

# Construcción del concepto de potencial eléctrico mediante el aprendizaje por investigación

---

*Carlos Furió*

Departament de Didáctica de les Ciències Experimentals.  
Universitat de Valencia.

*Jenaro Guisasola*

Departamento de Física Aplicada I.  
U.P.V/E.H.U.

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las líneas de investigación en Didáctica de las Ciencias que más auge ha tomado en los últimos diez años ha sido la de detección de ideas previas o preconcepciones de los alumnos (Osborne y Wittrock, 1983; Furió, 1986; Carrascosa y Gil, 1992). Los resultados de esta investigación han servido para poner en evidencia los problemas de aprendizaje de los estudiantes en diferentes campos de la Física, Química y Biología. En concreto en el caso de la Electricidad uno de los problemas más frecuentes es la dificultad que presentan los estudiantes en explicar alternativas como, por ejemplo, considerar que el voltaje es debido a la existencia de corriente eléctrica o considerar que la función de la pila en un circuito es la de un contenedor de carga, siendo los cables tubos huecos por donde éstas circulan (Cohen et al., 1983). Así mismo, estas ideas y razonamientos de sentido común vienen caracterizados por ofrecer gran resistencia al cambio, manteniéndose a lo largo de la instrucción (Rhöneck y Grob, 1987).

De acuerdo con lo anterior, se echa en falta trabajos de investigación que traten sobre las dificultades de los estudiantes en el aprendizaje de las nociones básicas de electricidad como son el campo y el potencial eléctricos. En este dominio de la Física se han realizado algunas investigaciones (Nardi y Carvalho, 1990; Ranson et al., 1994) que indican graves dificultades de aprendizaje en los diferentes niveles de enseñanza. El propósito de este trabajo es por un lado, mostrar las dificultades de los estudiantes de Bachillerato en el aprendizaje del concepto de potencial eléctrico y, por otro, exponer el tratamiento realizado para superar las dificultades utilizando el modelo de enseñanza-aprendizaje por investigación (Furió y Gil, 1978; Gil, 1993).

## 2. DIAGNOSTICO DE LAS DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE

Para el diagnóstico de las dificultades hemos tenido en cuenta, en primer lugar, los resultados de la investigación didáctica (Hierrezuelo y Montero, 1988) que hemos comentado brevemente en la introducción, y, en segundo lugar, las aportaciones de di-

versos autores (Piaget y García, 1982; Gagliardi, 1988) que postulan cierto paralelismo entre las dificultades que tienen los estudiantes en el aprendizaje de las mismas. En este sentido hemos recurrido a la Historia como fuente epistemológica de obstáculos al avance de la Ciencia, tratando de detectar las dificultades que surgieron en la construcción científica del potencial eléctrico (Furió y Guisasaola, 1995).

El estudio se ha llevado a cabo en dos etapas. En la primera, se ha pasado a una muestra amplia de estudiantes unos cuestionarios de preguntas de tipo abierto, tratando de identificar las dificultades centrales que los estudiantes tienen en este área. La segunda etapa incluye entrevistas en profundidad con una pequeña muestra de estudiantes, en la que tratamos de diagnosticar con mayor profundidad la naturaleza de las dificultades y sus causas.

El cuestionario se ha pasado a una muestra de 61 alumnos de 3° de Bachillerato y 60 alumnos de COU. Estos lo han cumplimentado inmediatamente después de haberse dado los temas de electrostática y corriente continua correspondientes a sus respectivos programas, durante una clase de 50 minutos de duración.

Los tres primeros ítems del cuestionario se plantean en un contexto electrostático. En el ítem 1 se pide que los estudiantes expliquen de forma cualitativa el concepto de potencial eléctrico dentro de un ámbito escolar, y a continuación, en los ítems 2 y 3, presentar dos situaciones problemáticas donde los estudiantes deben aplicar el concepto de diferencia de potencial eléctrico para determinar si existe movimiento de cargas. Los tres ítems restantes del cuestionario van dirigidos a indagar cómo explican los estudiantes el movimiento de cargas en un contexto electrocinético.

Del análisis de las respuestas se obtiene que la mayoría de los estudiantes atribuyen la causa del movimiento de las cargas en un contexto electrostático a la nivelación o neutralización de las cargas en los cuerpos cargados al ponerse en contacto (51 % en 3° y 50% en C.O.U. para el ítem 3). Por el contrario el porcentaje de estudiantes que explica correctamente la causalidad del movimiento de cargas en un contexto electrostático utilizando el concepto de diferencia de potencial es prácticamente nulo (2% en 3° y 0% en C.O.U. para el ítem 2 y, 0% en 3° y 0% en C.O.U. para el ítem 3).

De acuerdo con los resultados obtenidos parece que las interpretaciones de los estudiantes sobre la causalidad del movimiento de cargas presentan mayoritariamente una concepción de la electricidad como fluido compuesto pro partículas. En este modelo, similar al propuesto históricamente por Franklin, los fenómenos de movimiento de cargas pueden ser explicados fácilmente por un modelo hidrostático (resultados ítems 2, 3 y 6) donde el movimiento de cargas no requiere ninguna condición energética.

El modelo descrito también es utilizado por los estudiantes en un contexto electrocinético explicando que el movimiento de las cargas es "natural" y sólo depende de la "cantidad de cargas" o de "corriente" contenida en el generador, concebido como un contenedor de las mismas (70,5% en 3° y 66,6% en C.O.U. para el ítem 6). Así mismo, las explicaciones que utilizan el concepto de energía potencial y/o potencial son minoritarias (en torno al 20% en 3° de B.U.P. y al 25% en C.O.U. para los ítems 4, 5 y 6).

Respecto de las entrevistas en profundidad, en primer lugar se realizó un cuestionario y un estadillo que sirviera de guía para seguir el razonamiento de los estudiantes ante las cuestiones planteadas. Estas proponen "situaciones transitorias" para que

los estudiantes expliquen el movimiento de cargas existentes entre dos esferas. En primer lugar se varía la cantidad de cargas y el signo de las mismas manteniendo constante el tamaño de las esferas (problema 1). En segundo lugar se varía el tamaño de las esferas y la cantidad de cargas manteniendo constante el signo de las mismas (problema 2).

Se entrevistó a 6 estudiantes (tres chicos y tres chicas) de 3° de B.U.P. durante aproximadamente 20' cada uno. Los estudiantes habían estudiado los temas de electrostática y corriente continua correspondientes a sus respectivos programas.

Las entrevistas fueron grabadas y han sido totalmente transcritas a un protocolo donde también se anotaban las características del diálogo (pausas, tonos de la frase, palabras que se enfatizaban ... etc.) para no perder información a la hora de analizarlo. El análisis cualitativo del protocolo se ha realizado mediante un estadillo constituido por ítems encaminados a conocer las formas de razonamiento que desarrollan los estudiantes cuando tratan de explicar el movimiento de cargas entre dos cuerpos cargados unidos por un conductor.

De acuerdo con el objetivo descrito el protocolo de cada estudiante ha sido analizado, habiéndose obtenido un número importante de características comunes. De entre ellas, hemos considerado como más representativas desde un punto de vista conceptual, las siguientes:

1. Ninguno de los seis estudiantes entrevistados responde correctamente a la causalidad del movimiento de cargas en los dos problemas planteados en términos de energía potencial o potencial.

2. En ninguna de las explicaciones aparece el concepto de diferencia de potencial como uno de los posibles factores a tener en cuenta en el análisis del movimiento de las cargas.

3. El razonamiento que utilizan los estudiantes para explicar el movimiento de las cargas se basa fundamentalmente en un modelo "hidrostático" y en el criterio universal de que cargas de distinto signo se anulan.

Vamos a reproducir algunos fragmentos de las conversaciones mantenidas entre el entrevistador y los estudiantes, donde se refleja la forma de razonamiento utilizando tal y como fué saliendo en las entrevistas.

#### Ejemplo 1

P (*profesor*): ¿Se mueven las cargas en el problema 1 ?

E (*estudiante*) : Al conectar las dos esferas son como un solo cuerpo y tenderá siempre a encontrar un estado para no variar, o sea, para estar compensado.

P : ¿Cómo se produce esa compensación?

E : Pues si uno está cargado positivamente y el otro negativamente, quiere decir que a uno le faltan electrones y el otro tiene de más. Pasarán electrones al que le faltan y los que sobren se los reparten.

P : De acuerdo con tu criterio, ¿en qué casos hay movimiento de cargas?

E : En el primero que quedará una carga negativa en cada esfera y en el tercero que quedará una carga positiva en cada esfera.

P : Y, en el problema dos, ¿cuándo hay movimiento de cargas?

E : Eso no sé si la masa influye o no. La esfera, ¿ que es: un átomo, una masa o qué?

P : Es un cuerpo esférico conductor.

E : Pues al conectarlo forman un nuevo cuerpo y se compensan las cargas. Quedan las mismas cargas a un lado que al otro.

P : Y, ¿qué ocurre en el tercer caso?

E : En este es el único en que no quedan enteras, entonces pensaba que igual hay más en la pequeña, pero no lo sé.

### Ejemplo 2

P : ¿Por qué se mueven las cargas en el problema 1 ?

E : Pues se atraen, al ser positivos y negativos se atraen, y tienden a neutralizarse.

P : Y las cargas que no se neutralizan ¿cómo quedan?

E : Se quedarían en una de las esferas.

P : ¿No se repartirían?

E : No lo sé. Si son del mismo signo se repelerían.

P : Y en el segundo problema ¿qué sucede?.

E : Pues que las cargas tenderían a igualarse. En el primer caso se quedarían igual, en el segundo la esfera grande le daría a la pequeña y en el tercer al revés.

P : ¿Influirá el tamaño de las esferas?

E : No lo sé, me parece que no.

### Ejemplo 3

P : ¿Existe movimiento de cargas en el problema 1 ?

E : Pienso que tiene que haber el mismo número de cargas en ambas esferas, si son iguales pues no habrá movimiento, pero si falta alguna, tendrá que pasar una negativa al otro lado en el primer caso y una negativa en el tercer caso.

P : Y para el problema dos ¿cuándo hay movimiento de cargas?

E : Habrá movimiento hasta que se equilibren las cargas, igual que antes.

P : ¿Influirá el tamaño de las esferas?

E : El diámetro creo que no influye.

Como conclusión podemos decir que los resultados de los dos diseños son convergentes e indican que los estudiantes no tienen una significación clara del concepto de potencial eléctrico en un contexto electrostático, no existiendo una diferenciación

netamente entre este concepto y los de cantidad de carga o densidad superficial de carga. De la misma forma en un contexto electrocinético se confunde la diferencia de potencial con la fuerza para llevar las cargas o con la intensidad de corriente.

### **3. ESTRATEGIAS DIDACTICAS PARA SUPERAR LAS DIFICULTADES**

Las dificultades encontradas en el aprendizaje significativo del concepto de potencial eléctrico dentro de una teoría eléctrica elemental para estudiantes de Bachillerato, es un ejemplo más de dificultades encontradas en otros campos de las Ciencias y que han llevado a la comunidad científica a una crítica fundamentada del paradigma de enseñanza-aprendizaje por transmisión verbal de los conocimientos científicos acabados, en el que podemos situar a la enseñanza habitual que hoy mayoritariamente se practica.

Esta crisis paradigmática se ha resuelto con la aparición de una nueva orientación constructivista del aprendizaje de las Ciencias y de las Matemáticas (Resnick, 1983; Novak, 1988) como paradigma emergente. Este nuevo paradigma, donde el estudiante debe tomar parte activa en el aprendizaje construyendo los conocimientos científicos, está originando modelos diferentes de intervención didáctica que tienen como denominador común el uso de estrategias de aprendizaje basadas en el cambio conceptual (Postner et al., 1982). Pero, los resultados que se están encontrando al experimentar estas estrategias dirigidas explícitamente al cambio conceptual -no tan positivos como se esperaban- junto a la necesidad de dar solución a viejos problemas didácticos como la resolución de problemas y a otros más nuevos como el de las actividades negativas de los estudiantes hacia la ciencia y su aprendizaje (Welch, 1985), requieren ampliar su fundamentación teórica con nuevas componentes epistemológicas, metodológicas y axiológicas relativas a aquello que se enseña. En este sentido están apareciendo en la literatura, cada vez más, trabajos que llaman la atención sobre la necesidad de tener presente el cambio epistemológico y axiológico (Duschl y Gitomer, 1991) o el cambio metodológico (Gil et al., 1991) en el aprendizaje, si se quiere lograr el cambio conceptual.

Estas últimas aportaciones han permitido superar el reduccionismo de los modelos de cambio conceptual centrados exclusivamente en los contenidos conceptuales y recuperar como objetivo la familiarización de los estudiantes con las formas de razonamiento científico. Este cambio ha dado lugar a un modelo constructivista de aprendizaje como investigación que prima estrategias centradas en el tratamiento de situaciones problemáticas abiertas de interés para los estudiantes (Gil, 1993). De forma resumida, se puede decir que estas estrategias tienen por objeto familiarizar a los estudiantes con la metodología científica a través de la resolución de problemas, proceso en el que se favorecerán las siguientes fases:

a) Proponer situaciones problemáticas interesantes que faciliten una concepción preliminar de la tarea y que sirvan a la construcción de un cuerpo de conocimientos.

b) Aproximación cualitativa a las situaciones problemáticas para precisarlas y así llegar a definir las como problemas. Fase en la que será necesario que los estudiantes expliciten sus esquemas conceptuales y los pongan a prueba como algo consustancial con la tarea de resolución del problema.

c) Enfoque científico para abordar la solución del problema ya acotado. Fase compleja que implica la introducción de conceptos, la emisión de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución o de diseños experimentales, la resolución de los mismos, el análisis de resultados con la posibilidad de conflictos entre concepciones diferentes.

d) Proponer la utilización de los nuevos conocimientos en situaciones diversas y, en particular, dando importancia especial a las relaciones Ciencia/Técnica/Sociedad y a la propuesta de nuevas situaciones problemáticas para continuar la construcción de conocimientos a nivel más profundo.

De acuerdo con este modelo de aprendizaje como investigación y con el fin de facilitar el desarrollo del currículo se ha elaborado un programa de actividades que aborda el estudio de la unidad temática de electrostática (que incluye el concepto de potencial eléctrico) en forma de situación problemática, donde se integran tanto la introducción de conceptos, la discusión sobre las implicaciones sociales, la resolución de problemas y el trabajo experimental. Este conjunto de actividades, debidamente articuladas, son realizadas por los estudiantes organizados en pequeños grupos de investigación, bajo la dirección del profesor. En este modelo el papel del profesor como transmisor continuo de información que le asigna la enseñanza habitual queda sustituido por el de facilitador del aprendizaje entendido como mediador entre la Ciencia y los estudiantes (Giordan y Vechi, 1989).

Una vez elaborado el programa de actividades ha sido aplicado durante el curso 94-95 por dos profesores en dos centros de Bachillerato de la Comunidad Autónoma Vasca (I.N.B. de Hondarribia y el Lizeo Pasaia). La intervención pedagógica a través del programa de actividades se ha desarrollado durante cuatro semanas que corresponden a la parte de electrostática del programa oficial para el curso de 3º de B.U.P. Es necesario indicar que los estudiantes que han realizado la experiencia estaban acostumbrados a trabajar con programas de actividades.

Los diseños elaborados para evaluar el aprendizaje (conceptual, metodológico y actitudinal) logrado han sido de dos tipos. El primer diseño trata de realizar un acercamiento cualitativo a la forma de razonar de los estudiantes cuando interpretan diversas situaciones problemáticas. Estas situaciones se plantean a los alumnos en el desarrollo de una clase normal dentro de su actividad de trabajo en grupo. Una de las situaciones propuestas ha consistido en que expliquen la causalidad del movimiento de cargas entre dos esferas de diferente tamaño conectadas por un hilo conductor y con diferente carga cada una.

Al finalizar la discusión los estudiantes debían realizar un informe explicando sus conclusiones y justificándolas. Del análisis de los informes realizados se puede deducir que el razonamiento utilizado por los estudiantes cuando responden correctamente puede agruparse en dos variantes que vamos a describir a continuación.

Variante 1 : utilizan de forma adecuada el concepto de potencial para analizar el movimiento de las cargas en las tres cuestiones planteadas. Un ejemplo de esta forma de razonamiento sería el siguiente:

" En la primera situación el potencial de la esfera A es mayor que el de la B debido a que la acumulación de cargas es mayor en la superficie pequeña de la esfera A. Además, como la cantidad de cargas en A y B son iguales pero la superficie de B es

doble que la de A, el potencial en B tiene que ser más pequeño. Por tanto, cuando se unen las dos esferas las cargas pasarán de la esfera A a la B hasta que el potencial de las dos sea igual, teniendo en cuenta las superficies y la cantidad de carga, el dibujo final tendrá 4 cargas en la esfera A y 8 cargas en la esfera B.

Para el segundo caso existe un equilibrio entre las dos esferas ya que el tamaño de las esferas y la cantidad de carga se corresponden. Por tanto, están al mismo potencial y no hay movimiento de cargas.

En el tercer caso la esfera B es mayor que la A y tiene menos cargas, por tanto el potencial de la esfera A es mayor que el de la B y se produce un movimiento de cargas de A a B hasta que las dos esferas logran tener el mismo potencial. El dibujo final tendrá 3 cargas en A y 6 en B, la carga sobrante no sabemos donde estará." (Liceo Pasaia, curso 94/95).

Variante 2 : utilizan la proporcionalidad entre cantidad de carga y tamaño de la superficie para indicar el movimiento de las cargas. Un ejemplo de esta forma de razonamiento sería la siguiente:

" En el primer caso las cargas se moverán de A a B, se repartirán proporcionalmente según el tamaño de forma que quedarán 4 cargas en A y 8 en B.

En el segundo caso las cargas no se moverán ya que están proporcionalmente bien repartidas.

En el tercer caso ocurre una cosa especial ya que nos sobra una carga al ser la proporcionalidad de 3 en la A y 6 en la B, suponemos que se quedará fuera de las dos esferas." (Liceo Pasaia, curso 94/95)

Respecto del razonamiento de los estudiantes en las respuestas incorrectas, las contradicciones que aparecen en el discurso de los estudiantes no permiten deducir una línea de razonamiento coherente sino que se puede constatar que el discurso intuitivo de los estudiantes se caracteriza por su inestabilidad, incoherencia y contradicciones. Sin embargo, es cierto que aparecen razonamientos que consideran el factor "cantidad de carga" de las esferas como fundamental a la hora de explicar el movimiento de cargas (modelo hidrostático), que es el razonamiento que más aparece en alumnos que siguen una enseñanza tradicional, tal y como hemos señalado anteriormente.

De acuerdo con lo anterior, los resultados se pueden agrupar en la siguiente tabla

CUADRO 1

Centro	Respuestas correctas	Respuestas incorrectas
I. Hondarribia	100% (71% v.1 y 29% v.2)	0%
Lizeo Pasaia	86% (57% v.1 y 29% v.2)	14%

Así mismo, en dos grupos de cada clase, se procedió a grabar la discusión realizada por los estudiantes. Las discusiones han sido totalmente transcritas a un protocolo

y el análisis del mismo se ha realizado en función de las categorías provisionales que se habían establecido a partir del diagnóstico inicial realizado. A lo largo del análisis las categorías previas fueron matizadas de acuerdo con los resultados obtenidos y con el intercambio de opiniones entre los analistas del protocolo (Jong 1990). En definitiva, se ha intentado que los resultados de esta aproximación cualitativa al razonamiento de los estudiantes sean lo más fiables y válidos posibles (Ericsson y Simon, 1984).

De los cuatro grupos de estudiantes grabados, dos de ellos (Grupo 1) responde correctamente explicando el fenómeno en base a la proporcionalidad entre cantidad de carga y tamaño de la superficie para producirse el movimiento de las cargas. En los otros dos grupos (Grupo 2) los alumnos emplean explícitamente el concepto de potencial para razonar el movimiento de las cargas, contestando también correctamente.

\* Veamos el análisis de los comentarios del grupo 1:

### Protocolo 1

- 01 Ibon: En el primer caso las cargas se moverán de la esfera A a la B.
- 02 Arkaitz: Si se repartirán de forma que en B haya el doble de cargas que en A.  
03
- 04 Koldo: Entonces, ¿Se repartirán según el tamaño?, ¿en B debe haber el doble  
05 de cargas que en A?
- 06 Arkaitz: Eso es, se repartirán de forma proporcional.
- 07 Egoi: Si eso es, en la esfera A habrá cuatro y en la B que es doble ocho.
- 08 Ibon: En el segundo caso las cargas no se moverán porque están repartidas  
09 proporcionalmente.
- 10 Arkaitz: como la esfera B es de doble tamaño que la A y tiene el doble de  
11 cargas están en equilibrio.
- 12 Arkaitz: Ahora el tercer caso, las cargas se repartirán proporcionalmente.  
13 Pero aquí no sale.
- 14 Koldo: Claro aquí hay que dividir una de las cargas, pero no es posible.
- 15 Ibon: Ponemos que el movimiento de cargas se produce de A a B hasta que  
16 se logre un reparto proporcional y no ponemos el reparto final porque  
17 no es posible.
- 18 Arkaitz: No!, ponemos que en la esfera A hay 3, en la B 6 y una queda  
19 fuera de las esferas.
- 20 Ibon: Vale, ponemos eso.

El protocolo 1 corresponde al final de la discusión cuando los alumnos deben justificar las hipótesis que ha realizado al comienzo sobre la existencia de movimiento de cargas y el estado final. El análisis del protocolo 1 nos confirma que una de las formas de razonamiento de los alumnos del grupo experimental es en base a la proporcionalidad entre cantidad de carga y tamaño de la superficie para producirse el movimiento de las cargas, utilizando la noción "intuitiva" de potencial que se ha trabajado en el modelo de "presión eléctrica" (Arkaitz línea 06, Ibon líneas 08 y 09, Arkaitz líneas 10 y 11, Ibon líneas 15 y 16).

\*Análisis del los comentarios del grupo 2:

### Protocolo 2

- 01 Unai: En el primer caso la esfera B tiene doble tamaño que la A y en las dos  
02 hay la misma cantidad de carga, por tanto pasará carga.
- 03 Aitor: ¿Cuánta carga pasará?
- 04 Koldo: Pasará carga hasta que los potenciales de las dos esferas sean iguales.  
05 En general hasta que las dos esferas no tengan el mismo potencial  
06 pasará carga de una a otra.
- 07 Aitor: En este caso como el tamaño de una esfera es doble que la de la otra...  
08
- 09 Koldo: El radio de una doble, esto es la superficie de una doble que el de la  
otra.  
10
- 11 Mikel: O sea, en la esfera B debe haber doble cantidad de carga que en la A al  
12 final del proceso.
- 13 Koldo: Si de esta forma el potencial de las dos esferas es igual.
- 14 Unai: Si cuando el potencial se iguala no se mueven las cargas.

### Protocolo 3

- 01 Aitor: ¿Y en el segundo caso? ¿se mueven las cargas?.
- 02 Unai: Aquí la esfera de doble tamaño tiene el doble de cargas, por tanto no  
03 habrá movimiento de cargas.
- 04 Koldo: Si, no hay movimiento de cargas ya que el potencial es el mismo en  
05 las dos esferas.
- 06 Aitor: Vale, ponemos eso.

### Protocolo 4

- 01 Mikel: En el caso tres se produce movimiento de cargas ya que en la esfera  
02 pequeña tenemos 6 cargas y en la grande 4 cargas.
- 03 Unai: Pondremos cinco en cada esfera ...
- 04 Koldo: No!, en una doble que la otra.
- 05 Aitor: Pero no queda bien, ¿en la A 3 cargas y en la B 7?
- 06 Mikel: Sería 3 y media y siete para que le potencial de las dos esferas tengan  
07 el mismo potencial.
- 08 Koldo: Ponemos que las cargas se mueven hasta que las dos esfera tengan el  
09 mismo potencial.
- 10 Mikel: Vale!, y dejamos la situación final sin llegar a un equilibrio la esfera A  
11 con 4 cargas y la B con 6.

Los protocolos 2, 3 y 4 corresponden a diferentes partes de la discusión referidas a cada una de las situaciones que se les presentan para resolver. Del análisis de los protocolos se puede deducir que existe en el grupo un consenso general en base a utilizar el concepto de potencial como causa del movimiento de las cargas (Koldo líneas 4, 5 y 6, Unai línea 14 del protocolo 1; Koldo líneas 4 y 5 del protocolo 2). Incluso en el tercer caso planteado, que no guarde una proporcionalidad exacta entre tamaño y cantidad de carga, los alumnos utilizan el mismo criterio. Así, Mikel trata de lograr una proporcionalidad exacta (líneas 6 y 7 del protocolo 3) para que se pueda utilizar el criterio empleado, es decir, los potenciales deberán ser iguales (Koldo líneas 8 y 9).

El segundo diseño se ha realizado al terminar todas las actividades del tema de electrostática y ha consistido en una prueba de cuestiones abiertas que recoge los objetivos de aprendizaje propuestos al diseñar la unidad didáctica. Uno de los objetivos a cumplir es que los estudiantes comprendan el interés de introducir una nueva magnitud llamada potencial eléctrico para explicar el movimiento de las cargas y sepan aplicarlo. Respecto de este objetivo se prepararon dos cuestiones referentes al concepto de potencial eléctrico, una de ellas (C.1.) trata de que los estudiantes expliquen de forma cualitativa el concepto de potencial eléctrico dentro de un contexto escolar. En la otra cuestión (C.2.) los estudiantes tienen que aplicar el concepto de diferencia de potencial eléctrico en una situación problemática, donde deben analizar desde un punto de vista energético el movimiento de una carga puntual en los alrededores de una placa plana cargada.

Los resultados obtenidos para ambas cuestiones se muestran en las tablas siguientes, junto con el valor de la "t" de Student para poder hacer comparaciones acerca de la significatividad de los resultados logrados.

<b>RESULTADOS CUESTION 1</b>			
	porcentaje respuestas correctas	grados de libertad	"t" Student ( $p \ll 0,0T$ )
Grupo experimental Hondarribia N=23	69,5%	84	3,55
Grupo de Control	29,5%	84	3,55

Los alumnos que han sido tratados experimentalmente presentan un mejor porcentaje de respuestas acertadas en ambas cuestiones. Estos resultados pueden interpretarse como exponentes de un aprendizaje significativamente mayor del concepto de potencial eléctrico que el logrado en el grupo de control.

<b>RESULTADOS CUESTION 2</b>			
	porcentaje respuestas correctas	grados de libertad	"t" Student ( $p < 0,01$ )
Grupo experimental Hondarribia N=23	52%	84	3,78
Grupo experimental L. Pasaia N=26	42%	87	3,07
Grupo de Control	10%		

#### **4. CONCLUSIONES**

En el primero de los diseños realizados para evaluar el aprendizaje logrado se observa que los razonamientos realizados por la gran mayoría de los grupos de trabajo en la clase experimental son coherentes con el modelo teórico estudiado, superando las deficiencias conceptuales y metodológicas que aparecían en los razonamientos de los estudiantes entrevistados de la clase de control.

En el segundo diseño los resultados muestran que se ha producido una mejora del aprendizaje del concepto de potencial siendo el número de respuestas correctas dos veces mayor para una cuestión dentro de un contexto escolar cuatro veces mayor para la cuestión de aplicación del contexto en una situación problemática. Sin embargo los resultados en términos absolutos de la segunda cuestión pueden parecer menos positivos de lo esperado, en nuestra opinión, esto puede ser debido a la dificultad del propio concepto de potencial eléctrico.

Por último indicar que los resultados de los dos diseños realizados son convergente pudiéndose decir que se ha obtenido una mejora en el aprendizaje del concepto del potencial eléctrico por parte de los alumnos tratados experimentalmente con respecto a los del grupo de control.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

COHEN, R.; EYLON, B. y GANIEL, U. (1983): "Potential difference and current in simple electric circuits: a study of students' conceptions". *American Journal of Physics*, 51:407-412.

CARRASCOSA, J. Y GIL, D. (1992): "Concepciones alternativas en mecánica. Selección bibliográfica". *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (3).

DUSCHL, R. Y GITOMER, D. (1991): "Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice". *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9): 839-858.

ERSSON, K.A. Y SIMON, H.A. (1984): *Protocol analysis: verbal reports as data*. Cambridge: The MIT Press.

FURIO, C. (1986): "Metodología utilizada en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la Química". *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1): 73-77.

FURIO, C. y GIL, D. (1978): *El programa-guía: una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química*. Valencia: Servicio de publicaciones del ICE de la Universidad de Valencia.

FURIO, C. y GUIASOLA, J. (1995): "Principales aportaciones en la construcción de la teoría eléctrica en los siglos XVI a XIX. Implicaciones didácticas". (Documento de Trabajo).

GAGLIARDI, R. (1988): "Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3): 291-296.

GIL, D. (1993): "Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación". *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2): 197-212.

GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIO, C. y MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1991): *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori.

GIORDAN, A. y DE VECHI, G. (1989): *Los orígenes del saber*. Sevilla: Diada.

HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1988): *La ciencia de los alumnos*. Barcelona: Laia-MEC.

JONG, O. de (1990): "Towards a more effective methodology of research on teaching and learning "chemical calculations". En H.J. Schmidt (Ed): *Empirical research in mathematics and science education*, 106-121. Dortmund: ICASE.

NOVAK, J.D. (1988): "Constructivismo humano: un consenso emergente". *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3): 213-223.

POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.V. y GERTZOG, W.A. (1982): "Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change". *Science Education*, 66: 211-227.

PIAGET, J. y GARCIA, R. (1982): *Psicogénesis e historia de las ciencias*, México: Siglo XXI.

RESNICK, L.B. (1983): "Mathematics and science learning: a new conception", *Science*, 220: 477-487.

NARDI, R. y CARVHALO, A.M.P. (1990): "A genese, a psicogenese e a aprendizagem do conceito de campo: subsídios para a construção do ensino desse conceito". *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, 7: 46-69.

OSBORNE, R. y WITTRÖCK, M. (1983): "Learning science: a generative process". *Science Education*, 67: 490-508.

RAISON, S.; TRANSTRÖMER, G. y VIENNOT, L. (1994): "Students' understanding of superposition of electric fields". *American Journal of Physics*, 62 (11): 1026-1032.

RHÖNECK, C. y GROB, K. (1987): "Representation and problem-solving in basic electricity. Predictors for successful learning". *Proceeding of the Second International Seminar Misconceptions and Educational strategies in Science and Mathematics*, Cornell University, Ithaca, vol III: 564-577.

WELCH, W. (1985): "Research in science education: review and recommendations". *Science Education*, 75 (1): 9-21.