efecto-proceso.

Pero con frecuencia caen en un defecto poco deseable: no responden a los conocimientos previos que sobre el dispositivo tienen los alumnos y sólo dan una descripción académica del mismo.

Veamos un ejemplo que, dentro de lo escueto, no presenta errores ni deficiencias de consideración.

Panel fotovoltaico. SM, p. 120

El Sol

Produce energía radiante denominada **energía solar**. Cada año, la Tierra recibe una cantidad de energía 4000 veces mayor que la consumida por la humanidad en ese tiempo. Sin embargo, es una energía difícil de aprovechar porque es discontinua y dispersa.

- El **aprovechamiento térmico** de la energía solar se puede hacer de dos formas diferentes:
 - La **energía solar térmica de baja temperatura**. Se basa en el calentamiento de un fluido en un colector solar. Se aprovecha para tener agua caliente en edificios pequeños.
 - La **energía solar térmica de alta temperatura**. Se basa en la concentración de la radiación solar para calentar un fluido a alta temperatura; se utiliza en las centrales solares termoeléctricas para producir electricidad.

APROVECHAMIENTO TÉRMICO DE LA ENERGÍA SOLAR

Baja temperatura

Colector solar

Agua fría

Intercambiador

Agua caliente

Alta temperatura

Heliostatos

Caldera

Vapor

Turbina

Intercambiador

Condensador

• La **energía solar fotovoltaica** aprovecha el efecto fotovoltaico: cuando la luz incide sobre un material semiconductor se genera un flujo de electrones. Las células fotovoltaicas convierten la energía solar en energía eléctrica.



Paneles solares fotovoltaicos.

Fig. 4.9. Panel fotovoltaico. SM, p.120

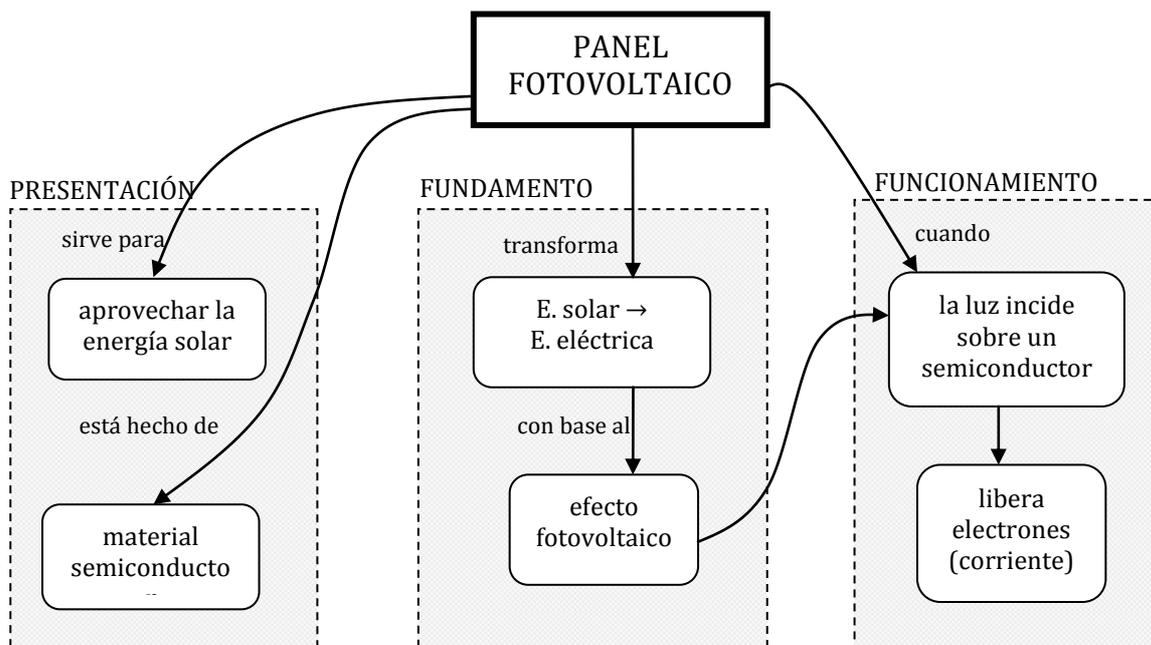
Fuentes renovables de energía. El Sol.

La energía solar fotovoltaica aprovecha el efecto fotovoltaico: cuando la luz incide sobre un material semiconductor se genera un flujo de electrones. Las células fotovoltaicas convierten la energía solar en energía eléctrica (fig. 4.9).

Análisis.

El título, “*Fuentes renovables de energía. El Sol*”, hace entrever (aunque de manera poco explícita) que la finalidad del dispositivo, que es recoger la energía solar. Lo poco que se dice del mismo es insuficiente para hacerse una idea de él. La fotografía no aclara mucho ¿cómo es? ¿quién lo utiliza? ¿dónde se pone? Lo único que puede entresacarse de la información referente a la presentación del instrumento es que está hecho de material semiconductor.

Encontramos el fundamento a través del proceso: “*Las células fotovoltaicas convierten la energía solar en energía eléctrica*”, a lo que se añade que esto se realiza mediante “*el efecto fotovoltaico*”. En cuanto al funcionamiento se menciona lo esencial: “*cuando la luz incide sobre un material semiconductor se genera un flujo de electrones*”, sin más detalles ni esquemas.



4. ANEXO

4.1. ANÁLISIS DE EXPOSICIONES. MUESTRA INICIAL

La muestra está tomada de manuales de 4º de ESO (2008). Las exposiciones corresponden a los siguientes dispositivos:

Tipo-a

Aerodeslizador, SM, p.56

Cámara termográfica, Bruño, p.211

Acumulador, Bruño, p.51.

Tipo-b

Micrófono, Anaya, p.124

Pila de combustible, Santillana, p.248

Panel fotovoltaico, SM, p.120

CAPÍTULO 5

VALORACIÓN DE LAS EXPOSICIONES DE DISPOSITIVOS

En este capítulo vamos a intentar realizar una valoración de las exposiciones individuales de los dispositivos, asignando a cada una un índice que indique su calidad. De esta manera podrán realizarse comparaciones y extraer consecuencias.

Pero, una vez establecidas y con base a ellas, proseguimos nuestro trabajo abordando las evaluaciones de los propios manuales bajo el punto de vista de la calidad y abundancia de las exposiciones de dispositivos que presentan.

5.1. LA VALORACIÓN DE UNA EXPOSICIÓN

Pasamos entonces a estudiar la manera de valorar las exposiciones de dispositivos. Tras estudiar la cuestión, hemos ideado un procedimiento basado muy especialmente en los elementos que hemos investigado, esto es, en la presentación, el fundamento y el funcionamiento. La finalidad seguimos incluyéndola en la presentación ya que forma parte sustancial de esta. Así pues, serán tres los elementos a considerar de cara a la valoración.

Hemos llevado a cabo esta tarea asignando a cada uno de ellos una puntuación y sacando seguidamente la media. Para orientar las puntuaciones se han considerado las variantes que pueden darse en la exposición de cada elemento, que no son sino las diversas modalidades que podemos encontrar en la exposición de cada uno. Las señalamos a continuación.

Presentación. Habrá que comprobar si se incluye una mínima descripción del dispositivo o algún esquema (o fotografía) para que el alumno se haga una primera idea del mismo, caso de que no le sea familiar. Igualmente debe comprobarse si la finalidad está presente. También ha de valorarse si es completa y clara

Fundamento. Habrá de constatarse si está incompleto y si es poco accesible (lo que puede deberse a explicaciones confusas), nivel de contenidos inapropiado, o exceso de éstos.

Funcionamiento. Convendrá comprobar si hay alusión al mismo, si se apoya en un esquema y si está expuesto de modo confuso o incompleto. Los errores serán muy tenidos en cuenta.

En la tabla 4.2 se recogen las situaciones que pueden darse en la exposición de cada elemento.

PRESENTACIÓN $x_p = (1-5)$	FUNDAMENTO $x_{fd} = (1-5)$	FUNCIONAMIENTO $x_{fc} = (1-5)$
Ausencia	Ausencia	Ausencia
Descripción + fotografía	Incompleto	Confuso (texto o esquema)
Finalidad	Confuso / Poco accesible	Incompleto (texto o esquema)
Sin presentación pero muy familiar	Incompleto + confuso/poco accesible	Incompleto + confuso
Completa y razonablemente clara	Completo y razonablemente Claro	Completo y razonablemente Claro

Tabla 5.1. Situaciones que pueden presentarse en cada elemento de la exposición.

Hemos creído adecuado acometer la evaluación asignando a cada elemento una puntuación de 1 a 5 para luego hacer la media. Es recomendable comenzar considerando qué variante muestra cada elemento. Éstas nos conducirán a las puntuaciones parciales de cada uno, x_p , x_{fd} , x_{fc} , según unas normas que se han prefijado.

Las puntuaciones pueden ser matizadas positiva o negativamente en los casos siguientes:

- Positivamente. Cuando la presentación señala algún rasgo relacional, es decir señala discriminación o semejanza con dispositivos parecidos. Igualmente si hace referencia al medio ambiente o a la historia.
- Negativamente. Cuando el fundamento o el funcionamiento contiene errores.

En el siguiente apartado (5.2) ofrecemos un protocolo de evaluación de dispositivos muy detallado.

Una vez que se tienen las puntuaciones de cada elemento, se suman y se divide por 3, con lo que se obtiene la puntuación, q , que se va a tomar como índice de calidad de la exposición del dispositivo. Como se ve, q es la media de sus tres elementos: $q = (x_p + x_{fd} + x_{fc}) / 3$.

5.2. ORIENTACIONES PARA EVALUAR LOS ELEMENTOS

Una vez leída detenidamente la exposición de un dispositivo se inicia su análisis y valoración. Se comienza entonces por elegir para cada elemento (presentación, fundamento, funcionamiento) una opción de las señaladas en el apartado anterior. En función de esto hemos propuesto unas puntuaciones orientativas (de 1 a 5), que en ocasiones comprende una horquilla de estas. En tales ocasiones habrá que decidir en función del grado en que muestra la característica señalada.

A veces algún fragmento puede ser atribuido a dos elementos diferentes. Esto ocurre porque en el desarrollo se encuentran solapados y por ello la información puede considerarse perteneciente a uno y otro. Pero no importa que se valore doblemente, pues se trata de casos en que esta información suele ser esencial y de gran importancia.

Presentación

- Ausencia de presentación: 1 punto.
- Ausencia de presentación, pero el dispositivo es muy familiar: 3 puntos.

Si el dispositivo no es familiar comprobar:

- Descripción+ilustración. Comprobar si se muestra una mínima descripción del mismo⁶, o se señala alguna característica definitoria (p.ej. Aerodeslizador: “vehículo que se sostiene en el aire”). La ilustración, indispensable si el aparato no es familiar, puede ser una fotografía o un dibujo. Sólo descripción+ilustración: 2 puntos.
- Finalidad. Ver si se indica para qué sirve. Sólo finalidad: 2 puntos.
- Completa y clara: 3-5 puntos, dependiendo del grado de ambos factores.

* Añadir 1 punto (máx.) si se señala explícitamente algún rasgo semejante o diferente con dispositivos parecidos (salvo que ya haya obtenido 5 puntos).

⁶ O señalarse una aplicación muy común (p.ej. cuando al exponer el láser, se menciona que es pieza esencial de los lectores de CD y DVD).

PRESENTACIÓN	1	2	3	4	5
Ausencia	1				
Sólo descripción + ilustración		2			
Sólo finalidad		2			
Sin presentación pero muy familiar			3		
Completa y razonablemente clara			3	4	5

Fundamento

Es la teoría en que se basa el aparato. Lo más habitual es que se encuentre en el libro antes de la exposición propiamente dicha del dispositivo.

- Ausencia: 1 punto.
- Incompleto: 2-3 puntos.
- Un caso frecuente es que aparezca sólo la mención del agente⁷: 2 puntos.
- Confuso/Poco accesible: 1-2 puntos. Cuando hay peligro de que el alumno no comprenda debido a:
 - Confuso⁸: explicación y/o esquema poco claro (o contradictorios entre sí).
 - Poco accesible: debido a un nivel inapropiado⁹, o a exceso de contenidos.
- Incompleto + Confuso/ Poco accesible: 1-2 puntos.
- Completo y claro: 3-5 puntos, dependiendo del grado de ambos factores.

* Si hay errores, restar, dependiendo de su importancia, hasta 2 puntos.

FUNDAMENTO	1	2	3	4	5
Ausencia	1				
Incompleto		2	3		
Confuso/Poco accesible	1	2			
Incompleto + Confuso/Poco accesible	1	2			
Completo y razonablemente claro			3	4	5

⁷ P.ej. "El fundamento de la TV son las o.e.m.", pero ¿qué cualidad o ley sobre ellas hace de fundamento?

⁸ "El sónar de los barcos permite calcular distancias en el mar midiendo el desfase temporal entre un sonido y su reflejo". Lo subrayado contiene términos poco entendibles.

⁹ Temas fuera del programa, temas aún no dados, o contenidos del programa de alto grado de dificultad.

Funcionamiento

Hace referencia al mecanismo o proceso que tiene lugar, apoyándose en los componentes o partes del dispositivo. A veces una parte de la presentación o una parte del fundamento puede ser también considerada como funcionamiento. Comprobar pensando sobre todo si el alumno puede o no comprender bien.

- Ausencia: 1 punto.
- Confuso: 1-2 puntos. Si texto¹⁰ o esquema son poco claros, con nivel impropio, recargados, o sin correspondencia entre ambos.
- Incompleto: 1-3 puntos. Si en el texto faltan explicaciones cuando éstas son asequibles¹¹, o si en un esquema faltan componentes esenciales.

Un caso particular es la ausencia de esquema cuando es imprescindible¹²: 1-2 puntos.

- Confuso + Incompleto: 1-2 puntos.
- Completo y claro: 3-5 puntos, dependiendo del grado de ambos factores.

* Si hay errores (en texto o esquema), restar, dependiendo de su importancia, hasta 2 puntos.

FUNCIONAMIENTO	1	2	3	4	5
Ausencia	1				
Confuso (texto o esquema)	1	2			
Incompleto (texto o esquema)	1	2	3		
Confuso + Incompleto	1	2			
5 Completo y razonablemente claro			3	4	5

¹⁰ Por ejemplo, en aeróstatos (SM, p.85) se lee: "Debido a esta menor densidad, su peso es menor que el empuje del aire sobre ellos. Controlando el peso mediante lastres y el empuje mediante la cantidad de gas encerrado, se puede conseguir el control del ascenso y descenso de los aeróstatos". La segunda frase es confusa y con errores.

¹¹ Cuando no son asequibles (p.ej. el láser), puede describirse el resultado que produce el aparato.

¹² A veces, además de la fotografía, es necesario un esquema (p.ej. el calentamanos, SM, p.266). Otras veces no lo es, pues con la sola descripción se entiende bien (p.ej. en el submarino basta que se diga que los tanques reciben/expulsan el agua).

5.3. CONCORDANCIA DE LA EVALUACIÓN

El análisis y evaluación de las exposiciones de dispositivos se hace a través de los tres elementos fundamentales, que al estar presentados sin seguir un criterio de secuenciación, hace ardua la labor de delimitación y análisis, previa a la asignación de una calificación. A ello se unen los problemas de categorización de las modalidades que muestran sus elementos, que a veces presentan algunos enunciados. Puesto que no es tarea fácil, es necesario que el análisis y la evaluación sean realizados por alguien que tenga una cierta experiencia escolar y conocimiento de la temática

Estas circunstancias han sido tenidas en cuenta a la hora de diseñar un esquema que permita dar algún signo de la adecuación del procedimiento de evaluación (Kerlinger, 1986; Barbero *et al.*, 2003). Para ello se ha creído conveniente llevar a cabo la tarea en dos fases. La primera consiste en comprobar la concordancia o grado de acuerdo que manifiestan los expertos frente a la evaluación de varios dispositivos dada por nosotros y que se les proporciona. En la segunda se anima a los expertos a asignar por sí mismos y con la guía del protocolo, una nota a otros varios dispositivos, que luego se comparará con la nota que ya habíamos propuesto previamente.

Como es habitual en estos casos, tropezamos con la dificultad de pedir a compañeros cargados de obligaciones que asuman el papel de profesores-expertos. Por ello el número de los intervinientes ha sido inferior al que hubiéramos deseado. Hemos reducido, además, al mínimo el número de documentos a estudiar. Es cierto que hubiera sido conveniente seleccionar más exposiciones, pero creímos que esto habría representado un trabajo difícilmente asumible para los profesores. Para facilitar la tarea se eligieron todas del mismo curso, 4º de ESO.

Concordancia. Fase 1ª

En esta etapa intervinieron profesores, de secundaria y universidad, de experiencia reconocida en la práctica profesional. Se comenzó explicándoles la temática, la finalidad y el procedimiento a seguir. Se les suministró material que contenía esta información (Anexo 1) y, además, cuatro exposiciones (2 tipo-a y 2

tipo-b), ya analizadas y valoradas (Anexo 2). Las exposiciones se mostraron a los expertos, junto al protocolo de evaluación (ap. 5.2). Iban acompañadas por una hoja con el análisis y la valoración de cada una de ellas, desglosadas por elementos, que habíamos asignado previamente.

Los profesores debían manifestar si creían que la puntuación era o no correcta y, en este último caso, proponer una nueva.

Concordancia. Fase 2ª

Se pasó a continuación a la fase siguiente. Aquí intervinieron los mismos expertos. La primera fase les había servido de entrenamiento para asumir la tarea de evaluar numéricamente que ahora deberían llevar a cabo. Se les facilitaron dos nuevas exposiciones (Anexo 3) y, otra vez, la hoja de presentación con las categorías utilizadas y el protocolo de valoración (ap. 5.2). A fin de simplificar la tarea, las exposiciones se acompañaban de un desglose por elementos, efectuado por nosotros.

Los expertos habían de valorar las exposiciones y anotar sus comentarios en hoja adjunta. En caso de que alguna de las puntuaciones difiera en más de un punto de la dada por nosotros, entonces le presentamos la nuestra y su justificación. En esta tesitura caben dos posibilidades: a) o el experto consideraba los argumentos y cambia su puntuación, o b) no los ve adecuados y se ratifica en la puntuación dada.

Resultados y discusión

Obtenidos los resultados (Tabla 5.2 y Anexo 5.1), vamos a iniciar la discusión de los mismos sin recurrir a técnicas estadísticas, salvo medias y salvo desviaciones típicas (ap. 5.6). Dado el poco nutrido grupo de expertos y el reducido número de dispositivos evaluados en este proceso, hemos creído que constituían una base poco propicia para emprender un tratamiento estadístico en profundidad, sin la certeza que garantizase conclusiones más sólidas que las que hemos obtenido con el tratamiento comparativo llevado a cabo.

	1. Aerodeslizador				2. C. Termográfica			
	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.
Autor	5	4	4	4.3	3	2	1	2.0
Media Expert.	5.0 DT=0.0	3.9 DT=0.6	3.6 DT=0.7	4.2 DT=0.3	2.9 DT=0.3	2.0 DT=0.0	1.1 DT=0.3	2.0 DT=0.2

	3. Micrófono				4. Pila de combustible			
	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.
Autor	3	1	2	2.0	2	2	1	1.7
Media Expert.	3.0 DT=0.0	1.0 DT=0.0	1.8 DT=0.4	1.9 DT=0.3	1.9 DT=0.3	2.0 DT=0.0	1.1 DT=0.3	1.7 DT=0.2

	5. Acumulador				6. Panel fotovoltaico			
	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.
Autor	5	4	2	3.7	2	3	3	2.7
Media Expert.	4.6 DT=0.5	4.3 DT=0.7	2.8 DT=0.6	3.9 DT=0.4	2.1 DT=0.3	2.4 DT=0.5	2.1 DT=0.6	2.2 DT=0.2

Tabla 5.2. Valoración de dispositivos por autor y por expertos. (Los datos completos de estos se encuentran en el Anexo 5.1).

Para empezar vamos a considerar la evaluación global de los dispositivos (última columna de cada uno). Como puede apreciarse (Tabla 5.2) la puntuación de autor y la media de los expertos coinciden (disp. 2,4) o difieren en 0.1-0.2 (disp.. 1,3,5), con desviaciones típicas poco importantes (DT= [0.2-0.4]). Sólo en un caso (disp..6) la diferencia se acentúa hasta 0.5 y, además, con DT=0.2.

Si consideramos ahora la evaluación pormenorizada de los elementos, conviene separar las fases. Por lo que respecta a la primera (disp. 1-4), las puntuaciones autor–expertos coinciden en cinco de doce casos. En el resto difieren

en 0.1 puntos, excepto uno en 0.2 (3-func.) y otro en 0.4 (1-func.). En este último la desviación alcanza un valor de cierta consideración (DT= 0.7, el máximo), en todos los demás son bajos o moderados.

En cuanto a la evaluación de los elementos de los dispositivos de la segunda fase (disp. 5-6), las diferencias autor – expertos son más acentuadas (lo que es previsible) sin ser excesivas. La excepción aparece en el elemento “funcionamiento” de ambos dispositivos con diferencias de 0.8 y 0.9 puntos. Paralelamente, las desviaciones también son mayores y van desde DT= 0.3 a DT= 0.7.

Reflexiones sobre los resultados

Teniendo en cuenta la labor a realizar por los expertos en las dos fases: corroborar una puntuación ya dada, en la primera, y asignar una puntuación propia en la segunda, parece que la más decisiva sería esta última. Pero las limitaciones antes comentadas no sostienen esta suposición. Creemos que, aunque la fase primera ha servido de familiarización en la evaluación, esta es ligera y, sobre todo, dos dispositivos a evaluar es un bagaje muy escaso para adquirir una experiencia suficiente en una tarea nada fácil. Pensemos que en nuestra actividad de profesores, al acometer una tarea de evaluación, los criterios de calificación no se consolidan antes de los 10 -20 primeros ejercicios corregidos.

Esta es, creemos, una de las razones de las diferencias con la primera fase. Pese a que aquí, como se indicó, se ha advertido a los expertos cuando las diferencias eran de 2 puntos o mayores (en 5 casos los expertos cambiaron la nota, en 2 se mantuvieron con la dada). Por otra parte, las diferencias de 0.8 y 0.9 puntos en “funcionamiento” de los dispositivos 5 y 6 creemos que podría ser debida, al menos en parte, a que el análisis de la exposición facilitado por nuestra parte no estaba la suficientemente claro.

De todos modos, los resultados procedentes de los expertos, globalmente, no son discordantes con el procedimiento que hemos propuesto para la evaluación y, por tanto, nos anima a seguirlo, como así hemos hecho.

5.4. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DE EXPOSICIONES

Hemos aplicado el protocolo de evaluación presentado antes a todos los dispositivos que aparecen en los manuales de 4º de ESO (2008) y de 1º de bachillerato (2008) que figuran en las tablas 3.1 y 3.2. El dispositivo se identifica por un número (1ª fila) que es el asignado en las citadas tablas. Las exposiciones de tipo-a se han marcado en negritas. A cada elemento de la exposición (presentación, fundamento y funcionamiento) se le asigna una puntuación de 1 a 5 (x_p , x_{fd} , x_{fc}). En la última fila aparece la puntuación que expresa el índice de calidad de cada exposición, q , media de la de sus elementos componentes: $q = (x_p + x_{fd} + x_{fc}) / 3$.

DISPOSITIVOS 4º ESO, 2008

Ed. Anaya, 4º ESO N=16 (5+11): (5 son tipo-a y 11 tipo-b)

Dispositivo	6	8	10	16	17	18	24	27	29	31	34	39	40	41	43	45
Present., x_p	3	3	3	2	4	2	3	2	5	3	1	4	2	3	2	3
Fundam., x_{fd}	1	4	2	2	4	3	2	2	4	4	2	3	1	1	1	3
Funcion., x_{fc}	2	2	1	1	4	2	1	1	2	4	2	3	1	1	1	3
I.Calidad., q	2	3	2	1 ^{2/3}	4	2 ^{1/3}	2	1 ^{2/3}	3 ^{2/3}	3 ^{2/3}	1 ^{2/3}	3 ^{1/3}	1 ^{1/3}	1 ^{2/3}	1 ^{1/3}	3

Ed. Bruño, 4º ESO N=16 (10+6)

Dispositivo	1	2	8	16	17	20	22	23	29	31	32	35	39	42	44	47
Present., x_p	5	5	3	2	2	3	3	2	2	4	5	5	3	3	2	3
Fundam., x_{fd}	4	4	3	2	4	3	4	1	4	3	4	4	2	4	1	2
Funcion., x_{fc}	2	3	1	2	3	1	3	2	4	3	2	3	3	3	1	1
I.Calidad., q	3 ^{2/3}	4	2 ^{1/3}	2	3	2 ^{1/3}	3 ^{1/3}	1 ^{2/3}	3 ^{1/3}	3 ^{1/3}	3 ^{2/3}	4	2 ^{2/3}	3 ^{1/3}	1 ^{1/3}	2

Ed. Edelvives, 4º ESO N=10 (5+5)

Dispositivo	3	13	17	18	20	21	29	31	36	37
Present., x_p	4	5	5	3	2	4	5	5	1	2
Fundam., x_{fd}	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Funcion., x_{fc}	3	2	3	2	1	2	2	2	1	1
I.Calidad., q	3 ^{2/3}	3 ^{1/3}	3 ^{2/3}	2 ^{2/3}	2	3	3 ^{1/3}	3 ^{1/3}	1 ^{1/3}	1 ^{2/3}

Ed. Editex, 4º ESO N=11 (5+6)

Dispositivo	3	8	17	22	29	31	33	36	41	42	46
Present., x_p	4	4	4	5	5	4	3	4	3	4	4
Fundam., x_{fd}	3	2	3	4	4	3	2	3	2	3	2
Funcion., x_{fc}	1	1	3	4	4	3	2	2	2	2	1
I.Calidad., q	$2^{2/3}$	$2^{1/3}$	$3^{1/3}$	$4^{1/3}$	$4^{1/3}$	$3^{1/3}$	$2^{1/3}$	3	$2^{1/3}$	3	$2^{1/3}$

Ed. Everest, 4ºESO N=7 (3+4)

Dispositivo	17	18	22	29	31	39	46
Present., x_p	4	1	5	3	3	4	3
Fundam., x_{fd}	4	2	4	3	4	4	3
Funcion., x_{fc}	4	2	5	1	4	3	2
I.Calidad., q	4	$1^{2/3}$	$4^{2/3}$	$2^{1/3}$	$3^{2/3}$	$3^{2/3}$	$2^{2/3}$

Ed. McGraw-Hill, 4º ESO N=14 (4+10)

Dispositivo	3	7	8	9	17	18	22	27	30	31	33	35	41	42
Present., x_p	3	3	3	3	3	3	1	5	2	4	4	3	2	4
Fundam., x_{fd}	1	4	3	1	3	2	4	1	2	4	4	3	3	4
Funcion., x_{fc}	1	2	2	1	3	2	3	1	1	4	3	2	2	3
I.Calidad., q	$1^{2/3}$	3	$2^{2/3}$	$1^{2/3}$	3	$2^{1/3}$	$2^{2/3}$	$2^{1/3}$	$1^{2/3}$	4	$3^{2/3}$	$2^{2/3}$	$2^{1/3}$	$3^{2/3}$

Ed. Oxford, 4º ESO N=15 (2+13)

Dispositivo	6	8	17	19	22	23	24	26	28	29	31	36	38	39	46
Present., x_p	3	4	2	3	4	5	2	1	2	4	4	4	3	3	1
Fundam., x_{fd}	1	3	4	1	3	2	2	3	4	4	3	4	4	2	2
Funcion., x_{fc}	2	3	3	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2
I.Calidad., q	2	$3^{1/3}$	3	$1^{2/3}$	3	$2^{2/3}$	$1^{2/3}$	$1^{2/3}$	$2^{2/3}$	$3^{1/3}$	3	3	$2^{2/3}$	$2^{1/3}$	$1^{2/3}$

Ed. Santillana, 4º ESO N=17 (4+13)

Dispositivo	3	6	8	11	17	18	20	21	22	23	24	29	31	34	36	41	42
Present., x_p	4	1	3	5	5	2	4	3	3	2	1	5	5	2	3	4	4
Fundam., x_{fd}	3	2	4	1	5	2	3	1	4	1	2	4	3	2	1	4	4
Funcion., x_{fc}	2	2	2	1	4	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	4
I.Calidad., q	3	$1^{2/3}$	3	$2^{1/3}$	$4^{2/3}$	$1^{2/3}$	$2^{2/3}$	$1^{2/3}$	3	$1^{1/3}$	$1^{2/3}$	$3^{2/3}$	$3^{1/3}$	$1^{2/3}$	2	3	4

Ed. SM, 4º ESO N=26 (20+6)

Dispositivo	2	3	5	8	9	12	14	15	16	17	18	20	22	25
Present., x_p	5	5	5	3	2	5	3	3	3	4	4	5	3	4
Fundam., x_{fd}	4	3	5	3	2	4	1	2	2	3	3	5	3	1
Funcion., x_{fc}	4	3	5	3	1	4	1	1	2	3	2	4	3	1
I.Calidad., q	$4^{1/3}$	$3^{2/3}$	5	3	$1^{2/3}$	$4^{1/3}$	$1^{2/3}$	2	$2^{1/3}$	$3^{1/3}$	3	$4^{2/3}$	3	2

Dispositivo	27	29	30	31	32	34	36	37	39	41	42	46
Present., x_p	3	3	2	4	5	3	2	3	3	3	3	3
Fundam., x_{fd}	1	4	3	4	4	2	3	2	1	3	3	4
Funcion., x_{fc}	1	3	2	2	4	1	3	2	2	2	4	4
I.Calidad., q	$1^{2/3}$	$3^{1/3}$	$2^{1/3}$	$3^{1/3}$	$4^{1/3}$	2	$2^{2/3}$	$2^{1/3}$	2	$2^{2/3}$	$3^{1/3}$	$3^{2/3}$

Ed. Vicens-Vives, 4º ESO N=13 (5+8)

Dispositivo	4	7	8	12	13	18	19	20	21	22	25	27	28	30
Present., x_p	5	3	4	4	3	5	2	3	3	2	4	3	3	4
Fundam., x_{fd}	4	2	5	3	4	4	3	3	2	2	2	2	2	3
Funcion., x_{fc}	2	1	3	1	3	2	2	2	1	1	1	1	1	2
I.Calidad., q	$3^{2/3}$	2	4	$2^{2/3}$	$3^{1/3}$	$3^{2/3}$	$2^{1/3}$	$2^{2/3}$	2	$1^{2/3}$	$2^{1/3}$	2	2	3

DISPOSITIVOS 1º BACHILLERATO, 2008

Ed. Anaya, 1º bachillerato N=11 (3+8)

Dispositivo	3	4	6	7	8	12	21	22	24	25	29
Present., x_p	5	5	4	2	4	4	2	3	4	4	1
Fundam., x_{fd}	3	4	2	3	2	2	2	3	3	2	2
Funcion., x_{fc}	3	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1
I.Calidad., q	$3^{2/3}$	4	$2^{1/3}$	2	$2^{1/3}$	$2^{1/3}$	$1^{2/3}$	$2^{1/3}$	3	$2^{1/3}$	$1^{1/3}$

Ed. Bruño, 1º bachillerato N=5 (0+5)

Dispositivo	7	9	21	22	25
Present., x_p	3	3	2	3	5
Fundam., x_{fd}	2	3	2	2	3
Funcion., x_{fc}	1	1	1	1	1
I.Calidad., q	2	$2^{1/3}$	$1^{2/3}$	2	3

Ed. Edelvives, 1º bachillerato N=7 (0+7)

Dispositivo	2	7	18	19	21	22	23
Present., x_p	3	3	4	3	2	3	3
Fundam., x_{fd}	2	2	3	2	2	2	2
Funcion., x_{fc}	2	2	2	1	1	1	1
I.Calidad., q	$2^{2/3}$	$2^{1/3}$	3	2	$1^{2/3}$	2	2

Ed. Editex, 1º bachillerato N=14 (3+11)

Dispositivo	4	7	9	13	16	17	18	20	22	24	29	31	39
Present., x_p	5	3	4	3	3	5	4	3	2	5	4	4	4
Fundam., x_{fd}	4	3	1	2	3	4	3	3	1	4	2	2	3
Funcion., x_{fc}	4	3	1	2	2	3	2	2	1	4	2	2	3
I.Calidad., q	$4^{1/3}$	3	2	$2^{1/3}$	$2^{2/3}$	4	3	$2^{2/3}$	$1^{1/3}$	$4^{1/3}$	$2^{2/3}$	$2^{2/3}$	$3^{1/3}$

Ed. Everest, 1º bachillerato N=6 (0+6)

Dispositivo	7	8	12	14	22	25
Present., x_p	4	5	4	4	3	4
Fundam., x_{fd}	2	5	4	4	2	2
Funcion., x_{fc}	1	4	2	2	1	1
I.Calidad., q	$2^{1/3}$	$4^{2/3}$	$3^{1/3}$	$3^{2/3}$	2	$2^{1/3}$

Ed. McGraw-Hill, 1º bachillerato N=7 (2+5)

Dispositivo	1	5	8	16	18	19	30
Present., x_p	2	4	3	4	4	4	4
Fundam., x_{fd}	2	4	1	2	4	4	2
Funcion., x_{fc}	2	2	1	1	2	4	2
I.Calidad., q	2	$3^{1/3}$	$1^{2/3}$	$2^{1/3}$	$3^{1/3}$	4	$2^{2/3}$

Ed. Oxford, 1º bachillerato N=6 (0+6)

Dispositivo	7	12	18	21	25	26
Present., x_p	2	4	2	3	2	2
Fundam., x_{fd}	2	5	3	3	3	1
Funcion., x_{fc}	1	3	4	1	1	1
I.Calidad., q	$1^{2/3}$	4	3	$2^{1/3}$	$2^{1/3}$	$1^{1/3}$

Ed. Santillana, 1º bachillerato N=9 (0+9)

Dispositivo	7	8	10	11	13	15	19	22	25
Present., x_p	3	3	4	4	3	3	2	3	4
Fundam., x_{fd}	2	2	2	2	3	4	2	2	2
Funcion., x_{fc}	1	1	2	2	2	2	2	1	1
I.Calidad., q	2	2	$2^{2/3}$	$2^{2/3}$	$2^{2/3}$	3	2	2	$2^{1/3}$

Ed. SM, 1º bachillerato N=7 (0+7)

Dispositivo	3	7	14	22	23	25	31
Present., x_p	2	2	1	3	1	4	1
Fundam., x_{fd}	2	3	2	2	2	3	3
Funcion., x_{fc}	2	1	3	1	1	1	2
I.Calidad., q	$2^{1/3}$	$2^{1/3}$	2	2	$1^{1/3}$	$2^{2/3}$	2

Ed. Vicens-Vives, 1º bachillerato N=9 (0+9)

Dispositivo	1	3	8	14	17	18	19	21	22
Present., x_p	3	2	3	4	2	3	3	2	2
Fundam., x_{fd}	2	2	4	3	2	3	3	2	1
Funcion., x_{fc}	1	2	1	2	1	1	1	1	1
I.Calidad., q	2	2	$2^{2/3}$	3	$1^{2/3}$	$2^{1/3}$	$2^{1/3}$	$1^{2/3}$	$1^{1/3}$

5.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DE EXPOSICIONES

Dada la gran cantidad de datos recogidos en las tablas anteriores, para proceder a la discusión de los resultados se ha creído conveniente elaborarlos a fin de realizar una aproximación global a los mismos, lo que facilitará la discusión sin cerrar el paso a incursiones más concretas.

Entonces, con los datos de las tablas referentes a la valoración de cada elemento de las exposiciones de dispositivos se han hecho primero las medias de cada elemento en cada manual y, luego, las medias de cada elemento en la totalidad de los manuales.

De este modo, en las tablas 5.3 (4º ESO) y 5.4 (1º bach.) figuran, para cada manual, los valores medios de los tres elementos: presentación (\bar{x}_p), fundamento

(\bar{x}_{fd}), y funcionamiento (\bar{x}_{fc}). Es evidente que para cualquiera de ellos el valor medio viene dado por: $\bar{x}_i = \sum x_i / N$, siendo x_i la puntuación del elemento en cada dispositivo, es decir x_p , x_{fd} , o x_{fc} , y N el número de dispositivos que presenta el manual. En la última fila aparecen las medias de todos los valores de \bar{x}_p , \bar{x}_{fd} y \bar{x}_{fc} de los 10 manuales, que evidentemente se obtienen sumando todos los valores de la columna, y dividiendo por 10.

Manuales de 4º de ESO

Manual	Presentación (\bar{x}_p)	Fundamento (\bar{x}_{fd})	Funcionam. (\bar{x}_{fc})
Anaya	2.8	2.4	1.9
Bruño	3.2	3.0	2.3
Edelvives	3.6	2.9	1.9
Editex	4.0	2.8	2.3
Everest	3.3	3.4	3.0
Mc. Graw Hill	3.0	2.8	2.1
Oxford	3.0	2.8	1.7
Santillana	3.3	2.7	1.8
SM	3.5	2.9	2.6
Vicens Vives	3.8	2.7	2.4
Media	3.3	2.8	2.2

Tabla 5.3. Valores medios de los elementos en manuales de 4º de ESO (2008)

Manuales de 1º de bachillerato

Manual	Presentación (\bar{x}_p)	Fundamento (\bar{x}_{fd})	Funcionam. (\bar{x}_{fc})
Anaya	3.5	2.5	1.5
Bruño	3.2	2.4	1.0
Edelvives	3.0	2.1	1.4
Editex	3.4	2.9	1.6
Everest	4.0	3.2	1.8
Mc. Graw Hill	3.6	2.7	2.0
Oxford	2.5	2.8	1.8
Santillana	3.2	2.3	1.5
SM	2.0	2.4	1.6
Vicens Vives	2.7	2.4	1.2
Media	3.1	2.6	1.5

Tabla 5.4. Valores medios de los elementos en manuales de 1º de bachillerato (2008)

A la vista de los valores medios en todos los manuales de la presentación, fundamento y funcionamiento (última fila de las tablas 5.3 y 5.4) se aprecia claramente una mayor atención y calidad de la presentación y una información más deficiente acerca del funcionamiento. Todos los manuales muestran esta tendencia. Los valores del fundamento son intermedios entre los dos (con alguna excepción, p.ej. Everest 4º: 3.3, 3.4 y 3.0). Para cada uno de los tres elementos (ver las columnas) las desigualdades son de consideración (aprox. 1.0 o algo más). Los valores para los manuales de bachillerato (tabla 5.4) muestran la misma tendencia, pero con valores medios más bajos, esto es: 3.1, 2.6 y 1.5, frente a 3.3, 2.8 y 2.2 de

ESO (tabla 5.3). Obsérvese que los dos primeros valores de cada nivel van más o menos parejos y el descenso acusado se produce en el tercero (funcionamiento).

En todo caso, la tendencia general puesta de manifiesto de mayores valores de la presentación y menores del funcionamiento (es decir, menor información y más deficiente) puede interpretarse como un reconocimiento de la conveniencia de conectar con la vida diaria (presentación), pero sin intención de recrearse mucho en ella, evitando las partes que exijan un cierto desarrollo (funcionamiento). Esto se acentúa muy bruscamente en bachillerato donde $\bar{x}_{fc} = 1.5$, con una diferencia de 1.1 con relación a $\bar{x}_{fd} = 2.6$, frente a ESO que muestra una diferencia de 0.6, lo que se explica con el mismo argumento, pero teniendo en cuenta que la atención es menor aún.

En cuanto a manuales concretos, de ESO destaca por sus valores superiores a los demás (sin ser nada elevados) el libro de texto de Everest (3.3, 3.4 y 3.0). En el extremo opuesto encontramos al manual de Anaya (2.8, 2.4 y 1.9). En bachillerato también tenemos a Everest como manual destacado (4.0, 3.2 y 1.8).

5.6. VALORACIÓN DE LIBROS DE TEXTO

Tras proponer un método de valoración de exposiciones individuales de dispositivos, llegamos a la etapa final de nuestra tarea: valorar el manual que las contiene. Hay que precisar que se trata de una valoración parcial del libro de texto sólo en lo que respecta a la atención y al tratamiento dado a la presentación de los dispositivos.

¿Cómo llevarla a cabo? Es evidente que no hay un solo procedimiento que pueda seguirse y, por tanto, puestos a asignar una puntuación, podrían obtenerse valores diferentes para un mismo manual. Pero aquí lo que importa es conseguir una escala en la que se marquen diferencias de calidad, más que valores absolutos.

En la puntuación asignada a un manual creemos que deben intervenir tres variables:

Variable-1: La abundancia de dispositivos

Variable-2: La calidad de sus exposiciones

Variable-3: La atención concedida a las mismas.

Estas tres variables pueden operativizarse del modo siguiente:

Variable-1: Por el número de dispositivos (**N**) que presenta el manual.

Variable-2: Tomando la media de las puntuaciones de todas las exposiciones del manual: $Q = \sum q_i / N$ siendo q_i la puntuación que expresa el índice de calidad de cada exposición y entonces **Q** es el índice de calidad medio de las exposiciones del manual. Los valores de **Q** de cada manual figuran en las tablas 5.4 y 5.5.

Variable-3: Teniendo en cuenta que las exposiciones tipo-a son prueba de una mayor atención al dispositivo, un buen índice de esta característica será el número de exposiciones tipo-a (**a**) con relación a las de tipo-b (**b**). Obviamente, $a + b = N$.

El siguiente paso es reunir las tres variables en una fórmula, para así proporcionar una puntuación global al libro de texto. Aunque las opciones son múltiples, hemos preferido una de las más simples. La fórmula elegida, aunque arbitraria, servirá a nuestro propósito, que es el de establecer una escala relativa para comparar manuales, y no el asignar un valor absoluto a cada uno.

Así pues, vamos a calcular la puntuación del manual, **P**, aplicando la fórmula:

$$P = Q (a + 0.5b)$$

Como puede comprobarse, la fórmula aúna las variables anteriores: la cantidad de dispositivos (parámetros **a** y **b**, siendo $a+b=N$), primando la atención prestada a estos (coeficientes 1 y 0.5 para **a** y **b**, respectivamente), así como la calidad media de las exposiciones (parámetro **Q**). La valoración es de este modo más completa.

Para medir la dispersión de las puntuaciones obtenidas por las exposiciones en cada manual, q_i , con relación a la calidad media, **Q**, se calculan los valores de la desviación típica y el coeficiente de variación. Estos parámetros también pueden ser

aplicados en relación a otras variables, pero hemos creído que la relación más significativa para nuestro estudio es considerar la relación entre q_i y Q .

La desviación típica $\sigma(Q)$ es una medida de dispersión que se puede definir como la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las diferencias entre la puntuación de un dispositivo, q_i , y la media del conjunto, Q . Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\zeta (Q) = \sqrt{\frac{\sum_i (q_i - Q)^2}{N}}$$

Si bien la desviación típica es una buena medida de lo que se alejan las puntuaciones de la media, como para cada manual las medias son diferentes, conviene entonces usar el coeficiente de variación **CV** que se define como el cociente entre la desviación típica y la media:

$$CV = \frac{\sigma(Q)}{Q}$$

En nuestro caso, los valores de CV servirán para comparar la homogeneidad de la calidad media, Q , de los dispositivos entre los distintos manuales. Así, si un manual M1 tiene un CV mayor que otro M2, significará que los dispositivos de M1 poseen índices de calidad menos homogéneos que los de M2, es decir, que entre las puntuaciones de los dispositivos, q_i , de M1 hay más diferencias que entre las de M2. Esto a veces puede ser atribuido a la existencia de desniveles entre los diversos autores del mismo manual.

En todo caso, conviene advertir que la puntuación del manual a la que se llega es una valoración respecto al tratamiento de los dispositivos, lo que quiere decir que un manual destacado en este terreno podría ser globalmente un libro poco recomendable.

5.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA VALORACIÓN DE LIBROS DE TEXTO

Para asignar la puntuación, **P**, a un manual se procede según lo dicho en el apartado anterior. Es necesario en primer lugar conocer el número de dispositivos, **N**, y cuántos son de tipo-a y de tipo-b (**a** y **b**). A continuación hay que calcular a partir de las puntuaciones sobre el índice de calidad de los dispositivos, **q** (ver tablas del ap. 5.4), la calidad media de las exposiciones que presenta el manual, dada por¹³: $Q = \sum q_i / N$. Por último obtenemos la puntuación global del manual, **P**, sustituyendo en: $P = Q (a + 0.5b)$

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas que siguen. Una se refiere a manuales de 4º de ESO (tabla 5.5) y la otra a 1º de bachillerato (tabla 5.6). Se ha incluido, además, el coeficiente de variación, **CV**, con relación a la calidad media **Q**, lo que da una mejor idea de la dispersión de los valores.

Como ya se ha dicho (ap. 5.6), para calcular CV previamente se han obtenido los valores correspondientes de $\zeta(A)$, pero estos no se han tabulado porque van incluidos en los de CV.

Manuales de 4º de ESO

Si observamos los resultados de la tabla 5.5 vemos que los valores de la calidad de las exposiciones, **Q**, varían de 2.4 (Anaya) a 3.2 (Everest). La dispersión, **CV**, que muestran oscila entre 0.23 (Editex) y 0.36 (Anaya).

En cuanto a la valoración de los manuales, la mayor puntuación, **P**, con diferencia, corresponde a SM (69.0), que presenta uno de los índices de calidad más altos (3.0) y, además, el mayor número de dispositivos (26). Mientras que Everest, con un índice de calidad igualmente alto (3.2) obtiene la puntuación más baja (16.0) por mostrar un menor número de dispositivos (7). Es una prueba concreta de que el índice de calidad, **Q**, no va necesariamente asociado a la puntuación, **P**, del manual.

¹³ Adviértase que $Q \neq (\bar{X}_p + \bar{X}_{fd} + \bar{X}_{fc}) / 3$, (Tablas 5.3 y 5.4).

Es de señalar igualmente el papel destacado de Bruño, con una puntuación de 37.7, que presenta un número de dispositivos (16) y un índice de calidad (2.9) mayores que la media. A esto añade una homogeneidad de la calidad (CV=0.31) mayor que la de SM (CV=0.33).

Manual	N (a+b)	Q	CV	P
Anaya	16 (5+11)	2.4	0.36	25.2
Bruño	16 (10+6)	2.9	0.31	37.7
Edelvives	10 (5+5)	2.8	0.32	21.0
Editex	11 (5+6)	3.0	0.23	24.0
Everest	7 (3+4)	3.2	0.29	16.0
Mc. Graw Hill	14 (4+10)	2.6	0.27	23.4
Oxford	15 (2+13)	2.5	0.31	21.3
Santillana	17 (4+13)	2.6	0.35	27.3
SM	26 (20+6)	3.0	0.33	69.0
Vicens Vives	13 (5+8)	2.9	0.30	26.1
Media	14.5	2.8	0.31	29.1

Tabla 5.5. Valoración de manuales de 4º de ESO (2008)

Manuales de 1º de bachillerato

En lo que respecta a los resultados de 1º de bachillerato (tabla 5.6), los valores de la calidad media de las exposiciones de un manual, Q, van de 2.0 (SM) a 3.0 (Everest). Por su parte, las puntuaciones de los manuales, P, oscilan entre 5.5 (Bruño) y 22.1 (Editex), que es el que presenta mayor número de dispositivos (14). En lo referente a la dispersión, los valores de CV van desde 0.17 (Santillana) hasta 0.38 (Oxford). Esto supone una diferencia mayor que en la ESO en cuanto a homogeneidad de la calidad de las exposiciones.

En cuanto al número de dispositivos, se constata que es bastante menor en 1º de bachillerato (media de 8.1) que en 4º de ESO (media de 14.5). Los índices de calidad, Q, de las exposiciones de bachillerato (media de 2.4) son inferiores a los de ESO (media de 2.8). De este modo puede bien comprenderse que el valor medio de P para los manuales de ESO sea bastante más alto que para bachillerato: 29.1 en ESO frente a 10.9 en bachillerato. Diferencias tan acentuadas pueden deberse a la orientación más academicista de la exposición de contenidos. Ni siquiera la presencia en 1º de bachillerato de una unidad sobre electricidad y corriente eléctrica, propicia para incluir dispositivos tecnológicos de uso cotidiano, es aprovechada para ello.

Manual	N (a+b)	Q	CV	P
Anaya	11 (3+8)	2.5	0.32	17.5
Bruño	5 (0+5)	2.2	0.23	5.5
Edelvives	7 (0+7)	2.2	0.18	7.7
Editex	14 (3+11)	2.6	0.27	22.1
Everest	6 (0+6)	3.0	0.30	9.0
Mc. Graw Hill	7 (2+5)	2.7	0.25	12.1
Oxford	6 (0+6)	2.5	0.38	7.5
Santillana	9 (0+9)	2.4	0.17	10.8
SM	7 (0+7)	2.0	0.20	7.0
Vicens Vives	9 (0+9)	2.1	0.24	9.5
Media	8.1	2.4	0.25	10.9

Tabla 5.6. Valoración de manuales de 1º de bachillerato (2008)

5. ANEXO

5.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE EXPERTOS

	Aerodeslizador				C. Termográfica			
	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.
Autor	5	4	4	4.3	3	2	1	2.0
Exp.1	5	5	3	4.3	3	2	1	2.0
Exp.2	5	4	4	4.3	3	2	1	2.0
Exp.3	5	3	4	4.0	3	2	1	2.0
Exp.4	5	4	2	3.7	3	2	1	2.0
Exp.5	5	4	4	4.3	3	2	1	2.0
Exp.6	5	4	4	4.3	3	2	2	2.3
Exp.7	5	3	3	3.7	3	2	1	2.0
Exp.8	5	4	4	4.3	3	2	1	2.0
Exp.9	5	4	4	4.3	2	2	1	1.7
Media (Exp.)	5.0	3.9	3.6	4.2	2.9	2.0	1.1	2.0
DT	0.0	0.6	0.7	0.3	0.3	0.0	0.3	0.2

	Micrófono				Pila de combustible			
	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.
Autor	3	1	2	2.0	2	2	1	1.7
Exp.1	3	1	1	1.7	2	2	1	1.7
Exp.2	3	1	2	2.0	2	2	1	1.7
Exp.3	3	1	2	2.0	2	2	1	1.7
Exp.4	3	1	1	1.7	2	2	2	2.0
Exp.5	3	1	2	2.0	2	2	1	1.7
Exp.6	3	1	2	2.0	2	2	1	1.7
Exp.7	3	1	2	2.0	1	2	1	1.3
Exp.8	3	1	2	2.0	2	2	1	1.7
Exp.9	3	1	2	2.0	2	2	1	1.7
Media (Exp.)	3.0	1.0	1.8	1.9	1.9	2.0	1.1	1.7
DT	0.0	0.0	0.4	0.3	0.3	0.0	0.3	0.2

	Acumulador				Panel fotovoltaico			
	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.	Pres.	Fund.	Func.	Media Dispos.
Autor	5	4	2	3.7	2	3	3	2.7
Exp.1	4	5	3	4.0	2	2	2	2.0
Exp.2	4	4	4	4.0	2	2	3	2.3
Exp.3	5	5	3	4.3	2	3	2	2.3
Exp.4	5	4	3	4.0	2	3	2	2.3
Exp.5	5	5	2	4.0	2	2	2	2.0
Exp.6	4	3	2	3.0	2	3	1	2.0
Exp.7	5	4	3	4.0	2	2	3	2.3
Exp.8	4	5	2	3.7	3	2	2	2.3
Exp.9	5	4	3	4.0	2	3	2	2.3
Media (Exp.)	4.6	4.3	2.8	3.9	2.1	2.4	2.1	2.2
DT	0.5	0.7	0.6	0.4	0.3	0.5	0.6	0.2

CAPÍTULO 6
ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DE AULA

6.1. GENERALIDADES

La exposición de cualquier dispositivo se compone de una serie de elementos descriptivos y explicativos, debidamente secuenciados y relacionados. Como la exposición está al servicio del dispositivo objeto de estudio, los elementos teóricos puestos en juego son sólo los directamente relacionados con el mismo para su mejor comprensión. Diferentemente sucede cuando se expone un tema disciplinar, siguiendo un enfoque tradicional, pues se cuida no omitir nada de relieve. En el primer caso, es el dispositivo el que guía la selección de contenidos y su estructuración; en el segundo, es la lógica de la disciplina la que juega este papel.

Por ejemplo, en el LED es necesario hablar del diodo, elemento básico del aparato. Pero, aún siendo la rectificación de la corriente eléctrica su característica más importante, veremos que en nuestra propuesta básica no se ha mencionado porque no interviene en el funcionamiento ni en la explicación del mismo (sólo se ha insinuado a un nivel algo más avanzado). Por el contrario, en la gran mayoría de los libros de texto la rectificación sería lo primero que veríamos al tratar sobre el diodo.

Así pues, para elaborar documentos hemos abandonado los esquemas habituales que nos conducen a exponer jerárquicamente un cuerpo teórico, y hemos dejado que sea el dispositivo el que guíe nuestra exposición. Considerando esta en sí, seguimos pues una estrategia que parte de lo concreto y recurre a conceptos y leyes de la ciencia a efectos explicativos.

El uso de los dispositivos en la enseñanza está en sintonía con el espíritu de la alfabetización científica y el enfoque de ciencia contextual. Ya hemos visto que la alfabetización científica pretende formar en ciencias a todo alumno como futuro ciudadano. Para ello sugiere contenidos referentes a problemas generales de base científica que afectan a la humanidad (CTS), o contenidos tecnocientíficos pertenecientes al entorno próximo o remoto del alumno (ciencia contextual). De todos modos, conviene distinguir enfoque de enseñanza, de metodología de enseñanza. Así, los contenidos anteriores pueden ser transmitidos a los alumnos siguiendo metodologías diferentes. Por ejemplo, dentro del enfoque de ciencia contextual pueden utilizarse los contenidos cotidianos siguiendo una metodología de corte tradicional, donde estos están subordinados a la teoría; o bien, los contenidos pueden

situarse en el arranque de una enseñanza de corte inductivo y ser ellos los que deciden la teoría a considerar, justo la necesaria para explicarlos.

Un documento escolar, además, puede orientarse siguiendo alguno de los diversos modelos de enseñanza. Aquí, aunque se han tenido en cuenta los conocimientos previos de los alumnos, hemos adoptado una exposición de corte clásico, que puede ser modificada fácilmente para hacerla compatible con cualquier modelo.

Teniendo en cuenta las carencias que los manuales presentan sobre los dispositivos, que se traducen en que se omiten dispositivos de interés o se ignoran otros que gozan de las preferencias de los alumnos, un objetivo muy importante es capacitar a los profesores para diseñar ellos mismos alguna exposición para incluirla en el programa. Nuestro propósito ahora es establecer un procedimiento de elaboración de documentos de aula sobre dispositivos, que muestre los elementos a los que hay que recurrir y los procedimientos y secuenciación de los mismos que deben seguirse para llegar al documento final.

Vamos entonces a comenzar indagando las preferencias de los alumnos acerca de los dispositivos, lo que podrá permitirnos elegir con más propiedad los dispositivos a estudiar.

6.2. ¿QUÉ DISPOSITIVOS ESTUDIAR?

Preferencias del alumnado. Diseño de la encuesta

Nos interesa saber qué dispositivos tecnológicos de uso cotidiano despiertan mayor interés en los alumnos, ya que esto podrá orientar la elección de los dispositivos a elaborar.

Se comenzó pasando un sencillo cuestionario en el que se les pedía que citaran al menos cinco dispositivos cuyo fundamento les gustaría conocer. A partir de los resultados se confeccionó una lista con los más demandados. Previamente hubo que hacer un tratamiento de esta lista a través de las siguientes operaciones:

- Clarificación.- Se procedió a unificar las designaciones (p.ej. “tubo luminoso” se pasó a “tubo fluorescente”), a eliminar los solapamientos (p.ej. “puerta de

apertura automática” se incluyó en “célula fotoeléctrica”, o reagrupar instrumentos muy afines (p.ej. “CD” y “DVD” en “CD/DVD”).

- Eliminación.- Supresión de los dispositivos menos citados de la lista (p.ej. “turbina”). Esto es muy recomendable para no dispersar la atención de los alumnos.

- Inclusión.- Estudiando la lista se advirtió que faltaban algunos dispositivos, no tan impactantes como muchos de los mencionados, pero sí muy cotidianos (p.ej. “fotocopiadora”). Así pues, completamos la lista con estos otros.

Tras el tratamiento indicado resultó una lista definitiva, constituida por 30 dispositivos, que fue la que utilizamos para las encuestas. En ningún caso se pretende que los 30 instrumentos seleccionados sean rigurosamente los *tops* para los alumnos. La encuesta es aproximada sobre las preferencias relativas hacia unos u otros.

Resultados

La muestra encuestada fue de 83 alumnos de 4º de ESO y 43 de bachillerato (1º y 2º). La encuesta solicitaba de los alumnos que valorasen su interés por conocer cada uno de los 30 dispositivos (Anexo 4) mediante una escala Lickert de 0 a 3 (0: no me interesa; 1: me interesa poco; 2: me interesa; 3: estoy muy interesado).

Al evaluar los resultados, recogimos las respuestas que manifestaban un marcado interés (2 o 3 puntos) por el funcionamiento del dispositivo. Los resultados obtenidos pueden verse en las tablas 6.1 y 6.2, en las que aparece para cada dispositivo el porcentaje de alumnos que manifiesta interés por él (≥ 2 puntos) y la puntuación total de cada dispositivo.

En las tablas figuran sólo los dispositivos que suscitaron interés en más de la mitad de los alumnos ($>50\%$).

Discusión

Ante todo ha de señalarse que los resultados anteriores han sido recogidos entre alumnos que tienen unas vivencias más recientes que otras, lo cual hace que pueden variar según el momento en que se haga la encuesta. Así, por ejemplo, el “aire acondicionado” posiblemente hubiera sido señalado con más frecuencia en los días iniciales y finales del curso. Por todo ello, el valor concedido a los resultados anteriores es puramente orientativo para determinar las preferencias que manifiestan los alumnos por unos y por otros.

En 4º de ESO, tal y como podemos observar, 19 de los 30 dispositivos propuestos son valorados positivamente (están interesados o muy interesados en su funcionamiento) y en bachillerato 21 de la misma lista. En ambos casos todos ellos obtienen una puntuación superior a la mitad de la máxima posible (125 en 4º, 65 en bachillerato).

Cabe destacar la inclinación de los alumnos hacia lo espectacular y de vanguardia (p.ej. “pantalla de plasma”, “láser”, “GPS”) y lo que cae en su ámbito íntimo de utilización (p.ej. “teléfono móvil”, “ordenador”, “CD/DVD”), frente a lo rutinario de uso más arraigado (“tubo fluorescente”, “radio”, “teléfono fijo”) y a lo más doméstico (ni “aspiradora”, “frigorífico” o “lavadora” se encuentran entre los seleccionados).

Es de subrayar la coincidencia de los alumnos de ambos niveles en los dispositivos valorados positivamente (86% de los casos). No obstante, comparando ambas listas, vemos que en bachillerato irrumpen con fuerza algunos como “magnetotérmico/diferencial” y que algunos otros como “altavoz/micrófono” superan a las preferencias manifestadas en 4º. Esto podría ser consecuencia de la extensión del currículo de bachillerato a nuevos campos donde estos dispositivos tienen su fundamento. También se constata la tendencia inversa, de caída de atención de otros como “ordenador”, quizás debida al uso acumulado del mismo y a los conocimientos formales o informales adquiridos sobre él.

Dispositivo	Muestran interés	Puntuación
Cámara video	93%	211
Ordenador	87%	214
CD/DVD	86%	200
Teléfono móvil	84%	191
Pantalla de plasma	84%	189
GPS	83%	189
Pantalla cristal líquido	80%	177
Ecógrafo/ecografía	72%	166
Láser	71%	165
Radar	69%	162
Paneles solares	69%	131
LED / mando a distancia	66%	154
Radio	65%	160
Fotocopiadora	65%	128
Célula fotoeléctrica	64%	149
Tubo fluorescente	62%	144
Horno microondas	61%	142
Antena parabólica	59%	144
Altavoz/micrófono	56%	158

Tabla 6.1: Preferencias de los alumnos de 4º de ESO

Dispositivo	Muestran interés	Puntuación
Pantalla de plasma	93%	113
Cámara video	93%	110
Pantalla cristal líquido	93%	109
Célula fotoeléctrica	81%	97
GPS	79%	94
Radar	79%	91
Teléfono móvil	75%	92
Láser	75%	90
Altavoz/micrófono	75%	85
Ordenador	72%	97
Paneles solares	70%	91
Magnetotérmico / Diferencial	70%	80
LED / mando a distancia	68%	81
CD/DVD	68%	77
Ecógrafo/ecografía	65%	75
Horno microondas	63%	79
Antena parabólica	63%	74
Tubo fluorescente	60%	71
Fotocopiadora	58%	70
Radio	53%	75
Aire acondicionado	53%	69

Tabla 6.2: Preferencias de los alumnos de bachillerato

6.3. OPERACIONES BÁSICAS

Una vez elegido un dispositivo, el proceso de elaboración de documentos sobre el mismo incluye diversas operaciones. Quizás la tarea más complicada es integrarlas en una estructura donde se encuentren conectadas y secuenciadas convenientemente, de tal modo que el conjunto resulte coherente y fundamentado. Vamos a iniciar una primera aproximación a esta problemática considerando las operaciones más esenciales.

Recogida de información

Una vez elegido un dispositivo, encontrar fuentes documentales idóneas no es siempre fácil. Lo habitual es comenzar recogiendo información de libros o artículos que describan con extensión y claridad el dispositivo elegido. Con frecuencia se recurre a libros especializados, a libros de texto avanzados, o a artículos científicos o técnicos, completando sus carencias con otros documentos. Otras veces se utilizan documentos escolares de nivel intermedio. En todo caso, el documento-meta es de un nivel inferior a los de partida.

Entre los documentos que hemos utilizado en nuestro trabajo vamos a distinguir cuatro tipos, que en orden decreciente de nivel son:

- a) Documento especializado (p.ej. artículo en revista especializada)
- b) Documento escolar de nivel avanzado (p.ej. manual universitario, científico o técnico)
- c) Documento escolar de nivel intermedio (p.ej. manual de bachillerato)
- d) Documento escolar de nivel básico (p.ej. correspondiente a ESO). Este siempre hará las veces de documento-meta.

En general, el material especializado va dirigido a una audiencia muy restringida y su finalidad es mostrar los aspectos científico-técnicos que encierra el dispositivo, movilizando recursos teóricos a nivel de experto. En el otro extremo encontramos el material escolar de nivel básico, que trata principalmente de conectar el conocimiento científico con el conocimiento cotidiano para una audiencia poco madura científicamente.

Conocimientos previos sobre el dispositivo

Es muy importante, además, no olvidar una fuente de información indispensable en el ámbito escolar, como es el conjunto de conocimientos previos que tienen los alumnos sobre el dispositivo elegido. Estos conocimientos son de hechos que ellos conocen y de los que esperan una explicación. Son, pues, contenidos que exigen ser considerados en la elaboración del documento. No obstante, es frecuente que la mayor parte de ellos sean planteados y respondidos en la etapa de recogida de información. En cambio, otros no. De todos modos, si son planteados en los dos ámbitos, razón de más para dedicarles especial atención.

La estructura del documento

Con los materiales recogidos, tanto de información sobre el dispositivo como de conocimientos previos de los alumnos sobre el mismo, se pasa a elaborar el material escolar (avanzado, intermedio, o básico). En cualquier caso es primordial tener a punto una estructura general que recoja y ordene los contenidos que van a componer el documento y marque la secuencia de los apartados.

El nivel del documento

Viene dado por el nivel de conocimientos exigido en la etapa escolar que se trate. Basta pues estudiar los programas oficiales, que son los que fijan los contenidos, y no olvidar los libros de texto, que interpretan (a su manera) los anteriores. El objetivo principal es adaptar los fundamentos teóricos al nivel de los alumnos a los que va dirigido el documento.

Entonces, cuando se hable que conceptos más o menos asequibles, la referencia es el nivel de conocimientos de los alumnos. Igualmente, un razonamiento o una explicación pueden quedar invalidadas si contienen de modo central algún concepto no asequible.

El proceso de transposición

De las operaciones implicadas en el proceso de elaboración de documentos sobre dispositivos la más esencial es la transposición didáctica, o paso del saber experto a saber escolar (Chevallard, 1997). El proceso no sólo consiste en recoger

parcelas de información de varias fuentes y aunarlas coherentemente, sino también en darle forma rebajando el nivel teórico y prescindiendo de excesos técnicos, es decir, acentuando el carácter didáctico. En esencia, el proceso de adecuación al aula es el paso de la visión del especialista a la visión del profesor. Es en esto en lo que consiste la transposición didáctica.

Como ya se ha indicado, la transposición es una operación muy citada en la literatura didáctica, pero rara vez se han investigado las estrategias utilizadas para llevarla a cabo. Es cierto que profesores con experiencia son capaces de elaborar documentos de aula valiosos, aunque esta tarea es realizada de modo intuitivo. Aquí pretendemos realizarla de modo sistemático, siguiendo una serie de estrategias, propuestas y comprobadas en el análisis de documentos.

En todo proceso de transposición se parte de unos documentos y se llega a otros de nivel inferior. Si se parte de un documento muy especializado (caso a), es necesario adaptarlo a la enseñanza. Pero si procede de manuales escolares (casos b,c) esto debe estar ya resuelto y, entonces, el proceso de transposición para obtener un documento escolar básico (caso d) puede resultar más fácil.

La redacción

La tarea de plasmar las ideas recogidas y ordenarlas en la presentación del documento puede resultar delicada. Aquí debe darse preferencia al empleo de un lenguaje efectivo y directo, y evitar alardes lingüísticos. Sobre todo teniendo en cuenta la temática tecnológica de que se trata. Es, pues, recomendable el empleo de frases cortas y de párrafos no muy extensos. No hay que dudar tampoco en repetir palabras, si esto contribuye a la claridad del discurso. Todo ello es más recomendable a niveles básicos.

Por otra parte, en las secuencias más arduas hay que recordar que las ilustraciones pueden contribuir eficazmente a rebajar el grado de dificultad de los contenidos. Cuidando siempre de conseguir una estrecha conexión entre la parte verbal y la parte icónica del documento.

6.4. ELABORACIÓN DEL MATERIAL DE AULA

Teniendo en cuenta las operaciones señaladas, hemos diseñado un procedimiento para elaborar material escolar de dispositivos. Esta tarea consta de varias etapas.

- Se establece un esquema general de la exposición, constituido por: presentación (+ finalidad), fundamento, y funcionamiento.
- Elegido un dispositivo, se recoge información sobre el mismo y se somete a un proceso de transposición didáctica, más riguroso si es de alto nivel.
- Al mismo tiempo se realiza una encuesta para que los alumnos manifiesten sus conocimientos previos sobre el dispositivo, que complementará la información anterior.
- Con base al esquema se construye un mapa conceptual referido al dispositivo concreto y ya adaptado al nivel de los alumnos receptores.
- Se redacta el documento final, siguiendo la guía del mapa conceptual anterior. En esta tarea habrá que incluir alguna ilustración para hacer más efectiva la explicación.

El esquema general debe mostrar los tres bloques fundamentales que componen la exposición de un dispositivo: [1] presentación (+finalidad), [2] fundamento y [3] funcionamiento. Esta estructura, esbozada como mapa conceptual, viene representada en la fig. 6.1. Obsérvese la conexión [4] entre fundamento y funcionamiento.

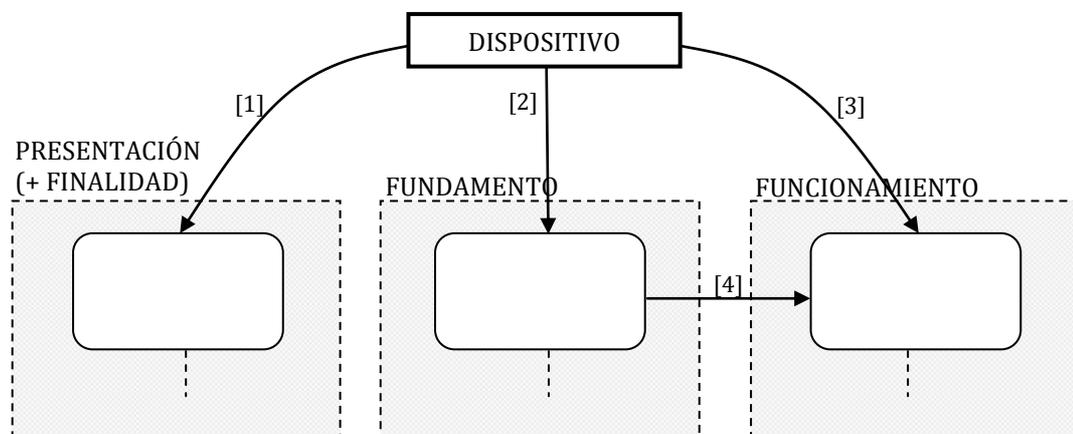


Fig. 6.1. Esquema general de la exposición de un dispositivo

Disponiendo entonces de la estructura general, se rellenan los bloques con contenidos específicos del dispositivo concreto. Esta etapa conduce al mapa conceptual de dicho dispositivo, que pone de relieve lo más esencial del mismo.

Como antes se ha indicado, la elección de los contenidos que deben ser considerados ha de venir precedida de una tarea de recogida de información de diversas fuentes. A continuación será necesario realizar una transposición didáctica, sobre todo en el caso de que los documentos de partida sean de alto nivel. La información se completará con los conocimientos previos expresados por los alumnos sobre el aparato. Seguidamente, tendremos que seleccionar los contenidos específicos ya elaborados e insertarlos en el bloque correspondiente.

Por último se acomete la redacción del documento. Ello se hace bajo la guía del mapa conceptual del dispositivo, que muestra los contenidos más importantes y sus relaciones mutuas. Como el mapa conceptual es demasiado esquemático, se requiere un posterior desarrollo para su perfecta comprensión. A esto hay que añadir la parte infográfica (fotografías e ilustraciones) a fin de facilitar al máximo las explicaciones. Todo ello ha de ser tenido en cuenta en la redacción del documento escolar.

Resumimos las etapas del proceso en el esquema de la fig. 6.2.

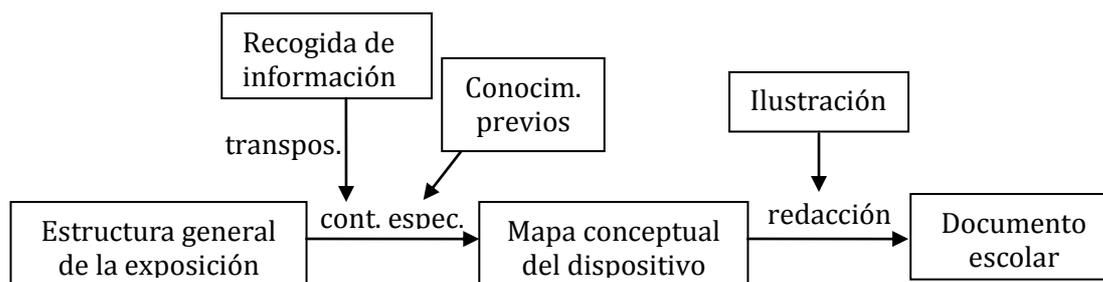


Fig. 6.2. Proceso de elaboración de un documento escolar

En la práctica puede suceder que la secuencia no se siga en el mismo orden, o que haya retroalimentación entre etapas del proceso (p.ej. recogida de información y conocimientos previos).

6.5. UN EJEMPLO: EL HORNO MICROONDAS

Se ha elegido el horno microondas porque es un dispositivo que presenta aspectos científicos y técnicos de interés, y que goza, además, de las preferencias de más del 60% de los alumnos.

Siguiendo la propuesta anterior, hemos elaborado un documento sobre el horno microondas (Recuadro 1), a fin de incluirlo como contenido escolar de 4º de ESO. Veamos cómo se han aplicado en este caso concreto las etapas descritas.

Conocimientos previos

El horno microondas es un aparato familiar y por este motivo los alumnos conocen muchas cosas de él. Para ponerlas de manifiesto se llevó a cabo una encuesta en la que participaron 67 alumnos de 4º de ESO. Se les pidió que escribieran lo que sabían acerca del aparato, lo que habían oído de terceras personas sobre el mismo y una explicación de su funcionamiento. La tabla 6.3 (izq.) recoge los hechos más frecuentemente señalados y el porcentaje de alumnos que los suscribe. Son hechos que hay que incluir en el discurso expositivo y cuidar que el documento les dé respuesta y justifique. Por el contrario, alguno no mencionado puede ser interesante (p.ej. los chasquidos que se oyen con frecuencia) y debe ser también incluido.

Como se ve, todas las afirmaciones expresan conocimiento de tipo empírico u operativo. Nuestra labor de enseñantes consiste en rebasar el nivel descriptivo y proporcionar explicaciones a estos hechos, lo que requiere una mínima base teórica. Por ello los conocimientos previos habrán de ser tenidos en cuenta en la elaboración del documento. Posteriormente, una vez redactado el documento final (Recuadro 1), figuran explicados en él. La tabla 6.3 (der.) indica el fragmento correspondiente y el apartado en que se ubica.

Por otra parte, es conveniente señalar que el factor „conocimientos previos’ influye más particularmente en niveles inferiores (bachillerato y ESO), pues a nivel superior las informaciones suministradas pormenorizan mucho más todos los aspectos y el alumno suele encontrar en ellas respuesta a sus interrogantes.

Observaciones	%	En el documento	Ap.
Sirve para calentar comidas	75%	“sirve para calentar los alimentos”	1
Posee una bandeja giratoria	30%	“Para evitarlo... sea más homogéneo”	1
Funciona conectado a la electricidad	24%	“la fuente de energía es la electricidad”	1
Se puede regular para descongelar	19%	“ Puesto... se calientan con más dificultad”	3
Calienta antes que un horno normal	21%	“Representa una alternativa a la hornilla”	1
Oído de terceros			
Es peligroso meter algo metálico (Alguno menciona haberlo visto)	58%	“Pero... objetos metálicos en el horno”	4
Las microondas son perjudiciales	18%	“La puerta... radiación se escapa del horno”	4
Explicaciones			
Funciona con ondas (microondas)	42%	“el agente... son las microondas”	1
La bandeja gira para repartir el calor	18%	“Como no se reparten... más homogéneo”	1

Tabla 6.3. Conocimientos previos de los alumnos y su justificación en el documento escolar

Recogida de información

Se ha recogido información de diversas fuentes, incluidas las de nivel especializado (Vollmer, 2004). Igualmente se han consultado libros de alto nivel, libros de texto y documentos recogidos de la red.

Transposición didáctica

Procede entonces aplicar estrategias de transposición, que tienen en cuenta el nivel al cual va dirigido y conduce a los contenidos específicos propios del aparato. Se dan algunos ejemplos de transposición que se han seguido en la elaboración del documento.

- Adecuación al nivel. En 1 no se alude a las ondas estacionarias con los conceptos de nodo y antinodo. La explicación se detiene en una causa próxima: la

bandeja gira para homogeneizar la temperatura. Se evita así descender a una causa última que requeriría el uso de conceptos abstractos.

- Aclaración adicional de tópicos. En 2 ha habido que insistir en las unidades, así como en el mecanismo de incremento de la temperatura de un cuerpo. También se han recordado otros contenidos ya estudiados, como la naturaleza de las o.e.m.

- Tratamiento de la información poco asequible. Así, en 1 al hablar de las microondas en la cámara se emplea un discurso fundamentalmente descriptivo, sin explicar cómo se producen estas por efecto de la electricidad. Así, en 4 se compara el efecto de la rejilla con el de una pared metálica.

- Supresión de información no asequible. En 2 se ha eliminado todo lo referente a la polaridad de las moléculas H_2O , con lo cual tampoco se alude a las oscilaciones del campo eléctrico.

- Supresión de información asequible (para centrarse en lo esencial). En 2 se utiliza la identificación de las ondas por su frecuencia, más familiar por la radio y TV (la longitud de onda y la relación $\lambda f=c$ no se mencionan). Como consecuencia, en 4 se silencia la relación con λ de las dimensiones de los agujeros de la rejilla. Por otra parte, en 3 se ha omitido el mecanismo de descongelación (“defrost”) con ciclos de descongelación.

Estructura y secuencia

La fig. 6.1 ha marcado desde el principio la estructura a adoptar, que se mantiene a lo largo del proceso y está presente en el documento acabado, donde los tres primeros apartados coinciden con los tres bloques fundamentales de la exposición. Así, la presentación con la finalidad aparece en el apartado 1, el fundamento se encuentra en 2 y el funcionamiento está presente en 3. La secuencia sigue el orden previamente indicado. En cuanto al apartado 4, ofrece respuesta a interrogantes de los alumnos.

Mapa conceptual

La recogida de información incluye la procedente de los conocimientos previos de los alumnos. Tras efectuar la transposición didáctica en los casos

oportunos, se procede a elaborar el mapa conceptual del dispositivo. Este muestra una trama con sus características más esenciales (fig. 6.3).

Redacción del documento escolar

El mapa conceptual del dispositivo va a servir de guía para redactar el documento final (Recuadro 1). En este aparecen expuestas con más detalle las características del aparato. El esquema de bloques del mapa se ha mantenido, ahora en forma de apartados. Se ha incluido una ilustración del horno en la que se aprecian sus componentes principales. Sirve de apoyo a la descripción del aparato y a las explicaciones dadas.

Se ha añadido algún detalle que no figura en el mapa, por exigencia de los interrogantes previos de los alumnos (p.ej. la interacción con los metales).

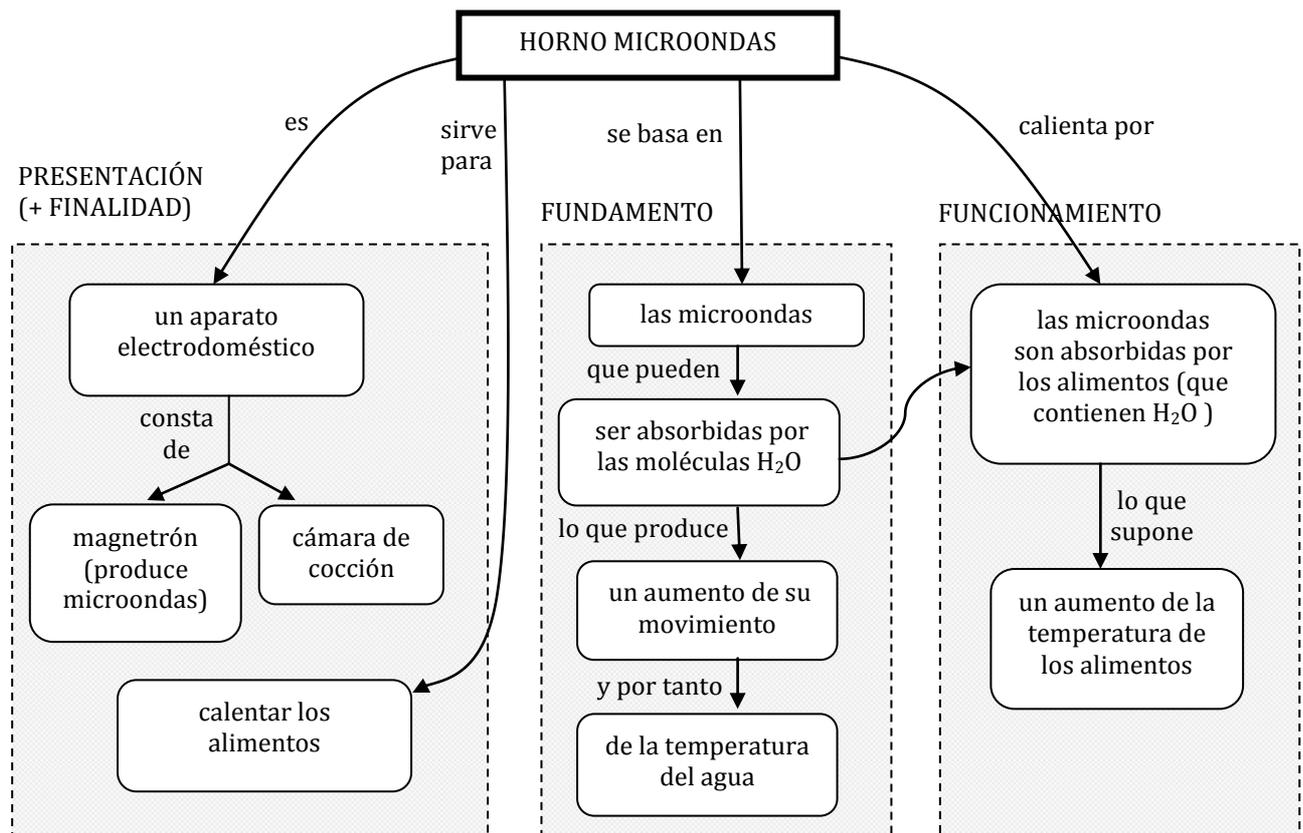


Fig. 6.3. Mapa conceptual del horno microondas

RECUADRO 1

EL HORNO MICROONDAS (4º ESO)

1. El horno microondas

Es un aparato presente en la cocina de muchos de nuestros hogares que sirve para calentar los alimentos. Representa una alternativa a la hornilla tradicional, donde el calentamiento se produce por combustión de butano o metano. Aquí, en cambio, la fuente de energía es la electricidad y el agente que provoca el calentamiento son las microondas.

En un horno microondas (ver fig.) las microondas se generan en el magnetrón y llegan a la cámara de cocción, que es donde se colocan los alimentos. Como las microondas no se reparten por igual en toda la cámara, podrían provocar en los alimentos partes quemadas y partes frías. Para evitarlo, estos se colocan en una bandeja que, al girar, hace que el calentamiento sea más homogéneo.

2. Las microondas y sus propiedades

Las microondas, como la luz visible, son ondas electromagnéticas, es decir están formadas por campos eléctricos y magnéticos. La diferencia con la luz visible es que tienen frecuencias inferiores. Las microondas van de $f = 300 \text{ MHz}$ a $f = 300 \text{ GHz}$. (Hz = hertzio // $1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$ y $1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$)

Cuando las microondas inciden sobre la materia pueden ser absorbidas o reflejadas. Las microondas son absorbidas por muchos cuerpos, como el agua. En cambio, otros como los metales las reflejan. En el agua la energía de las microondas provoca un movimiento intenso de las moléculas H_2O , lo que, según la teoría cinética, es la causa de un incremento de su temperatura.

3. Alimentos: absorción

La mayoría de los alimentos (carne, pescado, leche, etc.) contiene una alta proporción de agua. Cuando un alimento se coloca en la cámara de cocción, las microondas, debido al movimiento de las moléculas H_2O que contiene, le producen un aumento de su temperatura. Este es tanto mayor o tanto más rápido cuanto mayor su contenido en agua.

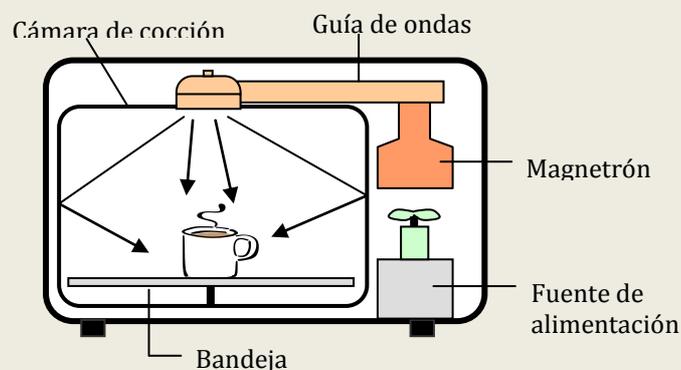
Algunas veces se oyen chasquidos porque el agua encerrada dentro del alimento llega a vaporizarse y sale al exterior abruptamente.

Puesto que en el hielo, al ser un sólido, las moléculas H_2O se encuentran más fuertemente unidas entre sí, el movimiento está restringido y por esta razón los alimentos congelados se calientan con más dificultad.

4. Metales: reflexión

Los metales reflejan las microondas. Es lo que ocurre en las paredes metálicas de la cámara de cocción. No obstante, un porcentaje mínimo de ellas es absorbido, lo que provoca un leve calentamiento si el objeto metálico es grande (p.ej. las paredes del horno). Pero si es pequeño (p.ej. cucharilla, tenedor), dado su reducido calor específico, puede alcanzar altas temperaturas. En esta situación pierde electrones (efecto termoiónico) y se carga positivamente, pudiendo producirse alguna chispa eléctrica. De ahí las recomendaciones de no introducir objetos metálicos en el horno.

Hay también que señalar que el cristal de la puerta delantera está recubierto con una rejilla metálica, que, por tener unos agujeros muy pequeños, actúa como una auténtica pared metálica. Por tanto, poca o nula radiación se escapa del horno.



Esquema de horno microondas

6.6. PROFUNDIZANDO EL PROCESO DE TRANSPOSICIÓN

Para completar y confirmar los mecanismos de transposición antes expuestos hemos creído que un procedimiento efectivo sería partir de un documento de alto nivel y seguir un proceso de adaptación por vía descendente, sin recoger información adicional. Este proceso en cascada pone más en evidencia la transposición didáctica y sus estrategias.

Documento especializado → Documento escolar avanzado

Vamos entonces a estudiar cómo adaptar un documento especializado sobre el horno microondas (Anexo 8. Vollmer, 2004) y transformarlo primeramente en un documento escolar de nivel avanzado (Anexo 9). Puesto que se trata de un artículo muy especializado, se ha sometido a un proceso previo de adaptación. Las principales decisiones adoptadas se detallan a continuación con ejemplos y son recogidas en la tabla 6.4.

1) Alteración de la estructura y secuencia. Para la estructura del documento meta se ha elegido un criterio disciplinar, más acorde con el alto nivel del documento de partida. En consecuencia, la exposición se inicia tratando del fenómeno o proceso base del dispositivo, las microondas, y siguiendo el orden del proceso general, incluido el mecanismo de funcionamiento.

Así, se ha diseñado un esquema de bloques conceptuales (fig. 6.4) que corrige el orden de exposición del artículo inicial, el cual desarrollaba la interacción de las microondas con los metales antes de tratar la producción de las mismas en el magnetrón o de su absorción por los alimentos.

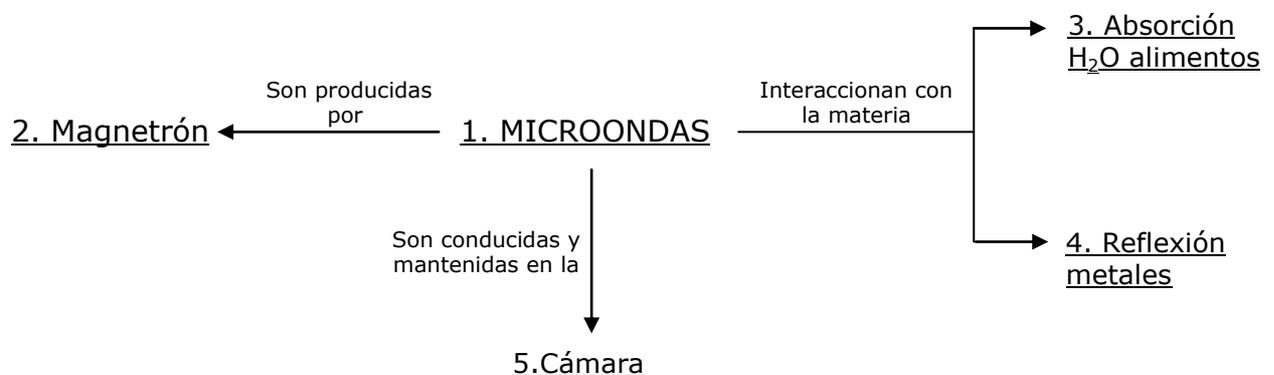


Figura 6.4. Bloques conceptuales de la exposición de alto nivel

Los bloques conceptuales son los que van a marcar los apartados y subapartados de la exposición. En el ap.4 del documento adaptado (Anexo 9) se han desglosado contenidos del mismo tópico (reflexión en metales) en subapartados, o en 3c se han separado y trasladado a un lugar de menos relieve la cuantificación de la potencia absorbida por un dieléctrico en función, entre otras, de la parte imaginaria de la constante dieléctrica.

2) Aclaración adicional de tópicos. En cuanto a aclarar tópicos que los especialistas dan por sabidos, encontramos también ejemplos, cuando el documento meta se detiene en aclarar que las ondas estacionarias se producen en recintos cerrados o semicerrados, o cuando en 3a se diferencian los efectos sobre la materia de las diversas categorías de o.e.m.

3) Supresión de información no asequible. En el documento especializado se discute la relación entre las dimensiones del horno y su consumo con los modos que pueden actuar simultáneamente. Esta cuestión, no esencial y enfocada teóricamente, se suprime en el documento meta.

4) Tratamiento de información poco asequible. En el documento meta se recurre a la descripción, en lugar de explicación, para exponer en 5b que la homogeneidad del campo puede estimarse a partir del número de modos que pueden ser excitados de frecuencias próximas a las del magnetrón.

5) Supresión de información asequible. Tratando de prescindir de conceptos y desarrollos muy técnicos, se han suprimido propuestas de fórmulas muy empíricas para calcular determinadas variables. Por ejemplo, sobre el tiempo de permanencia de las ondas al apagar el horno, se indica sin más que depende del factor Q, según la ecuación: $E(t) = E(0)\exp(-\omega t/Q)$.

Asimismo, aparecen con frecuencia ejemplos numéricos de escaso valor didáctico que no deben ser recogidos. Así por ejemplo, se suprime que en el magnetrón la separación ánodo-cátodo es de varios mm, las frecuencias que puede generar son de 1-40 GHz, su rendimiento es de un 80%, el tiempo de vida es de unas 5000 h, etc.

6) Adecuación al nivel. Como se trata de un caso de transposición donde el documento de partida y el documento meta son ambos de alto nivel, normalmente el

factor nivel no debe diferir sustancialmente. Si quisiéramos precisar, habría que concretar a qué nivel de la educación superior al que va dirigido. Aún así, la ausencia de programas coordinados en esos niveles sigue haciendo ardua la tarea de precisar.

Estrat.	Documento especializado	Documento escolar avanzado
1	Tras una breve introducción aparece: 1°.- Interacción de microondas con metales	Se corrige el orden: 1°.- Producción de microondas. Absorción por los alimentos
1	Reflexión en metales	Se separa en subapartados
2	Ondas estacionarias	Se insiste en que se producen en recintos cerrados
	Ondas electromagnéticas	Se diferencian los efectos sobre la materia, según el tipo de o.e.m.
3	Relación dimensiones del horno – modos que pueden actuar simultáneamente	Se suprime
4	Dependencia homogeneidad del campo con el n° de modos cercanos a la f del magnetron	Se recurre a la descripción
5	El t de permanencia de las ondas en el horno es: $E(t) = E(0) \exp(-\omega t/Q)$	Se suprime
5	El rendimiento del magnetron es del 80% y su tiempo de vida de unas 5000 h	Se suprime

Tabla 6.4. Ejemplos de aplicación de las estrategias al documento especializado

Documento escolar avanzado → Documento escolar intermedio (2ºbach)

Vamos a ver ahora las estrategias de transposición didáctica aplicadas al documento escolar avanzado en el proceso de obtención de un documento escolar intermedio (Recuadro 1), dirigido a 2º de bachillerato.

1) Alteración de la estructura y secuencia. Puesto que se trata de llegar a un documento de educación secundaria, es más coherente fijar ahora la estructura según un criterio menos disciplinar y más próximo al dispositivo. La experiencia recogida en los análisis de las exposiciones llevados a cabo (caps. 4 y 5) han

mostrado una estructura en tres bloques: presentación, fundamento y funcionamiento (fig. 6.1). Esta va a ser la estructura y la secuencia que vamos a adoptar a partir de aquí.

La estructura fijada modela los apartados de la exposición. En consecuencia, lo primero que hay que hacer es presentar el dispositivo y señalar su finalidad y su constitución (ap. 1, Recuadro 2). Sigue un bloque que expone el fundamento del mismo, donde se habla de las microondas y sus características (ap.2). Se pasa entonces al funcionamiento del aparato, explicando el mecanismo de calentamiento de los alimentos (ap.3). Se comentan también efectos que han sido sugeridos por los alumnos (ap.4).

2) Aclaración adicional de tópicos. En nuestro caso ha habido que recordar las unidades y sus múltiplos (ap. 2), o el mecanismo de incremento de la temperatura de un cuerpo según la teoría cinética (ap.2). Se ha insistido igualmente en la relación entre f y λ (ap.2), polaridad de moléculas (ap.2), campo eléctrico oscilante de las o.e.m. (ap.2) y su interacción con las moléculas polares (ap.2). Asimismo se han recordado contenidos ya estudiados, como por ejemplo la naturaleza de las o.e.m. (ap.2).

3) Supresión de información no asequible.

- Una estrategia frecuente es suprimir variables no esenciales que intervienen en un fenómeno complejo. Por ejemplo, se elimina la discusión de los diversos factores que intervienen en la absorción, como la frecuencia y su relación inversa con la penetración, que buscaba justificar que la frecuencia de trabajo del horno ($f=2,45\text{GHz}$) no puede ser muy elevada porque siendo entonces la absorción menor, puede penetrar más en el alimento.

- Muy frecuentemente se recurre a suprimir eslabones de una cadena causal, dejándola simplificada con dos términos ya familiares. Por ejemplo en el ap.1 se da por hecho que en el horno se forman las microondas sólo con enchufar, sin especificar por qué mecanismo se producen en el magnetrón. En la cadena de relaciones causales se han suprimido las intermedias, que son muy problemáticas

por tener que asimilar de golpe un conjunto de entidades, fenómenos, conceptos y leyes poco asequibles. Como resultado quedan dos términos extremos: 1º) al enchufar, funciona el magnetrón y 2º) produce microondas.

- Un ejemplo semejante encontramos en el ap.4, donde se omite el mecanismo de reflexión de las o.e.m. en metales.

4) Tratamiento de información poco asequible

- Encontramos también algún ejemplo de que cuando en el caso de un fenómeno, aparato, o parte de éste, la explicación es complicada, se puede recurrir a una descripción. Así, por ejemplo, vemos que en el ap.1 aparece un discurso fundamentalmente descriptivo del magnetrón, sin abordar el mecanismo por el que produce las microondas.

- En otros casos se recurre al uso de la analogía. Por ejemplo, en 4 se compara el efecto de la rejilla con el de una pared metálica.

5) Supresión de información asequible. Entre los diversos casos de esta modalidad aquí encontramos:

- Se suprime información por ser no esencial y que no mencionan los alumnos. Por ejemplo, en el ap.3 se omiten casos particulares como el de los alimentos salados, en estrecha conexión con el calentamiento de los alimentos provocado por las microondas.

- Información referida a detalles técnicos, que son poco significativas. Ejemplo: en el ap.3 se omite el mecanismo de descongelación (“defrost”) con ciclos de descongelación.

- Informaciones colaterales. En el ap.3 se omite lo relativo a la posibilidad o no de alteración de los alimentos por las microondas (que ningún alumno ha citado). Esta cuestión constituye un tema colateral, que al no tener información sobre su influencia en la salud, no se ha abordado.

- Información basada en objetos o acontecimientos muy concretos. De este modo, en el ap.4 se omiten ejemplos de algunos objetos metálicos (p.ej. filamento de

bombilla) que, para demostración, se introducen en el microondas. Al haberse expuesto el comportamiento de los metales en general, tales ejemplos pueden suprimirse.

- Información ajena al aparato, pero presente en otros siguiendo la estrategia de discriminación de conceptos próximos. Ejemplo: en 2 no se mencionaron los efectos de las radiaciones UV e IR sobre la materia, a efectos comparativos. En caso de que se hubieran incluido, sirven para aclarar el papel de las microondas, situándolas entre las demás o.e.m., y al mismo tiempo ampliar los conocimientos, saliéndose fuera del propio aparato.

6) Adecuación al nivel.

El nivel en este caso viene marcado por los conocimientos que deben tener los alumnos a los que va dirigido el documento meta (2º bach), que puede conocerse por las disposiciones oficiales o por los libros de texto correspondientes. En la tabla 6.5 se dan los contenidos que componen el documento avanzado (los fenómenos y procesos se señalan con *). En ella se marcan con fondo gris aquellos contenidos que ya no figuran (o se han alterado sustancialmente) en el documento de bachillerato.

Apart.	Contenidos Nivel avanzado / 2º bach
1	microondas / o.e.m / λ , f, $\lambda f=c$ / unidades magnetron/ *mov. de electrones en E y B / resonancia / *producción de microondas
2	campos E y B / campos oscilantes/ polaridad H ₂ O / polaridad inducida / tª cinética / *absorción de E, mecanismo / coef.absorción, α / penetración δ , $\alpha=1/\delta$ / n / ϵ / justif. de 2,45 GHz
3	*reflexión en metales / estructura metálica / *absorción de E por electrones libres/ *reradiación de μ -ondas / fase / ϵ / δ / jaula de Faraday / o. estacionarias, condiciones / polarización / dieléctrico
4	*uniformidad de tª en la cámara / *o. estacionarias en 3D / factor de calidad Q

Tabla 6.5. Contenidos que figuran en el documento avanzado (todos) y en el documento de bachillerato (los que no van en fondo gris)

Documento escolar intermedio (2ºbach) → Documento escolar básico (4ºESO)

Prosiguiendo el proceso de transposición vamos a pasar ahora del documento escolar de nivel intermedio (2º bach.) a otro de nivel básico (4º ESO). La diferencia entre ambos es mucho más reducida que la anteriormente estudiada. Pese a que, como vamos a ver, se han suprimido contenidos de 2º de bachillerato, uno de los apartados (ap. 3) se mantiene igual, ya que los contenidos son asequibles a este nivel. En estas circunstancias para la labor de transposición interviene sobre todo el nivel de conocimiento de los alumnos, fijado por los programas oficiales y reflejado en los libros de texto.

La versión 4º ESO, elaborada en base a la de 2º bachillerato, no ha añadido nuevos contenidos. Se ha procurado también en 4º ESO rebajar el nivel teórico eliminando algún concepto (p.ej. calor específico), que figura en los manuales de este curso. E inversamente, se mantiene el efecto termoiónico, que no figura en el programa, pero es un contenido fácilmente entendible (al nivel que se explica), porque es esencial para explicar un hecho muy conocido que ocurre con frecuencia en el microondas.

Pasamos a comentar la aplicación de las estrategias de transposición para convertir el documento de 2º de bachillerato en otro adaptado a 4º de ESO.

1) Alteración de la estructura y secuencia. No se ha producido ningún cambio al respecto. Se han mantenido ambas y, consecuentemente, los mismos apartados.

2) Aclaración adicional de tópicos. Sólo se ha realizado alguna aclaración puntual, como por ejemplo “Hz = hertzio” (ap.2).

3) Supresión de información no asequible.

- En el ap.1 se suprime la descripción de los componentes del magnetrón.
- En el ap.2 se suprime todo lo referente a moléculas polares y, concretamente, a la polaridad de las moléculas H₂O. No tiene entonces sentido mantener las oscilaciones del campo eléctrico, ni la interacción campo-moléculas.

- En el ap.4 se suprime todo lo referente a las ondas estacionarias con los conceptos de nodo y antinodo.

4) Tratamiento de información poco asequible.

Hay casos en que se sustituye la explicación por una descripción. Así, para tratar el problema del desigual reparto de la temperatura en la cámara, se evita la explicación basada en ondas estacionarias, sustituyéndola por una descripción basada en el giro de la bandeja (ap. 1).

5) Supresión de información asequible.

- En el ap.2 se suprime la identificación por λ , ya que no se da $\lambda f=c$ y se identifican las ondas por su frecuencia (más familiar por la radio y TV), más que por su λ .

- En el ap.4, a remolque de la supresión de λ , han de omitirse los detalles de las dimensiones de la rejilla y su relación con λ .

- En el ap. 4 se prescinde del concepto de calor específico para aligerar de teoría la exposición.

6) Adecuación al nivel.

El nivel viene fijado por los conocimientos que deben tener los alumnos a los que va dirigido el documento meta (4º ESO), que puede conocerse por las disposiciones oficiales o por los libros de texto correspondientes. En la tabla 6.6 se dan los contenidos que componen el documento de bachillerato de partida (los fenómenos y procesos se señalan con *). En ella se marcan con fondo gris aquellos contenidos que se han suprimido (o alterado sustancialmente) en el documento de ESO. Se han marcado también con fondo gris estos mismos contenidos en el documento de bachillerato (Recuadro 2).

Apart	Contenidos 2ºbach / 4ºESO
1	microondas/ magnetrón/ campo E y campo B
2	o.e.m./ campo oscilante/ f / λ / $\lambda f=c$ / Hz/ polaridad H ₂ O/ *absorción de E, mecanismo/ t ^a cinética
3	*calentamiento de alimentos/ vaporización/ H ₂ O en el hielo
4	*reflexión (y absorción) en metales/ ondas estacionarias/ nodos y antinodos/ calor específico/ *electrización de metales por calentamiento/ *efecto de pantalla y λ (jaula de Faraday)

Tabla 6.6. Contenidos que figuran en los documentos escolares de 2º bach (todos) y 4º ESO (los que no van en fondo gris)

RECUADRO 2

EL HORNO MICROONDAS (2º bach.)

1. El horno microondas

Es un aparato presente en la cocina de muchos de nuestros hogares que sirve para calentar los alimentos. Representa una alternativa a la hornilla tradicional, donde el calentamiento se produce por combustión de butano o metano. Aquí, en cambio, la fuente de energía es la electricidad y el agente que provoca el calentamiento son las microondas.

En un horno microondas (ver fig.) las microondas se generan en el magnetrón, un tubo de vacío sometido a un fuerte campo eléctrico y otro magnético perpendiculares. Para hacer el calentamiento más homogéneo, los alimentos se colocan en una bandeja giratoria.

2. Las microondas y sus propiedades

Las microondas, como la luz visible, son ondas electromagnéticas, es decir están formadas por campos eléctricos y magnéticos oscilantes. La diferencia con la luz visible es que tienen frecuencias inferiores, que van de $f=300$ MHz a $f=300$ GHz (1 MHz= 10^6 Hz y 1 GHz= 10^9 Hz). Esto corresponde a longitudes de onda entre $\lambda=1$ m y $\lambda=1$ mm ($f \cdot \lambda=c$; c : v de la luz).

Cuando las microondas inciden sobre la materia pueden ser absorbidas o reflejadas. Las microondas son absorbidas por muchos cuerpos, como el agua. En cambio, otros como los metales las reflejan. En el caso del agua, puesto que sus moléculas, H₂O, son muy polares son absorbidas en alto grado. De este modo las oscilaciones del campo eléctrico de las microondas provocan variaciones muy rápidas en la orientación de las moléculas H₂O. Según la teoría cinética, este movimiento intenso de las moléculas es la causa de un incremento de la temperatura del agua.

3. Alimentos: absorción

La mayoría de los alimentos (carne, pescado, leche, etc.) contiene una alta proporción de agua. Cuando un alimento se coloca en la cámara de cocción, las microondas, debido al movimiento de las moléculas H₂O que contiene, le producen un aumento de su temperatura. Este es tanto mayor o tanto más rápido cuanto mayor su contenido en agua.

Algunas veces se oyen chasquidos porque el agua encerrada dentro del alimento llega a vaporizarse y sale al exterior abruptamente.

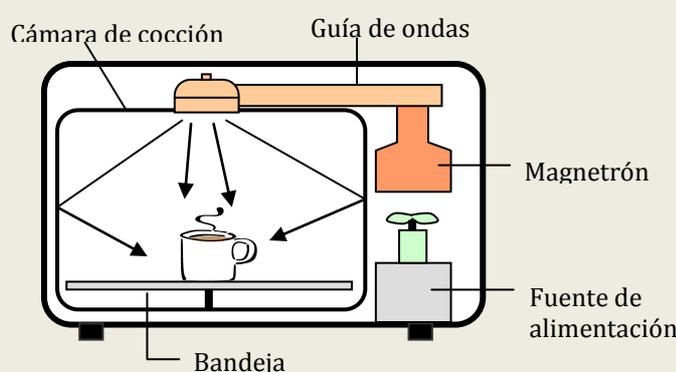
Puesto que en el hielo, al ser un sólido, las moléculas H₂O se encuentran más fuertemente unidas entre sí, el movimiento está restringido y por esta razón los alimentos congelados se calientan con más dificultad.

4. Metales: reflexión

Los metales reflejan las microondas. Es lo que ocurre en las paredes metálicas de la cámara de cocción. Cuando las microondas llegan a esta se reflejan y forman ondas estacionarias. Los nodos y antinodos de estas, según su situación, podrían provocar en los alimentos partes quemadas y partes frías. Para evitarlo, se colocan en la bandeja giratoria.

Aunque los metales reflejan las microondas, un porcentaje mínimo de ellas es absorbido, lo que provoca un leve calentamiento si el objeto metálico es grande (p.ej. las paredes del horno). Pero si es pequeño (p.ej. cucharilla, tenedor), dado su reducido calor específico, puede alcanzar altas temperaturas. En esta situación pierde electrones (efecto termoiónico) y se carga positivamente, pudiendo producirse alguna chispa eléctrica. De ahí las recomendaciones de no introducir objetos metálicos en el horno.

Hay también que señalar que el cristal de la puerta delantera está recubierto con una rejilla metálica, cuyos agujeros, al ser pequeños comparados con la λ de las microondas, actúa como una pared metálica (jaula de Faraday). Por tanto, poca o nula radiación se escapa del horno.



Esquema de horno microondas

6.7. ESTRATEGIAS DE TRANSPOSICIÓN

Resumimos a continuación las estrategias que hemos detectado en los estudios anteriores sobre la transposición didáctica de documentos.

1) Alteración de la estructura y secuencia. En primer lugar debe diseñarse una estructura constituida por varios bloques, que reagrupe los contenidos más relacionados. Esto puede hacerse siguiendo criterios diferentes. Nosotros hemos considerado para documentos de alto nivel uno más disciplinar, que arranca del concepto base que fundamenta el dispositivo y va a explicar su funcionamiento (p.ej. las microondas, en el caso del horno microondas); y otro para documentos de nivel inferior más escolar, que arranca de la presentación del aparato, seguida por su fundamento y funcionamiento.

Sea uno u otro, el uso de un esquema de bloques conceptuales o de un mapa conceptual clásico aporta una ayuda inestimable. El esquema orientará la estructura del documento marcando la división en apartados de los contenidos y su secuenciación. Esta estructura podrá mantenerse (salvo recortes) hasta el documento escolar básico.

2) Aclaración adicional de tópicos. Con frecuencia, dada la diferente audiencia a la que se dirigen los documentos, hay que aclarar en el documento de aula aspectos que en documentos de alto nivel no es necesario (conceptos teóricos, relaciones entre variables, etc.). Asimismo conviene insistir en contenidos ya estudiados para recordarlos o reforzarlos.

3) Supresión de información no asequible.

Esto puede hacerse de varias maneras, según la ocasión.

a) Cuando la información contiene elementos no asequibles y no esenciales para el dispositivo es fácil suprimirlos. Muchas veces ocurre, además, que la supresión de un concepto arrastra la de otros subordinados.

b) Muy frecuentemente la información se encuentra formando parte de una cadena causal, de la que son conocidos los extremos. En tal caso, pueden suprimirse los eslabones intermedios, dejando una cadena simplificada con sólo dos términos

4) Tratamiento de información poco asequible.

a) Recurso a la descripción. Es una estrategia fácil de emplear, que consiste en utilizar la descripción, en lugar de la explicación. Cuando en el caso de un fenómeno o aparato la explicación es complicada se puede recurrir, pues, a una descripción.

b) Recurso a la analogía. Siguiendo esta estrategia se compara una situación difícil de comprender con otra bien conocida y entendida, estableciendo lazos relacionales entre esta última y la primera.

5) Supresión de información asequible.

En la transposición puede suprimirse información que los alumnos podrían entender bien, ya que los elementos de que se compone son conocidos o fáciles de asimilar. Suelen ser informaciones complementarias, la mayoría perfectamente prescindibles.

En todos los casos la supresión se hace con el propósito de no recargar el documento de contenidos, porque esto desvía la atención sobre lo fundamental y hace que se pierda el hilo explicativo. Además, su posible inclusión no aportaría mayor claridad al discurso, sino, en todo caso, más información. No obstante, si optamos por lo último, no habría inconveniente en mantener algún contenido particular.

Dentro de esta modalidad son muy frecuentes los casos de informaciones referidas a detalles técnicos sobre el funcionamiento del aparato, que no aportan novedades a los principios nucleares, o aquella que aporta elementos que no intervienen en el aparato, pero que clarifica la exposición al emplear la estrategia de discriminación de conceptos próximos.

6) Adecuación al nivel.

La mayoría de las veces unos mismos hechos pueden ser explicados a niveles diferentes, si bien es cierto que un nivel más superficial suele ser menos preciso. El nivel de la explicación elegido en la elaboración del documento depende de los conocimientos de los alumnos destinatarios, según el curso en el que se encuentren.

Obsérvese, además, que el nivel de conocimiento de los alumnos es la herramienta que permite estimar el nivel de explicación como adecuado o no. Igualmente es el que determina, en el caso de las estrategias 3, 4 y 5, si la información es no asequible, poco asequible, o asequible para los alumnos de un determinado curso.

Por este motivo se insiste, antes de realizar cualquier tarea, en tener muy en cuenta los contenidos de los programas oficiales. Como complemento, conviene también hacer un análisis de los contenidos implicados en los documentos de alto

nivel. La mayoría son conceptos, pero también tenemos leyes, teorías/modelos, fenómenos y procesos.

6.8. EJEMPLO ADICIONAL 1: LA LÁMPARA LED

Pasamos ahora a estudiar otro ejemplo de elaboración de documentos: la lámpara LED. La exposición de un dispositivo suele venir marcada por un elemento estructural propio. Así, hemos visto que en el horno microondas encontramos un agente destacado (las microondas) que proporciona la base explicativa del mismo. En el caso del LED, en lugar de un agente, tenemos un proceso (la emisión de luz), que es el que centra la exposición.

La lámpara LED gira alrededor de un elemento fundamental como es el diodo-LED. No sólo es de gran actualidad en nuestros días sino que, además, goza del interés de los alumnos con porcentajes entre 60-70% de preferencia (tablas 6.1 y 6.2).

Vamos a considerar primero la elaboración de un documento escolar de nivel intermedio, dirigido a 2º de bachillerato. A continuación, y siguiendo un proceso similar, a partir del documento intermedio vamos a elaborar un documento de nivel básico, dirigido a 4º de ESO. Con ello podrá corroborarse la adecuación de las normas establecidas anteriormente, al tiempo de poder ser enriquecidas con nuevas aportaciones.

Elaboración del documento de 2º bach (Recuadro 6.3)

- Conocimientos previos. El LED es conocido por los alumnos por tenerlo en muchos electrodomésticos indicando la posición de stand-by. La lámpara LED ha aparecido más tarde y comienza a ser cada vez más familiar.

Para averiguar qué saben los alumnos sobre el dispositivo se realizó una encuesta en la que participaron 25 de bachillerato y 58 de 4º de ESO. Para una fácil identificación, el profesor puso previamente ejemplos conocidos de LED. Puesto que las respuestas en ambos cursos fueron muy similares, se reunieron en una sola tabla (tabla 6.7).

- Recogida de información. Se ha consultado, sobre todo, libros de texto de nivel universitario (p.ej. Serway, 2005, pp. 714-722). Se han tenido en cuenta, igualmente, los conocimientos previos manifestados.

Observaciones	%	En el documento	Ap.
Produce luz	71%	¿Por qué emite luz?	3
Está en lámparas, semáforos, linternas	60%	han reemplazado.... linternas).	1
Funciona conectado a la corriente	55%	...para conectarla a la corriente	1
Se calienta menos que una bombilla trad.	18%	corrientes muy débiles... muy elevado	1
Se usa como luz-piloto (el diodo-LED)	37%	El LED... como luz indicadora	1
Es de pequeño tamaño (el diodo-LED)	17%	... pequeños LEDs individuales	1
Oído de terceros			
Gasta poca energía	62%	La bombilla... muy débiles	3
Explicaciones			
Funciona como una bombilla pero en pequeño	31%	[La explicación dada es falsa. Constituye una idea previa]	2/3

Tabla 6.7. Conocimientos previos de los alumnos y su justificación en el documento escolar

- Transposición didáctica. Se han aplicado las estrategias de transposición que tienen en cuenta el nivel del documento a elaborar (2º bach) y conduce a los contenidos específicos de la lámpara LED que van a ser considerados. Algunos ejemplos de transposición se dan seguidamente.

Adecuación al nivel. Para explicar los semiconductores se descarta la teoría de bandas y se recurre a la estructura covalente de dichos materiales (Si, Si+As, Si+Ga), que es estudiada en Química de este curso.

Aclaración adicional de tópicos. En el ap.2 se ha recordado la clasificación de las sustancias según el grado de conductividad que presentan (conductores, aislantes y semiconductores), señalando la causa de su diferente comportamiento. En 3 se marca la diferencia entre la lámpara LED y la bombilla tradicional.

Tratamiento de la información poco asequible. En 2, para explicar que el movimiento de los e -ligados equivale a un movimiento de huecos en sentido contrario, se recurre a la analogía de la cola del autobús.

Supresión de información no asequible. No se ha considerado el estudio de los procesos que tienen lugar en la región de agotamiento de la unión $p-n$. Tampoco se alude a los conceptos de campo interno y ddp interna en función de su distancia a la superficie de contacto $p-n$, ni a la polarización directa e inversa y sus grados.

Supresión de información asequible. En 3 no se recoge la referencia a que el número de e -libres ha de mantenerse constante a una temperatura determinada. Entonces, por cada e -libre que cae en un hueco ha de liberarse otro e -ligado, lo que explica que no se agoten ni e -libres ni huecos.

- Estructura y secuencia. Se ha seguido el esquema general (fig. 6.1), con los tres bloques característicos ya definidos. Así, la presentación con la finalidad aparece en el apartado 1, el fundamento se encuentra en el ap.2 y el funcionamiento está presente en el ap.3.

- Mapa conceptual. Tras la recogida de información y la transposición didáctica correspondiente, se procede a elaborar el mapa conceptual de la lámpara LED (fig.6.5). Para ello se encajan los contenidos específicos en el esquema general de los tres bloques.

- Redacción del documento. Siguiendo la guía del mapa conceptual, se redacta el documento de 2º de bachillerato (Recuadro 6.3). En él se mantienen los tres bloques en forma de apartados. Se han incluido ilustraciones, quizás más de lo habitual, que se justifican por la necesidad de aclarar procesos que no son simples.

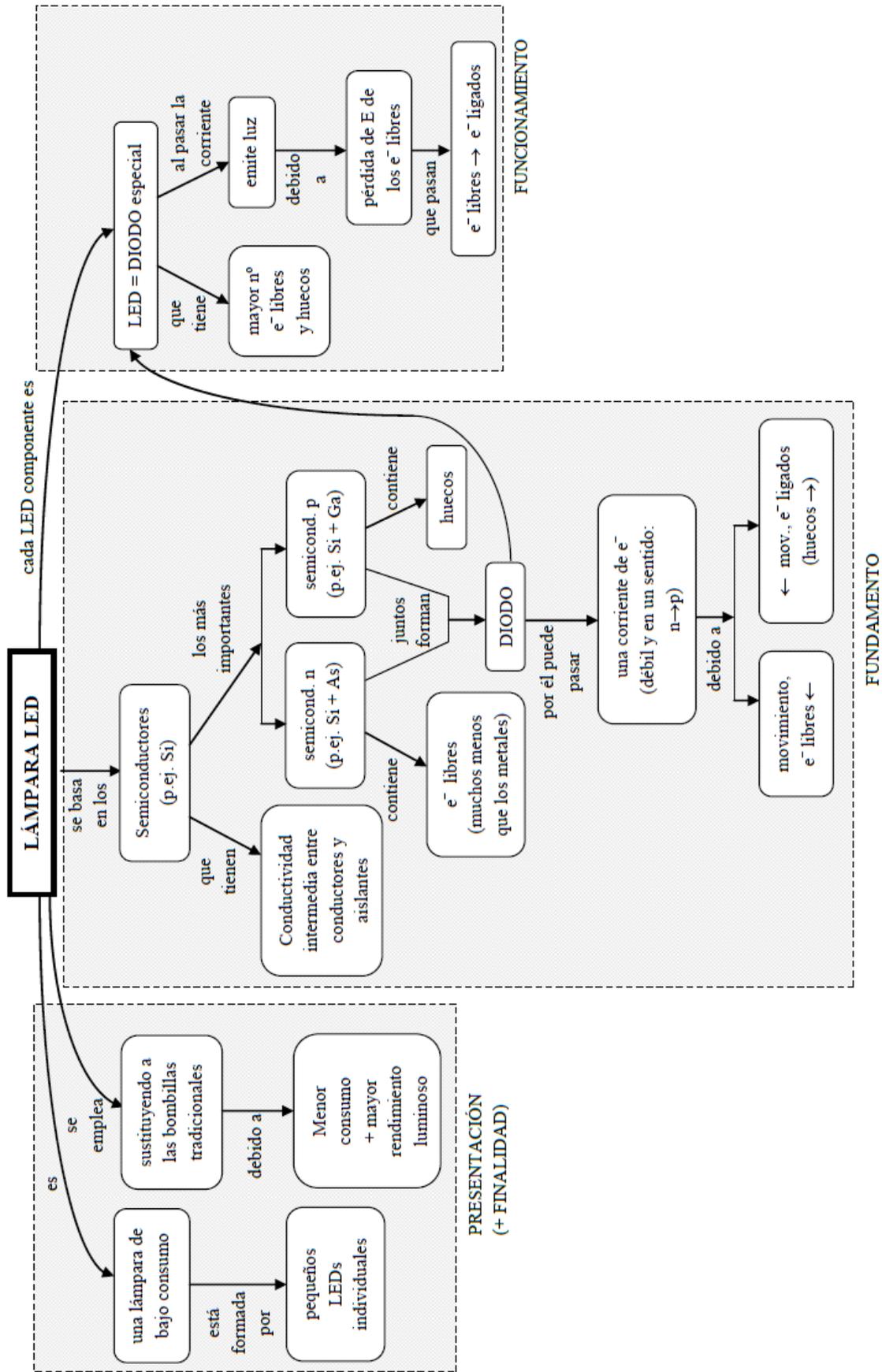


Fig. 6.5. Mapa conceptual de la lámpara LED (2º bachillerato)

RECUADRO 6.3

LA LÁMPARA LED (2º bach)

1. ¿QUÉ ES LA LÁMPARA LED?

El LED se ha empleado desde tiempo atrás como luz indicadora en aparatos electrodomésticos. Consta (fig.1izq) de una minúscula pastilla de material semiconductor, envuelta en una carcasa de plástico, de la que salen dos patas metálicas para conectarla a la corriente. Basta una corriente muy pequeña (bajo consumo) para que brille normalmente.

Más recientemente ha aparecido la lámpara LED, que está constituida por un conjunto de pequeños LEDs individuales (fig.1der). De ahí los puntos de luz que se observan en ella. Se encuentra entre las de bajo consumo, que han reemplazado a las tradicionales de incandescencia (en uso doméstico, semáforos, linternas). Al estar formada por LEDs, requiere corrientes muy débiles para funcionar y muestra un rendimiento lumínico muy elevado.

2. DIODO Y SEMICONDUCTORES

Semiconductores *n* y *p*

Hay sustancias como los metales que son conductores de la corriente eléctrica porque muchos de sus electrones (*e*) pueden moverse libremente por ellas. En cambio, otras como la madera son aislantes porque sus electrones están sujetos por sus átomos. Entre ambas se encuentran los semiconductores, como el silicio (Si), que contienen también *e*-libres, pero en proporción muy inferior a la de los metales.

El silicio presenta una red donde cada átomo Si, con 4 *e* de valencia, se encuentra unido por enlaces covalentes a otros 4 Si vecinos. Si se le añade una pequeña cantidad de arsénico (As), que tiene 5 *e* de valencia, sobrará un *e* por cada As (fig.2a). Por tanto, el material resultante contiene *e*-libres y se llama **semiconductor *n***. Por el contrario, si se añade galio (Ga), que tiene 3 *e* de valencia, faltará un *e* (fig.2b). El material contiene huecos (sitios donde faltan *e*) y se llama **semiconductor *p***.

Los semiconductores *n* y *p*, por tener más *e*-libres y huecos, son mejores conductores que el Si puro.

El diodo

El **diodo** consiste en una unión estrecha de dos semiconductores, uno *n* y otro *p*. Al conectarse a una pila (fig.3) el diodo deja pasar una débil corriente, formada por los *e*-libres que se mueven con poco impedimento y por los *e*-ligados que van de hueco en hueco.

Este último equivale a un movimiento de los huecos en sentido contrario. Por eso los huecos se comportan como cargas +. El proceso es análogo a lo que sucede en la cola del autobús (fig. 4). Al montarse una persona (las personas representan los *e*) deja un hueco que es ocupado por la inmediata, que a su vez deja otro hueco, y así sucesivamente. Comprobar, pues, que mientras las personas (los *e*) se mueven hacia la izq., los huecos lo hacen hacia la der.

Adviértase que si el diodo se conecta con la polaridad cambiada (polo- al *p* y polo+ al *n*) **no** conduce la corriente, pues los *e*-libres y los huecos no atravesarían el diodo. Así pues, el diodo sólo deja pasar la corriente en un sentido. Por ello se emplea como rectificador, pudiendo convertir la corriente alterna en continua.

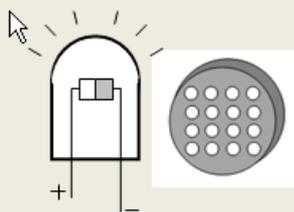
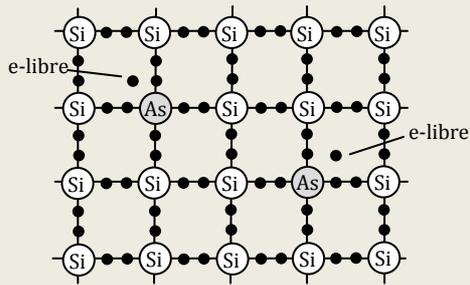
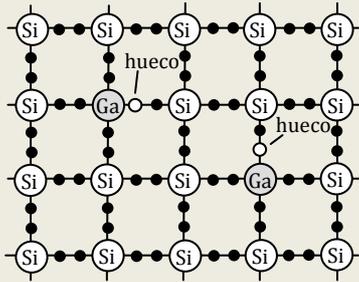


Fig. 1

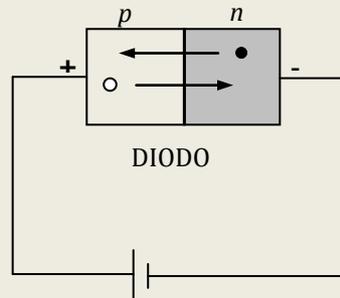


(a)



(b)

Fig. 2



○ huecos
● electrones libres

Fig. 3

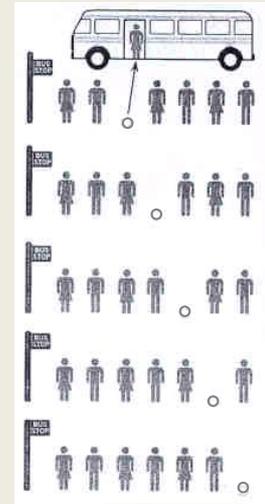


Fig. 4

3. EL LED. FUNCIONAMIENTO

El LED (Light Emitting Diode) es un diodo especial que, a diferencia de los diodos corrientes, tiene una mayor cantidad de *e*-libres y huecos.

Esto hace que emita luz cuando pasa por él la corriente (fig.1izq). ¿Por qué emite luz? Al conectar el LED, el movimiento de los *e*-libres facilita que muchos de ellos caigan en los huecos y pasen a ser *e*-ligados. Puesto que así pierden energía, ésta se emite en forma de luz (fig. 5).

El color de la luz depende de la diferencia entre la energía inicial y final. Cuanto mayor sea ésta, mayor será la frecuencia (color) de la luz emitida (ec. de Planck: $\Delta E = hf$). Todo ello depende de los materiales del LED. También influye el color de la carcasa de plástico que lo envuelve.

¿Qué diferencia hay entre una lámpara LED y una bombilla de incandescencia? El mecanismo de emisión de luz es parecido: en el filamento metálico de la bombilla los *e* terminan perdiendo energía y se emite luz. La diferencia: la bombilla es un dispositivo *eléctrico* y, por tanto, las corrientes que pasan por ella son intensas; en cambio el LED es un dispositivo *electrónico*, el cual funciona con corrientes muy débiles. Por eso la lámpara LED, constituida por un conjunto de diodos LED, lleva incorporado un adaptador que reduce el voltaje doméstico a unos pocos voltios.

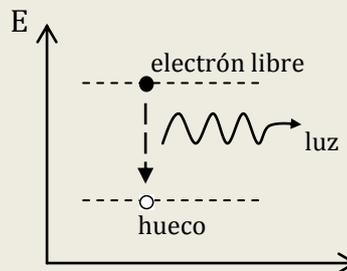


Fig. 5

6.9. PASO AL DOCUMENTO BÁSICO

Ya hemos considerado en el caso del horno microondas (ap.6) un ejemplo detallado de transposición del documento intermedio (2º bach) al documento básico (4ºESO). Vamos a hacerlo ahora en el caso de la lámpara LED. Comprobaremos que siguiendo el esquema propuesto no hay mayores dificultades. Por otra parte, aprovechando esta ocasión, vamos a realizar un análisis del discurso expositivo en uno y otro documentos.

En el caso antes citado ya se comprobó que respecto a la labor de transposición interviene, sobre todo, el nivel de conocimiento de los alumnos. Pasamos a comentar la aplicación de las diversas estrategias para convertir el documento de 2º de bachillerato en otro de 4º de ESO.

Elaboración del documento de 4ºESO (Recuadro 6.4)

- Alteración de la estructura y secuencia. No se ha producido ningún cambio al respecto. Se han mantenido ambas y, consecuentemente, los mismos apartados.

- Adecuación al nivel. En el ap.2 se emplea un discurso descriptivo para ofrecer información sobre los semiconductores n y p . La supresión del concepto de hueco modifica la explicación de los mecanismos de conducción del diodo y emisión del diodo-LED.

- Aclaración adicional de tópicos. En 2 se recalca el sentido unidireccional de la corriente. Al final de 3 se insiste en la razón del bajo consumo del LED.

- Tratamiento de información poco asequible. En 2 se simplifica la explicación sobre el paso de corriente por el diodo hablando sólo del movimiento de electrones (sin especificar los libres y los ligados). Se hace lo mismo con referencia al sentido unidireccional de la corriente.

- Supresión de información no asequible. Entre los contenidos suprimidos figuran: las referencias a la estructura de la red covalente de los semiconductores; el concepto de hueco y la equivalencia de su movimiento con el movimiento de las cargas positivas; la justificación del color de la luz emitida, dada por la ecuación $\Delta E=hf$.

- Supresión de información asequible. No se emplea el término “rectificador” para referirse al diodo, aunque se expone su comportamiento en este sentido.

En la tabla 6.8 se dan los contenidos que componen el documento de bachillerato de partida (los fenómenos y procesos se señalan con *). En ella se marcan con fondo gris aquellos contenidos que se han suprimido en el documento de ESO, o se han alterado sustancialmente, como es el caso de los mecanismos de conducción en el diodo y de emisión de luz en el LED.

Apart.	Contenidos 2ºbach / 4ºESO
1	Lámpara LED, indicador LED / lámpara de bajo consumo, de incandescencia
2	Semiconductores / semiconductores <i>n</i> y <i>p</i> / <i>e</i> -libres, <i>e</i> -ligados / huecos / red covalente / enlace covalente / <i>e</i> de valencia // Diodo / *mecanismo de conducción / polaridad, rectificación
3	Diodo LED / *mecanismo de emisión de luz / color de la luz, $\Delta E=hf$ / disp. eléctrico, disp. electrónico

Tabla 6.8. Contenidos que figuran en los documentos escolares de 2º bach (todos) y 4º ESO (los que no van en fondo gris)

- Mapa conceptual. Tras la recogida de información y la transposición didáctica correspondiente, se procede a elaborar el mapa conceptual de la lámpara LED (fig.6.6). Para ello se encajan los contenidos específicos en el esquema general de los tres bloques.

- Redacción del documento. Siguiendo la guía del mapa conceptual, se redacta el documento de 4º de ESO (Recuadro 6.4). En él se mantienen los tres bloques en forma de apartados. Se han incluido ilustraciones para aclarar procesos que no son simples.

Es conveniente señalar que no todos los contenidos que aparecen en los documentos son contenidos que figuran en los programas o en los libros de texto. Los documentos, pues, no sólo dan a conocer el dispositivo, sino que también pueden introducir nuevos contenidos que son exigidos para su buen conocimiento. El caso del LED que estamos estudiando es especialmente significativo al respecto. Los nuevos contenidos suelen estar basados en otros ya conocidos y, si no es así, han de ser sometidos a un proceso de transposición.

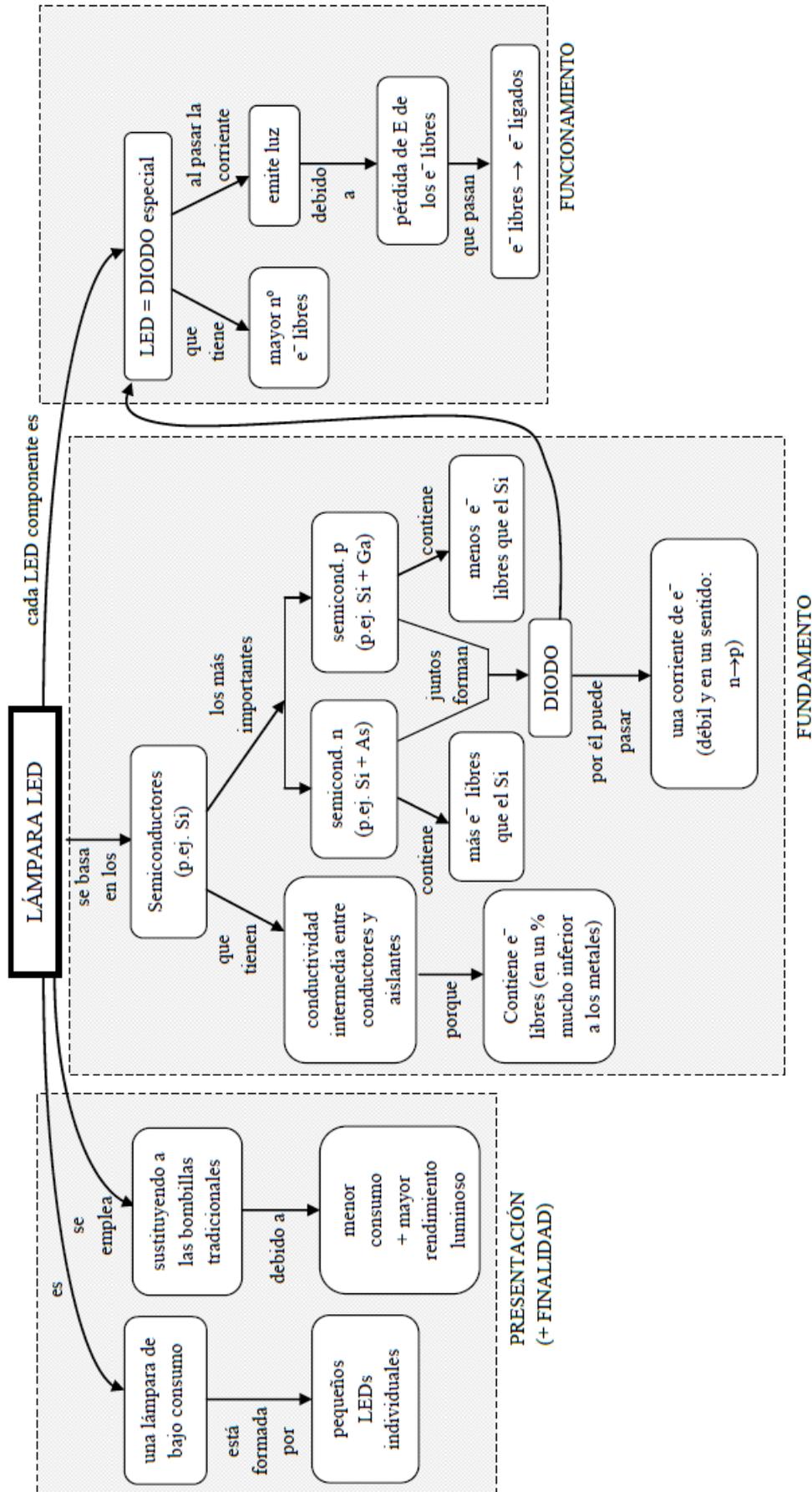


Fig. 6.6. Mapa conceptual de la lámpara LED (4º ESO)

RECUADRO 6.4

LA LÁMPARA LED (4º ESO)

1. ¿QUÉ ES LA LÁMPARA LED?

El LED se ha empleado desde tiempo atrás como luz indicadora en aparatos electrodomésticos. Consta (fig.1izq) de una minúscula pastilla de material semiconductor, envuelta en una carcasa de plástico, de la que salen dos patas metálicas para conectarla a la corriente. Basta una corriente muy pequeña (bajo consumo) para que brille normalmente.

Más recientemente ha aparecido la lámpara LED, que está constituida por un conjunto de pequeños LEDs individuales (fig.1der). De ahí los puntos de luz que se observan en ella. Se encuentra entre las de bajo consumo, que han reemplazado a las tradicionales de incandescencia (en uso doméstico, semáforos, linternas). Al estar formada por LEDs, requiere corrientes muy débiles para funcionar y muestra un rendimiento lumínico muy elevado.

2. DIODO Y SEMICONDUCTORES

Hay sustancias como los metales que son conductores de la corriente eléctrica porque muchos de sus electrones pueden moverse libremente por ellas (*e*-libres). En cambio, otras como la madera son aislantes porque sus electrones están sujetos por sus átomos. Entre ambas se encuentran los semiconductores, como el silicio (Si), que contienen también *e*-libres, pero en proporción muy inferior a la de los metales.

Si al silicio se le añaden pequeñas cantidades de otros elementos (p.ej. fósforo, P; boro, B), da lugar a dos tipos de semiconductores: el **semiconductor *n*** (p.ej. Si+P) y el **semiconductor *p*** (p.ej. Si+B). El primero contiene *e*-libres (algo más que el Si puro); en el segundo faltan.

El **diodo** consiste en una unión estrecha de dos semiconductores, uno *n* y otro *p*.

Al conectarse a una pila el diodo deja pasar una pequeña corriente debido al movimiento de los electrones. Esto sólo ocurre en sentido $n \rightarrow p$ (fig. 2). De ese modo los *e*-libres de *n* pueden pasar a *p* (atraídos por el polo +). Pero si la polaridad se cambia, entonces no deja pasar la corriente.

3. EL LED. SU FUNCIONAMIENTO

El **LED** (Light Emitting Diode) es un diodo especial que tiene mayor cantidad de *e*-libres que otros tipos de diodo. Por esto emite luz cuando se conecta a la corriente.

¿Por qué emite luz? Al conectar el LED, sus *e*-libres se mueven y una parte de ellos son atrapados por los átomos y quedan fijos. Entonces, la energía así perdida *se emite en forma de luz* (fig. 3). El color de la luz depende de los materiales del LED y del color de la carcasa de plástico que lo envuelve.

¿Qué diferencia hay entre una lámpara LED y una bombilla de incandescencia? Que la bombilla es un dispositivo *eléctrico* y, por tanto, las corrientes que pasan por ella son intensas; en cambio el LED es un dispositivo *electrónico*, el cual funciona con corrientes muy débiles. Por eso la lámpara LED, constituida por un conjunto de diodos LED, lleva incorporado un adaptador que reduce el voltaje doméstico a unos pocos voltios. De ahí su bajo consumo

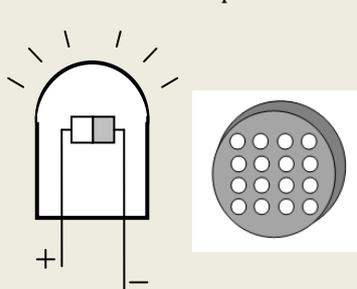


Fig. 1

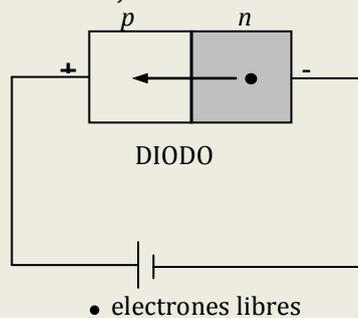


Fig. 2

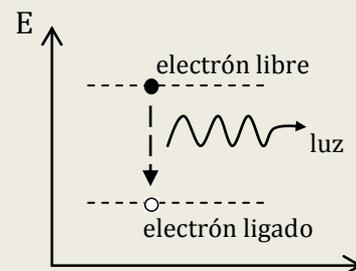


Fig. 3

6.10. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El análisis de un texto científico puede hacerse en relación a diversos criterios. Uno de ellos puede indagar los aspectos explicativos que encierra. Otro puede ir encaminado a determinar los tipos de enunciado que lo componen. Esta es la tarea que vamos a esbozar aquí, estudiando los documentos que hemos elaborado de la lámpara LED a dos niveles escolares.

Análisis de la estructura explicativa

Ante todo, en un discurso científico pueden encontrarse núcleos explicativos que constituyen la parte fundamental de su estructura. No nos referimos a hechos puntuales sino a procesos como, por ejemplo, el de emisión de luz del LED. Un proceso implica conceptos y principios explicativos (leyes, teorías). Ambos deben estar perfectamente adaptados al nivel de los alumnos. El discurso se refuerza con el uso, cuando venga a colación, de las categorías de discriminación y similitud.

Vamos a concretar lo dicho sobre las exposiciones del LED de 2º de bachillerato y 4º de ESO (Recuadros 6.3 y 6.4). Veremos que en cada proceso intervienen unos principios explicativos que, a su vez, requieren unos determinados conceptos.

4º ESO.-

* Proceso de conducción en un diodo.

Principios explicativos:

- Un cuerpo es tanto mejor conductor cuanto más fácilmente las cargas pueden moverse por él. Si no pueden hacerlo el cuerpo es aislante.
- El polo de una pila atrae las cargas de signo contrario (y repele las del mismo signo).
- Los e -libres se mueven hacia el polo +

Conceptos implicados:

Semiconductores n y p , diodo, e -libres. Los dos primeros son desconocidos (o poco conocidos) por los alumnos y, por ello, hay que explicarlos.

* Proceso de emisión de luz en un LED.

Principios explicativos:

- La energía se transforma, la energía se conserva.
- Cuando un e -libre es atrapado por un átomo pierde energía.
- Cuando un e pierde energía, esta energía se emite en forma de luz.

Conceptos implicados:

e -libres, e -ligados, LED. Este último concepto es desconocido por los alumnos.

2º bach.-

En esta exposición encontramos tres procesos como son los dos anteriores y el de aparición de e -libres y huecos en los semiconductores. El proceso central sigue siendo el de emisión de luz en el LED.

* Proceso de aparición de e -libres y huecos en los semiconductores n y p .

Principios explicativos:

- Defectos en la red covalente del Si con átomos de $5e$ o $3e$ de valencia.
- Los elementos con $5e$ de valencia producen e -libres en la red del Si (semicond. n).
- Los elementos con $3e$ de valencia producen huecos en la red del Si (semicond. p).

Conceptos implicados:

Semiconductores n y p , e -libres, huecos, red covalente, e de valencia, enlace covalente.

* Proceso de conducción en un diodo.

Principios explicativos:

- Los e (libres y ligados) se mueven hacia el polo + del generador.
- El movimiento de los e -ligados equivale al de los huecos (cargas +) hacia el polo -.
- Un semiconductor es mejor conductor cuanto mayor proporción de e -libres y huecos tiene.
- La corriente pasa por el diodo cuando e y huecos atraviesan la zona de unión, lo que no ocurre al conectar la pila con la polaridad cambiada. El diodo es rectificador.

Conceptos implicados:

Semiconductores n y p , diodo, e -libres, e -ligados, huecos, rectificación. Salvo los conceptos referentes a los electrones, los demás son desconocidos (o poco conocidos) por los alumnos y, por ello, hay que explicarlos.

* Proceso de emisión de luz en un LED.

Principios explicativos:

- La energía se transforma, la energía se conserva.
- Cuando un e -libre cae en un hueco, pierde energía.
- Cuando un e pierde energía, esta energía se emite en forma de luz, cuya frecuencia depende de ΔE (Igual ocurre cuando en un átomo un e cae a un nivel de energía inferior).

Conceptos implicados:

e -libres, e -ligados, frecuencia de la luz, ecuación $\Delta E=hf$, huecos, LED.

Estos dos últimos conceptos son desconocidos (o poco conocidos) por los alumnos.

El anterior desarrollo se resume en el esquema siguiente:

Nivel	Proceso	P. explicativos	Conceptos
4º ESO	Conducción en el diodo	<ul style="list-style-type: none"> * La conducción es mejor cuanto mejor puedan moverse las cargas. * El polo de una pila atrae las cargas de signo contrario (y repele las del mismo signo). * Los e-libres se mueven hacia el polo + 	semiconductores n y p diodo e -libres
4º ESO	Emisión de luz en el LED	<ul style="list-style-type: none"> * La energía se transforma, la energía se conserva. * Cuando un e-libre es atrapado por un átomo pierde energía. * Cuando un e pierde energía, esta energía se emite en forma de luz. 	e -libres e -ligados LED
2º bach.	Aparición de e -libres y huecos en semiconduct. n y p	<ul style="list-style-type: none"> * Defectos en la red covalente del Si con átomos de $5e$ o $3e$ de valencia. * Los elementos con $5e$ de valencia producen e-libres en la red del Si (semicond. n). * Los elementos con $3e$ de valencia producen huecos en la red del Si (semicond. p). 	semiconductores n y p e -libres huecos red covalente e de valencia enlace covalente
2º bach.	Conducción en el diodo	<ul style="list-style-type: none"> * Los e (libres y ligados) se mueven hacia el polo + del generador. * El movimiento de los e-ligados equivale al de los huecos (cargas +) hacia el polo -. * Un semiconductor es mejor conductor cuanto mayor proporción de e-libres y huecos tiene. * La corriente pasa cuando e y h atraviesan la zona de unión. Esto no ocurre al conectar la pila al revés. 	semiconductores n y p diodo e -libres e -ligados huecos rectificación
2º bach.	Emisión de luz en el LED	<ul style="list-style-type: none"> * La energía se transforma, la energía se conserva. * Cuando un e-libre cae en un hueco, pierde energía. * Cuando un e pierde energía, esta energía se emite en forma de luz, cuya frecuencia depende de ΔE. 	e -libres e -ligados frecuencia de la luz ecuación $\Delta E=hf$ huecos LED

Tabla 6.9. Análisis de la estructura explicativa de los documentos de 4ºESO y 2ºbach.

Análisis de las unidades del discurso

En un discurso científico los elementos más frecuentes son los enunciados descriptivo, explicativo y de definición. También podemos encontrar otros como el de clasificación (marca diferencias con relación a un elemento común) y el de discriminación (marca semejanzas y diferencias).

Entre los bloques fundamentales de cualquier exposición, unos son esencialmente descriptivos, otros explicativos, y otros muestran ambas características. Obviamente, el primer caso es asumido por la presentación, el segundo por el fundamento y el tercero por el funcionamiento.

En relación a los documentos de 2º de bachillerato y 4º de ESO (Recuadros 6.3 y 6.4), emprendemos el análisis de los elementos del discurso, acotando dichos elementos y categorizándolos adecuadamente..

4ºESO. Tipos de enunciados (Se indican los apartados del documento con un nº)

1. Descripción: Presentación del LED individual.
1. Descripción: Presentación de la lámpara LED.
2. Clasificación: Conductores, aislantes, semiconductores.
2. Explicación: La conductividad depende de los e-libres.
2. Clasificación: Semiconductores n y semiconductores p .
2. Descripción: Características de cada uno.
2. Definición (descriptiva): Diodo.
2. Explicación: Conducción en el diodo por movimiento de e
2. Discriminación (con metales): Sentido $n \rightarrow p$ y corrientes débiles.
3. Definición (descriptiva): LED
3. Discriminación (con otros diodos): Mayor proporción de e-libres.
3. Explicación: Justificación de la emisión de luz.
3. Descripción: Distintos colores de la luz

3. Discriminación (con la bombilla): Dispositivos electrónicos y eléctricos.

3. Explicación: Corrientes débiles → Bajo consumo.

2ºbach. Tipos de enunciados (Se indican los apartados del documento con un nº)

1. Descripción: Presentación del LED individual.

1. Descripción: Presentación de la lámpara LED.

2. Clasificación: Conductores, aislantes, semiconductores.

2. Explicación: La conductividad depende de los e-libres.

2. Clasificación: Semiconductores n y semiconductores p .

2. Explicación: Justificación en base a la estructura covalente de las características de cada uno.

2. Discriminación (con el Si): Mayor porcentaje de e-libres y huecos

2. Definición (descriptiva): Diodo.

2. Explicación: Conducción en el diodo por movimiento de e-libres y huecos.

2. Explicación (por analogía): El movimiento de los e-ligados equivale al de los huecos en sentido contrario.

2. Explicación: Paso de corriente sólo en sentido $n \rightarrow p$ (rectificación).

3. Definición (descriptiva): LED

3. Discriminación (con otros diodos): Mayor proporción de e-libres.

3. Explicación: Justificación de la emisión de luz.

3. Explicación: Distintos colores de la luz ($\Delta E=hf$).

3. Discriminación (con la bombilla): Dispositivos electrónicos y eléctricos.

3. Explicación: Corrientes débiles → Bajo consumo.

Conclusiones

De los datos recogidos en este apartado podemos extraer varias conclusiones, que aparecen de la comparación de los documentos de ambos niveles.

La primera, que ya se perfila en el análisis del subapartado anterior, es el notable aumento de los enunciados explicativos con el nivel del documento. En efecto, si consideramos el de 4º de ESO encontramos 4 enunciados explicativos de un total de 15. La cifra aumenta en el documento de 2º de bachillerato hasta 8 de un total de 18.

Este hecho está relacionado con lo que ya se ha detectado en el análisis de la estructura explicativa, donde se han resaltado los conceptos implicados. Globalmente tenemos que el documento de 4º de ESO ha movilizó 5 conceptos en las explicaciones, en cambio el de 2º de bachillerato llega a 12. Así pues, se constata que en un documento de mayor nivel aumenta lo explicativo, gracias a un soporte conceptual que, en consecuencia, debe aumentar.

Otro señalamiento a hacer es para corroborar las características de los tres bloques de la exposición. Así, en el documento de 2º podemos constatar que la presentación está formada por 2 enunciados ambos descriptivos; el fundamento tiene 9 enunciados, entre los que predominan los explicativos, con 5; y en el funcionamiento se reparten con 3 los explicativos y el resto. A nivel inferior disminuyen los explicativos, pues, como se ha hecho en la transposición, se han convertido en descriptivos.

6.11. EJEMPLO ADICIONAL 2: LA FOTOCOPIADORA

Pasamos ahora a estudiar otro ejemplo de elaboración de documentos: la fotocopidora. A diferencia de los dispositivos antes estudiados (el horno microondas y la lámpara LED), en que el elemento estructural es en el primero un agente y en el segundo un proceso, nos encontramos aquí una secuencia operativa de funcionamiento, que es la que marca la característica principal.

La fotocopidora es muy utilizada en la vida cotidiana por todo tipo de personas y, además, goza del interés de los alumnos con un porcentaje del 65% de preferencia (tabla 6.1).

Vamos a considerar la elaboración de un documento escolar de nivel básico, dirigido a 4º de ESO. En esta tarea podrá corroborarse la adecuación de las normas establecidas y si surgen nuevas aportaciones, derivadas de la importancia que presenta en este caso el funcionamiento, frente la presentación (muy conocida) y el fundamento (muy simple: atracción eléctrica de cargas opuestas).

Elaboración del documento de 4º ESO (Recuadro 6.5)

- Conocimientos previos. La fotocopidora es bien conocida por los alumnos por el uso intensivo que se hace de ella. Para averiguar qué saben los alumnos sobre este dispositivo se realizó una encuesta en la que

participaron 47 de 4º de ESO. Las respuestas se recogen en la tabla 6. 10.

Observaciones	%	En el documento	Ap .
Reproduce exactamente el documento original	74%	Permite transferir el texto... a una hoja de papel	1
La fotocopia sale caliente	73%	La hoja... caliente de la fotocopidora	3
Pueden hacerse varias fotocopias de un mismo documento	36%	Cada documento... fotocopias seguidas del mismo documento	3
Al hacer la fotocopia se enciende una luz	29%	...se ilumina mediante una lámpara... ...iluminándolo... intensamente	3
Explicaciones			
Hace fotos del documento	31%	[La explicación dada es falsa. Constituye una idea previa]	2/3

Tabla 6.7. Conocimientos previos de los alumnos y su justificación en el documento escolar

En la sección “oído de terceros” no hubo nada interesante que reseñar. En la sección “explicaciones” nadie se acercó a una explicación correcta.

- Recogida de información. En este caso, y ello es una novedad, no nos hemos dirigido a libros de nivel universitario, entre otras razones porque estos, debido al fundamento realmente básico del aparato, lo obvian. Las fuentes han sido

ahora libros de nivel básico o básico superior (p.ej. Macaulay, 1988). Se han tenido en cuenta, igualmente, los conocimientos previos manifestados por los alumnos.

- Transposición didáctica. Hasta ahora, según las fuentes de partida, se ha practicado una transposición descendente (es el caso más usual), que parte de documentos de nivel superior al de llegada. Incluso se ha seguido un caso particular de este como ha sido la transposición en cascada. En el caso que estamos estudiando, dado el nivel de las fuentes de partida, similar al del documento-meta (4º ESO), vamos a practicar una transposición transversal. Su rasgo distintivo es una aplicación predominante de la estrategia “supresión de la información asequible”.

Aclaración adicional de tópicos. En el ap.3 se marca el diferente mecanismo que sigue el aparato para hacer varias fotocopias de un mismo documento y una fotocopia de cada uno de varios documentos.

Supresión de información no asequible. No se ha considerado el estudio del proceso del barrido del rayo de luz sobre el documento original y la transferencia de la imagen al tambor mientras rota. Se silencia igualmente la composición de la superficie del tambor, de naturaleza fotoconductora (consta de Se) y su reacción ante la luz. Ninguna alusión tampoco a la fotocopidora en color.

Supresión de información asequible. No se ha descendido a pormenorizar los componentes de la maquinaria. Únicamente se han considerado los esenciales y soslayado los secundarios (espejos, lámparas de borrado, cargador de transferencia, etc.). No se insiste en explicar porqué el tóner se adhiere a las partes oscuras, lo que haría destapar un nuevo mecanismo como es la electrización negativa del tambor y que la carga desaparece en las partes iluminadas. Este nuevo mecanismo podría confundirse con el principal y, cuanto menos, le daría el mismo relieve.

- Estructura y secuencia. Se ha seguido el esquema general (fig. 6.1), con los tres bloques característicos ya definidos. Así, la presentación con la finalidad aparece en el apartado 1, el fundamento se encuentra en el ap.2 y el funcionamiento, el más extenso en este caso, está presente en el ap.3.

- Mapa conceptual. Tras la recogida de información y la transposición didáctica correspondiente, se procede a elaborar el mapa conceptual de la fotocopidora (fig.6.7). Para ello se encajan los contenidos específicos en el esquema general de los tres bloques

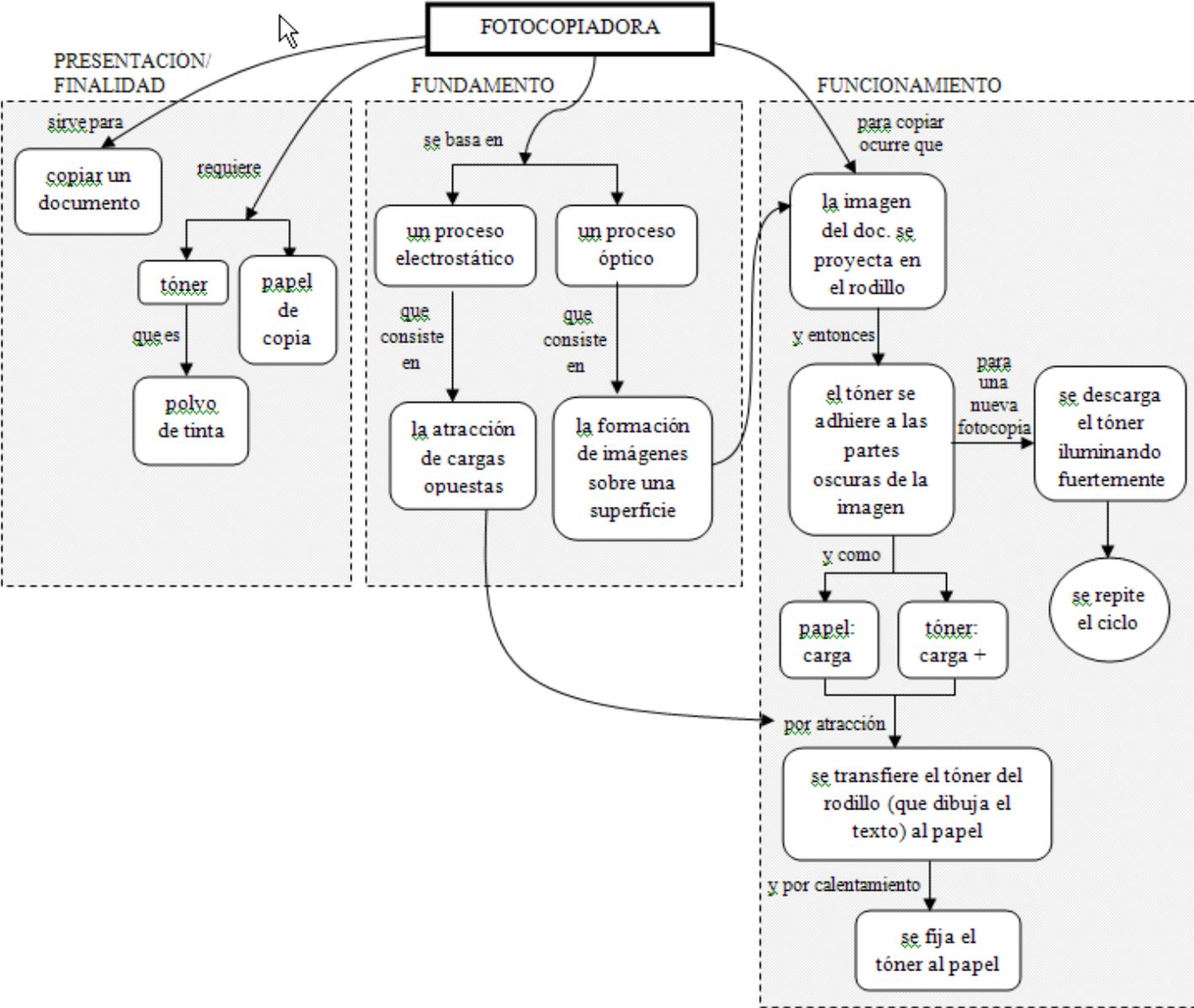


Fig 6.7. Mapa conceptual de la fotocopidora

- Redacción del documento. Siguiendo la guía del mapa conceptual, se redacta el documento de 4º de ESO (Recuadro 6.5). En él se mantienen los tres bloques en forma de apartados. Se ha incluido una ilustración para aclarar los rasgos más esenciales del funcionamiento del aparato.

RECUADRO 6.5

LA FOTOCOPIADORA (4º ESO)

1. LA FOTOCOPIADORA. SU USO

Es un aparato muy usado en nuestros días pues permite transferir el texto e imagen de un documento original a una hoja de papel. El documento original se coloca boca abajo sobre un cristal situado en la parte superior y la fotocopia se realiza automáticamente.

El papel de copia está guardado en un cajón inferior y periódicamente hay que reponerlo, así como el tóner, que es polvo de tinta mezclado con resina.

2. LOS PROCESOS DE BASE

En la fotocopidora intervienen dos procesos básicos, uno óptico y otro electrostático.

El primero, semejante a la cámara fotográfica, consiste en formar, mediante una lente, una imagen del documento original sobre un rodillo giratorio fotosensible. El segundo, que es el fundamental, consiste en pasar esta imagen al papel, lo cual se hace por atracción entre cargas de signo opuesto.

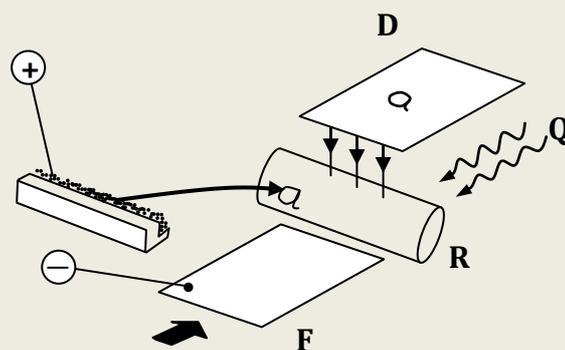
3. ¿CÓMO HACE COPIAS?

El documento original, D (v. fig.), boca abajo sobre el cristal, se ilumina mediante una lámpara. Su imagen se proyecta sobre el rodillo, R, mientras gira. Al extender entonces el tóner, T, sobre el rodillo, el tóner sólo se adhiere a las partes oscuras de la imagen (que corresponden a lo escrito en el documento original). El resto, resbala y cae.

¿Cómo es posible esto? El tóner se electriza con carga positiva y como la hoja de copia, F, se ha cargado antes negativamente, se produce entonces una atracción eléctrica tóner-hoja. El tóner sobre el rodillo (que se dispone p.ej. dibujando la letra *a*) se transfiere entonces, por atracción eléctrica, a la hoja.

La hoja pasa por último por un calentador, Q, que funde la resina y fija así la tinta al papel. Esto explica que el papel salga caliente de la fotocopidora.

Cada documento, al enviar una imagen al rodillo, lo altera eléctricamente. Como la alteración permanece, es por lo que pueden hacerse varias fotocopias seguidas del mismo documento. Pero cuando ponemos un segundo documento, hay que "borrar" el rodillo antes de que reciba la nueva imagen. Esto se consigue iluminándolo breve pero intensamente, para que así el tóner que retiene, caiga.



6.12. EXPOSICIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS DOCUMENTOS

Una vez elaborados los documentos anteriores siguiendo un procedimiento común, pasamos a la etapa de utilización en el aula a fin de averiguar su idoneidad como contenido y su adaptación al nivel de los alumnos. Para ello vamos a distinguir una fase de presentación y exposición de los documentos, y seguidamente otra fase de evaluación de aprendizajes.

Exposición

En primer lugar, se reparte fotocopiado el documento sobre el dispositivo, procurando incluirlo en un tema afín. Así por ejemplo, el horno microondas se expuso como aplicación en el tema de ondas. Se dedica entonces parte de una clase a la presentación y explicación del dispositivo, siguiendo el documento que se ha repartido. La exposición recibe el mismo tratamiento que los contenidos habituales, advirtiéndose que también va a ser materia de examen.

Evaluación

La evaluación puede llevarse a cabo de diversas maneras. Se nos ocurrió que la más adecuada sería establecer una comparación entre los aprendizajes del dispositivo con los aprendizajes del resto de contenidos. En efecto, lo que aquí se busca es constatar si el nivel de los nuevos contenidos no desentona con los habituales del curso y, por ello, son igualmente asimilables. De este modo, a través de la evaluación del dispositivo se está evaluando la adecuación del documento.

Con esta idea, se incluye en la prueba de evaluación una cuestión no memorística (explicativa) acerca del dispositivo. Como “cuestión” de control tomamos el conjunto de todas las cuestiones cualitativas del examen (se excluyen las numéricas por ser poco similares a la experimental). La nota de control es, en realidad, la media del conjunto. De esta manera, Si las notas obtenidas en la cuestión sobre el aparato son al menos similares que las de las demás, los resultados serán positivos a este propósito.

Para que no hubiera mucha dispersión, se evaluó cada pregunta con las letras A, para una respuesta satisfactoria (notable-sobresaliente); B, para una respuesta aceptable (suficiente-bien); C, para una respuesta incorrecta (insuficiente).

6.13. RESULTADOS

Microondas. 4º ESO

La experiencia de aula se realizó con dos grupos de 4º de ESO que seguían la asignatura de Física y Química con el mismo profesor. El examen constaba de 7 cuestiones (Anexo 5), de las cuales una era sobre el microondas y tres, de tipo conceptual, se tomaron conjuntamente como “cuestión” de control. Los resultados globales recogidos de una muestra de 58 alumnos quedan reflejados en la tabla 6.8. En la tabla 6.9 se contraponen para cada alumno las calificaciones de las cuestiones microondas (CM) y control (CC).

	Cuestión microondas (CM)	Cuestión control (CC)
A	33 alumnos (57%)	23 alumnos (40%)
B	16 alumnos (28%)	25 alumnos (43%)
C	9 alumnos (15%)	10 alumnos (17%)

Tabla 6.8.- Resultados globales. N = 58 alumnos

		Cuestión microondas (CM)		
		A	B	C
Cuestión control (CC)	A	17	5	1
	B	14	7	4
	C	2	4	4

Tabla 6.9.- Tabla de doble entrada. CM y CC en cada alumno

Fotocopiadora. 4º ESO

La experiencia de aula se realizó con dos grupos de 4º de ESO que seguían la asignatura de Física y Química con el mismo profesor. El examen constaba de 6 cuestiones (Anexo 7), de las cuales una era sobre la fotocopiadora y dos, de tipo conceptual, se tomaron conjuntamente como “cuestión” de control. Los resultados

globales recogidos de una muestra de 43 alumnos quedan reflejados en la tabla 6.10. En la tabla 6.11 se contraponen para cada alumno las calificaciones de las cuestiones fotocopiadora (CF) y control (CC).

	Cuestión fotocopiadora (CF)	Cuestión control (CC)
A	23 alumnos (53%)	14 alumnos (32%)
B	17 alumnos (40%)	17 alumnos (40%)
C	3 alumnos (7%)	12 alumnos (28%)

Tabla 6.10.- Resultados globales. N = 43 alumnos

		Cuestión fotocopiadora (CF)		
		A	B	C
Cuestión control (CC)	A	12	2	--
	B	10	7	--
	C	1	8	3

Tabla 6.11.- Tabla de doble entrada. CF y CC en cada alumno

Lámpara LED. 4º ESO

La experiencia de aula se realizó con dos grupos de 4º de ESO que seguían la asignatura de Física y Química con el mismo profesor. El examen constaba de 5 cuestiones (Anexo 6.b.), de las cuales una era sobre la lámpara y dos, de tipo conceptual, se tomaron conjuntamente como “cuestión” de control. Los resultados globales recogidos de una muestra de 54 alumnos quedan reflejados en la tabla 6.12. En la tabla 6.13 se contraponen para cada alumno las calificaciones de las cuestiones LED (CL) y control (CC).

	Cuestión LED (CL)	Cuestión control (CC)
A	23 alumnos (43%)	23 alumnos (43%)
B	20 alumnos (37%)	21 alumnos (39%)
C	11 alumnos (20%)	10 alumnos (18%)

Tabla 6.12.- Resultados globales. N = 54 alumnos

		Cuestión LED (CL)		
		A	B	C
Cuestión control (CC)	A	12	9	2
	B	10	8	3
	C	1	3	6

Tabla 6.13.- Tabla de doble entrada. CL y CC en cada alumno

Lámpara LED. 2º bach.

La experiencia de aula se realizó con un grupo de 2º de bachillerato que seguía la asignatura de Física. El examen constaba de 5 cuestiones (Anexo 6.a.), de las cuales una era sobre el LED y dos, de tipo conceptual, se tomaron conjuntamente como “cuestión” de control. Los resultados globales recogidos de una muestra de 21 alumnos quedan reflejados en la tabla 6.14. En la tabla 6.15 se contraponen para cada alumno las calificaciones de las cuestiones LED (CL) y control (CC).

	Cuestión LED (CL)	Cuestión control (CC)
A	10 alumnos (48%)	9 alumnos (43%)
B	8 alumnos (38%)	8 alumnos (38%)
C	3 alumnos (14%)	4 alumnos (19%)

Tabla 6.14.- Resultados globales. N = 21 alumnos

		Cuestión LED (CL)		
		A	B	C
Cuestión control (CC)	A	6	3	--
	B	4	3	1
	C	--	2	2

Tabla 6.15.- Tabla de doble entrada. CL y CC en cada alumno

6.14. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En primer lugar vamos a discutir los resultados obtenidos de los documentos básicos (4ºESO). En las tablas de resultados globales (6.8, 6.10, 6.12) se observa:

- Un mayor porcentaje de respuestas A (destacados) de CF y CM, e igual en CL, en relación (todas) a la cuestión de control
- Un mayor porcentaje de respuestas A+B (destacados+aceptables) de CF y similares de CM y CL, en relación a la cuestión de control.

Los datos, pues, apuntan a que la comprensión de los documentos elaborados está, al menos, al mismo nivel (o superior) que la de los otros contenidos. Esto constituye un índice positivo de la calidad del material utilizado y del interés suscitado.

Si pasamos a las tablas de resultados individuales (6.9, 6.11, 6.13), conviene señalar que la diagonal AA-BB-CC representa a los alumnos que obtienen resultados similares en ambos tipos de cuestiones. Los datos de B por encima (BA) de dicha diagonal son alumnos que han respondido mejor a la cuestión de control; los datos por debajo (AB) son alumnos que han respondido mejor a la cuestión sobre el dispositivo.

Entonces, en los datos que nos ofrecen estas tablas se observa:

- Existe un mayor número de alumnos en que coinciden evaluaciones muy satisfactorias (AA) de la cuestión dispositivo y la de control. Las discordancias (AC y CA) son mucho más minoritarias.

- El número de alumnos que responde A a la cuestión dispositivo y B a la de control (por debajo de la diagonal) suele ser mucho mayor que a la inversa, es decir, que los que responden B a la primera y A a la segunda (por encima). La excepción es el LED, donde ambas son similares.

Los datos del primer punto apoyan la tesis de que la comprensión de los documentos elaborados es, al menos, semejante a la de los contenidos habituales. La tesis se ve reforzada por el segundo punto con los datos de desequilibrio a favor del dispositivo, que apoya la calidad de los documentos y su idoneidad para un aprendizaje sin muchas complicaciones.

En cuanto a la interpretación de los datos más holgados que encontramos en la fotocopiadora a favor del documento elaborado, y más ajustados en el caso del LED, la razón debemos buscarla en las características de la temática reflejada en los documentos. La fotocopiadora, como ya se dijo, ofrece una exposición basada en el mecanismo de funcionamiento del aparato, con un fundamento teórico mínimo. Es por tanto muy fácil de asimilar (En la tabla 6.11 aparecen dos casillas en blanco: sólo 3 alumnos han respondido de modo incorrecto a CF). Todo lo contrario ocurre en el caso del LED, donde se introducen conceptos nuevos, que hacen de soporte a la explicación de un proceso que no es sencillo aunque se ha hecho un notable esfuerzo de simplificación.

Por último, es interesante establecer una comparación entre dos documentos de diferente nivel sobre una misma temática, como son los del LED de 4º de ESO y de 2º de bachillerato. De los datos recogidos de ambos podemos señalar:

- La semejanza de la distribución de los datos en ambos casos, por otra parte muy igualados con referencia a CL y CC (tablas 6.12 y 6.14).

- La existencia de casillas en blanco en el documento de 2º de bachillerato (tabla 6.15) referidas a las respuestas extremas (AC o CA).

El primer punto revela que la causa de ello puede ser atribuible a las características derivadas de la temática de los documentos. El segundo, aunque debe tenerse en cuenta que el número total de alumnos de 2º es menor que la mitad de los de 4º, puede explicarse porque a nivel de 2º de bachillerato de ciencias el grupo es más homogéneo y los alumnos están, en general, más motivados.

6. ANEXO

6.1. ENCUESTA DE CONOCIMIENTOS PREVIOS DE LOS ALUMNOS

ALUMNO _____

Un alumno describe lo que sabe de una bombilla de incandescencia en los siguientes términos:

1. *Sirve para alumbrar.*
2. *Funciona al conectarla a la corriente.*
3. *Posee un filamento que, al accionar el interruptor, se pone incandescente.*
4. *Al funcionar, su temperatura aumenta.*
5. *Si se rompe el filamento, la bombilla “se funde” y no funciona.*

El alumno ha oído más cosas sobre la bombilla, pero como son cosas que él no ha visto directamente y, por tanto, no está totalmente seguro de ellas, las pone aparte (y hace bien).

Además he oído que la bombilla de incandescencia:

6. *Contiene dentro un gas noble.*
7. *Gasta mucha energía.*

(a) De modo parecido a lo que acabamos de ver, escribe lo que sabes del HORNO MICROONDAS.

(b) ¿Cómo crees que funciona? ¿Cómo explicarías los hechos que has escrito en (a)?

CAPÍTULO 7
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

7.1. REFLEXIONES FINALES

El estudio que hemos realizado en el marco de la presente tesis doctoral se ha centrado en el papel que juegan los dispositivos tecnológicos cotidianos en el ámbito escolar, incidiendo particularmente en dos aspectos básicos: su presencia en los manuales, junto a las características que muestran sus exposiciones, y, además, la manera de elaborar material de aula sobre dispositivos.

En los capítulos precedentes se han ido exponiendo las conclusiones parciales extraídas de los temas propuestos en cada uno. Se ha procedido a hacerlo así puesto que la temática tratada en ellos, pese a tener un denominador común, esto es, los dispositivos tecnológicos cotidianos, muestra facetas muy diversas que giran en torno a su presencia y modalidades en los libros de texto, los dispositivos concretos que muestran y su variación de unos a otros, los elementos estructurales de las exposiciones, la calidad que presentan estas y los manuales, y el procedimiento para elaborar exposiciones propias.

Esto dibuja una de las características de la investigación llevada a cabo en la presente tesis doctoral: abrir las puertas a las principales facetas que componen el campo de estudio, que no son pocas. Otra opción hubiera sido profundizar en una parcela del conjunto, prestando menos atención a las restantes, lo que es pertinente cuando el campo de estudio ha sido exhaustivamente tratado. No es desde luego nuestro caso. Hemos preferido avanzar el conocimiento en los distintos dominios, en los que hemos logrado resultados de interés que creemos serán un estímulo para seguir profundizando en las áreas estudiadas.

Ya en el arranque de nuestro trabajo (cap.1) se establecieron unos objetivos (ap.1.5) así como una metodología de investigación y un plan de trabajo (ap.1.6) para alcanzar dichos objetivos. Recordemos que parte de ellos se referían a la presencia en los manuales, otros a la estructura y calidad de las exposiciones de los dispositivos, y otros a las estrategias para confeccionar documentos de aula sobre dispositivos. Pues bien, siguiendo el plan de trabajo trazado, creemos haber cumplido, en mayor o menor extensión, los objetivos inicialmente propuestos.

A continuación vamos a ver esto con más detalle.

7.2. ACCIONES DE INVESTIGACIÓN LLEVADAS A CABO

Las principales tareas que hemos emprendido en el transcurso de nuestro trabajo de investigación ya se fijaron en el inicio de la presente tesis dentro del plan de trabajo, guiado por los objetivos (ap. 1.6). Pero también hay que decir que el plan de trabajo abarca más tareas que las que se muestran aquí como “acciones de investigación”. Éstas serían de entre las anteriores las más fructíferas y las que han conducido a resultados más interesantes. A continuación se enumeran resumidamente las acciones de investigación y se señalan los capítulos donde son expuestas. Las conclusiones derivadas de ellas las exponemos un poco más adelante como conclusiones generales de la tesis (ap. 7.4). Estas conclusiones van marcadas con el mismo número que las acciones de investigación de cuyos resultados se han deducido.

Acciones de investigación realizadas:

1. (Cap.3) Una vez definido con precisión el término dispositivo tecnológico cotidiano, se ha indagado su presencia en manuales de 4º de ESO y de 1º de bachillerato de las editoriales más conocidas. Igualmente, se ha llevado a cabo un rastreo en manuales de Tecnología de 4º de ESO. Se trata de comprobar el grado de presencia y realizar las comparaciones pertinentes.

2. (Cap.3) Se han listado los dispositivos que aparecen en cada manual y se han determinado cuáles aparecen con mayor frecuencia, y los que lo hacen más esporádicamente. Del mismo modo, se ha comprobado si hay ausencias muy señaladas, o si están presentes otros muy de vanguardia.

3. (Cap.3) Se han estudiado las exposiciones mismas de los dispositivos en los manuales, centrandó la atención en características como la extensión, la ubicación, la relación con la teoría y la metodología de exposición. Se pretende con ello establecer diversas modalidades para las exposiciones.

4. (Cap.3) Se han comparado los manuales de 4º de ESO actuales con los de 2º de BUP de los años 70, en relación a los dispositivos que ofrecen. A fin de que la comparación sea fiable, se ha realizado únicamente sobre los temas comunes de ambos programas.

5. (Cap.3) Se ha profundizado sobre las causas que pueden determinar la frecuencia con que aparece un dispositivo. También las razones que justifican la permanencia en los manuales de determinados dispositivos y la incorporación de otros.

6. (Cap.4) Se han analizado las exposiciones de dispositivos para tratar de comprobar la presencia generalizada de determinados elementos, el papel de cada uno y sus conexiones mutuas. Se ha utilizado la técnica de los mapas conceptuales, que ayudan a poner en evidencia los elementos estructurales que componen la exposición. Una vez hechas las comprobaciones sobre una muestra reducida, se ha pasado a corroborarlas en la totalidad de las exposiciones.

7. (Cap.5) Se ha determinado la calidad de las exposiciones de dispositivos, para lo cual se ha puesto a punto un protocolo, que ha sido validado por un grupo de expertos. Con él se han evaluado numéricamente las exposiciones a través de sus elementos estructurales y se han comparado las evaluaciones de las exposiciones de ESO y de bachillerato.

8. (Cap.5) Se ha ideado un procedimiento cuantitativo para valorar los manuales respecto a los dispositivos que muestran. El procedimiento tiene en cuenta no sólo la calidad de sus exposiciones sino también la abundancia de ellas y la modalidad que presentan. Se ha estudiado igualmente la dispersión de las puntuaciones para un mismo manual.

9. (Cap.6) Se ha indagado acerca de las operaciones básicas que intervienen en la elaboración de documentos de aula sobre dispositivos. Se han reunido formando una estructura coherente que ha servido para elaborar varios documentos de aula.

10. (Cap.6) Se ha estudiado con detalle una de las operaciones anteriores más importantes: la transposición didáctica. Se han esclarecido las estrategias de transposición más frecuentemente utilizadas para adaptar documentos de alto nivel a documentos escolares de nivel básico.

11. (Cap.6) Se han diseñado documentos de aula mediante la estructura antes mencionada. Se ha corroborado así la idoneidad del procedimiento en general y de sus componentes en particular.

12. (Cap.6) Se han repartido estos documentos entre los alumnos y explicado su contenido, lo mismo que cualquiera del programa. Se ha incluido en examen alguna cuestión sobre dispositivos y se han estudiado las notas de esta cuestión por comparación con el resto de cuestiones.

7.3. RESPUESTAS A LOS INTERROGANTES DE INVESTIGACIÓN INICIALES

En el capítulo 1 nos planteamos una serie de interrogantes (ap. 1.4) a los que la investigación debería responder. Esto ha sido debidamente cumplido. Ya estamos en disposición de suministrar una respuesta bien fundamentada a aquellas cuestiones y también a otras colaterales, surgidas en el transcurso del trabajo.

Vamos entonces a retomar las preguntas y darles una muy resumida respuesta, indicando el capítulo de la tesis donde se desarrollan más extensamente.

- ¿Qué utilidad didáctica aporta la inclusión de los dispositivos en la enseñanza? ¿Qué finalidades se buscan con su inclusión?

Hay que hablar aquí en primer lugar que la inclusión de los dispositivos en la enseñanza es una manera de mostrar la utilidad práctica de la teoría por poder materializarse en un instrumento. Además, es de apreciar el interés por conectar con el mundo vivencial del alumno, lo que conlleva un incremento importante de la motivación, más evidente en exposiciones tipo-a. Estas premisas dejan traslucir el enfoque ciencia contextual. (Ver cap.3).

- ¿Son abundantes en los libros de texto de Secundaria (4º ESO, bachillerato)? ¿Qué dispositivos suelen aparecer en ellos?

La presencia en Secundaria es moderada en 4º de ESO y más bien escasa en 1º de bachillerato, que muestra un carácter disciplinar más acentuado. En cuanto a cuáles son los dispositivos mostrados, suele haber un núcleo con los más mencionados por la mayor parte de los manuales. Está constituido por dispositivos ligados estrechamente a alguna ley o principio teórico. El resto, con los menos citados, suele variar de un manual a otro y en este grupo se incluyen dispositivos en su gran mayoría muy de actualidad. (Ver cap.3).

- ¿Qué relevancia conceden los libros de texto a los dispositivos? ¿Cuáles son sus relaciones con los contenidos teóricos de estos?

Se constatan a este respecto dos situaciones en los manuales, que hemos llamado modalidad-a y modalidad-b. En la primera la exposición es más extensa y muestra al dispositivo con cierto nivel de relevancia, lo que se manifiesta por la atención prestada al funcionamiento. En la segunda, más reducida, el dispositivo está subordinado por entero a la teoría, como ejemplo de las ideas que constituyen su fundamento. (Ver cap.3).

- ¿Se advierten diferencias entre ESO y bachillerato en cuanto a presencia de dispositivos y carácter de sus exposiciones? ¿Y con los libros de texto del antiguo BUP? ¿Y con los manuales actuales de tecnología?

Llama la atención la fuerte pérdida de presencia en bachillerato. Así, en 4º de ESO el manual que más muestra es 26 dispositivos, con diferencia sobre los demás; en cambio, en 1º de bachillerato, 14. Las diferencias son más marcadas en cuanto a modalidades. En ESO las dos aparecen repartidas; en bachillerato la modalidad-a cae a un nivel mínimo. Los manuales de BUP prestan menor atención a los dispositivos. Su presencia se reduce casi a la mitad. En 4º de Tecnología el número es parecido a 4º de Física y Química, pero priman los sistemas frente a los aparatos individuales. (Ver cap.3).

- ¿Qué elementos estructurales muestran las exposiciones de los dispositivos? ¿Responden todas a los mismos componentes? ¿Qué ocurre si falta alguno de ellos?

En el estudio de las exposiciones se ha comprobado la presencia de tres elementos estructurales fundamentales: presentación (incluida la finalidad), fundamento y funcionamiento. Este último indica el mecanismo del aparato y está ligado al fundamento. En el análisis de las exposiciones es de gran ayuda la técnica de los mapas conceptuales para perfilar bien estos tres bloques. En exposiciones tipo-b especialmente no siempre están presentes los tres, pero cuando ocurre esto, la calidad se resiente. (Ver caps.4 y 5).

- ¿Cuál es el papel de las ilustraciones en la exposición de un dispositivo?

Las ilustraciones, no se han considerado elementos fundamentales, aunque sí son complementos de estos. Y, además, componentes importantes. Son esenciales en la presentación, en el caso de aparatos poco conocidos, y en el funcionamiento, para clarificar el mecanismo de actuación del aparato. Las fotografías y esquemas son un factor principal de la calidad de una exposición. (Ver caps. 4, 5 y 6).

- ¿Es posible valorar la calidad de la exposición de un dispositivo? ¿Cómo podría hacerse?

Se ha acometido esta tarea a través de los tres elementos componentes de cada exposición. Para ello se han confeccionado unas tablas de puntuación (1-5 puntos), por elementos, según diversos factores que pueden manifestarse en el discurso expositivo. El índice de calidad de la exposición del dispositivo se obtiene haciendo la media de los tres elementos. De este modo se han evaluado las de 4º de ESO y de 1º de bachillerato que teníamos localizadas. (Ver cap. 5).

- ¿Podría valorarse un manual respecto a las exposiciones de los dispositivos que presenta?

Tras obtener los índices de calidad de las exposiciones individuales, la siguiente tarea ha sido valorar cuantitativamente el manual que las contiene. En la puntuación final han intervenido, además de la calidad de las exposiciones (antes determinada), otros dos factores como son la abundancia y la modalidad de las mismas. Todo ello ha sido recogido en una sencilla fórmula. Al aplicarla, ha arrojado diversas puntuaciones a los manuales de 4º de ESO y 1º de bachillerato, las primeras superiores a las segundas (medias de 29.1 y 10.9, respectivamente). (Ver cap.5).

- ¿Cómo podrían elaborarse materiales de aula sobre dispositivos que respondieran a los intereses de los alumnos? ¿Es posible seguir una sistemática asequible?

Hemos diseñado un procedimiento sistemático que tiene en su base los tres elementos fundamentales, debidamente ordenados y dispuestos en una estructura que da cabida a otros elementos, como ilustraciones, niveles, redacción y

conocimientos previos de los alumnos sobre el dispositivo. Todo ello se apoya en la técnica de mapas conceptuales. Siguiendo el procedimiento, y para demostrar su idoneidad, se han elaborado documentos de aula de distintos niveles. (Ver cap.6).

- ¿Qué estrategias utilizar para elaborar un documento de aula asequible a los alumnos a partir de documentación de alto nivel sobre un dispositivo?

Puesto que normalmente la información recogida sobre un dispositivo está a un nivel superior al de los alumnos, se impone realizar una transposición didáctica. Se han comparado diversos documentos de alto nivel con los de nivel inferior de la misma temática y se han evidenciado diversas estrategias de transposición, como son: aclaraciones adicionales, supresión de información, tratamiento de información poco asequible, etc. (Ver cap.6).

- ¿De qué manera podría probarse la adecuación de los documentos elaborados al nivel de los alumnos receptores?

Para ello se ha repartido en el aula el documento fotocopiado y se ha explicado junto a los contenidos habituales, advirtiéndose que también va a ser materia de examen. En el examen se ha incluido una cuestión sobre el dispositivo, que, una vez evaluada, se compara con las demás. La nota media obtenida por los alumnos en la cuestión-dispositivo ha sido superior a la del resto de las cuestiones, lo que prueba la adecuación de los documentos elaborados. (Ver cap. 6).

7.4. CONCLUSIONES GENERALES

Ahora, como cierre de nuestra investigación, vamos a exponer las conclusiones generales que se infieren del trabajo realizado. Todas están vinculadas con los objetivos inicialmente propuestos (nos referimos a los objetivos concretos, no a los generales). Adelantándonos a la exposición de las conclusiones, mostramos en la tabla 7.1 la relación entre éstas y los objetivos de la tesis. Recordando estos objetivos (ap. 1.5) y considerando con detenimiento las conclusiones que siguen, no es difícil de comprender las conexiones establecidas en la tabla y, por ello, no merecen más comentario.

Objetivos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Conclusiones	1/2/3	1/4/5	2/5	6	7	7/8	8	9/11	10 /11	11/12

Tabla 7.1. Adscripción de las conclusiones a los objetivos de la tesis

Parte de las conclusiones han sido ya señaladas como conclusiones parciales en varios de los capítulos anteriores. Como ya se ha indicado, cada una se deriva de los resultados obtenidos en las acciones de investigación marcadas con el mismo número (ap. 7.2).

Conclusiones generales de la tesis:

* **1.** En el estudio realizado sobre los dispositivos tecnológicos cotidianos se ha comprobado que en manuales de Física y Química de 4º de ESO la presencia es moderada, pero cae bruscamente en 1º de bachillerato, donde lo académico se impone a lo contextual. En Tecnología de 4º de ESO es inferior a Física y Química del mismo curso, pues en Tecnología priman los sistemas frente a los dispositivos individuales.

* **2.** Entre los dispositivos que ofrecen los distintos manuales, suele aparecer un núcleo fijo de ellos y el resto variable, formado sobre todo por los más actuales. Se echa en falta algunos muy familiares al alumno y en cambio están presentes otros más espectaculares o de última generación.

* **3.** Entre las exposiciones mostradas, aproximadamente la mitad está centrada en el dispositivo (tipo-a), con especial atención a su funcionamiento. La otra mitad ofrece una información muy reducida (tipo-b) y se emplea en especial para ejemplificar la teoría que constituye su fundamento. En todo caso, suelen seguir una metodología de corte tradicional, con secuencias deductivas y siempre subordinadas a la teoría.

* **4.** La comparación de nuestros manuales de hoy con los de los años 70 (BUP) constata que el colectivo de aparatos mostrados cambia con el tiempo, acogiendo unos nuevos y eliminando otros por obsoletos. Asimismo es de señalar en la actualidad un mayor número de referencias y, por tanto, un mayor interés hacia

lo contextual. En cuanto a la metodología de exposición, lo mismo antes que ahora, se encuentra al servicio de la teoría.

* **5.** La frecuencia con que aparece un dispositivo está relacionada con dos factores. Uno es su conexión estrecha con un principio o ley (p.ej. el elevador con el principio de Pascal). Otro es el uso extensivo que la sociedad hace de él, reforzado, si es el caso, por su carácter innovador (p.ej. las placas fotovoltaicas). El primero justifica la permanencia en los manuales, de antes y de ahora, de algunos dispositivos tradicionales; el segundo avala la incorporación de los nuevos.

* **6.** El análisis de las exposiciones individuales muestra que suelen estar constituidas por tres elementos fundamentales: presentación y finalidad, fundamento, y funcionamiento. Este último en conexión con el fundamento. La omisión de alguno, que a veces sucede, conlleva pérdida de calidad explicativa. Otro elemento complementario de los anteriores, aunque de gran importancia, es el de las ilustraciones.

* **7.** Se ha puesto a punto un protocolo, validado por un grupo de expertos, para determinar la calidad de las exposiciones de manuales de 4º de ESO y 1º de bachillerato. Por elementos, la presentación es la que muestra una calidad mayor, seguida de cerca por el fundamento y a mayor distancia el funcionamiento. Las exposiciones de bachillerato muestran la misma tendencia que las de ESO pero con valores más bajos. La tendencia puede interpretarse como una inclinación a conectar con la vida diaria, pero sin recrearse mucho en ella.

* **8.** Se ha ideado un procedimiento para valorar los manuales respecto a los dispositivos que contienen. En su aplicación a 4º de ESO aparece la mayor parte de ellos más o menos igualado, alguno destacado y otro poco valorado. Se constata que manuales con exposiciones de calidad pueden obtener puntuaciones bajas, debido a otros factores que intervienen como la abundancia y la modalidad. En 1º de bachillerato las puntuaciones de los manuales son mucho más bajas y con mayores dispersiones, lo que puede deberse a su orientación academicista.

* **9.** Se han puesto de manifiesto las operaciones básicas que intervienen en la elaboración de documentos de aula sobre dispositivos y se han conectado

formando una estructura guía sobre la base de los tres elementos fundamentales de la exposición de un dispositivo.

* **10.** Se ha estudiado con detalle una de las operaciones básicas anteriores, cual es la transposición didáctica, poniendo de relieve varias estrategias de transposición frecuentemente utilizadas para adaptar un documento de alto nivel a otro de nivel básico, como son: supresión de información, aclaración adicional, tratamiento de información poco asequible, etc.

* **11.** Se han elaborado documentos de aula de aparatos tecnológicos, dirigidos a niveles diversos, mediante la estructura diseñada en base a los tres elementos fundamentales. Se ha comprobado la idoneidad de la estructura propuesta, de sus componentes y su secuenciación para el diseño de estos documentos.

* **12.** Los documentos así elaborados se ha llevado al aula y se han tratado en igualdad con los demás contenidos. Se ha constatado que el aprendizaje se realiza sin grandes obstáculos y los resultados de la evaluación son claramente positivos e incluso superiores a los del resto de los contenidos, lo que indica que los documentos preparados por el procedimiento indicado se adaptan bien a los alumnos.

7.5. PERSPECTIVAS ABIERTAS

La investigación realizada en esta tesis, aunque centrada en la presencia de los dispositivos tecnológicos cotidianos en el ámbito escolar, ha abarcado dominios diversos como su presencia en manuales, el análisis de sus exposiciones y la propuesta de elaboración de materiales de aula. Todos estos puntos, escasa o nulamente referidos en la literatura didáctica, han sido estudiados en nuestra investigación.

Al elegir como primera opción de nuestro trabajo el trazar una panorámica general en torno a los campos que hemos creído principales de la temática citada, hemos frenado a veces la posibilidad de introducirnos más a fondo en alguno de ellos y también en otros dominios aun inexplorados. Consecuentemente, en

ocasiones hemos llegado como máximo a registrar tendencias de acontecimientos o quedarnos a las puertas de otros nuevos.

Así, se han quedado abiertas perspectivas que podrían ser en el futuro objeto de investigación. Esbozamos alguna de ellas.

El material que hemos elaborado ha seguido una metodología de corte tradicional. Nos hemos situado en esa orientación, conscientes de que es la más desfavorable bajo el punto de vista didáctico, para no desentonar con la orientación mostrada por nuestros manuales y por tanto evitar introducir variables que hicieran dudosa las comparaciones que hemos llevado a cabo. Por ello se ha dejado abierta la tarea de indagar cómo elaborar materiales con orientaciones no tradicionales, como el aprendizaje por investigación o por resolución de problemas.

Igualmente, sería interesante profundizar en el análisis textual, estudiando las mejoras de las exposiciones, al menos de las que nosotros hemos elaborado, en aspectos de contenido, estructura organizativa, cohesión y estructura superficial. En consonancia con esta tarea y paralelamente a ella se podría considerar la comprensión del texto, incidiendo en características como decodificación, representación del significado, prerequisites para entender la información y coherencia del texto.

Otro posible campo de investigación lo constituyen los documentos sobre dispositivos que podemos encontrar en la web. Nuestro campo de estudio ha estado definido claramente según niveles escolares previamente fijados, lo que lleva consigo que el público receptor está igualmente bien definido y limitado. La ausencia de tales barreras en la web, junto a otras características adicionales, podría aportar rasgos no aparecidos en nuestro estudio de base.

Por otra parte, y seguimos en la web, esta ofrece formatos que rebasan el equivalente al del papel impreso. Nos referimos al formato video. Un campo sugestivo sería estudiar la exposición de dispositivos en este formato. ¿Bastaría para estudiarlos el esquema constituido por las tres elementos fundamentales? ¿Habría que modificar alguno de ellos? ¿Seguiría sirviendo el procedimiento de elaboración de documentos en papel para el formato video?

Por último, no habría que olvidar la perspectiva histórica. La eclosión de los dispositivos en los manuales alcanza un máximo, nunca superado, en la segunda mitad del siglo XIX. Sería de mucho interés efectuar, con las herramientas que hemos utilizado aquí, un estudio de esta época y realizar la comparación correspondiente con la época actual.

Así pues, el presente trabajo de investigación es muy rico por las perspectivas abiertas. Nosotros nos hemos impuesto en esta tesis unos límites que son los racionalmente exigibles en un trabajo de este tipo. Pero al menos hemos facilitado la posible tarea de profundización, suministrando el marco general de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.

Abril, A.M., Ariza, M.R., Quesada, A., García, F.J. (2014). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 22-33.

Acevedo, J.A. (1996). La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-44.

Acevedo, J.A. (1997). Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 10, 269-275.

Acevedo, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.

Acevedo, J.A. (2005a). TIMMS y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 282-301.

Acevedo, J.A. (2005b). Proyecto ROSE: Relevancia de la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 440-447.

Acevedo, P. y Acevedo, J.A (2002). Proyectos y materiales curriculares para la educación CTS: enfoques, estructuras, contenidos y ejemplos. *Bordón. Revista de pedagogía*, 54(1), 5-18.

Acevedo, J.A., Vázquez, A., Manassero, M.A., Acevedo, P. (2002). Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 1-27.

Acevedo, J.A., Vázquez A., Manassero, M.A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111.

Aguirre de Carcer, L. (1983). Dificultades en la comprensión de las explicaciones de los libros de texto de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(2), 92-98.

Aikenhead, G.S. (1987): "High-School graduates" beliefs about science-technology-society. III. The characteristics and limitations of scientific knowledge. *Science Education*, 71(4), 459-487.

Aikenhead G.S,(2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se llame. *Educación Química*, 16(2),114-124.

Álvarez Pérez, V.M. (1997). Argumentación y razonamiento en los textos de física de secundaria. *Alambique*, 11, 65-74.

Anderson, Ch., (2007). Perspectives on Science Learning in: Abell, S. and Lederman, N. (eds). *Handbook of Research on Science Education*, pp. 3-31.

Anderson, O. R. (1992). Some interrelationships between constructivist models of learning and current neurobiological theory, with implications for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(10), 1037-1058.

APU (Assessment of Performance Unit) (1984). *Science report for teachers*. Hatfield: ASE.

Aragón, M.M., Bonat, M., Oliva, J.M., Mateo, J. (1999). Las analogías como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 22, 109-116.

Aubusson, P. J., Harrison, A. G., & Ritchie, S. M. (Eds.). (2006). *Metaphor and analogy in science education*. Dordrecht: Springer.

Ausubel, D.P., Novak, J.D. y Hanesian, H. (1978). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas: México.

Ausubel, D.P., (2009). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Paidós. España.

Ballesteros, A., Cuevas, C., Giraldo, L., Martín, I., Molina, A., Rodríguez, A. y Vélez, U. (1997). *Mapas conceptuales: una herramienta para aprender*. Madrid: Narcea.

Banet, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254.

Barbero García, M.I., Vila Abad, E. y Suárez Falcón, J.C. (2003). *Psicometría*. Madrid: UNED.

Bell R.L., Smetana, L. and Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction: assessing the inquiry level of classroom activities. *Science Teacher*, 72(7), 30-33.

Bennett, J., Hogarth, S., y Lubben, F. (2003). *A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society STS approaches in the teaching of secondary science*. *Research Evidence in Education Library*. London: EPPI-Centre.

Bennett, J. y Lubben, F. (2007). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 999-1015.

Bennett, J., Lubben, F. y Hogarth, S. (2007). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370.

Brickman, P. Gormally, C. Armstrong, N. y Hallar, B. (2009) Effects of Inquiry-based Learning on Students' Science Literacy Skills and Confidence. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 3(2), 1-22.

Brotman, J.S., Moore, F.M. (2008). Girls and Science: A Review of Four Themes in the Science Education Literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9),971-1002.

Burden, J. (2005). Ciencia para el siglo XXI: un nuevo proyecto de ciencias para la educación secundaria en el Reino Unido. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 46, 68-79.

Bybee, R.W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Caamaño, A. (1995). La educación Ciencia-Tecnología-Sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de Ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3, 4-6.

Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En Jiménez Alexandre, M.P. (coord.). *Enseñar Ciencias*. Barcelona: Grao.

Caamaño, A. (Coord.) (2005). Contextualizar la ciencia. *Alambique*, 46, 5-107.

Caamaño, A. (2011a). Enseñar Química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21-34.

Caamaño, A. (2011b). Los trabajos prácticos en física y química: interpretar e investigar. En A. Caamaño (Coord.). *Didáctica de la física y la química*, pp. 143-167. Barcelona: Grao.

Caamaño, A. (2012). La investigación escolar es la actividad que mejor integra el aprendizaje de los diferentes procedimientos científicos. En Pedrinaci, E. (coord.), Caamaño, A., Cañal, P. De Pro, A. *11 ideas clave: El desarrollo de la competencia científica*. Barcelona: Grao.

Caamaño, A., Llopis, R., Martín Díaz, M.J. (coord.). (1999) . Proyecto Salters. *Cuadernos de pedagogía*, 281, 68-72.

Cajas, F. (1999). Public understanding of science: using technology to enhance school science in everyday life. *International Journal of Science Education*, 21(7), 765-773.

Cajas, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las ciencias*, 19(2), 243-254.

Cañal, P. y Criado, A. (2002). ¿Incide la investigación didáctica de las ciencias en el contenido de los libros de texto escolares? *Alambique*, 34, 56-65.

Cañas, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Eskridge, T., et al. (2004b). CmapTools: A knowledge modeling and sharing environment. En A. J. Cañas, J. D. Novak & F.M. González (Eds.), *Concept maps: Theory, methodology, technology. Proceedings of the first international conference on concept mapping* (Vol. I, pp. 125-133). Pamplona: Universidad Pública de Navarra.

Calatayud, M.L., Gil, D. y Gimeno, J.V. (1992). Cuestionando el pensamiento docente espontáneo del profesorado universitario: ¿Las deficiencias en la enseñanza como origen de las dificultades de los estudiantes? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 14, 71-81.

Calik, M., Alipasa, A. y Coll, R.K. (2009). Investigating the effectiveness of an analogy activity in improving Students' conceptual change for solution chemistry concepts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 651-676.

Campanario, J.M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.

Campanario, J.M. y Otero, J. (2000). La comprensión de los libros de texto. En J. Perales y P. Cañal (Dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (pp.141-164). Alcoy: Marfil.

Campbell, B., Lazonby, J., Nicholson, P., Ramsdem, J. and Waddington, D. (1994) Science: the Salters' Approach - a case study of the process of large-scale curriculum development. *Science Education*, 78 (5), 415-447.

Campbell, B. Y Lubben, F. (2010). Learning science through contexts: helping pupils make sense of everyday situations. *International Journal of Science Education*, 22(3), 239-252.

Carrascosa, J. (1995). Trabajos prácticos de Física y Química como problemas . *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5, 59-65.

Cheek, D.W. (Ed.) (1992). *Thinking constructively about science, technology, and society education*. Albany, NY: State University of New York Press.

Chevallard, Y. (1997). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. (3ª Ed.) Buenos Aires: Aique.

Coll, R.K. (2005). The role of models and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(3), 183-198.

Collins, A. (1997). National science education standards: looking backward and forward. *The Elementary School Journal*, 97(4), 299-313.

Costa, V. (1995). When science is “another world”: Relationships between worlds of family, friends, school, and science, *Science Education*, 79(3), 347-37

Cullen, J. (1990). Using concept maps in chemistry. An alternative view. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1067-1068.

Dagher, Z.R. (1995). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79(3), 295-312.

De Anta, G., Manrique del Campo, M.J. y Ruiz, M.L. (1995). Noticias para plantear problemas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5, 59-65.

De Jong, T. (2006a). Technological Advances in Inquiry Learning. *Science*, 312 (5773), 532-533.

De Jong, O. (2006b). Making chemistry meaningful: Conditions for successful context-based teaching. *Educación Química*, 17, 215-221.

De Pro, A. y Ezquerro, A. (2004). La enseñanza de la física: problemas clásicos que necesitan respuestas innovadoras. *Alambique*, 41, pp. 54-67.

Derbentseva, N., Safayeni, F., y Cañas, A. J. (2004). Experiments on the effect of map structure and concept quantification during concept map construction. In A.

J. Cañas, J. D. Novak y F. M. González (Eds.), *Concept maps: Theory, methodology, technology. Proceedings of the first international conference on concept mapping*. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.

P., Moallen, M., Dick, W. Y Kirby, E. (1994). How does the textbooks contribute to learning in a middle school science class? *Contemporary Educational Psychology*, 19(1), 79-100.

Driver, R. (1986a). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 3-15.

Driver, R. (1986b). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 13(1), 105-122.

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias. *Enseñanza de las ciencias* 6(2), 110-120.

Driver, R. y Bell, B. (1986) Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, 67, 443-456.

Driver, R. and Leach, J. (1993). A Constructivist View of Learning: Children's Conceptions and Nature of Science. *Journal NSTA: What Research Sys to the Science Teacher. The Science, Technology, Society Movement*, 7, 103-112.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning sciences. *Science Education*, 75, 649-672.

Dumás-Carré, A. (1987). *La resolution de problemes en Physique au Lycée*. París: Universidad de París, 7.

Durant, J.R. (1993). What is scientific literacy? En J.R Durant and J. Gregory (Eds.), *Science and culture in Europe*, 129-137. London: London Science Museum.

Eder, M. (2005). La explicación en la enseñanza y en las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias. Numero extra. VII congreso*, 1-5.

Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.

Eurydice , Agencia Ejecutiva en el Ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural. (2011). *La enseñanza de las ciencias en Europa: políticas nacionales, prácticas e investigación*. España: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Centro Nacional de Innovación e Investigación Educativa.

En red: <http://eacea.ec.europa.eu/educacion/eurydice>

Feinstein, N. (2009). Prepared for what? Why Teaching “Everyday Science” Makes sense. *Phi Delta Kappan*, June 2009, 762-766.

Fensham, P.J. (1985). Science for all: A reflective essay. *Journal of Curriculum Studies*, 17(4), 415-435.

Fensham, P.J. (1995). Science for all: Theory into practise. *Educación química*, 6(1), 50-54.

Fernández, J., González, B., Moreno, T. (2003). Las analogías como modelo y como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 35, 82-89

Fernández-González, M. (2008). Ciencias para el mundo contemporáneo. Algunas reflexiones didácticas, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 5(2), 185-199.

Fernández-González, M., Jiménez-Granados, A. (2013). La química cotidiana en documentos de uso escolar: análisis y clasificación. *Educación Química* 25(1), 7-13.

Fernández-González, M. & Torres-Gil, A.J. (2006). Los dispositivos tecnológicos cotidianos como objetos de enseñanza. En A. L. Cortés & M. D. Sánchez (Eds.), *XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (18, 1-8). Zaragoza. España.

Ferreira-Gauchía, C., Vilches, A., Gil-Pérez, D. (2012). Concepciones acerca de la naturaleza de la tecnología y de las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la educación tecnológica. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), 197-218.

Francisco, J.S., Nakhleh, M., Nurrenberg, S.C. and Miller, M.L. (2002). Assessing Student Understanding of General Chemistry with Concept Mapping. *Journal of Chemical Education*, 79(2), 248-257.

Furió, C., (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la química. Una cuestión controvertida. *Educación Química*, 17, 222-227.

Galakowsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.

García, A., Criado, A. (2011). Física de semiconductores en la enseñanza básica de la electrónica: primeros pasos de un proceso de transposición didáctica. *Enseñanza de las ciencias*, 29(1), 89-100.

Garrett, R.M. (1986): Problem Solving and Creativity in Science Education. *Studies in Science Education*, 13, 70-95.

Garrett, R.M. (1995). Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 5. 6-15.

Garrido, J.M., Perales, F.J., Galdón, M. (2008). *Ciencia para educadores*. Madrid: Pearson.

Garritz, A. (2005). Ciencia para todos. Un proyecto que dura ya 20 años. *Educación química*, 16(1), 2-5.

George, R (2007) A cross-domain analysis of change in students' attitudes toward science and attitudes about the utility of science. *International Journal of Science Education*, 28 (6), 571–589.

Gil, D. (1987). Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.

Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 11, 197-212.

Gil, D. (1994a). Relaciones entre el conocimiento escolar y el conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, 17-32.

Gil, D. (1994b). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las ciencias*, 12 (2), 154-164.

Gil, D. y Valdés, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las ciencias*, 14(2), 155-163.

Gil, D. y Vilches, A. (1999). Problemas de la educación científica en la enseñanza secundaria y la universidad.: contra las evidencias. *Revista Española de Física*, 13(5), 10-15.

Gil, D. y Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la escuela*, 43, 27-37.

Gilbert, J.K. and Boulter C. (Eds.) (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.

Glynn, S.M. (1995). Conceptual bridges: Using analogies to explain scientific concepts. *The Science Teacher*, 62(9), 25-2

Glynn, S.M. (2007). Methods and strategies. The Teaching-With-Analogies Model. *Science and Children*, 44(8), 52-55.

Glynn, S. M. (2008). Making science concepts meaningful to students: Teaching with analogies. In S. Mikelskis-Seifert, U. Ringelband, & M. Brückmann (Eds.), *Four decades of research in science education: From curriculum development to quality improvement* (113-125). Münster, Germany: Waxmann.

Glynn, S.M., Duit, R., Thiele, R. (1995). Teaching with analogies: a strategy for constructing knowledge. En Glynn, S. and Duit, R. (Eds.) *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice* (247-263). Mahwah, N.J.: Erlbaum.

González, B. (2005). La analogía y su presentación en los libros de texto de ciencias de educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII Congreso, 1-7.

González, F.M. (1992). Los mapas conceptuales de J.D. Novak como instrumentos para la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 10: 148-158.

González, F. e Iráizoz, N. (2001). Los mapas conceptuales y el aprendizaje significativo. *Alambique*, 28, 39-51.

Guisasola, J. y De la Iglesia, R. (1997). "Erein projektua": proyecto de ciencias para la ESO basado en el planteamiento de situaciones problemáticas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 13, 83-93.

Graesser, A.C., León J.A., & Otero, J. (2002). Introduction to the psychology of science text comprehension. En J. Otero, J.A. Leon, y A.C. Graesser (Eds.), *The psychology of science text comprehension* (pp. 1–15). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Gómez, M.A., (2005). La transposición didáctica, historia de un concepto. *Revista latinoamericana de Estudios Educativos*, 1, 83-115.

En línea en

http://200.21.104.25/latinoamericana/downloads/Latinoamericana1_5.pdf

Gómez, J.P. y Molina, A. (1999). *Potenciar la capacidad de aprender y pensar. Modelos mentales y técnicas de aprendizaje-enseñanza*. Madrid: Narcea.

Griffin, P. y Cole, M. (1984), Current activity for the future: the zo-ped. En Rogoff, B. y J. V. Wertsch (eds.) *Children's Learning in the "Zone of Proximal Development"*, *New Directions for Child Development*. San Francisco: 23, Jossey-Bass (pp. 45-64).

Gutiérrez, R. (1987). Psicología y aprendizaje de las ciencias. El modelo de Ausubel. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), 118-128.

Haglund, H. (2013). Collaborative and self-generated analogies in science education. *Studies in Science Education*, 49(1), 35-68.

Halbwachs, F. (1977). Historia de la explicación en física. En J. Piaget. *La explicación en las ciencias* (pp. 74-101). Barcelona: Martínez-Roca.

Hewson, P.W. Y Beeth, M.E. (1995). Enseñanza para un cambio conceptual: Ejemplos de fuerza y movimiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 25-35.

Hewitt, P.G.(1999). *Física Conceptual*. México: Addison Wesley Longman.

Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education, *International Journal of Science Education* 14, (5), pp. 541-562.

Hodson, D. y D.J. Reid (1988). Science for all: motives, meanings and implications. *School Science Review*, 69, 653-661.

Hofstein, A. and Lunetta, V.N. (2003). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28-53.

Izquierdo, M., Rivera, L. (1997) La estructura y comprensión de los libros de ciencias. *Alambique*, 11, 24-33.

Jiménez, J.de D., Hoces Prieto, R. y Perales, F.J. (1997). Análisis de los modelos y los grafismos utilizados en los libros de texto. *Alambique* 11, 75-85.

Jiménez, J.D.(2000). El análisis de los libros de texto. En J. Perales y P. Cañal (Dirs.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (pp.141-164). Alcoy: Marfil.

Jiménez-Liso, R., López-Gay, R. (2010). Química y cocina: del contexto a la construcción de modelos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 65, 33-44.

Jiménez-Liso, R., Sánchez, M.A., de Manuel, E. (2002). Química cotidiana para la alfabetización científica: ¿Realidad o utopía? *Educación química* 13(4), 259-266.

Johnson, D.R., Johnson, R. T. y Holubec, E.J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós.

Johnson, D., Maruyama, G., Johnson, R., Nelson, D., y Skon, L. (1981). The effects of cooperative, competitive and individualistic goal structure on achievement: A metaanalysis. *Psychological Bulletin*, 89, 47-62.

Klahr, D. y Nigam, M. (2004). The equivalence of Learning Paths in Early Science Instruction: Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. *Psychological Science*, 15 (10), 661-667.

Klein, D., Piacente-Cimini, S. Williams, L.A. (2007). The role of writing of learning from analogies. *Learning and Instruction*, 17,6, 595-611.

Kemp, A.C. (2002). Implications of diverse meanings for "scientific literacy". Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Charlotte, NC. En P.A. Rubba, J.A. Rye, W.J. Di Biase y B.A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science* (pp. 1202-1229).

Kerlinger, F. (1986). *Investigación del comportamiento* (3ªed.). México: Interamericana.

Kuhn, T.S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México DF: FCE.

Laugksch, R.C. (2000). Scientific Literacy: a conceptual overview. *Science Education*, 84 (1), 71-94.

Layton, D. (1993). *Technology's Challenge to Science Education*. Bristol: Taylor & Francis.

Macaulay, D. (1988). *The way things work*. London: Dorling Kindersley.

Marbá-Tallada, A.; Márquez, C. (2010), ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de ESO. *Enseñanza de las ciencias*, 28(1), 19-30.

Marco-Stiefel, B. (1997). La alfabetización científica en la frontera del 2000. *Kikirikí. Cooperación Educativa*, 44/45, 35-42.

Marco-Stiefel, B. (2000). La alfabetización científica. En J. Perales & P. Cañal (Dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (pp.141-164). Alcoy: Marfil.

Marco-Stiefel, B.(2003). La ciencia y la tecnología escolar en el marco de las nuevas alfabetizaciones. *Alambique*, 38, 21-22.

Membiela, P. (1995). Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Experimentales. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3, 7-11.

Membiela, P. (1997). Alfabetización científica y ciencia para todos en la educación obligatoria. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 13, 37-44.

Membiela, P. (Ed.) (2001). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva CTS*. Madrid: Narcea.

Membiela, P. (ed.) (2002). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea S.A. de ediciones.

Membiela, P. (2005). Reflexión desde la experiencia sobre la puesta en práctica de la orientación Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza científica. *Educación química*, 16(3), 404-409.

Millar R.(2012). The Presidential Address 2012: Rethinking science education. *School Science Review*, 93(345), 21-30.

Minner, D., Levy, A. and Century, J. (2009). Inquiry-Based Science Instruction- ¿What is it and does it matter? Results from a Research Synthesis Years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*. 47(4), 474-496.

Ministerio de Educación y Ciencia (2007a). Real Decreto 1631/2006 por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. B.O.E., 5, 05-01-2007. Madrid: M.E.C.

Ministerio de Educación y Ciencia (2007b). Real Decreto sobre enseñanzas mínimas del bachillerato. B.O.E. nº266 de 06-11-2007. Madrid: M.E.C.

Ministerio de Educación y Ciencia (2012). PISA 2012. Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe Español. En línea: <http://www.mecd.gob.es/inee>, 196-203.

Moles, A. (1992). Pensar en línea, pensar en superficie. En J. Costa y A. Moles (Dir.) *Imagen Didáctica. Enciclopedia del Diseño*. Barcelona: CEAC.

Morales Pérez, R.W. y Manrique Rodríguez, F.A. (2012). Formación de profesores de química a partir de la explicación de fenómenos cotidianos: una propuesta con resultados. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 9(1), 124-142.

Moreira, M.A. (1998). Mapas conceptuales y aprendizaje significativo. *Cadernos do Aplicação*, Porto Alegre, 11(2): 143-156, 1998. Instituto de Física, UFRGS, Brasil

Moreira, M.A. y Buchweitz, B. (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

Nielsen, H. y Thomsen, P.V. (1985-88). Physics in upper secondary schools in Denmark, I-III. *European Journal of Science Education*, 7(1), 95-106 y 8(3), 315-324. *International Journal of Science Education*, 10(2), 189-202.

Novak, J.D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or appropriate propositional hierarchies (liphs) leading to empowerment of learners. *Science Education*, 86(4), 548-571.

Novak, J.D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in science teaching*, 27(10), 937-949.

Novak, J. D. y A. J. Cañas (2006). *La Teoría Subyacente a los Mapas Conceptuales y Cómo Construirlos, Reporte Técnico IHMC CmapTools 2006-01*. Florida Institute for Human and Machine Cognition. Disponible en: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>

Novak, J.D. y Gowin, D.B (1988): *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca

OCDE (2005). *La definición y selección de competencias clave. Resumen ejecutivo*. Switzerland: Organization for Economic Cooperation and Development. Versión en español en: <http://www.deseco.admin.ch/>

Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., McGillicuddy, K. (1998). *Formas de Explicar. La enseñanza de las ciencias en Secundaria*. Madrid: Santillana.

Olartecoechea, C. (2003). Tecnología y Ciencia: Interdisciplinariedad y vinculación con el mundo de las ocupaciones. *Alambique* 38, 42-48.

Oliva, J.M. (2003). Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(1), 31-44.

Oliva, J.M., Acevedo, J.A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 2(2), 241-250.

Oliva, J. y Aragón, M.M. ,(2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 195-208.

Oliva , J.M., Aragón, M.M., Bonat, M. Y Mateo, J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo Cinético-Molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 429-444.

Oliva , J.M., Aragón, M.M., Mateo, J. y Bonat, M.(2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 2001, 19(3), 453-470.

Oliva, J.M., Navarrete, A. y Azcárate, P. (2007). Models of teaching Nith analogies as a resource in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 29(1), 45-66.

Osborne, J.F. (1996). Beyond constructivism. *Science Education*, 80, pp. 53-82.

Osborne, J. and Collins, S., (2000). *Pupils' and Parents' views of the scholl science curriculum*. London: King's College London.

Osborne, J. F. y Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London: Nuffield Foundation.

Osborne J., Simon, S. y Collins, S. (2003) Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, vol. 25, nº 9, 1049-1079.

Parcerisa, A. (1996). *Materiales curriculares, cómo elaborarlos, seleccionarlos y usarlos*. Barcelona: Grao. Biblioteca de Aula.

Perales, F.J., (2000). La resolución de problemas. En J. Perales y P. Cañal (Dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (pp.141-164). Alcoy: Marfil.

Perales, F.J. (2000). *Resolución de problemas*. Madrid: Síntesis Educación.

Perales, F.J., y Jiménez, J.D. (2002). Ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369-386.

Perales, F.J. y Jiménez, J.de D. (2004). Las ilustraciones en los libros de física y química de la E.S.O. En J. Gil (Coord.), *Educación abierta. Aspectos didácticos de física y química*, pp. 11-65. Zaragoza; ICE de la Universidad de Zaragoza.

Perales, F.J., Vilchez, J.M. y Sierra, J.L. (2004). Imagen y educación científica. *Cultura y Educación*, 16(3), 289-304.

Plana, O. ,Caamaño, A., Enrech, M., Pont, J., Puello, L. (2005). La física Salters: un proyecto para la enseñanza de la física en el bachillerato. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 46, 93-102.

Piaget, J. (1981) *Psicología y Epistemología*. Barcelona:Ariel.

Pilot, A. y Bulte, A.M.W.(2006). Why Do You “Need to Know”? Context-based education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 953-956.

Pontes Pedrajas, A. (2012). Representación y comunicación del conocimiento con mapas conceptuales en la formación del profesorado de ciencia y tecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 9(1), 106-123.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-27.

Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A. (1998) *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.

Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A., Limón, M. Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescents sobre la química*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia C.I.D.E.

Preszler, R. W. (2004). Cooperative concept mapping improves performance in biology. *Journal of College Science Teaching*, 33, 30-35.

Rahm, J. (2004). Multiples modes of meaning-making in a science center. *Science Education*, 88(2), 223-247.

Ramsden, J. M. (1994). Context and activity-based science: some teachers' views of the effects on pupils. *School Science Review*, 75, 7-14.

Raviolo, A. y Garritz, A. (2009), Analogies in the teaching of chemical equilibrium: a synthesis/analysis of the literature, *Chemistry Education: Research and Practice*, 10(1), 5-13.

Reid, N. (2006). Thoughts on attitude measurement. *Research in Science and Technological Education*, 24(1), 3-27.

Reid, D.V. y Hodson, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.

Resnick, L.B. (1983). Mathematics and Science Learning: a new conception. *Science*, 220, 477-478.

Ritchie, S.M., Tobin, L. And Hook, K.S. (1997). Teaching referents and the warrants used to test the viability of student's mental models: ¿Is there a link? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), 223-238.

Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walwerg-Henriksson, H., Hemmo, V. (2008). Enseñanza de las ciencias ahora: Una nueva pedagogía para el futuro de Europa. *Alambique*, 55, 104-117.

Rodrigo, M.J. y Cubero, R., (2000). Constructivismo y enseñanza de las ciencias. En J. Perales y P. Cañal (Dir.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (pp.141-164). Alcoy: Marfil.

Roth, W.M. (1997). From Everyday Science to Science Education: How Science and Technology Studies Inspired Curriculum Design and Classroom Research. *Science and Education*, 6, 373-396.

Rubba, P.A, Randall, L.W. (1988). Goals and Competencies for Precollege STS Education: Recommendations Based upon Recent Literature in Environmental Education. *The Journal of Environmental Education*, 19, 4, 38-44.

Ruiz-Primo, M.A., Shavelson, R.J. (1996). Problems and Issues in the Use of Concept Maps in Science Assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (6), 569-600.

Sánchez, M. A., Jiménez, M. R. y De Manuel, E. (2001), La vida cotidiana en los libros de texto de secundaria: Contenidos relacionados con las reacciones químicas, *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 63-64.

Sanjosé V., Solaz, J.J., Vidal-Abarca, E. (1993). Mejorando la efectividad instruccional del texto educativo en ciencias: primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 137-148.

Sanmartí, N. (1997). Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de ciencias. *Alambique*, 12, 51-61.

Sanmarti, N. (2002). *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*, pp. 11-29. Madrid: Síntesis, S. A.

Sanmartí, N. , Conxita Márquez, C., García, P., (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de Innovación Educativa*, 113-114, 8-14.

Sanmartín, J. y Luján, J.L. (1992). Educación en ciencia, tecnología y sociedad. En J.Sanmartín et al. (Eds.): *Estudios sobre ciencia y tecnología*. Barcelona: Anthropos.

Serway, R. y Jewett, J.(2005). *Física para ciencias e ingenierías*. Sexta edición, volumen II. Madrid: Ediciones Paraninfo.

Solarte, M.C. (2006). Los conceptos científicos presentados en los textos escolares: son consecuencia de la transposición didáctica. *Revista ieRed: Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa*, 1, 4.

En línea en: <http://revista.iered.org/v1n4/pdf/csolarte.pdf>

Solbes, J. (2003). Las complejas relaciones entre ciencia y tecnología. *Alambique*, 38, 8-20.

Solbes, J. (2011). ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? *Alambique*, 67, 53-61.

Solbes, J., Ríos, E. (2003). Relaciones CTS, punto de encuentro entre la ciencia y la tecnología. *Alambique*, 38, 62-70.

Solbes, J. y Vilches, A. (1997). STS Interaction and the Teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81, pp. 377-386.

Solbes, J. Montserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117.

Sjøber, S., y Screiner, C. (2005). How do learners in different cultures relate to science and technology? Results and perspectives from the project ROSE. *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 6(2), 1-16.

Solbes, J., Vilches, A. (2005). Las Relaciones CTSA y la formación ciudadana. En Membiela, P. y Padilla, Y. (ed.) (2005). *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI*. Colección Enseñanza de las Ciencias. Vigo: Educación Editora. En línea en: <http://webs.uvigo.es/educacion.editora/docs/RetosyperspectivasCTS.pdf>

Soler, V. (2002). El problema de la imagen en la enseñanza de la física. *Alambique*, 32, 99-100.

Sutman, F. and Bruce, M. (1992). Chemistry in the community ChemCom: a five-year evaluation. *Journal of Chemical Education*, 69, 564-567.

Thiele, R.B. and Treagust, D.F. (2005). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17(6), 1995.

Torp, L. Y Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: problem-based learning for K-16 Education*. Alexandria, USA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Van Dijk, T.A. (1980). *Macrostructures. An interdisciplinary study of global structures in discourse, interaction and cognition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Van Dijk, T.A. y Kintsch, W. (1983). *Strategies of Discourse Comprehension*. New York: Academic Press.

Vázquez, A., Acevedo Díaz, J.A., Manassero, M.A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia un educación científica humanística. *Revista Eureka sobre la enseñanza de las ciencias*, 4(2).

Vázquez A. y Manassero, M.A. (2004). Imagen de la ciencia y tecnología al final de la educación obligatoria. *Alambique*, 38, 62-70.

Vázquez, A. y Manassero, M.A (2008) El Declive de las Actitudes Hacia la Ciencia de los Estudiantes: Un Indicador Inquietante para la Educación Científica, *Revista Eureka. Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), pp. 274-292.

Verret, M. (1975). *Le temps des études*, París: Librairie Honoré Champion.

Vilches, A., Solbes, J., Gil, D.,(2004). Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos. *Alambique*, 41, 89-98.

Vollmer, M. (2004). Physics of the microwave oven. *Physics Education*, 39(1), 74-81.

Vygotsky, L. (2009). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*.(3ª Ed). Barcelona: Crítica.

Wellington, J. (2001). School textbooks and Reading in science: looking back and looking forward. *School Science Review* 82(300), 71-81.

Watson, J.R. y Caamaño, A. (1994). Diseño y realización de investigaciones en las clases de ciencias. *Alambique*, 2, 57-65.

Wood, D. J., Bruner, J. S., y Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychiatry and Psychology*, 17(2), 89-100.

Xiufeng, L. (2004). Using Concept Mapping for Assessing and Promoting Relational Conceptual Change in Science. *Science Education*, 88(3), 373-396.

LIBROS DE TEXTO REVISADOS

4º ESO. Física y química

- Andrés, D., Antón, J.L. y Barrio, J. (2008). *Física y Química*. Madrid: Editex.
- Arróspide, M.C. y Manuel, M.M. (2008). *Física y Química 4*. Madrid: Edelvives.
- Cañas, A., Viguera, J.A. y Puente, J. (2008). *Física y Química 4 ESO*. Madrid: SM.
- Cardona, A., García, J.A., Peña, A., Pozas, A. y Vasco, A.J. (2008). *Física y Química. 4º ESO. Andalucía*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Fontanet, A. Martínez de Murguía, M.J. (2008). *Ergio. Física y Química*. Barcelona: Vicens Vives.
- Jiménez, R. y Torres, P.M. (2008). *Física y Química 4º ESO*. Madrid: Bruño.
- Píñar, I. (2008). *Física y Química 4º de ESO. Proyecto Ánfora*. Estella (Navarra): Oxford.
- S. Balibrea, M. Reyes, J.M. Vílchez, A. Álvarez, A. Sáez (2008). *Física y Química 4º*. Madrid: Anaya.
- Valdés, J., Fidalgo, J.A., Fernández, M.R. y Salas, R. (2008). *Física y Química 4º ESO. Proyecto Neutrón*. León: Everest.
- Vidal, M.C. y De Prada, F. (2008). *Física y Química 4º*. Madrid: Santillana.

1º bachillerato. Física y química

- Andrés, D.M., Antón, J. L. y Barrio, J. (2008). *Física y Química 1º Bachillerato*. Madrid: Editex.
- Arróspide, C. y Píñar, M.I. (2008). *Física y Química 1º Bachillerato (Ciencia y Tecnología)*. Madrid: Edelvives.
- Ballesteros, M. y Barrio, J. (2008). *Física y Química 1º Bachillerato*. Proyecto Tesela. Estella (Navarra): Oxford.

Cardona, A. R., García, J. A. , Martín R., Peña, A. y Pozas A. (2008). *Física y Química 1º Bachillerato*. Madrid: Mc. Graw Hill Interamericana de España.

Del Barrio, J. I., Puente, J., Caamaño, A. y Agustench, M. (2008). *Física y Química 1º*. Madrid: SM.

Fidalgo, J. A. y Fernández, M. R. (2008). *Física y Química 1º Bachillerato*. León: Everest.

Martínez de Murguía, M.J. y Fontanet, A. (2008). *Física y Química 1º*. Barcelona: Vicens Vives.

Sauret, M. y Soriano, J. (2008). *Física y Química Bachillerato*. Madrid: Bruño.

Vidal, M.C., Barradas, F. y Valera, P. (2008). *Física y Química. Bachillerato*. Madrid: Santillana.

Zubiaurre, S., Arsuaga, J.M., Moreno, J. y Garzón, B. (2008). *Bachillerato. Física y Química*. Madrid: Anaya.

2º BUP. Física y química

Cacho, F., Portela, I., Rubio, E. y Suárez, M.A. (1976). *Física y Química. 2º BUP*. Madrid: Santillana.

Aguilar Peris, J. y Garzón, J.L. (1976). *Física y Química. 2º BUP*. Madrid: Anaya.

Martínez Lorenzo, A. (1976). *Física y Química. 2º BUP. Enlace*. Madrid: Bruño.

Fidalgo, J.A. (1976). *Física y Química. 2º BUP*. León: Everest.

Lasheras, A.L. y Carretero, M.P. (1976). *Física y Química. 2º BUP. Positrón*. Barcelona: Vicens Vives.

Olarte, M.A., Lowy, E., Robles, J.L., Hidalgo, M. (1985). *Física y Química. 2º BUP*. Madrid: SM.

3º ESO. Tecnología

Gonzalo, R. E. Rodrigo, E. Salvador, S., García, P., Martínez, J. Ferro, P. y Yebes, E. (2007). *Tecnologías 3º*. Madrid: Anaya.

Martín, L., García, J.J., Toledo, L.C. y Carrascal, A. (2007). *Tecnologías-II*. Madrid: SM.

Redal, E.J., Armada, M., Blázquez, A.J. y otros. (2007). *Tecnologías 3º ESO*. Madrid: Santillana.

4º ESO. Tecnología

Armada, M. y Blázquez, A.J. (2008). *Tecnología 4º ESO*. Madrid: Santillana

Martín, L., Carrascal, A., Gallego, F., Barbado, C., García, J.J., Ruiz, P. y Bermúdez, A. (2008). *Tecnología 4º*. Madrid: SM.

R. Gonzalo, E. Rodrigo, S. Salvador, P. García, J. Martínez, P. Ferro y E. Yebes (2008). *Tecnologías 4º*. Madrid: Anaya.

ANEXOS

ANEXO 1. INFORMACIÓN PARA EXPERTOS DE EXPOSICIONES DE DISPOSITIVOS

ELEMENTOS QUE COMPONEN UNA EXPOSICIÓN

Elemento	Responde a	Se concreta en	Expresado en términos
Presentación + Finalidad	<i>¿Qué es?</i> <i>¿Para qué sirve?</i>	Descripción del aparato Misión del aparato	Prácticos
Fundamento	<i>¿Por qué funciona?</i>	Fenómeno, ley/principio, agente	Teóricos
Funcionamiento	<i>¿Cómo funciona?</i>	Actividad de los componentes	Teóricos y prácticos

- Presentación (*¿Qué es?*). Da idea de qué es el aparato y describe de modo abreviado lo más fundamental del mismo. Es conveniente mencionar los componentes esenciales (y retomarse en acción en el funcionamiento). Si el dispositivo es poco habitual (p.ej. el aerodeslizador) debe ir acompañado de una ilustración. Pero en caso de aparatos muy conocidos, la presentación puede obviarse.

Dentro de la presentación hemos incluido la finalidad (*¿para qué sirve?*), ya que forma parte de la descripción del dispositivo. Indica la misión del mismo, es decir, el fin práctico que produce al actuar. Ha de verse bajo el punto de vista del usuario (*¿para qué lo compra?*). Por ejemplo, la finalidad del micrófono es recoger el sonido; los frenos ABS sirven para mantener el control del vehículo al frenar. Viene, por tanto, expresado en términos prácticos. La finalidad es particular del aparato, aunque otros pueden tener la misma.

- Fundamento (*¿Por qué funciona?*). Es el elemento teórico que explica el funcionamiento del aparato. Puede residir en alguna característica del agente que lo hace funcionar (p.ej. la fuerza expansiva del vapor), en un fenómeno (p.ej. el efecto fotoeléctrico), o en un principio (p.ej. la transformación de la energía). Tiene carácter

general ya que puede ser el sostén teórico de muchos y diferentes aparatos, fenómenos o procesos. Habitualmente el fundamento del dispositivo viene dado por la teoría estudiada en el mismo apartado que lo incluye.

- Funcionamiento (¿Cómo funciona?). Justifica, con base en el fundamento, la actuación del aparato. Se establece una conexión de lo teórico con lo real, al ser aplicada la teoría (el fundamento) a un caso particular (el dispositivo y su funcionamiento). Por ejemplo, en la máquina de vapor el foco caliente se concreta en la caldera, el foco frío en el entorno y el trabajo en el del movimiento del pistón, explicándose, además, cómo esta disposición produce movimiento.

Es evidente, además, que en la mayor parte de los casos, para explicar el funcionamiento del aparato, se hace necesario reseñar los componentes. Así pues, el funcionamiento indica y justifica la actuación conjunta de los componentes del aparato, es decir, el mecanismo del mismo.

ORIENTACIONES PARA EVALUAR LOS ELEMENTOS

Una vez leída detenidamente la exposición de un dispositivo se inicia su análisis y valoración. Debe tenerse en cuenta que todas las exposiciones que van a presentarse están tomadas de libros de 4º de ESO y van dirigidas a alumnos de este nivel. A este fin hemos propuesto unas puntuaciones de 1 a 5, orientativas para cada elemento (presentación, fundamento, funcionamiento). En ocasiones comprende una horquilla de estas y entonces habrá que decidir en función del grado en que muestra la característica señalada.

No buscar una separación nítida entre los elementos componentes, ni tampoco una secuencia de exposición igual a la seguida. Para cada elemento es conveniente leer cada vez el texto completo.

A veces algún fragmento puede ser atribuido a dos elementos diferentes. Esto ocurre porque en el desarrollo se encuentran solapados y por ello la información puede considerarse perteneciente a uno y otro. Pero no importa que se valore doblemente, pues se trata de casos en que esta información suele ser esencial y de gran importancia.

Presentación

- Ausencia de presentación: 1 punto.
- Ausencia de presentación, pero el dispositivo es muy familiar: 3 puntos.

Si el dispositivo no es familiar comprobar:

- Descripción+ilustración. Comprobar si se muestra una mínima descripción del mismo, o se señala alguna característica definitoria (p.ej. Aerodeslizador: “vehículo que se sostiene en el aire”). La ilustración, indispensable si el aparato no es familiar, puede ser una fotografía o un dibujo. Sólo descripción+ilustración: 2 puntos.

- Finalidad. Ver si se indica para qué sirve. Sólo finalidad: 2 puntos.
 - Completa y clara: 3-5 puntos, dependiendo del grado de ambos factores.
- * Añadir 1 punto (máx.) si se señala explícitamente algún rasgo semejante o diferente con dispositivos parecidos (salvo que ya haya obtenido 5 puntos).

PRESENTACIÓN	1	2	3	4	5
Ausencia	1				
Sólo descripción + ilustración		2			
Sólo finalidad		2			
Sin presentación pero muy familiar			3		
Completa y razonablemente clara			3	4	5

Fundamento

Es la teoría en que se basa el aparato. Lo más habitual es que se encuentre en el libro antes de la exposición propiamente dicha del dispositivo.

- Ausencia: 1 punto.
- Incompleto: 2-3 puntos.

Un caso frecuente es que aparezca sólo la mención del agente: 2 puntos.

- Confuso/Poco accesible: 1-2 puntos. Cuando hay peligro de que el alumno no comprenda debido a:

Confuso: explicación y/o esquema poco claro (o contradictorios entre sí).

Poco accesible: debido a un nivel inapropiado, o a exceso de contenidos.

- Incompleto + Confuso/ Poco accesible: 1-2 puntos.

- Completo y claro: 3-5 puntos, dependiendo del grado de ambos factores.

* Si hay errores, restar, dependiendo de su importancia, hasta 2 puntos

FUNDAMENTO	1	2	3	4	5
Ausencia	1				
Incompleto		2	3		
Confuso/Poco accesible	1	2			
Incompleto + Confuso/Poco accesible	1	2			
Completo y razonablemente claro			3	4	5

Funcionamiento

Hace referencia al mecanismo o proceso que tiene lugar, apoyándose en los componentes o partes del dispositivo. A veces una parte de la presentación o una parte del fundamento puede ser también considerada como funcionamiento. Comprobar pensando sobre todo si el alumno puede o no comprender bien.

- Ausencia: 1 punto.

- Confuso: 1-2 puntos. Si texto o esquema son poco claros, con nivel impropio, recargados, o sin correspondencia entre ambos.

- Incompleto: 1-3 puntos. Si en el texto faltan explicaciones cuando éstas son asequibles, o si en un esquema faltan componentes esenciales.

Un caso particular es la ausencia de esquema cuando es imprescindible: 1-2 puntos.

- Confuso + Incompleto: 1-2 puntos.

- Completo y claro: 3-5 puntos, dependiendo del grado de ambos factores.

* Si hay errores (en texto o esquema), restar, dependiendo de su importancia, hasta 2 puntos.

FUNCIONAMIENTO	1	2	3	4	5
Ausencia	1				
Confuso (texto o esquema)	1	2			
Incompleto (texto o esquema)	1	2	3		
Confuso + Incompleto	1	2			
Completo y razonablemente claro			3	4	5

ANEXO 2. MATERIALES PARA LA EVALUACIÓN POR EXPERTOS. FASE 1ª

(Todas las exposiciones que van a presentarse se han tomado de manuales de 4º de ESO y van dirigidas a alumnos de ese nivel)

AERODESLIZADOR

Análisis.-

El párrafo [1] corresponde esencialmente a una **presentación** del dispositivo, con un resumen abreviado de lo más fundamental del mismo. Puesto que es poco conocido, procede comenzar aclarando que se trata de un vehículo marítimo. Se aprecia igualmente un avance de funcionamiento y finalidad. El primero (“se sostiene...*gracias a un chorro de aire que lanza contra la superficie*”) se repetirá en [3]. En cuanto a la **finalidad**, se cita aquí y se completa en [3]: es un vehículo que sirve para el transporte marítimo de pasajeros a gran velocidad.

En [2] vemos sin ambigüedad el **fundamento** teórico (“*de acuerdo al tercer principio de la dinámica*”) que sirve de soporte explicativo al **funcionamiento** (“*La fuerza que ejerce el chorro de aire contra la superficie es respondida... realizando una fuerza hacia arriba que sostiene el peso del aerodeslizador*”).

[3] comienza con una nota histórica, vuelve a repetir el mecanismo de sustentación y sigue con una información que completa el **funcionamiento**, pues aporta la causa del desplazamiento horizontal (“*avanzaba mediante hélices*”).

[4] muestra un vínculo contextual de interés con los motores de reacción de los aviones, señalando que ambos poseen un fundamento y funcionamiento semejante.

En [6] se indican los precedentes históricos más remotos del dispositivo.

Ciencia aplicada

Motores de reacción: aerodeslizadores y aviones de reacción



[1] Un **aerodeslizador** –en inglés, *hovercraft*– es un vehículo que se sostiene sobre una superficie lisa, sin tener contacto con ella, gracias a un chorro de aire que lanza contra la superficie. Entre el vehículo y la superficie se crea un colchón de aire que le permite moverse sobre superficies lisas, como el agua, pudiendo alcanzar velocidades de 150 km/h. Sobre tierra puede llegar a 400 kilómetros por hora.

- [2] La fuerza que ejerce el chorro de aire contra la superficie es respondida por esta, de acuerdo al tercer principio de la dinámica, realizando una fuerza hacia arriba que sostiene el peso del aerodeslizador separándolo de la superficie.
- [3] El primer aerodeslizador de pasajeros que realizó viajes regularmente en las costas de Wales lo hizo en 1961. Se sostenía por turbopropulsores que lanzaban el aire contra la superficie sobre la que se deslizaba, avanzaba mediante hélices y era conducido con un timón.



Aerodeslizador de pasajeros.



Motor de reacción.

[4] El mismo sistema de propulsión que utiliza el aerodeslizador para sostenerse sin entrar en contacto con la superficie sobre la que se desliza es la base de los **motores de reacción** o de propulsión a chorro, con la que se mueven este tipo de aviones. Cuando los gases de escape se lanzan hacia atrás, el avión es impulsado hacia delante aumentando su velocidad.

[5] Los componentes básicos de un motor de reacción son los siguientes: los **conductos de entrada del aire**; el **compresor**, donde se aumenta la presión del aire; la **cámara de combustión**, donde se quema el combustible y salen los gases que serán utilizados para producir el empuje, a temperaturas y presiones muy altas; la **turbina**, donde disminuye la presión de los gases, aumentando su velocidad de escape, y la **tobera de eyección**, por donde salen los gases, aumentando aún más de velocidad y generando el empuje sobre el avión por el efecto de reacción.

[6] El fundamento de la propulsión no es una idea nueva. Ya hace unos 2000 años, Herón de Alejandría ideó un sistema de turbina de vapor con el mismo planteamiento.

[6] En esencia, sería como el descrito en la imagen: al salir el vapor de agua por los cuatro tubitos en un sentido, empujan al bote en el contrario obligándolo a girar. Este es el fundamento de la propulsión a chorro.



Valoración.-

- Presentación.- Se describe muy claramente qué es el vehículo y su finalidad. Se acompaña de una fotografía muy característica. Está presente la historia.
- Fundamento.- Adecuado. Aunque en [2] se echa de menos un esquema de las fuerzas que actúan, para la correspondiente clarificación de las fuerzas de acción y reacción.
- Funcionamiento.- Adecuado. Aunque no se explica que el colchón de aire hace que el rozamiento sea mínimo y por ello pueda alcanzar gran velocidad.

Puntuación.- Presentación: 5 / Fundamento: 4 / Funcionamiento: 4 //

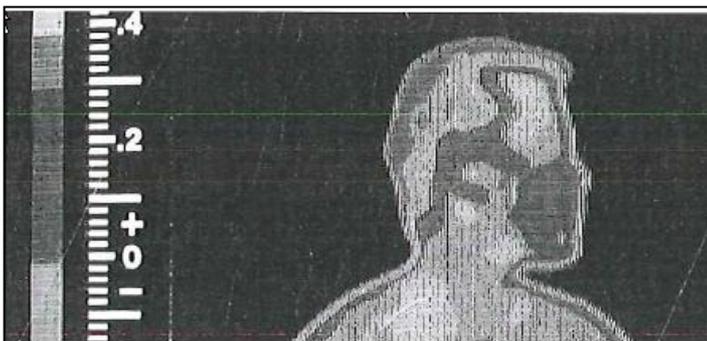
MEDIA: $4^{1/3}$

CÁMARA TERMOGRÁFICA

Se nos ven los calores

En el largometraje *Depredador* (1987), Arnold Schwarzenegger se enfrenta en las junglas de Sudamérica a un alienígena invisible con un sistema de visión basado, no en la luz, sino en el calor que emiten los cuerpos. Imitando a este cazador del espacio, el doctor Arthur Tucker, de la Unidad Clínica Microvascular, en el hospital londinense de San Bartolomeu, se ha echado al hombro una cámara termográfica portátil, para registrar y analizar las variaciones de temperatura que experimenta el cuerpo humano mientras realizamos las actividades cotidianas.

Desarrollada para ser instalada en los transbordadores espaciales, la nueva cámara termográfica muestra en vibrantes colores los cambios de calor más livianos: desde un rojo intenso para las temperaturas más calientes hasta un verde fosforito para las más frías. De este modo, la cámara detecta el rubor que inunda el rostro cuando besamos a nuestra pareja, las reacciones térmicas de la cavidad bucal al ingerir un helado o una sopa hirviendo, y la interacción de la piel con el aire acondicionado del supermercado. [...]



Mediante colores, la cámara termográfica muestra las diferentes temperaturas en la piel de esta persona.

Cámara termográfica. Dispositivo que registra la temperatura de un sistema de forma gráfica mediante un código de colores.

Análisis.-

En el párrafo [1] se habla de “un sistema de visión basado, no en la luz, sino en el calor que emiten los cuerpos”. Esta información forma parte del **fundamento** del dispositivo. También se alude a una cámara termográfica “para registrar y analizar las variaciones de temperatura que experimenta el cuerpo”, lo cual constituye la **finalidad** del aparato.

En el párrafo [2] se dice que la cámara “muestra los cambios de calor más livianos” y en el pie de la fotografía se indica que “muestra las diferentes temperaturas en la piel”. Todo esto constituye una descripción parcial del aparato, lo cual cae dentro de la **presentación**. En cuanto al **funcionamiento**, sólo hay un atisbo de este cuando en la nota del margen puede leerse: “de forma gráfica mediante un código de colores”.

Valoración.-

- Presentación: 3.- Se habla de la cámara pero se describe parcialmente. Ni una fotografía. Sólo la pantalla merece consideración y de esta sí que se ofrece una fotografía. La finalidad del dispositivo se menciona brevemente.
- Fundamento: 2.- Como máximo se señala que tiene “un sistema de visión basado, no en la luz, sino en el calor que emiten los cuerpos”. Ni se menciona la radiación IR.
- Funcionamiento: 1.- Ni una palabra del mecanismo de funcionamiento. Lo más cercano al mismo (y su relación es remota) es cuando dice que el aparato muestra las temperaturas “mediante un código de colores”.

Puntuación.- Presentación: 3 / Fundamento: 2 / Funcionamiento: 1 //

MEDIA: 2

MICRÓFONO

“Las ondas transfieren energía. Las máquinas del sonido.”....

“Micrófonos y altavoces. Los primeros captan el sonido transformando las variaciones de presión en una corriente eléctrica variable; los altavoces operan al revés: transforman esta corriente en una vibración del aire, en un sonido.”

Las máquinas del sonido

El sonido, cuando se transmite en el aire, consiste en la propagación de una perturbación de la presión de sus partículas. Las sucesivas ondas de alta y baja presión pueden provocarse por la vibración de una lámina o de una cuerda, como ocurre en los instrumentos musicales y en nuestra garganta.

■ **Micrófonos y altavoces.** Los primeros captan el sonido, transformando las variaciones de presión en una corriente eléctrica variable; los altavoces operan al revés: transforman esta corriente en una vibración del aire, en un sonido.

■ **Grabadoras.** Como los antiguos discos, las grabadoras de cinta, las de CD.

Análisis.-

Sobre el **fundamento** del micrófono sólo se señala que *“las ondas transfieren energía”* (título del apartado). Menciona la **finalidad**: recoger el sonido. El **funcionamiento** aparece en términos de proceso simplificado: *“captan el sonido transformando las variaciones de presión en una corriente eléctrica variable”*. Sin más aclaración. Al menos de este modo se marca la diferencia con los altavoces.

Valoración.-

- Presentación: 3.- Se indica sólo la finalidad y se marca la diferencia con los altavoces. Es cierto que es un dispositivo bien conocido.
- Fundamento: 1.- Sólo se señala que hay una transferencia de energía, pero no se dice nada más. El alumno tendrá que adivinar que: E sonora → E eléctrica.
- Funcionamiento: 2. Se dice lo más esencial, pero sin explicar nada y sin apoyo de un esquema con las partes más importantes del micrófono. El

alumno puede cuestionarse cómo se transforman “las variaciones de presión en corriente eléctrica variable”. Falta un esquema que podría aclarar esto.

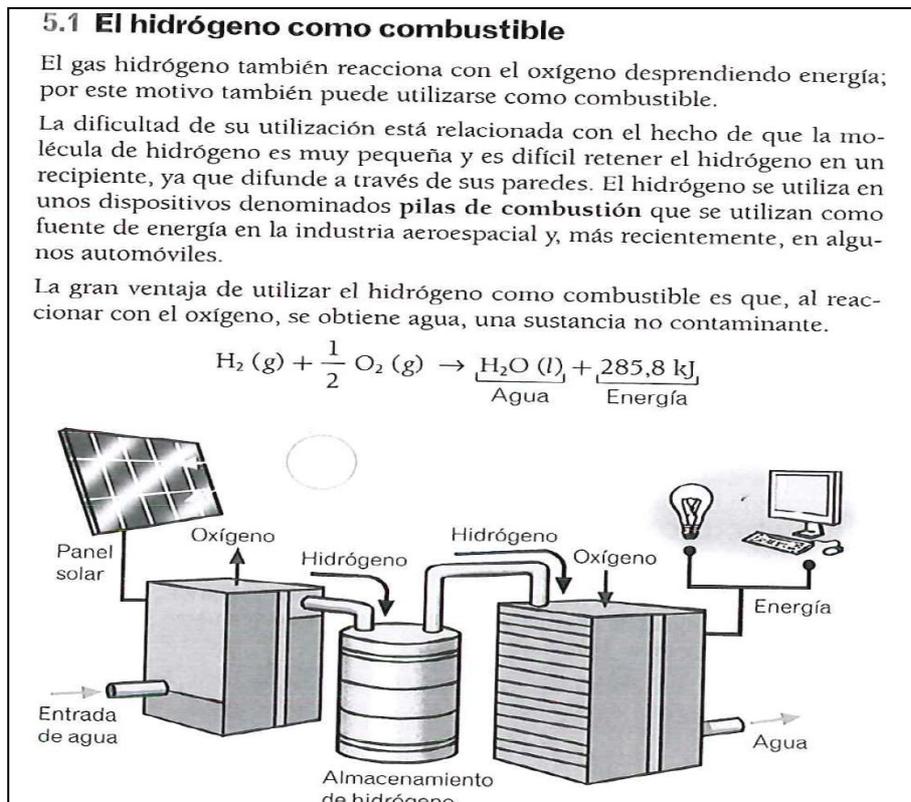
Puntuación.- Presentación: 3 / Fundamento: 1 / Funcionamiento: 2 //

MEDIA: 2

PILA DE COMBUSTIBLE

Análisis.-

En el párrafo [1] se apunta el **fundamento** cuando dice “El gas hidrógeno también reacciona con el oxígeno desprendiendo energía”. Aunque luego se enturbia la exposición cuando se habla de que por ello el hidrógeno es un combustible (se piensa entonces que aquí el hidrógeno arde con llama)



En el párrafo [2], tras una información que no toca de lleno al dispositivo, aparece la **finalidad**: “El hidrógeno se utiliza en unos dispositivos denominados

pilas de combustión que se utilizan como fuente de energía”. Que la energía sea eléctrica es algo que debe adivinar el lector porque no se cita explícitamente.

El párrafo [3] insiste en la reacción del hidrógeno con el oxígeno con desprendimiento de agua y de gran cantidad de energía, lo que pertenece al **fundamento**.

Valoración.-

- Presentación: 2.- El alumno no puede hacerse una idea sobre el dispositivo (¿forma? ¿tamaño? ¿es transportable?). Falta una fotografía. Sólo se especifica su finalidad: fuente de energía. Pero ¿de qué tipo? Se tiene que adivinar que es eléctrica.

- Fundamento: 2.- Demasiado escueto: una reacción química de la que se insiste que no es contaminante, en lugar de que es exotérmica. Ni una palabra de que el hidrógeno se aprovecha como fuente de energía sin necesidad de combustión clásica.

- Funcionamiento: 1.- Silencio acerca del movimiento de electrones. El esquema dado confunde, pues la parte izquierda es ajena a lo que es la pila.

Puntuación.- Presentación: 2 / Fundamento: 2 / Funcionamiento: 1 //
MEDIA: 1^{2/3}

EVALUACIÓN DE EXPERTOS. FASE 1ª

AERODESLIZADOR

Análisis y valoración

Elementos	La puntuación asignada	
	Es correcta	No lo es. Debería ser
Presentación		
Fundamento		
Funcionamiento		

CÁMARA TERMOGRÁFICA

Análisis y valoración

Elementos	La puntuación asignada	
	Es correcta	No lo es. Debería ser
Presentación		
Fundamento		
Funcionamiento		

MICRÓFONO

Análisis y valoración

Elementos	La puntuación asignada	
	Es correcta	No lo es. Debería ser
Presentación		
Fundamento		
Funcionamiento		

PILA DE COMBUSTIBLE

Análisis y valoración

Elementos	La puntuación asignada	
	Es correcta	No lo es. Debería ser
Presentación		
Fundamento		
Funcionamiento		

ANEXO 3. MATERIALES PARA LA EVALUACIÓN POR EXPERTOS. FASE 2ª

ACUMULADOR

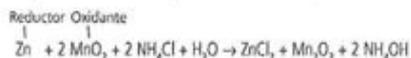
> La Ciencia... más cerca

Las reacciones redox en pilas y baterías

- [1] La autonomía de funcionamiento de multitud de pequeños electrodomésticos y aparatos electrónicos de uso diario depende de las pilas y las baterías. Estas inundan el mercado, presentando una enorme variedad de formas, tamaños y prestaciones. Pero, ¿en qué se basa el funcionamiento de estos dispositivos? ¿En qué se diferencian unas de otras?
- [2] La respuesta a la primera pregunta la encontramos en los procesos redox. Una pila o una batería contiene en su interior sustancias químicas que pueden reaccionar entre sí, produciendo un intercambio de electrones y dando lugar a una reacción de oxidación-reducción. Lo que diferencia a unas pilas de otras, en cuanto a su potencia o duración, es su composición química, es decir, los distintos reactivos químicos que se utilizan para su fabricación.
- [3] En lo que respecta a la diferencia entre las pilas y las baterías, las primeras, una vez que se agotan porque se consume alguno de sus reactivos, ya no se pueden reutilizar y se deben desechar en un punto de recogida selectiva. En cambio, las baterías sí pueden reutilizarse numerosas veces,
- [4] ¿Por qué se obtiene una corriente eléctrica? Si te fijas bien, una pila tiene dos polos, uno positivo (llamado cátodo) y otro negativo (el ánodo). El cátodo está conectado por el interior al reactivo que se va a reducir, y que ganará electrones, mientras que el ánodo se encuentra en contacto con la sustancia que se va a oxidar, y que perderá parte de sus electrones. Cuando ambos polos de la pila se conectan a través de un circuito, se activa el proceso químico y los electrones procedentes del ánodo (oxidación) se mueven por el circuito hacia el cátodo (reducción), dando lugar a una corriente eléctrica.
- [5] **Acumuladores de plomo**
- Son las baterías de los coches. En el ánodo, una placa de plomo se oxida a ion Pb^{2+} , que queda como sulfato de plomo (II) ($PbSO_4$), mientras que en el cátodo, una placa de óxido de plomo (IV) (PbO_2) se reduce a ion Pb^{2+} , que queda como en el caso anterior. El medio en el que se desarrolla este proceso es ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), por lo que hay que tener mucho cuidado al manipular el contenido de estas baterías.

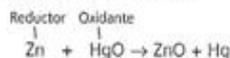
Pilas salinas y pilas alcalinas

La pila salina tiene una envoltura de cinc que se oxida, mientras en su interior una pasta de dióxido de manganeso se reduce a trióxido de dimanganeso. Contiene, además, una barra de grafito que actúa como conductor del cátodo, y cloruro amónico (NH_4Cl) como medio de reacción. Si, en lugar de este último, se utiliza hidróxido de sodio ($NaOH$) o hidróxido de potasio (KOH), la pila es alcalina, y su potencia y duración es mayor.



Pilas de botón

De pequeño tamaño, contienen mercurio, que es muy tóxico y contaminante. El cinc se oxida en el ánodo, mientras que el óxido de mercurio se reduce en el cátodo a mercurio elemental.



1. ¿Cuál es la diferencia fundamental entre una pila y una batería?
2. El cátodo es el polo positivo de la pila, es decir, el polo del que parte la corriente y, por lo tanto, por el que entran los electrones. ¿Esto concuerda con el hecho de que en el cátodo ocurre un proceso de reducción?
3. Las pilas y baterías deben desecharse en puntos de recogida selectiva y no deben arrojarse a la basura. ¿Por qué es tan importante que nos deshagamos de ellas de este modo?

Análisis

El párrafo [1] presenta las pilas y baterías insistiendo en su **finalidad**: para que funcionen “pequeños electrodomésticos y aparatos electrónicos” (se sobreentiende que por la corriente eléctrica que suministran, lo que se dice específicamente en [4]).

El párrafo [2] expone el **fundamento** del dispositivo: las reacciones redox de las sustancias químicas que contienen, las cuales “pueden reaccionar entre sí, produciendo un intercambio de electrones”.

En el párrafo [3] se marca la diferencia entre pilas y baterías. Las primeras no pueden reutilizarse, las segundas sí. Esto formaría parte de la **presentación**. Se ofrece seguidamente una breve explicación de cómo se opera para lograr esto en las baterías, lo que podría incluirse en el ámbito del **funcionamiento**.

El párrafo [4] indica el mecanismo por el cual actúa el dispositivo, es decir, su **funcionamiento**. Los electrones se pierden en el proceso de oxidación y “se mueven por el circuito”, siendo recogidos en el de reducción.

El párrafo [5] concreta el **funcionamiento** del acumulador de plomo, proporcionando una explicación del proceso químico que tiene lugar.

Lo que sigue no se puso a disposición de los expertos. Estaba elaborado para realizar el contraste con la evaluación de ellos. Sólo se facilitó en el caso comentado de que la diferencia en la puntuación fuera de 2 (o superior).

Valoración.-

Presentación: 5.- Se describe bien el aparato y su finalidad. Se marca la diferencia con las pilas. Aunque son dispositivos de sobra conocidos, se acompaña de una fotografía de ambos.

Fundamento: 4.- Es correcto. Se dice lo esencial, pero faltaría añadir que el proceso de oxidación se encuentra separado del de reducción para que los electrones puedan circular.

Funcionamiento: 2.- Confuso y a un nivel poco adecuado para alumnos de 4º ESO.

Puntuación.- Presentación: 5 / Fundamento: 4 / Funcionamiento: 2 //

MEDIA: 3^{2/3}

PANEL FOTOVOLTAICO.

Fuentes renovables de energía. El Sol.

“La energía solar fotovoltaica aprovecha el efecto fotovoltaico: cuando la luz incide sobre un material semiconductor se genera un flujo de electrones. Las células fotovoltaicas convierten la energía solar en energía eléctrica”.



EL SOL

Produce energía radiante denominada **energía solar**. Cada año, la Tierra recibe una cantidad de energía 4000 veces mayor que la consumida por la humanidad en ese tiempo. Sin embargo, es una energía difícil de aprovechar porque es discontinua y dispersa.

- La **energía solar fotovoltaica** aprovecha el efecto fotovoltaico: cuando la luz incide sobre un material semiconductor se genera un flujo de electrones. Las células fotovoltaicas convierten la energía solar en energía eléctrica.

Análisis

El título, “Fuentes renovables de energía. El Sol”, orienta acerca de la **finalidad** del dispositivo, que es recoger la energía solar. Lo poco que se dice del dispositivo es insuficiente para hacerse una idea de él. La fotografía no aclara mucho al respecto. Lo único que puede entresacarse de la información referente a la **presentación** del instrumento es que está hecho de material semiconductor.

Encontramos el efecto haciendo de **fundamento** cuando se escribe: “Las células fotovoltaicas convierten la energía solar en energía eléctrica”, a lo que se añade que esto se realiza mediante “el efecto fotovoltaico”. En cuanto al **funcionamiento** se menciona lo esencial: “cuando la luz incide sobre un material semiconductor se genera un flujo de electrones”.

Lo que sigue no se puso a disposición de los expertos. Estaba elaborado para realizar el contraste con la evaluación de ellos. Sólo se facilitó en el caso comentado de que la diferencia en la puntuación fuera de 2 (o superior).

Valoración.-

- Presentación: 2.- El alumno no puede hacerse una idea completa sobre el dispositivo. La fotografía no es aclaratoria. ¿Cómo es? ¿Quién lo utiliza? ¿Dónde se pone?
- Fundamento: 3.- Se dice lo esencial, sin detalles.
- Funcionamiento: 3.- Se dice lo esencial, sin detalles ni esquemas.

Puntuación.- Presentación: 2 / Fundamento: 3 / Funcionamiento: 3 //
MEDIA: $2^{2/3}$

EVALUACIÓN DE EXPERTOS. FASE 2ª

ACUMULADOR

Puntuación asignada (1-5)

Puntuación	Justificación
Presentación: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (marcar una)	
Fundamento: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (marcar una)	
Funcionamiento: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (marcar una)	

PANEL FOTOVOLTAICO

Puntuación asignada (1-5)

Puntuación	Justificación
Presentación: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (marcar una)	
Fundamento: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (marcar una)	
Funcionamiento: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 (marcar una)	

ANEXO 4. Encuesta de preferencias de los alumnos

A continuación te detallamos una lista de aparatos tecnológicos de uso cotidiano. Valora de 0 a 3 los aparatos según el grado de interés que despierta en ti su funcionamiento.

Si estás interesado en alguno que no esté en la lista puedes añadirlo en las líneas finales.

0: no me interesa.

1: me interesa poco.

2: me interesa.

4: estoy muy interesado.

Rodea con un círculo la opción elegida

0 1 **2** 3

APARATO	PUNTUACIÓN			
Aire acondicionado	0	1	2	3
Altavoz / micrófono	0	1	2	3
Amplificador	0	1	2	3
Antena parabólica	0	1	2	3
Aspiradora	0	1	2	3
Calculadora	0	1	2	3
Cámara video	0	1	2	3
Casette audio/video	0	1	2	3
CD / DVD	0	1	2	3
Célula fotoeléctrica	0	1	2	3
Detector de humos	0	1	2	3
Ecógrafo/ecografía	0	1	2	3
Fotocopiadora	0	1	2	3
Frigorífico	0	1	2	3
GPS	0	1	2	3
Horno microondas	0	1	2	3
Láser	0	1	2	3
Lavadora	0	1	2	3
LED / mando a distancia	0	1	2	3
Magnetotérmico /diferencial	0	1	2	3
Ordenador	0	1	2	3
Paneles solares	0	1	2	3
Pantalla de cristal líquido	0	1	2	3
Pantalla de plasma	0	1	2	3
Radar	0	1	2	3
Radio	0	1	2	3
Secador	0	1	2	3
Teléfono fijo	0	1	2	3
Teléfono móvil	0	1	2	3
Tubo fluorescente	0	1	2	3
	0	1	2	3
	0	1	2	3

ANEXO 5. PRUEBA CON CUESTIÓN SOBRE HORNO MICROONDAS

FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO. Con un asterisco (*): preguntas de control; con dos (**): preguntas sobre el microondas.

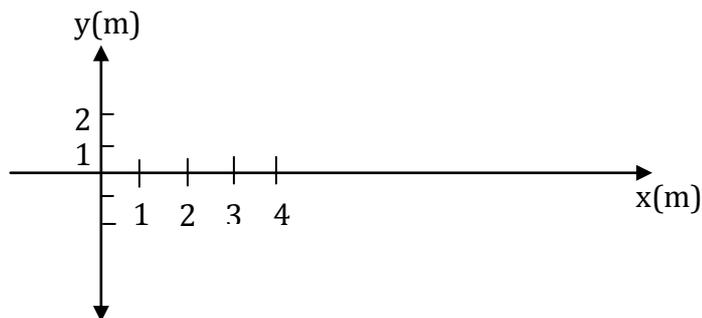
- * 1. (a) ¿En qué se diferencian una onda transversal y otra longitudinal?
(b) ¿Y una onda mecánica y otra electromagnética?

** 2. Contesta razonadamente:

- (a) ¿Cuál es el mecanismo por el que las microondas calientan los alimentos?
(b) ¿Por qué los alimentos congelados se calientan con más dificultad?

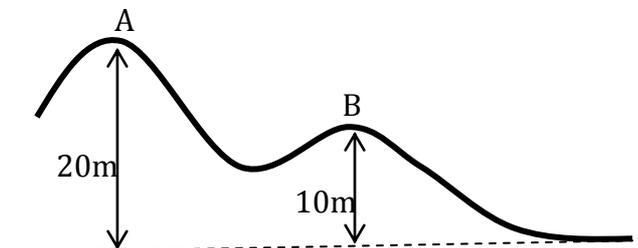
3. (a) Ordena las siguientes ondas electromagnéticas en orden creciente de frecuencias: Ultravioleta, ondas de radio, luz verde y luz roja. (b) ¿Cuál es la frecuencia de una onda electromagnética de $700 \cdot 10^{-9}$ m de longitud de onda que viaja a 300.000 km/s?

* 4. Dibuja una onda de 4m de longitud de onda y 2m de amplitud. Señala dichas magnitudes sobre el dibujo.



5. Atamos una cuerda a un saco lleno de tierra y tiramos de él con una fuerza de 50 N arrastrándolo 10 m durante medio minuto. (a) Calcula el trabajo realizado por la fuerza si la cuerda forma un ángulo de 30° con el suelo. (b) Calcula la potencia en CV. (c) Halla la energía cinética adquirida por el saco si inicialmente estaba en reposo.

6. El siguiente esquema muestra el perfil de la montaña rusa de un parque de atracciones. Si en el punto más alto, el vehículo está parado ¿A qué velocidad llega al punto B? (Enuncia la ley o principio que hayas utilizado para la resolución del problema.)



* 7. Contesta razonadamente:

- (a) Un coche que viaja por una carretera duplica su velocidad ¿Se duplica su energía cinética?
(b) Un coche y un camión tienen la misma energía cinética ¿Cuál va a mayor velocidad?

ANEXO 6. PRUEBA CON CUESTIÓN SOBRE EL LED

(a) FÍSICA 2º BACHILLERATO.

Con un asterisco (*): preguntas de control; con dos (**): preguntas sobre el microondas.

1. Supongamos dos cargas: $Q_1 = 2 \mu\text{C}$, situada en el punto (0,2) y $Q_2 = -3\mu\text{C}$ en el punto (2,-3) (las coordenadas vienen en metros), $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$

- (a) Dibuja el campo eléctrico en un punto situado en el origen y calcula su valor.
- (b) Calcula la fuerza (módulo, dirección y sentido) a la que se vería sometida una carga de $-2\mu\text{C}$ situada en el origen
- (c) Calcula el potencial en el origen.
- (d) ¿Qué trabajo habría que realizar para trasladar una carga de $-2\mu\text{C}$ desde el punto (0,0) hasta el infinito? Interpreta el signo del trabajo obtenido.

** 2. En los siguientes procesos que se producen en un diodo LED responde a las siguientes preguntas razonando tus respuestas y dibujando primero un esquema.

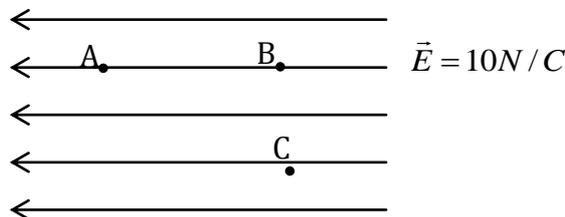
- (a) Un electrón libre pasa a ser electrón ligado ¿Se emite luz? ¿Se crea un hueco?
- (b) El LED conduce la corriente.

* 3. A una carga Q positiva se acerca una partícula. Responde las siguientes preguntas razonando tus respuestas.

- (a) Si la partícula es un electrón. ¿De qué signo es el trabajo realizado por el campo? ¿Aumenta o disminuye su energía potencial?
- (b) Si la partícula es un protón . ¿De qué signo es el trabajo realizado por el campo? ¿Aumenta o disminuye su energía potencial?

4. Dado el campo eléctrico de la figura, y sabiendo que la distancia entre A y B es de 50 cm

- (a) Deduce el valor de la diferencia de potencial entre los puntos A y B.
- (b) Sobre el punto C hay una carga de $+10\text{C}$ en reposo. ¿Qué fuerza ejerce el campo sobre ella? (módulo dirección y sentido)
- (c) ¿Qué velocidad tendrá la carga tras recorrer 10 cm en la dirección de la fuerza a la que está sometida?



* 5. Explicar sobre un esquema el mecanismo de emisión de luz por parte de un átomo. ¿De qué depende la frecuencia (color) de la luz emitida?

(b) FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO.

Con un asterisco (*): preguntas de control; con dos (**): preguntas sobre el microondas.

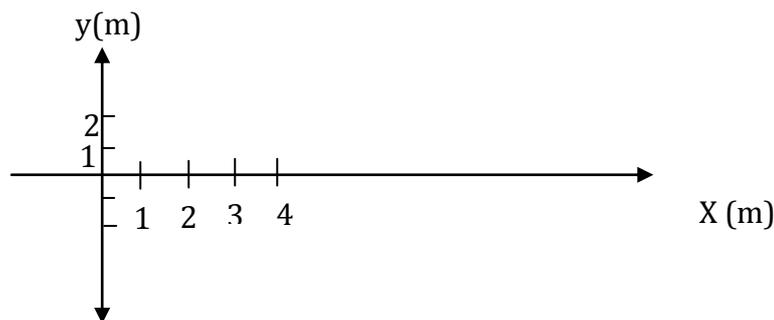
* (1) ¿Por qué después de dejar un rato mi bici a la luz del Sol, la parte metálica quema y las ruedas no?

** 2. ¿Qué es un LED? ¿Por qué emite luz cuando pasa por él la corriente?

3. (a) Explica qué diferencias hay entre una onda transversal y otra longitudinal. Acompaña tu respuesta de un esquema.

(b) Dibuja una onda de 3m de longitud de onda y 2m de amplitud. Señala dichas magnitudes sobre el dibujo.

(c) Si su frecuencia es de 10 Hz ¿A qué velocidad se propaga?



4. Si tenemos 500g de hielo a 0°:

(a) Calcular el calor necesario para convertirlo en agua a 100° (en julios y en calorías).

(b) ¿Con qué cantidad de agua a 10° debemos mezclar el agua del apartado anterior para que su temperatura baje hasta 50°?

Datos: calor específico del agua: 4180 J/kg °C, del hielo: 2090 J/kg °C; calor latente de fusión del agua: 334.000 J/kg

* 5. (a) Explica las diferencias entre calor y temperatura.

(b) Explica las diferencias entre el sonido, la luz y las microondas.

(c) Explica las diferencias entre conducción y convección.

ANEXO 7. PRUEBA CON CUESTIÓN SOBRE FOTOCOPIADORA

FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO.

Con un asterisco (*): preguntas de control; con dos (**): preguntas sobre el microondas.

1. Atamos una cuerda a un saco lleno de tierra y tiramos de él con una fuerza de 50 N arrastrándolo 10 m durante medio minuto.

(a) Calcula el trabajo realizado por la fuerza si la cuerda forma un ángulo de 30° con el suelo.

(b) ¿Con qué ángulo debo tirar para realizar el mayor trabajo posible? ¿Cuánto vale dicho trabajo?

(c) Si el saco estaba inicialmente en reposo, ¿Cuánto valdrá su energía cinética tras arrastrarlo?

(d) Calcula la potencia en vatios y caballos de vapor

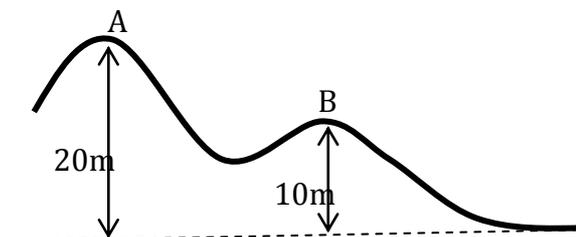
2. Hemos comprado 500g de hielo a 0°C , calcular el calor necesario para convertirlo en agua a 100° .

Datos: (calor específico del agua: $4180 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$, calor específico del hielo: $2090 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$, calor latente de fusión del agua: 334.000 J/kg)

3. El siguiente esquema muestra el perfil de la montaña rusa de un parque de atracciones. Suponiendo despreciable la fuerza de rozamiento:

(a) Si en el punto más alto, el vehículo está parado ¿A qué velocidad llega al punto B?

(b) Enuncia la ley o principio que hayas utilizado para la resolución del problema.



* 4. Contesta razonadamente

(a) ¿Qué es el calor específico?

(b) ¿Por qué en verano la arena de la playa quema y el agua no, si están calentados por el mismo sol?

** 5. Dibuja un esquema (muy claro) de los elementos que constituyen una fotocopiadora (señalar cada uno con números o con letras):

(a) Sobre el esquema, explicar el proceso de fotocopiado desde que se coloca el documento original hasta que sale la fotocopia.

(b) ¿Por qué la fotocopia sale caliente?

* 6. Contesta razonadamente:

(a) ¿Cuántas formas de propagación de la energía térmica conoces? Explica en qué consisten.

(b) ¿Por qué se colocan los radiadores de calefacción bajo las ventanas?

ANEXO 8. El horno microondas (Artículo de Vollmer)

SPECIAL FEATURE: FOOD PHYSICS

www.iop.org/journals/physed

Physics of the microwave oven

Michael Vollmer

Physikalische Technik, Fachhochschule Brandenburg, Magdeburger Straße 50,
14770 Brandenburg, Germany

E-mail: vollmer@fh-brandenburg.de

Abstract

This is the first of two articles about the physics of microwave ovens. This article deals with the generation of microwaves in the oven and includes the operation of the magnetrons, waveguides and standing waves in resonant cavities. It then considers the absorption of microwaves by foods, discussing the dielectric relaxation of water, penetration depths of electromagnetic waves in matter and, in considering the possible chemical changes during the microwave heating, multi-photon ionization or dissociation.

What are microwaves?

Microwaves are electromagnetic waves. Their frequencies (wavelengths) are in the range from 300 MHz ($\lambda = 1$ m) up to 300 GHz ($\lambda = 1$ mm). Regarding wavelengths as typical spatial dimensions, one realizes that microwaves do not have dimensions of μm , as might be expected from the misleading 'micro' in their name. Following international conventions, microwave ovens at home or in restaurants operate at frequencies of about 2.45 GHz, i.e. $\lambda = 12.23$ cm.

Physics of a microwave oven

Figure 1 depicts a typical microwave oven (many details can be found in [1–3]). Microwaves are generated in a magnetron which feeds via a waveguide into the cooking chamber. This cuboid chamber has metallic walls and so acts as a Faraday cage. The front door, made of glass, and the light bulb cavity are both covered by metal grids. The holes in the grids are small compared with the wavelength of the microwaves, hence the grids act just like metal plates.

Most microwaves cook the food on a rotating turntable in this chamber, but some designs include a rotating reflector, acting as a stirrer. Expensive models may include thermometers, additional

1. Microwave oven

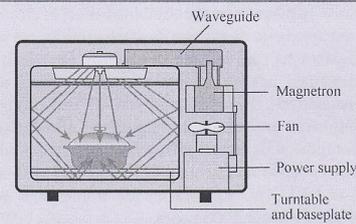


Figure 1. Schematic diagram of a typical microwave oven.

conventional cooking facilities such as grills, oven heaters and even refrigeration.

Interaction of microwaves with metals

Microwaves, incident on the metal walls of the oven, behave similarly to visible light hitting a silver mirror (e.g. [4]). The microwaves are absorbed very effectively, since the electric fields of the waves interact very strongly with the nearly free electrons of the metal. In a simple model, the electron behaviour is described as a damped forced oscillation. These accelerated electrons re-radiate electromagnetic waves at the same frequency and

in phase, hence the microwaves are perfectly reflected. Macroscopically, this behaviour is described by the complex dielectric constant $\epsilon(\omega)$, which is the square of the complex refractive index ($\epsilon_1 + i\epsilon_2 = (n_1 + in_2)^2$).

The refractive index of many metals gives reflectivities close to 100% at low frequencies. The penetration depth of electromagnetic waves of wavelength λ is given by

$$\delta = \lambda/4\pi n_2. \quad (1)$$

For example, for microwaves with $\lambda = 12.2$ cm incident on aluminium, $\delta \approx 1.2 \mu\text{m}$.

These are similar to skin depths, i.e. the attenuation depths of alternating currents of frequency ω in metals. (The relation between skin depth and refractive index for small frequencies is discussed, e.g., by Feynman [5].)

Generating microwaves in magnetrons

The most powerful microwaves produced by solid state devices, such as used in cell phones, are far too weak for cooking. Instead electron beams in vacuum tubes under the combined effect of electric and magnetic fields are made to follow curved trajectories (the detailed mechanism for which is described below). Most microwave ovens use magnetrons. First invented in 1921 and strongly improved around 1940, magnetrons allow either continuous or pulsed microwave generation with powers up to megawatts and frequencies between 1 and 40 GHz. Efficiencies are around 80% and lifetimes about 5000 hours.

A cylindrical cathode is at the axis, several millimetres from a hollow circular anode (figure 2). Inside the anode there are a number of resonant cavities designed to resonate at 2.45 GHz. A voltage of several kV is applied between the electrodes and a magnetic field is applied parallel to the axis such that electric and magnetic fields are perpendicular to each other.

Electrons ejected by the cathode accelerate radially at first, but because of the magnetic field they start to follow cycloidal paths. If the magnetic field is strong enough, the electrons cannot reach the anode but form a rotating space charge. The resonant cavities of the anode interact with the electrons by either accelerating or decelerating them. Finally this leads to electron bunches which move around the cathode at microwave

2. The magnetron

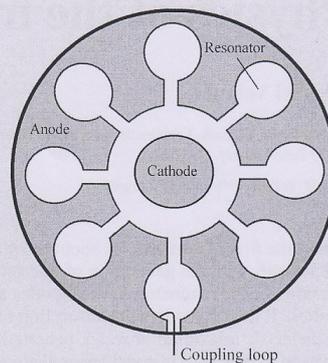


Figure 2. Schematic diagram of a magnetron.

frequencies, which in turn leads to self-sustaining oscillations of the resonant cavities. Part of the microwave power is extracted by a coupling loop (for more details, see [1–3]).

The magnetrons in domestic microwave ovens emit microwaves at 2.45 GHz (repeatable, each time the magnetron is switched on, to ± 10 MHz) with bandwidths of only a few MHz [6].

Connecting the magnetron with the cooking chamber: the waveguide

Waveguides carry the microwaves from the magnetron to the cooking chamber. They are usually metal tubes of rectangular cross section. The effect of the boundary conditions of the tubes leads to electric and magnetic field distributions which, in each of the two directions perpendicular to the axis, resemble standing waves [1, 5]. These are quite similar to standing waves on the 'one-dimensional' string of a guitar. Consequently, there is a maximum wavelength, λ_{max} , which can be transported by the waveguide. For a given direction perpendicular to the axis, the inner tube size is then just $\lambda_{\text{max}}/2$. Therefore, a waveguide filled with air which operates at 2.45 GHz ($\lambda = 12.2$ cm) must have at least one inner dimension larger than 6.1 cm. Usually, the waveguide has a smaller size in a perpendicular direction. Filling

Standing waves in microwave ovens

The solution of the three-dimensional wave equation with boundary conditions (see e.g. [1]) gives standing waves in the three dimensions x , y and z , which altogether obey the equation

$$\frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda_x^2} + \frac{1}{\lambda_y^2} + \frac{1}{\lambda_z^2}. \quad (2)$$

The wavelengths λ_x , λ_y and λ_z are determined by the linear dimensions L_x , L_y and L_z of the chamber:

$$L_x = l \frac{\lambda_x}{2} \quad L_y = m \frac{\lambda_y}{2} \quad L_z = n \frac{\lambda_z}{2} \quad (3)$$

where l , m , n are natural numbers. The solutions for given (l, m, n) are denoted as modes of the resonator. Obviously equation (2) allows more than one possibility to satisfy the same given value of λ . In commercial microwave ovens, the dimensions L_x , L_y and L_z scatter appreciably; e.g., a survey of about 20 different ovens gave values of $L_x = 28$ – 35 cm, $L_y = 27$ – 33 cm and $L_z = 17$ – 21 cm. In the following an example with $L_x = 29$ cm, $L_y = 29$ cm and $L_z = 19$ cm will be discussed. Equations (2) and (3) allow a number of resonator frequencies which lie close to the emitted magnetron frequency. Table 1 demonstrates that there are six possible solutions in the wavelength range between 12 cm and 12.5 cm.

The quality factor Q [1, 7] is a measure of the energy losses and, hence, also the frequency width $\Delta\omega$ of the modes. Q gives the ratio of the energy stored in the resonator and the energy loss per cycle:

$$Q = \omega E / (dE/dt). \quad (4)$$

For $Q \gg 1$ this may be written as

$$Q \approx \omega / \Delta\omega. \quad (5)$$

The energy losses are due to four factors. First, microwaves may exit through the housing of the microwave oven. Safety regulations ensure that this contribution is negligibly small. Second, losses occur due to absorption in the walls, third due to absorption in the food within in the cooking chamber (the desired mechanism), and fourth, there is the chance that microwaves are coupled back into the magnetron. The latter mechanism may play a role if the oven is used empty, and it should be avoided in order to ensure a long lifetime of the magnetron. The overall quality factor can be calculated from

$$1/Q = 1/Q_1 + 1/Q_2 + \dots \quad (6)$$

If the oven is used empty, wall losses are most important. They can be estimated from the penetration depth δ [1, 7]:

$$Q_{\text{empty}} \approx V/S\delta \quad (7)$$

where V is the volume and S the inner surface area of the chamber. Typically, with air-filled volumes of about $29 \times 29 \times 19$ cm³ and $\delta \approx 1$ μ m one finds Q -values of the order of 10^4 . For frequencies of 2.45 GHz, this leads to frequency widths of only 0.25 MHz, i.e. the resonance modes are very narrow compared with the magnetron frequency width. Figure 3 depicts schematically a frequency spectrum of the modes of a cooking chamber. If some water containing food is placed in the chamber, i.e. a dielectric is inserted, the additional losses—being much larger than the wall losses—lead to a shift of the resonances to lower frequencies as well as an appreciable broadening of the modes. Due to the shifts and broadening, described by a quality factor that may well be of the order of 10^2 , more than one resonator mode may be excited. The larger the oven and the more losses are present, the more modes may be excited simultaneously. These multimode cavities have a more homogeneous field distribution, which is desirable for many applications, including cooking.

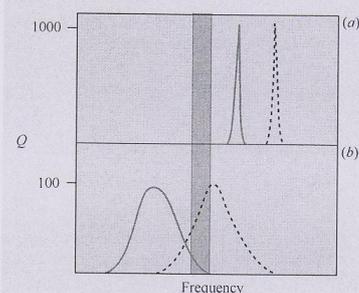
3. How Q varies

Figure 3. Schematic diagram showing how Q varies with frequency for two different modes of resonance in a microwave oven (not to scale): (a) with oven empty, (b) with food. The shaded band shows the frequency of the magnetron. If drawn to scale the widths of the modes in (b) would be about 100 times those in (a).

Table 1. All modes of a microwave oven of dimensions $29\text{ cm} \times 29\text{ cm} \times 19\text{ cm}$, which lead to a wavelength in the interval $12.0\text{ cm} < \lambda_0 < 12.5\text{ cm}$. Four modes are quite close to the magnetron wavelength of 12.25 cm .

λ_0 (cm)	l	m	n
12.103	1	1	3
12.274	2	4	1
12.274	4	2	1
12.277	2	3	2
12.277	3	2	2
12.375	0	1	3

the waveguide with a dielectric shifts the cut-off frequency and wavelength. Because only one inner dimension is greater than the cut-off length the microwaves leaving the waveguide are polarized. As the waves are reflected in the cooking chamber the degree of polarization decreases.

The cooking chamber: why do microwave ovens use a rotating turntable?

Once the microwaves have been coupled into the cooking chamber, they are effectively reflected by the metallic walls. The waves resonate in the cavity and form standing waves. The analysis of these standing waves is simplified by the fact that

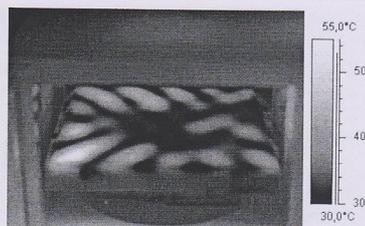


Figure 4. Visualization of the horizontal mode structure in a microwave oven using infrared thermal imaging. A glass plate with a thin water film was placed at a height of 8 cm and heated for 15 s with a microwave power of 800 W without using the turntable (for more details on the experiment, see [10]).

the wavelength of the microwaves is roughly the same as the linear dimensions of the chamber.

An ideal microwave oven cooks all food evenly but the nodes and antinodes of the standing waves can cause the food to burn in some places but to remain cool in others. The homogeneity of the field distribution may be estimated theoretically from the number of modes that may be excited within a narrow frequency range close to the magnetron frequency (see below) or studied experimentally [8].

Figure 4 shows the intensity distribution within an oven of $29 \times 29 \times 19\text{ cm}^3$ at a height of about 8 cm . A horizontal glass plate covered with a thin film of water was placed in a microwave (without its rotating turntable) on full power (800 W) for about 15 s . The false colour image was obtained with a thermal infrared camera [9]. With only a small amount of water present, the image shows the microwave intensity distribution in a nearly empty chamber. There is a pronounced horizontal mode structure, which would lead to uneven heating of food. This is the reason for having a rotating turntable: the rotation will move the food in and out of the hot spots. Some ovens have a mode stirrer, i.e. a rotating reflector at the top to get a more homogeneous field distribution, and there are investigations into how geometrical changes of the wall structure may improve the situation. More details on experiments on horizontal and vertical modes and also on changes of the mode structure upon filling of the cooking chamber with food will be discussed in the following article [10].

5. Dielectric constant and temperature

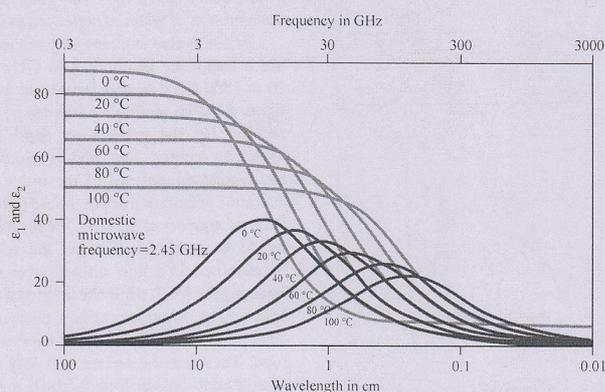


Figure 5. Real and imaginary parts of the dielectric constant $\epsilon(\omega)$ for microwaves and various temperatures between 0 °C and 100 °C (after [12]).

Heating of food in a microwave oven

Absorption of microwaves by water

Electromagnetic waves may be absorbed by matter in many different ways depending on their wavelength and the state of the matter (gas, liquid, solid). Free atoms and molecules usually absorb ultraviolet (UV) by excitation of electrons whereas in the infrared, excitation of molecular vibrations and/or rotations dominates. Free and undisturbed rotations cannot occur in liquid water due to the interactions with neighbouring molecules but solids and liquids may absorb microwaves due to the polarization induced by the external oscillating electric field. In a microwave oven, the electrically dipolar water molecules absorb most of the microwave energy.

In low frequency electric fields the dipoles easily follow the changes in the field and their orientation changes in phase with the field. At higher frequencies the inertia of the molecules and their interactions with neighbours make changing orientation more difficult and the dipoles lag behind the field. Finally, at very high frequencies (1–10 THz) the molecules can no longer respond to the electric field. At the GHz frequency of a microwave oven the phase lag of the dipoles behind the electric field absorbs power from the field. This is known as dielectric loss due to dipole relaxation.

Quantitatively, the average microwave power absorbed by a dielectric may be written as [1, 11]

$$P = \omega \epsilon_0 \epsilon_2 E_{\text{eff}}^2 V \quad (8)$$

where V is the volume of the dielectric and E_{eff} the square of the average electric field within this volume. ϵ_2 is the imaginary part of the dielectric constant $\epsilon = \epsilon_1 + i\epsilon_2$. For pure liquid water, the changes of $\epsilon_1(\omega)$ and $\epsilon_2(\omega)$ are displayed schematically in figure 5 for various temperatures. These curves are considered to be typical for most kinds of food containing water.

At first glance it is clear that ϵ_1 and ϵ_2 both strongly depend on temperature. For fixed temperature, say 20 °C, ϵ_1 starts from the static value of about 80, then decreases in the GHz range and finally reaches a value of about 1.78 at optical frequencies (which would give the well known refractive index of water in the visible $n \approx 1.33$). At the same time, ϵ_2 shows a pronounced maximum around 20 GHz. For increasing temperature, both functions drop in size and shift to higher frequencies. Therefore the temperature rise of a piece of food depends on its starting temperature (see [10])!

Since food is usually heated from about room temperature to, say, 100 °C, figure 5 suggests that

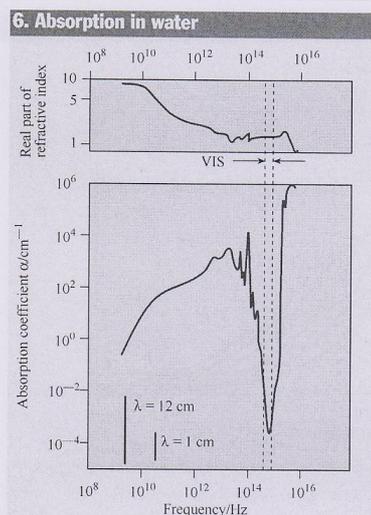


Figure 6. Absorption coefficient for water from microwaves to the UV (after [7]).

choosing a frequency between 10 and 100 GHz will produce optimum power absorption according to equation (8). As a matter of fact, a different physical criterion decides which frequency to choose.

Penetration depths of microwaves in water: explanation of the frequency used

Using $\epsilon = n^2$ one may calculate the imaginary part of the refractive index and from this the absorption coefficient α , which is related to the penetration depth δ of the electromagnetic waves (equation (1)) by $\alpha = 1/\delta$.

Figure 6 gives a crude overview in the form of a double logarithmic plot of the absorption coefficient of water from the microwave region (0.1 GHz) to the UV region (10^{16} Hz). Obviously water shows a very pronounced increase of the absorption coefficient with frequencies extending into the IR region. This may even lead to $\alpha > 10^3 \text{ cm}^{-1}$, which corresponds to penetration depths δ of less than $10 \mu\text{m}$. Between the vibrational excitations in the IR and the electronic excitations in the UV, there is the well known minimum of

$\alpha \leq 10^{-3} \text{ cm}^{-1}$ in the visible, which leads to δ well above 10 m for clear water, i.e. the high transmission of water experienced every day.

Figure 6 also explains why microwave ovens use a frequency of about 2.45 GHz rather than 20 to 1000 GHz, as may have been guessed from figure 5. With increasing frequency, α increases rapidly, i.e. the penetration depth $\delta = 1/\alpha$ decreases rapidly. The food in microwave ovens has typical dimensions of the order of cm, and hence the penetration depth should be in this range. With a frequency of 20 GHz, the penetration depth would be much smaller, i.e. the energy would be absorbed in a thin surface layer of the food (toasting the food) while the interior would remain cold. The lower frequency chosen results in absorption of the microwaves everywhere in the food. Therefore the surface will only get a brown crust if additional grilling facilities are available.

Frequently asked questions

Does the rate of heating depend on the type of food?

The above discussion applies to pure water, and undoubtedly the main factor determining the rate of heating in a food is its water content. However, the salt added to many foods may allow an additional heating mechanism. In solution, the charged Na^+ and Cl^- ions (with or without surrounding ion clouds) also react with the alternating electric field. This leads to tiny movements of the ions, which may induce collisions with neighbours, thereby producing heat. This behaviour can be seen from the curves of $\epsilon_2(\omega)$ (see e.g. [12]). It may therefore be possible to heat salty food more quickly than pure water (see figure 7 and [13]).

Can ice be melted in a microwave oven?

All microwave ovens come with a defrost facility. However, it takes much longer to get ice to raise its temperature by 1°C than it does for a similar amount of liquid water. In ice the molecules of H_2O are held in a crystal lattice in fixed positions. The dipoles cannot follow an external field as easily as they can in liquid water, therefore there is less heating effect. Hence ϵ_2 for ice at 2.45 GHz is three to four orders of magnitude below that of liquid water (see [14]). As a consequence, the

7. Dielectric constant of food

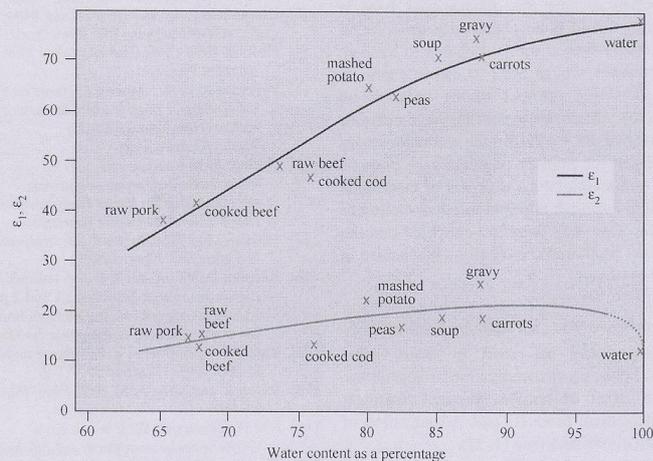


Figure 7. Dielectric constants of various kinds of food (after [13]).

penetration depth is much larger and less energy is absorbed.

It is still much quicker to defrost food in a microwave than to leave it in air at room temperature. The oven is periodically turned on for short periods and then off for longer time intervals. If by chance, some ice has melted at some spot, the liquid water will be heated in the 'on-phase'. During the 'off-phase', the contact of this heated water with the surrounding ice melts more ice such that in the next 'on-phase', more water will be heated and so on.

Can microwaves get out of the oven?

There are very strict regulations governing how much radiation is allowed to be emitted from microwave ovens: they could be a health risk and they could interfere with other electronic apparatus. Because a microwave oven is a Faraday cage little radiation is expected to escape. The most crucial part is the door, which is equipped with additional so-called $\lambda/4$ radiation traps [1]. In every country there are official institutions, in Germany for example it is the Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) [15], which check the safety

of electrical appliances. The radiation level close to the surface of most ovens amounts to about 1% of the allowed limit of 5 mW cm^{-2} . As you get further from the oven the intensity rapidly decreases, such that the usual radiation dose is well below 1/1000 of the maximum permitted value.

Since a small amount of radiation does escape from the oven, it is also possible for microwaves to enter the closed oven. This may be demonstrated by putting a cell phone into the oven (turned off!) and calling it [10].

Most ovens have an 'off' button which simultaneously shuts off the magnetron and opens the door. Can any lingering radiation escape when this happens? How long will the microwaves remain in the cooking chamber after the magnetron is turned off? Using equation (4) one may easily estimate the decay times of the fields, which depend on the quality factor of the chamber:

$$E(t) = E(0) \exp(-\omega t / Q). \quad (9)$$

For an empty oven ($Q = 10^4$) the field has decayed to less than 1/1000 after a time of about $4.5 \mu\text{s}$; if there is food in the oven, reducing Q to about 10^2 , the time changes to only 45 ns. Obviously, nobody can open an oven door that fast.

Is it possible that microwaves can change the food chemically?

People often assume that microwaved food is unhealthy. Could it be chemically different to conventionally heated food? For this to happen, the microwaves would need to create chemical radicals involving energies of the order of an electron-volt. Microwave photons have energies of the order of 10^{-5} eV. Simple estimates easily show [8] that the number of microwave photons within a commercial oven is orders of magnitude too small to establish multiphoton dissociation or ionization. One may therefore conclude that the food cannot be altered chemically while heated in a microwave oven.

Are microwave ovens only used for heating food?

Microwave ovens are used in many other industrial fields, e.g. pasteurization of vegetables, drying of paper or textiles, thermal treatment of pharmaceutical products and vulcanization of rubber and elastomers (see [1, 2]).

Acknowledgments

Stimulating discussions and help with some of the experiments by Klaus-Peter Möllmann and Detlef Karstädt are gratefully acknowledged.

Received 24 October 2003
 PII: S0031-9120(04)71706-2
 DOI: 10.1088/0031-9120/39/1/006

References

- [1] Thuery J 1992 *Microwaves, Industrial, Scientific and Medical Applications* (Boston, MA: Artech House)

- [2] Smith B L and Carpentier M-H 1993 *The Microwave Engineering Handbook* vols 1–3 (London: Chapman and Hall)
- [3] Bloomfield L A 1997 *How Things Work: The Physics of Everyday Life* (New York: Wiley)
- [4] Hecht E 1998 *Optics* 3rd edn (New York: Addison Wesley)
- [5] Feynman R 1974 *Feynman Lectures on Physics, Vol II, Part 2: Mainly electromagnetism and matter* (New York: Addison Wesley/Oldenbourg)
- [6] Haala J 2000 Analyse von Mikrowellenheizprozessen mittels selbstkonsistenter finiter Integrationsverfahren *Dissertation* Universität Karlsruhe
- [7] Jackson J D 1975 *Classical Electrodynamics* 2nd edn (New York: Wiley)
- [8] Karstädt D, Möllmann K-P and Vollmer M 2004 *Physik in unserer Zeit* issues 1 and 2 plus additional material on the journals homepage www.wiley-vch.de/home/phiuz (in German)
- [9] Karstädt D, Möllmann K-P, Pinno F and Vollmer M 2001 *Phys. Teacher* **39** 371–6
- [10] Parker K and Vollmer M 2004 *Phys. Educ.* **39** 82–90
- [11] Föll H, Universität Kiel: www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/elmat_en/makeindex.html
- [12] Chaplin M, South Bank University, London: www.lsbn.ac.uk/water/microwave.html
- [13] Bengtsson N E and Ohlsson Th 1974 *Proc. IEEE* **62** 44–55
- [14] Hasted J B 1973 *Aqueous Dielectrics* (London: Chapman and Hall)
- [15] Information from the Bundesamt für Strahlenschutz: 12.8.98, Infoblatt 02/98 www.bfs.de



Michael Vollmer is a Professor of experimental physics at Fachhochschule Brandenburg. He has a Diploma, PhD and Habilitation from the University of Heidelberg. His current activities include applied research in infrared imaging, experiments for physics education and teacher training seminars.

ANEXO 9. El horno microondas (Documento escolar de alto nivel)

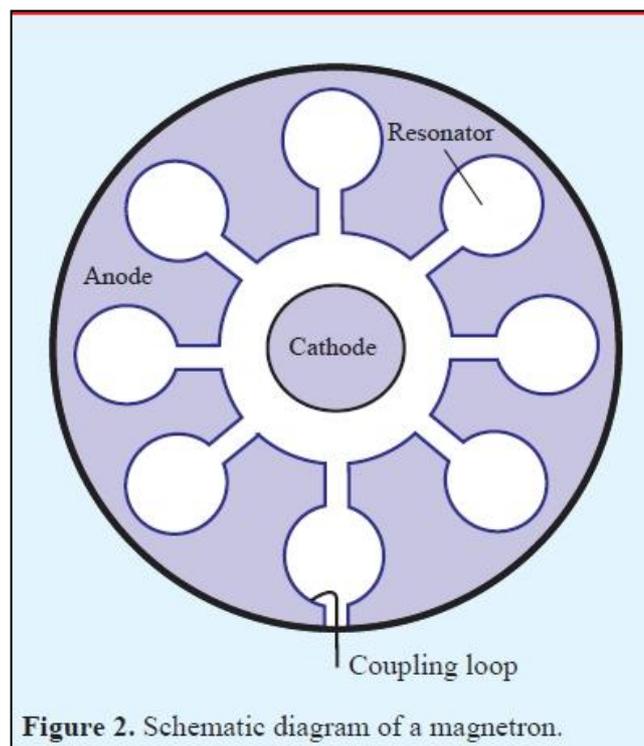
El documento se ha elaborado aplicando las normas de transposición marcadas en la Fase inicial, a partir del documento especializado: Vollmer, M. (2004). Physics of the microwave oven. *Physics Education* 39(1), 74-81

1. MICROONDAS

Son o.e.m. de frecuencias comprendidas entre 300 MHz a 300 GHz, lo que corresponde a λ entre 1m y 1mm (El término *micro* es inadecuado). Un horno microondas suele operar a $f = 2,45\text{GHz}$ y $\lambda = 12,23\text{cm}$.

2. MAGNETRÓN

En un horno microondas las microondas se generan en el magnetrón. El magnetrón es un tubo de vacío en cuyo eje se encuentra un cátodo cilíndrico rodeado por un ánodo circular con cavidades, entre los que se establece un ddp de varios kV (fig.2).



Al mismo tiempo en la dirección del eje se establece un campo magnético, B, perpendicular al campo eléctrico, E, anterior. En estas circunstancias los electrones que salen del cátodo alcanzan el ánodo siguiendo una trayectoria cicloidal, pero si B es lo suficientemente fuerte los electrones forman una nube de carga que gira entre ambos.

Las cavidades, diseñadas para resonar a 2,45GHz, interactúan con los electrones en rotación acelerándolos o retardándolos. Esto conduce a nubes de electrones que se mueven alrededor del cátodo a frecuencias de microondas, lo que a su vez produce oscilaciones autosostenidas en las cavidades resonantes. La energía de los electrones acelerados da lugar a microondas.

3. ABSORCIÓN DE MICROONDAS

a) Absorción de o.e.m. por la materia

Las o.e.m. pueden ser absorbidas por la materia de manera diferente, según su λ y según su estado.

UV: son absorbidas por excitación de los electrones de átomos y moléculas libres.

IR: son absorbidas por vibración de los enlaces y/o rotación de las moléculas.

Microondas: los E oscilantes externos inducen la polarización de las moléculas de sólidos y líquidos.

b) Absorción de microondas por los alimentos (H₂O)

En un horno microondas las moléculas H₂O, bipolares, absorben la mayor parte de la energía de las microondas, de tal modo que es el contenido de agua de un alimento el factor principal de la velocidad de calentamiento.

Los alimentos congelados tardan más en elevar su temperatura el mismo intervalo. Esto se debe a que en el hielo las moléculas H₂O se mantienen fijas en

una estructura cristalina y por ello los dipolos no pueden seguir con la misma facilidad el E exterior (a 2,45 GHz, ϵ_2 para el hielo es 3-4 veces menor que para el agua). Como consecuencia, la penetración, δ , es mayor y se absorbe menos energía. Para descongelar (posición “defrost” del mando) el magnetrón se enciende periódicamente un tiempo corto y se apaga un tiempo más largo. Este último intervalo permite que algo de hielo se funda, con lo cual en la siguiente fase de encendido el agua líquida hace que el calentamiento sea más intenso.

La sal añadida a muchos alimentos permite un mecanismo de calentamiento adicional, pues los iones Na^+ y Cl^- sufren también la influencia del campo alterante, E. Este produce pequeños movimientos de los iones que chocan con sus vecinos elevando la temperatura. Por esta razón los alimentos salados se calientan más rápidamente que el agua pura.

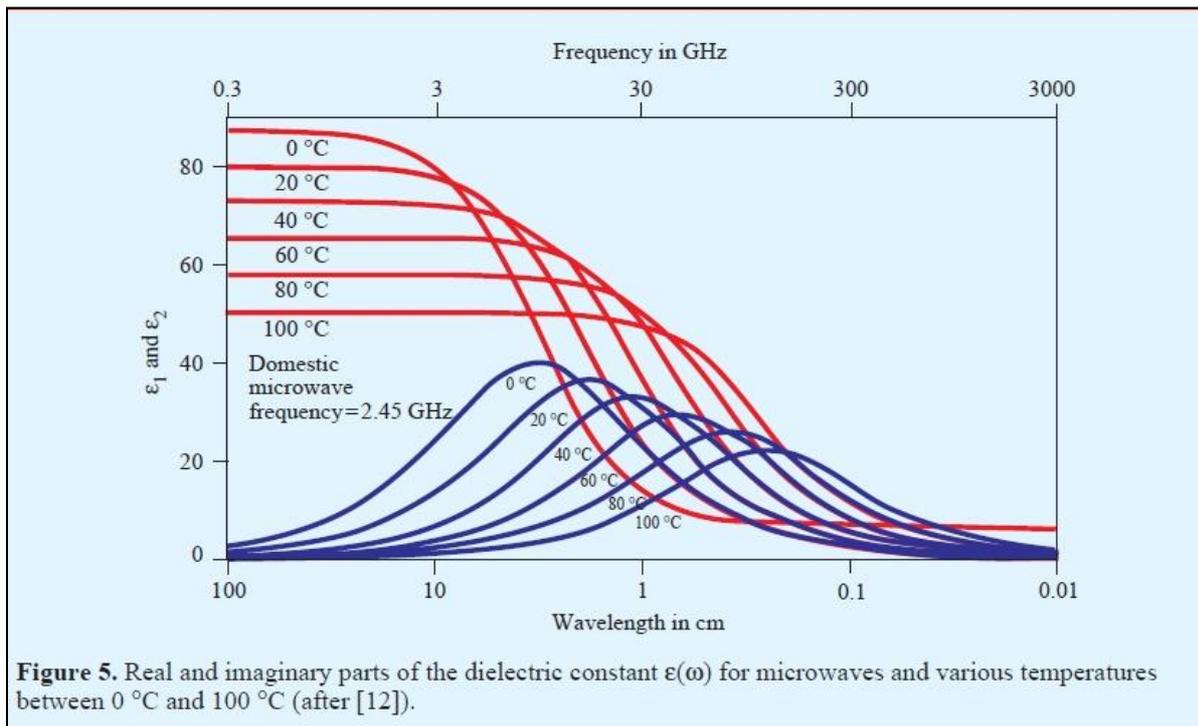
¿Es posible que las microondas cambien la composición química de los alimentos? Para que esto suceda necesitarían crear radicales con energías del orden del eV. Los fotones de microondas tienen energías del orden de 10^{-5} eV, por tanto los alimentos no pueden alterarse al ser calentados en un horno microondas.

c) Potencia absorbida

En campos de baja frecuencia los dipolos siguen fácilmente los cambios de E y su orientación varía en fase con E. A muy altas frecuencias (1-10 THz) las moléculas no responden a E. A frecuencias intermedias los cambios de orientación son más dificultosos, produciéndose un desfase con E que acarrea una pérdida de potencia. Es el caso del horno microondas. La potencia media de las microondas absorbida por un dieléctrico viene dada por: $P = \omega \epsilon_1 \epsilon_2 E_{ef}^2 V$

V: vol.del dieléctrico ; E_{ef} : raíz del valor medio de E ; ϵ_2 : parte imaginaria de ϵ
($\epsilon = \epsilon_1 + i\epsilon_2$)

Para el agua líquida y a la temperatura de trabajo del microondas (20-100°C), la potencia absorbida es óptima si se elige $f = 10-100\text{GHz}$, de acuerdo con la ecuación anterior (pues las ϵ_2 muestran sus valores máximos, fig.5).

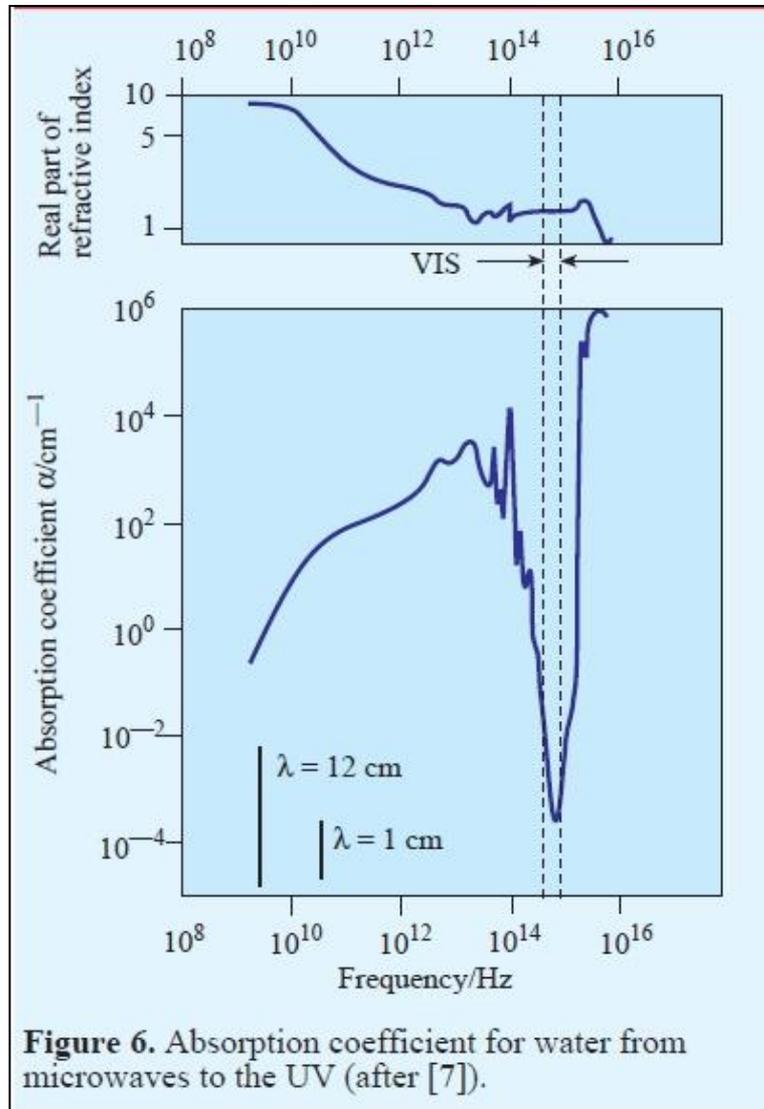


d) Absorción, penetración y frecuencia de trabajo

Pero la frecuencia de trabajo se determina por otro criterio. El coeficiente de absorción de o.e.m., α , de una sustancia está en relación inversa con la profundidad de penetración de las o.e.m., δ , de modo que: $\alpha = 1/\delta$. Si seguimos la variación de α del agua con f (fig.6), desde las microondas (10^8 GHz) al UV (10^{16} Hz), se constata que α aumenta fuertemente con f en el IR (puede llegar hasta $\alpha > 10^3 \text{cm}^{-1}$, que corresponde a $\delta < 10 \mu\text{m}$). Igual ocurre en el UV. En el V hay un mínimo pronunciado de $\alpha < 10^{-3} \text{cm}^{-1}$ que corresponde a $\delta > 10 \text{m}$, lo que concuerda con la alta transmisión del agua como muestra la experiencia cotidiana.

Esto explica porqué los hornos microondas utilizan $f=2,45\text{GHz}$ (en lugar de 10-100GHz). Al aumentar f , α aumenta rápidamente y por tanto δ disminuye de la misma manera. Como las dimensiones del alimento que ponemos en el horno es del orden del cm, δ ha de estar en ese rango. Si $f=20\text{GHz}$, δ sería mucho menor y por tanto la energía se absorbería en una capa muy superficial del alimento, tostándolo,

mientras que el interior quedaría frío. A $f = 2,45\text{GHz}$, más baja, se absorben las microondas por todo el volumen de alimento.



4. REFLEXIÓN DE LAS MICROONDAS EN METALES

a) Reflexión

Las microondas se reflejan perfectamente en los metales. El mecanismo es:
 1) E de las microondas interacciona fuertemente con los electrones libres del metal (las microondas se absorben casi completamente); 2) los electrones sufren

oscilaciones forzadas amortiguadas; 3) los electrones así acelerados re-irradian o.e.m. de la misma f y en fase con las iniciales.

Este comportamiento se describe utilizando la constante dieléctrica compleja $\epsilon(\omega)$, que es el cuadrado del índice de refracción complejo: $\epsilon = n^2$, es decir, $\epsilon_1 + i\epsilon_2 = (n_1 + in_2)^2$. En muchos metales n da reflectividades próximas al 100% a f bajas.

La penetración δ de o.e.m. viene dada por $\delta = \lambda/4\pi n_2$. Por ejemplo, en metales como Al para microondas de $\lambda=12,2\text{cm}$, es $\delta \approx 1,2\mu\text{m}$ (es decir, una cantidad minúscula).

b) Objetos metálicos dentro del horno

¿Por qué se dice entonces que no deben ponerse objetos metálicos en el horno? Como los metales son buenos conductores térmicos el pequeño porcentaje de energía absorbido se distribuye rápidamente por todo el objeto. Si es muy masivo, como las paredes del horno, se calienta poco. Sin embargo, si es pequeño (hojas finas, adornos en platos, CDs) puede calentarse muy rápidamente por su pequeña capacidad calorífica, llegando incluso a vaporizarse (filamento de una bombilla). Si se utiliza un alambre, E en las puntas puede superar el voltaje de ruptura del aire ($\approx 10^6 \text{ V/m}$) y saltar chispas.

Si el objeto metálico está en contacto con otro más masivo no debe haber problemas (p.ej. una cucharilla en un vaso con agua, o en un tazón con café o té).

c) Ondas estacionarias en el tubo-guía

Cuando la reflexión tiene lugar en recintos cerrados o semicerrados se producen ondas estacionarias. Es lo que ocurre en el tubo-guía que conduce las microondas del magnetrón a la cámara de cocción. Dentro del tubo metálico de sección rectangular se producen ondas estacionarias similares a las monodimensionales de las cuerdas de una guitarra, pues E y B (perpendiculares al eje y entre sí) originan distribuciones estacionarias por efecto de las condiciones límite de los tubos. Por tanto, hay una λ_{max} que puede ser transportada por el tubo-guía.

El tamaño interior del tubo perpendicular al eje debe ser entonces $\lambda_{\max} / 2$. Por tanto, un tubo-guía que opera a 2,45 GHz ($\lambda=12,2\text{cm}$) ha de tener al menos 6,1cm. Las microondas que salen del tubo-guía están polarizadas, pero como luego en la cámara se reflejan, el grado de polarización disminuye.

5. CÁMARA DE COCCIÓN

a) Aislamiento

La cámara refleja en sus paredes metálicas las microondas que le llegan. Por ello actúa como una jaula de Faraday. La puerta delantera lleva un cristal y por ello se recubre con una rejilla metálica (también la bombilla interior), cuyos agujeros al ser pequeños comparados con la λ de las microondas le hace actuar como una pared metálica. Así pues, el horno microondas es todo él una jaula de Faraday y, por tanto, poca o nula radiación se escapa de él (en su proximidad se detecta sólo un 1% del nivel máximo permitido, 5 mW/cm^2 , y esto disminuye rápidamente con la distancia).

b) Nodos y antinodos

En la cámara de cocción las ondas resuenan y forman ondas estacionarias tridimensionales, cuya λ es aproximadamente la misma que las dimensiones de la cámara.

Las componentes de una onda estacionaria λ_x , λ_y , λ_z ($1/\lambda^2 = 1/\lambda_x^2 + 1/\lambda_y^2 + 1/\lambda_z^2$) vienen determinadas por las dimensiones L_x , L_y , L_z de la cámara: $L_x = l\lambda_x/2$, $L_y = m\lambda_y/2$, $L_z = n\lambda_z/2$ (l , m , n son números enteros). Las soluciones para cada (l , m , n) se llaman modos de resonancia. En los hornos comerciales L_x , L_y , L_z varían (28-35cm, 27-33cm, 17-21cm). La combinación de las dos ecuaciones anteriores señalan seis posibles f de resonancia muy próximas a la de las microondas (en el rango de $\lambda = 12-12,5 \text{ cm}$).

Los nodos y antinodos de las ondas estacionarias pueden provocar partes quemadas y partes frías en los alimentos. Para conseguir entonces la homogeneidad de temperaturas es por lo que hay una bandeja rotatoria. La rotación evita los puntos calientes.

c) Consumo de energía. Factor Q

El consumo de energía en el microondas se debe a: 1) la salida al exterior de las microondas (este efecto es muy pequeño); 2) la absorción de las paredes; 3) la absorción por los alimentos (es lo deseado).

El factor de calidad Q es una medida del consumo de energía y viene dado por la relación entre la energía almacenada en el resonador y la pérdida por ciclo, $Q = \omega E / (dE/dt)$. Para $Q \gg 1$ se convierte en $Q \approx \omega / \Delta\omega$

Si el horno se usa vacío (a evitar), (2) aporta las mayores pérdidas y el valor de Q para un horno corriente puede ser $Q \approx 10^4$. Si se introduce alimento en la cámara (3), el consumo de energía, más considerable que el debido a (2), produce un cambio en las f de resonancia, así como un aumento del intervalo de los modos. Por ello Q puede bien ser del orden de 10^2 .

¿Cuánto tiempo permanecen las microondas en el horno cuando se apaga? Depende de Q. Para un horno vacío ($Q \approx 10^4$) el campo disminuye a menos de 1/1000 tras 4,5 μ s. Si hay un alimento tal que $Q \approx 10^2$, $t = 45$ ns (nadie puede abrir el horno tan rápido).

ÍNDICE

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	19
1.1. INTRODUCCIÓN	21
1.2. EL CONTEXTO DIDÁCTICO	22
1.3. LOS DISPOSITIVOS COMO OBJETOS DE ENSEÑANZA	25
1.4. INTERROGANTES DE INVESTIGACIÓN	26
1.5. OBJETIVOS	27
1.6. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO	29
1.7. PRESENTACIÓN DEL DESARROLLO DEL TRABAJO	32
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	37
2.1. LA SITUACIÓN ACTUAL	39
I. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA	
I.1. EL CONSTRUCTIVISMO	43
I.2. LA ENSEÑANZA POR INVESTIGACIÓN	47
I.3. MÉTODOLÓGÍA POR RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	53
I.4. EL MOVIMIENTO CTS	56
I.5. LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA	59
I.6. CIENCIA Y TECNOLOGÍA	63
I.7. CIENCIA CONTEXTUAL	65
II. ESTRATEGIAS Y RECURSOS DE ENSEÑANZA	
II.1. MAPAS CONCEPTUALES	70

II.2. LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA	75
II.3. LIBROS DE TEXTO	78
II.4. LA ANALOGÍA	83
CAPÍTULO 3. LOS DISPOSITIVOS EN LOS LIBROS DE TEXTO	93
3.1. ¿QUÉ ENTENDEMOS POR DISPOSITIVO TECNOLÓGICO COTIDIANO?	95
3.2. DELIMITANDO LA MUESTRA. CRITERIOS	97
3.3. RELEVANCIA DE LOS DISPOSITIVOS EN LOS LIBROS DE TEXTO	100
3.4. LA PRESENCIA EN LOS LIBROS DE TEXTO	102
3.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	105
3.6. LA PRESENCIA EN LIBROS DE TEXTO NO ACTUALES	108
3.7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN MANUALES DE ÉPOCAS DIFERENTES	110
3.8. LOS DISPOSITIVOS EN LOS MANUALES DE TECNOLOGÍA	111
3.9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	117
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE EXPOSICIONES EN DISPOSITIVOS	123
4.1.¿QUÉ ELEMENTOS MUESTRA LA EXPOSICIÓN DE UN DISPOSITIVO?	125
4.2.PRUEBAS INICIALES DEL ESQUEMA DE ANÁLISIS	127
4.3.OTROS ELEMENTOS DE LA EXPOSICIÓN	128
4.4.LOS ELEMENTOS EN LOS MANUALES	130

4.5. ANÁLISIS DE EXPOSICIONES EJEMPLOS TIPO-a	136
4.6. ANÁLISIS DE EXPOSICIONES EJEMPLOS TIPO-b	144
4. ANEXO: ANÁLISIS DE EXPOSICIONES. MUESTRA INICIAL.	155
CAPÍTULO 5. VALORACIÓN DE LAS EXPOSICIONES DE DISPOSITIVOS	157
5.1. LA VALORACIÓN DE UNA EXPOSICIÓN	159
5.2. ORIENTACIONES PARA EVALUAR LOS ELEMENTOS	161
5.3. CONCORDANCIA DE LA EVALUACIÓN	164
5.4. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DE EXPOSICIONES	168
5.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DE EXPOSICIONES	172
5.6. VALORACIÓN DE LIBROS DE TEXTO	175
5.7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA VALORACIÓN DE LIBROS DE TEXTO	178
5. ANEXO: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE EXPERTOS	181
CAPÍTULO 6. ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DE AULA	185
6.1. GENERALIDADES	187
6.2. ¿QUÉ DISPOSITIVOS ESTUDIAR?	188
6.3. OPERACIONES BÁSICAS	192
6.4. ELABORACIÓN DE MATERIAL DE AULA	195
6.5. UN EJEMPLO: EL HORNO MICROONDAS	197
6.6. PROFUNDIZANDO EL PROCESO DE TRANSPOSICIÓN	202
6.7. ESTRATEGIAS DE TRANSPOSICIÓN	211

6.8. EJEMPLO ADICIONAL 1: LA LÁMPARA LED	214
6.9.PASO AL DOCUMENTO BÁSICO	220
6.10.ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	224
6.11. UN EJEMPLO ADICIONAL 2: LA FOTOCOPIADORA	230
6.12. EXPOSICIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS DOCUMENTOS	235
6.13. RESULTADOS	236
6.14.DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	239
6. ANEXO: ENCUESTA DE CONOCIMIENTOS PREVIOS DE LOS ALUMNOS	243
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	245
7.1. REFLEXIONES FINALES	247
7.2. ACCIONES DE INVESTIGACIÓN LLEVADAS A CABO	248
7.3.RESPUESTAS A LOS INTERROGANTES DE INVESTIGACIÓN INICIALES	250
7.4. CONCLUSIONES GENERALES	253
7.5. PERSPECTIVAS ABIERTAS	256
BIBLIOGRAFÍA	261
ANEXOS	293
ANEXO 1: INFORMACIÓN PARA EXPERTOS DE EXPOSICIONES DE DISPOSITIVOS.	295
ANEXO 2: MATERIAL PARA LA EVALUACIÓN POR EXPERTOS. FASE 1ª	301
ANEXO 3: MATERIALES PARA LA EVALUACIÓN POR EXPERTOS. FASE 2ª	309

ANEXO 4: ENCUESTA DE PREFERENCIAS DE LOS ALUMNOS	315
ANEXO 5: PRUEBA CON CUESTIÓN SOBRE HORNO MICROONDAS	317
ANEXO 6: PRUEBA CON CUESTIÓN SOBRE EL LED	319
ANEXO 7: PRUEBA CON CUESTIÓN SOBRE FOTOCOPIADORA	321
ANEXO 8: EL HORNO MICROONDAS (ARTÍCULO DE VOLLMER)	323
ANEXO 9: EL HORNO MICROONDAS (DOCUMENTO ESCOLAR DE ALTO NIVEL)	331
ÍNDICE	343

