

# La Investigación orientada en el nivel superior para la enseñanza del campo eléctrico



M. Sandoval<sup>1</sup> y César Mora<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco. Carr. Vecinal Comalcalco-Paraíso, Km. 2, R/a Occidente 3ra Sec. C.P. 86500. Comalcalco, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria Instituto Politécnico Nacional, Av. Legaria 694, Col. Irrigación, Del. Miguel Hidalgo, C. P. 11500, México D. F.

**E-mail:** manuelsandoval804@gmail.com, cmoral@ipn.mx

(Recibido el 2 de Enero de 2011; aceptado el 27 de Julio de 2011)

## Resumen

Se presenta un estudio empleando la metodología investigación orientada como estrategia de enseñanza del concepto de campo eléctrico en estudiantes de nivel superior. Los resultados muestran que los modelos pre-conceptuales entre estudiantes (en el grupo experimental) de alto rendimiento y los de bajo rendimiento tienden a ser muy semejantes en actividades que involucren el razonamiento conceptual; sin embargo, en actividades que ofrecen la oportunidad de trabajar de manera más abstracta, las diferencias son más notables entre ambos grupos. Se encontró también, en términos generales, que la ganancia obtenida por el grupo experimental fue del 11% comparado con el 3.8% obtenido por el grupo de control.

**Palabras clave:** Estudiantes de alto rendimiento, estudiantes de bajo rendimiento, investigación orientada.

## Abstract

We show a work using oriented research as teaching strategy to electric field concept in freshmen. The results shows that (in experimental group) pre-conceptual models among students of high and low academic level tend to be very similar in activities that involve conceptual reasoning; however on activities more abstract the difference among them are remark. We found also that gain in experimental group was 11% compared with 3.8% of control group.

**Keywords:** Students of high level, students of low level, oriented research.

**PACS:** 01.40.gb, 01.40.-d,

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

Las diversas metodologías que existen y se desarrollan actualmente ofrecen diferentes maneras de mejorar la enseñanza de la física en los distintos niveles de educación alrededor del mundo; la efectividad entre una y otra dependerá en buena medida de las condiciones en las que se encuentre el grupo de estudiantes con el cual se va a trabajar. Algunas metodologías, como por ejemplo las ILD's (Interactive Lecture Demonstration) [1], proponen realizar ciertas actividades en las cuales los estudiantes trabajarán en forma grupal analizando el planteamiento del problema que se les pida analizar, posteriormente se lleva a cabo un experimento bien diseñado para comparar los resultados arrojados por el experimento y las predicciones elaboradas por los estudiantes. Sin embargo, dependiendo el tema a tratar en ocasiones es muy complicado realizar un experimento que corrobore el objetivo de dicha actividad; por ejemplo para el concepto de campo eléctrico es muy difícil contar con el equipo adecuado para elaborar una

demostración en la que se pueda visualizar el comportamiento de una partícula cargada dentro de un campo eléctrico. El Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco (ITSC), a pesar de ofrecerse diversas carreras de ingeniería (como electrónica o mecatrónica) no existe un laboratorio de física para complementar las clases en el aula; cabe señalar que algunos investigadores como Van Heuvelen [2] y colaboradores han desarrollado una serie de simuladores para la enseñanza de la física y se encuentran disponibles de manera gratuita en internet, a pesar de ser una propuesta interesante, debido a la falta de un servidor que ofrezca acceso rápido a internet en el ITSC no se ha podido implementar esta herramienta. Por tal razón, para la elaboración de este trabajo se optó por una estrategia que no impusiera el uso de laboratorios ni el uso del servicio de internet; siendo tal propuesta la *investigación orientada* para la enseñanza del concepto de campo eléctrico. Esta estrategia se ha utilizado con éxito en diversos niveles de educación, aunque principalmente se han enfocado mayoritariamente al nivel secundaria y preparatoria. Furió y Guisassola [3] han encontrado que una gran mayoría de

estudiantes de secundaria manejan un perfil newtoniano al cuestionarles sobre algunos problemas de electrostática; así mismo sus resultados indican que a medida que aumenta el nivel de dificultad de las preguntas los estudiantes muestran un perfil pre-newtoniano, es decir, más intuitivo, concluyendo que los mejores resultados se obtuvieron con el grupo experimental. Esta metodología se ha implementado también para la enseñanza del concepto de las fuerzas de flotación [4] en estudiantes de nivel secundaria, en él se estimula a los estudiantes a llevar a cabo una tarea en la cual deberán diseñar una embarcación que pueda flotar, enfocándose primordialmente a la elaboración del hipótesis y búsqueda de soluciones a una problemática dada. Los resultados presentados hacen referencia a la ventaja de utilizar la investigación orientada como metodología de enseñanza respecto a la enseñanza tradicional.

Otros investigadores [5] sugieren que para lograr un cambio conceptual adecuado es necesario resolver problemas abiertos como pequeños proyectos de investigación para que se resuelvan en equipos, lo cual concuerda con las ideas de la investigación orientada. Esta metodología es de gran importancia porque permite que en la relación entre estudiantes y profesorado (en el proceso enseñanza- aprendizaje) exista un clima de colaboración y confianza donde pueden resolver problemas, formularlos y cuestionarlos, en otras palabras es una metodología integral [6]. Como consecuencia se busca evitar la denominada metodología de la superficialidad [7] con la cual la mayoría de los estudiantes llegan a resolver los problemas de una forma mecánica, es decir siguiendo una receta lo cual conlleva a una lenta madurez en sus concepciones. Esto parece indicar [8], aparentemente, que una de las dificultades para llevar a cabo un posible acercamiento al mundo de las ciencias y la tecnología es la propia metodología de enseñanza de conceptos, principios y leyes que se encuentran centradas en el aula de clases.

En este trabajo se ha implementado la metodología investigación orientada, tomando algunas de las actividades propuestas por Guisasola y colaboradores [9] para la enseñanza del campo eléctrico en estudiantes de nivel superior inscritos en el ITSC de segundo semestre de las carreras ingeniería industrial (grupo experimental) e ingeniería en mecatrónica (grupo de control).

## II. METODOLOGÍA

### A. Características de la investigación orientada

Esta metodología se ha utilizado para desarrollar habilidades en los estudiantes que le permitan aprender a resolver problemas de física. Una propuesta [10] como modelo para la solución de problemas como investigación sería el siguiente:

- Comenzar por un estudio cualitativo de la solución y definir de manera precisa el problema.
- Emitir hipótesis fundamentadas sobre la forma en que se podrían relacionar unas variables y otras.

- Elaborar y explicar posibles estrategias de solución evitando la prueba ensayo y error.
- Evitar operativismos que no tengan significancia física.
- Analizar los datos a la luz de las hipótesis planteadas.

El empleo de este modelo de resolución de problemas fue puesto en práctica en [11] y encontraron diferencias importantes y estadísticamente representativas entre los grupos de control y el experimental. Un resultado interesante es que los alumnos del grupo de control abandonaban la búsqueda de la solución del problema planteado en un tiempo muy breve o bien el tiempo destinado a solucionarlo era mayor que en el grupo experimental.

### B. Muestreo del estudio

El cuestionario de evaluación utilizado para los estudiantes fue *Conceptual Survey in Electricity* (CSE) [12] utilizando solamente 15 preguntas que están relacionadas directamente con la fuerza eléctrica y el campo eléctrico, una versión en español de una sección de ese cuestionario fue publicado anteriormente por los autores [13], en dicho trabajo se empleó como metodología de enseñanza a la historia de la ciencia y se utilizó también la técnica jigsaw para la formación de los equipos de discusión. Los datos arrojados por el cuestionario indicaron que en el grupo experimental los resultados fueron más favorables que en el de control, así mismo la actitud de cooperativismo entre los grupos participantes se hizo notoria ya que la mayoría de los estudiantes estaban concentrados en la actividad encomendada.

Por otro lado, en esta ocasión se busca emplear otra metodología de enseñanza y tratar de encontrar las posibles diferencias entre ellas. La población en estudio fue de 145 alumnos en el grupo de control y de 45 en el grupo experimental.

### C. Metodología de la instrucción

Las actividades se desarrollaron en el aula de clases en equipos de 4 estudiantes, los cuales se formaron de manera aleatoria; se trabajó con un total de 8 actividades algunas de las cuales están estrechamente relacionadas, esto con la intención de verificar si sus respuestas tienen coherencia. El tiempo determinado para finalizar cada actividad fue de 10 minutos aproximadamente, aun que se debe mencionar que debido a los problemas (principalmente conceptuales) de los estudiantes para finalizarlas se extendía el tiempo 5 minutos más. Cada equipo debía analizar cada actividad y discutirla entre ellos, teniendo la obligación de participar cada integrante de dicho equipo en la discusión y deberían entregar un reporte, el cual se tomaría como parte de su calificación parcial, así como escribirlo en sus respectivos cuadernos. Para dar una mayor motivación a los estudiantes y tomar con seriedad el uso de las actividades se diseñó el examen parcial correspondiente a esa unidad con 3 preguntas enfocadas al aspecto conceptual del campo

eléctrico y se incluyeron dos problemas de libro de texto [14] empleado durante el desarrollo del semestre.

De acuerdo al programa de estudio oficial de los Institutos Tecnológicos en México, el tema enfocado al concepto de campo eléctrico y su relación con la fuerza que ejerce sobre ciertas partículas cargadas se debe analizar durante (aproximadamente) dos semanas (7 horas); para la aplicación de las actividades antes mencionadas se utilizaron 2 sesiones (3 horas, distribuidas dos semanas) y el resto del tiempo (4 horas) se empleó para resolver los problemas de libro de texto.

### III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados que se obtuvieron de la aplicación de las actividades basadas en la investigación orientada así como los datos obtenidos de la aplicación del cuestionario CSE.

Se hará hincapié en los modelos pre-conceptuales de los estudiantes del grupo experimental, a su vez (dentro de lo aceptable) se hace una distinción entre estudiantes de alto nivel académico y los de bajo rendimiento con la intención de verificar si las respuestas de tipo conceptual tienden a ser más acertadas en un subgrupo que en otro. A continuación se analizan dos de las 8 actividades; para mantener el anonimato de los estudiantes que participaron se utilizan los términos Estudiante 1, Estudiante 2, etc. para identificarlos de manera simbólica.

#### A. Primera Actividad

Recolectadas las respuestas a las actividades utilizadas se encontraron diversas situaciones de gran interés para ésta investigación. Se estudiaron las respuestas de algunos estudiantes considerados “promedios” (es decir, su promedio escolar es inferior a 80) y estudiantes con mejor desempeño académico. En la figura 1 del anexo se muestra la actividad 1; en ella se les pide a los estudiantes que indiquen por qué razón la flama de la vela oscila. Las respuestas tuvieron los siguientes matices:

**Estudiante 1:** A) Puesto que la esfera está cargada positivamente, y pues pienso que la **vela** tiene algún tipo de **carga negativa** y pues esto hace u ocasiona un campo eléctrico y esto hace que la vela se oscile.

B) pues pienso que al alejarse la vela hace que el campo eléctrico **desaparezca** y pues por eso la vela no oscila.

**Estudiante 2.** A) Ya que ésta (la vela) se encuentra más cerca del **campo magnético** o de la carga esta tiene constante movimiento por las **ondas liberadas por la carga**.

B) la vela que está más lejos es **menos atraída** por la carga de la esfera por la distancia.

**Estudiante 3.** A) En mi opinión creo que las ondas son las que hacen que oscile.

B) Por que la esfera está cargada y al acercarla a la vela se atrae el **calor**. Cuando está alejada no oscila porque **no está emitiendo onda** ni tampoco le atrae el calor.

#### • Estudiantes de bajo rendimiento

Se puede observar que existen diferentes modelos conceptuales entre los estudiantes impregnados de imprecisiones. Para el estudiante 1, la flama de la vela debe poseer una cierta carga negativa la cual atraerá a la esfera cargada “positivamente” pero como la esfera no se puede mover entonces lo tiene que hacer la flama, aunque supone la existencia de un campo eléctrico éste lo asimila en la vela, si ésta se aleja entonces el campo eléctrico desaparece por tal razón la flama no se moverá. La estudiante 2 asume que lo que se genera es un campo magnético debido a la carga y que éste se propaga en forma de ondas; aquí se puede apreciar las confusiones que la estudiante 2 tiene para diferenciar entre campo eléctrico y magnético así como las dificultades que tiene para comprender que el campo eléctrico es generado por cargas eléctricas. Para el tercer estudiante la perspectiva es totalmente diferente, ya que, supone que la interacción que se produce entre la carga Q y la flama de la vela se debe al calor generado por vela y además tal interacción es de tipo atractiva. Esta es una visión del estudiante, aunque interesante, por demás errada, pero es interesante porque es la primera ocasión que un estudiante relaciona al campo eléctrico con la radiación térmica emitida por una fuente. En estos casos podemos ver que los estudiantes atribuyen el movimiento de la flama de la vela debido a la interacción que hace ella con la carga es decir dejan en segundo término la acción de la carga Q, en otras palabras, consideran que no es el campo eléctrico el responsable de mover la flama.

#### • Estudiantes de alto rendimiento

Aquí se muestran las respuestas entregadas por tres de los estudiantes con mayor rendimiento escolar.

**Estudiante 4.** Yo pienso que la llama de la vela oscila cuando la carga esté cerca, porque entre más cerca están los cuerpos las ondas electromagnéticas llegan con mayor intensidad, es decir hay mayor campo eléctrico.

**Estudiante 5.-** Lo que la hace oscilar, pues es que se le acercó una bola con carga eléctrica y esta bola ejerce un tipo de acción o un campo que hizo que la llama oscilara. La flama deja de oscilar porque la bola ejerce una acción acierta distancia y cuando más cerca este la vela mas oscila y más lejos esté, la acción de la vela no la afecta.

**Estudiante 6.-** Porque al acercarse la vela a la esfera genera lo que es el campo eléctrico y esto hace que la vela oscile; y lo contrario al alejarla ya estaría más lejos y no sería tan fuerte el campo eléctrico.

Las respuestas anteriores corresponden a tres de los estudiantes con mejores promedios del grupo experimental; se observa que dos de ellos tienen una clara idea de que es el campo eléctrico el responsable de que la llama oscile y a su vez disminuye con la distancia, sin embargo uno de ellos se muestra confuso al momento de diferenciar entre las ondas electromagnéticas y las eléctricas, como es el caso de la carga que genera el campo eléctrico. Es de notarse que las impresiones se asentúan más en los estudiantes con menor rendimiento escolar que en aquellos que poseen ciertas habilidades académicas bien desarrolladas. En un

trabajo anterior [15], se ha evidenciado que las carencias en ciertas habilidades matemáticas por parte de los estudiantes, representan también un obstáculo a considerar para el buen desarrollo académico de los estudiantes y sobre todo para la comprensión de los conceptos más utilizados en las ciencias físicas. Las herramientas con más lagunas entre los alumnos son principalmente: factorización, agrupación de términos semejantes, solución de ecuaciones de primer y segundo grado; de igual forma se presentan serias dificultades para el manejo de herramientas tan importantes como las derivadas y las integrales básicas. Tanto los problemas de comprensión de los conceptos físicos como el mal manejo de algunas herramientas matemáticas básicas inhiben la mejora continua de su formación profesional en estudiantes de las escuelas de nivel superior, por tal razón es importante entrelazar las enseñanzas de la matemática con las enseñanzas de la física para dar una mayor solidez dicha formación.

- **Segunda Actividad**

Para mostrar otros de los modelos pre- conceptuales de los estudiantes, se analizan a continuación las respuestas otorgadas a la actividad 4, mostrada en el anexo. Para esta situación los datos revelan que 52% de los estudiantes piensan que la partícula cargada sí se moverá indicando con ello que el análisis entre el cilindro y la partícula cargada lo realizan de manera discreta, por tal motivo asumen que debe existir un campo eléctrico distinto de cero en el interior, el cual ejercerá una fuerza de atracción provocando su movimiento hacia la izquierda. Por otro lado, un 31% de ellos considera que la carga no se moverá, por lo que el análisis que han realizado es más general y consideran al cilindro como un todo con lo cual toman en cuenta, aunque de manera intuitiva, la ley de Gauss para deducir que en el interior no existirá un campo eléctrico neto. Solo un 17% no presentó un modelo coherente.

Se estudió otra actividad que está íntimamente relacionada con la anterior, la cual se muestra como actividad 5 en el anexo. Aquí se requería que los estudiantes tomaran el modelo del cilindro en la actividad anterior y la aplicaran en ésta. Sin embargo, las respuestas de los estudiantes muestran que no la tuvieron en consideración, es más la trabajaron como una actividad independiente de la previa.

Algunas de las respuestas se muestran a continuación.

- **Estudiantes de bajo rendimiento**

*Estudiante 1. Creo que sucedió esto porque la camioneta es de metal y como estaba mojada al caer el rayo quedó cargada ya que el rayo es energía. Y al señor no le había pasado nada porque lo de **adentro** de la camioneta **no tiene nada de metal** y al salir se electrocutó.*

*Estudiante 2. Debido a la carga electromagnética que dejó el rayo en el camión, el señor al abrir la puerta recibió una descarga debido a la energía almacenada en el metal del camión, esto también ocurrió porque el **cuerpo humano** es conductor de energía dado que **contiene agua**.*

- **Estudiantes de alto rendimiento**

*Estudiante 3. Pues, considero que por la fuerza eléctrica que trae el rayo y al chocar con la parte exterior del camión, que es metálica y puede conducir la electricidad, el camión queda cargado, o más bien electrizado, y cuando el camionero toca la parte exterior del camión pues este se transmite esa gran cantidad de carga eléctrica, y por eso se electrocuta.*

*Estudiante 4. En el momento del rayo, el camión quedó eléctricamente cargado y el camión estaba haciendo tierra y al momento de salir tocó el camión y lo que provocó que se electrocutara.*

Como puede notarse no relacionan la actividad anterior con la actual, ninguno considera el modelo del cilindro para tratar de explicar porque razón al estar el conductor dentro del camión no le ocurrió nada, simplemente se limitan al hecho de que el conductor se electrocutó al salir. Todos (tanto de lo alto rendimiento como los de bajo rendimiento) consideran que la carrocería queda cargada, pero solo uno se remite al interior del vehículo, aunque considera que no se electrocuta porque no tiene metal en el interior no por el hecho de que el campo eléctrico generado es nulo. Un hecho importante a considerar es que las primeras dos respuestas corresponden a estudiantes de bajo rendimiento y las dos últimas a estudiantes de alto rendimiento, en este caso las respuestas entre los estudiantes tienden a tener el mismo modelo conceptual.

Por otro lado, para actividades como las mostradas en el anexo, específicamente la 3,6 y 7 que requieren cierta aplicación abstracta (fórmulas) de los conceptos las respuestas correctas otorgadas por los estudiantes de alto rendimiento son mayores que en los estudiantes de bajo rendimiento; en otras palabras sus respuestas muestran mayor coherencia y están más cercanos el valor esperado.

Esta temática se observó de manera semejante en el resto de las actividades que se muestran en los anexos. Es importante señalar que a todas las actividades se mostraron las respuestas en el salón de clases participando tanto estudiantes como docente. Esto fue de gran importancia debido a que los estudiantes mostraron una mejora en sus respuestas dadas a las actividades posteriores.

## IV. RESULTADOS DEL TEST

### A. Resultados del pre-test y pos-test

El primer día de clases se aplicó el pre-test a los estudiantes, tanto del grupo de control como del grupo experimental, con la finalidad de conocer sus pre-conceptos. En la Tabla I, se indican los resultados que se obtuvieron en ambos grupos de estudio. El pos-test se aplicó una semana después de concluir los estudios de los temas antes mencionados a ambos grupos.

TABLA I. Resultados del test.

Grupo	Pre-test	Pos-test
Control	2.16	2.27
Experimental	1.4772	2.04

Observe que en el pre-test, el promedio entre el grupo de control y el experimental tiene una diferencia de casi un punto porcentual, sin embargo en el pos-test la diferencia entre esas medias es mucho más pequeña.

## B. Cálculo de la ganancia

El cálculo para la ganancia se realizó mediante la expresión, propuesta por Doran [16]. En la Tabla II se muestra la ganancia obtenida en cada grupo de estudio.

TABLA II. Ganancia obtenida por grupo.

Grupo	Ganancia
Control	3.8%
Experimental	11%

Claramente las diferencias en las ganancias entre ambos grupos son muy notorias. Observe que el grupo experimental supera en casi 7 puntos porcentuales al grupo de control. Estos indicios manifiestan que con la metodología de enseñanza aprendizaje utilizando las actividades consideradas como investigación orientada, los estudiantes tienen un mejor aprovechamiento de sus recursos tanto individuales como grupales. Además en el grupo experimental se observó una mejor convivencia entre los estudiantes y buena colaboración entre los equipos para resolver las actividades planteadas, en comparación con el grupo de control que se mantenían más apáticos en sus clases.

## IV. CONCLUSIONES

Con el análisis de las actividades utilizadas, se encontraron diversos modelos pre- conceptuales entre los estudiantes del grupo experimental no existiendo muchas diferencias entre las respuestas dadas por alumnos que llamamos de alto rendimiento y de bajo rendimiento, con sus respectivas reservas. Es de interés mencionar que las ideas previas de los estudiantes tienden a estar muy alejadas de las respuestas consideradas científicamente correctas; por ejemplo para la actividad 1 algunos estudiantes relacionan al calor generado por llama como el responsable de la "atracción" entre la flama y la carga eléctrica.

La actividad 4 y 5 mostraron que los estudiantes atacan cada actividad de manera independiente, es decir no toman en cuenta que las ideas o resultados obtenidos en una actividad o problema pueda ayudar a resolver otros, es decir muestran una pobre capacidad para proyectar una idea para resolver otro problema.

Por otro lado, las actividades fueron determinantes para incentivar a los estudiantes a colaborar unos con otros para construir sus propios conocimientos, apoyados por el profesor, esto se puede deducir por la diferencia entre la ganancia obtenida por cada grupo (7 puntos porcentuales) dando una clara ventaja a la metodología investigación orientada sobre la enseñanza tradicional.

Se debe mencionar que en el grupo de control habían cerca de un 11% de estudiantes cuyo promedio individual en el test aplicado estuvo en un rango del 50 - 63% de aciertos; por otro lado en el grupo experimental el porcentaje de estudiantes con ese promedio de aciertos fue del 8%, sin embargo los resultados indican que el grupo experimental mostró tener un mejor aprovechamiento que el grupo de control. Esto nos hace suponer que las actividades grupales son una excelente herramienta para motivar el aprendizaje entre los estudiantes.

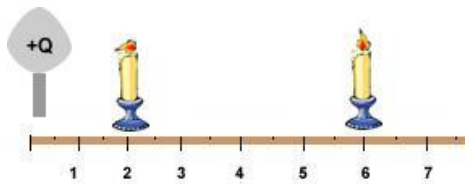
## REFERENCIAS

- [1] Sokolof, D., *Active Learning in optics and photonics. Training manual*, (UNESCO, Paris, 2006).
- [2] Van Heuvelen, A., *ActivPhysics Online*. Disponible en [http://wps.aw.com/aw\\_young\\_physics\\_11/13/3510/898586.cw/index.html](http://wps.aw.com/aw_young_physics_11/13/3510/898586.cw/index.html). Fecha de consulta: 20/10/2010.
- [3] Furió, C., Guisasola, J., Zubimendi, J., *Problemas históricos y dificultades de aprendizaje en la interpretación newtoniana de fenómenos electrostáticos considerados elementales*, *Investigações em Ensino de Ciências* **3**, 165-188 (1998).
- [4] Maturano, C., Aguilar, S., Nuñez, G., Pereira, R., *Una experiencia propuesta como tarea de investigación en enseñanza secundaria sobre las condiciones de flotabilidad de una embarcación*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **3**, 380-387 (2009).
- [5] Picquart, M., *¿Qué podemos hacer para lograr un aprendizaje cooperativo de la física?*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **2**, 29-36 (2008).
- [6] Ruiz, J., Martínez, T., Alvaréz, N., *Estrategia didáctica para la formación integral del estudiante de bachillerato mediante el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física*, *Revista Iberoamericana de la Educación* **2**, 2-12 (2006).
- [7] Buteler, L., *La resolución de problemas en física y su representación: un estudio en la escuela media*, *Enseñanza de las ciencias* **19**, 285-295 (2001).
- [8] Greca, I., Moreira, M. A., *Modelos mentales y aprendizaje de la física en electricidad y magnetismo*, *Enseñanza de las Ciencias* **2**, 289-303 (1998).
- [9] Guisasola, J., Almudi, J., Ceberio, M., Zubimendi, J., *Programa de actividades I para la asignatura Fundamentos Físicos de la Ingeniería*, (Ed. Arte Kopi, Bilbao, España, 2009).
- [10] Gil, D., Mtz. Torregrosa, J., Senent, F., *El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos*, *Enseñanza de las ciencias* **2**, 131-136 (1988).

- [11] Gil, D., Mtz. Torregroza, J., *A model for problem solving in accordance with scientific methodology*, European Journal of Science Education **5**, 447-455 (1983).
- [12] Maloney, D., Van Heuvelen, A., O’Kuma, T., Heiggelke, C., *Conceptual Survey in Electricity*, Am. J. Phys., Physics Education Research **69**, 12-23 (2001).
- [13] Sandoval, M., Mora, C., *Modelos erróneos sobre la comprensión del campo eléctrico en estudiantes universitarios*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 647-655 (2009).
- [14] Serway, R., *Física, Vol. I* (Ed. Mc. Graw-Hill, México, 1999).
- [15] Sandoval, M., Mora, C., *Estudio de la retícula en carreras de ingeniería en el sistema tecnológico*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **4**, Supl. 1, 994-1001 (2010).
- [16] Doran, R., *Basic measurement and evaluation of science instruction*, (National Science Teacher Association, Washington, D. C., 1980).

## ANEXO

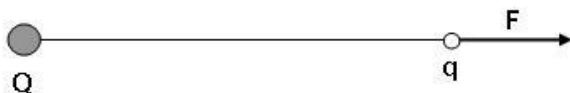
**Actividad 1.** En la figura se muestran las oscilaciones de la llama de una vela al acercarla a una esfera cargada eléctricamente. ¿Qué hace oscilar la llama de la vela? ¿Por qué al acercarse oscila y cuando está alejada no?



**Actividad 2.** La supernova 1987A estalló hace unos 163.000 años; los campos eléctricos originados por el brusco movimiento de cargas en la estrella y sus alrededores fueron detectados en la Tierra el 23 de febrero de 1987. La idea de que existe una fuerza eléctrica entre las cargas de la supernova y las cargas de los detectores en la superficie terrestre, y que dicha fuerza no sólo depende de la separación entre cargas, sino también del retraso en la detección entre las cargas emisoras y receptoras, implica entre otras cosas una ley de fuerza con demora de tiempo incluida y que además depende de la distancia entre los cuerpos que interactúan, por lo que es difícil de expresar y manejar.

¿Qué nuevas preguntas podemos plantearnos en el estudio de este tema?

**Actividad 3.** Una carga  $Q$  ejerce una fuerza sobre una carga muy pequeña situada a una distancia de 9m.



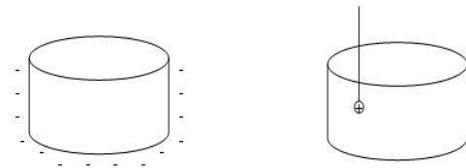
Se desplaza la carga  $Q$  a una posición ligeramente superior:



Justifica razonadamente por qué en el momento de llegar la carga  $Q$  a su nueva posición la fuerza sobre la carga de prueba no se modifica inmediatamente.

*Sugerencia: Recuerda que la teoría de la relatividad especial predice que nada puede moverse más rápido que la velocidad de la luz.*

**Actividad 4.** Consideremos una caja cilíndrica negativamente cargada (figura izquierda). A continuación se introduce una pequeña esfera colgada de un hilo y cargada positivamente (se puede considerar que es una carga puntual positiva) en el interior del cilindro (figura de la derecha). ¿Se moverá la carga positiva?



**Actividad 5.** Durante una fuerte tormenta un camionero se encuentra refugiado en el interior de su camión, que lo ha estacionado en el aparcamiento de un bar de carretera hasta que pase la tormenta. Un rayo cae justo encima del camión sin que el camionero notara nada, pero los gritos que dieron las personas que se encontraban en el bar al observar el suceso, hicieron que el camionero se decidiera a salir del camión. Al salir, una vez abierta la puerta por dentro, apoyó la mano en la parte exterior del camión quedando al instante electrocutado. ¿Cómo explicarías este suceso real de acuerdo con lo que sabemos hasta ahora?

**Actividad 6.** En un punto del espacio se coloca: a) una carga de  $4C$ . viéndose sometida a una fuerza de  $10N$  en la dirección y sentido de la figura. b) retirando dicha carga se coloca otra de  $-2C$ . actuando sobre ella una fuerza de  $5N$ . en la dirección y sentido indicados. Calcular en cada caso el valor del campo eléctrico y dibujar el vector correspondiente.



**Actividad 7.** En un punto P situado sobre el eje de las X se coloca una carga de  $10^{-4}\text{C}$  que resulta estar sometida a una fuerza de  $0,02\text{N}$  dirigida hacia el origen de coordenadas. Especificar el módulo, dirección y sentido del vector campo eléctrico en el punto P.

