

SIMULANDO CAMPOS Y POTENCIALES EN DOS Y TRES DIMENSIONES PARA EL APRENDIZAJE COLABORATIVO A NIVEL UNIVERSITARIO

RESUMEN

En este trabajo se discuten aspectos pedagógicos de la aplicación de software de simulación a la enseñanza presencial y a distancia. El planteo se hace a través del estudio de una experiencia concreta con alumnos de nivel universitario, en un tema que a muchos les resulta árido: la electrostática. Al respecto, se incluye una evaluación de la actividad basada en una encuesta que abarca el nivel de motivación, la facilidad de trabajo con el software y con la guía de actividades.

Se describen las características de dos software de simulación con gráficos en 2D y 3D, diseñados para facilitar la conceptualización de Campo y Potencial Eléctrico de distintas distribuciones de carga, los cuales contemplan situaciones más reales que los típicos ejemplos de casos límite con simetrías simples, también contempladas en las simulaciones.

Se plantea asimismo la discusión sobre los distintos aspectos que debe tener en cuenta el docente para diseñar las actividades de enseñanza con este tipo de herramientas informáticas.

INTRODUCCIÓN:

Desde hace varios años se vienen elaborando modelos de simulación para el aprendizaje de la Física. Actualmente ocupan el primer lugar de atención los Aplets desarrollados en Java para Internet. Poco a poco su aplicación se va generalizando, en la medida que los propios docentes comprueban en la práctica las ventajas que representa esta innovación pedagógica.

Un software para enseñanza es un material de estudio, como puede ser un libro, un equipo de laboratorio o una guía de problemas. Como cualquier herramienta para el aprendizaje debe estar correctamente integrado a la currícula. Para esto es necesario tener en cuenta su contenido conceptual, su estructura, y las actividades que con ella va a realizar el alumno. Prestar atención a este último aspecto resulta de singular importancia, ya que el mejor software puede resultar poco provechoso si con él no se planifican y desarrollan actividades que se adecuen al el contexto particular de aprendizaje. En este aspecto resultan importantes las experiencias educativas realizadas por el equipo que desarrolla el programa, pero también resulta necesaria una reelaboración por parte del docente que lo va a aplicar.

Para encarar la utilización de un software en la enseñanza, es necesario que el docente conozca perfectamente el modelo que se utiliza, sus posibilidades y limitaciones, y tener una instancia de análisis y reflexión sobre los aspectos metodológicos de la aplicación de estas herramientas. Esto además de dominar con agilidad el manejo del entorno.

En otras palabras, para obtener los mayores beneficios de la introducción de los métodos computacionales a la enseñanza de la Física no basta con bajar "ejecutables" de algún sitio de la red, para dárselos a los alumnos, sino que se requiere todo un proceso previo de aprendizaje, elaboración y planificación por parte del docente.

En este caso vamos a plantear la discusión alrededor de aplicaciones específicas en el campo de la física, en un tema que resulta particularmente árido a los alumnos: la electrostática. Se trata de un

área en la que resultan prácticamente imposibles de realizar muchas experiencias laboratorio, particularmente aquellas en las que aparecen distribuciones uniformes de carga, o sistemas de cargas aisladas. El problema no reside sólo en la imposibilidad práctica de conformar esos sistemas, sino en la medición del campo eléctrico y el potencial, dado que cualquier instrumento que se introduzca provoca grandes variaciones de las magnitudes.

Una de las alternativas a las que se suele recurrir es la de reemplazar el dieléctrico por una solución iónica o una superficie conductora de resistividad relativamente elevada, y colocar electrodos que sustituyen a los conductores cargados. Al establecerse una corriente eléctrica en ese medio, la distribución de potenciales resulta idéntica al del sistema electrostático modelado. Se pueden medir potenciales en distintos puntos con una sonda o punta de pruebas conectada a un voltímetro. Se trata de modelos físicos materiales que funcionan correctamente, pero que representan una mayor dificultad conceptual para el alumno, ya que se trabaja por analogía y se requiere conocer otro tema: el de corriente continua, que generalmente se da a posteriori. Por otra parte, el trabajo experimental es relativamente engorroso y no se puede reproducir cualquier sistema de cargas.

Otra posibilidad que se puede plantear es la de utilizar simulaciones computacionales, lo cual nos permite una mayor flexibilidad para definir el sistema y una incomparable ventaja en cuanto a la obtención de resultados numéricos y gráficos. Como contrapartida podría argumentarse sobre la "artificialidad" del sistema, lo cual constituye siempre la limitación de estas herramientas didácticas. Sin embargo, existen ya muchas pruebas de la eficacia de las simulaciones para la enseñanza, y de la aceptación que este método tiene entre los alumnos.

En este trabajo, luego del ploteo teórico del tema, se hace un análisis de la experiencia realizada con alumnos de Física II, en el cual se ha trabajado con la simulación de una línea de cargas con distribución uniforme, que permite observar dos vistas en 2D, y se describe un programa en 3D, cuya aplicación se encuentra actualmente en fase de prueba. Se trata de programas que encuadran dentro de la definición de "Dry laboratories", dada por KIRCHNER, Paul and HUISMAN, Willibrord, (1998). La discusión planteada contiene a nuestro criterio los aspectos centrales que el docente debe conocer sobre un modelo de simulación que se propone aplicar en la enseñanza.

MARCO TEÓRICO

Según la teoría de Ausubel, el aprendizaje significativo tiene lugar cuando el estudiante da sentido o establece relaciones entre los nuevos conceptos o nueva información y los conceptos y conocimientos existentes, o con alguna experiencia anterior. Una de las condiciones para que se produzca el aprendizaje significativo es que el material a ser aprendido sea relacionable de manera sustantiva y no literal, a la estructura cognitiva de quien aprende (Ausubel, Novak y Hanesian, 1991). El material que posee esas características sería potencialmente significativo, es decir, factible de ser aprendido significativamente (Cámara, Giorgi, 2000).

En relación a los materiales computacionales y a su contexto educacional, es común hablar de Software Educativo y de Informática Educativa, aunque resultarían más adecuadas las expresiones Software para Educación e Informática en Educación, tal como se acostumbra en algunos países. Si bien se trata de una cuestión semántica, la misma no carece de importancia, dado que son expresiones que evocan ideas distintas: en el

primer caso parecería que el software y la informática educan, mientras que en el segundo ayudan a la educación. Está claro para todos que la informática no puede resolver de por sí los problemas de la enseñanza, ni tampoco generar un "nuevo paradigma educativo". En cambio puede ser una herramienta (muy poderosa), que como cualquier otra, facilita la realización de una tarea. Hay que tener siempre presente que lo principal no es la máquina, ni el software, sino la forma con que se los utiliza. Solo así esos elementos se tornan poderosos y útiles.

En cuanto a la utilidad que pueden prestar las simulaciones a la enseñanza de la Física, creemos que se puede obtener una clave a partir del análisis de una cita de Larkin y Chabay (1996), que a su vez se referencian en otros autores (Chi, Feltovich y Glaser, Simon y Simon). En la misma explican los modos diferentes con que un "experto" y un estudiante abordan la resolución de un problema físico:

"Los alumnos (especialmente aquellos que obtienen altas calificaciones en las ciencias físicas) parecen trabajar en un 'espacio' psíquico de ecuaciones, tratando de recordar las ecuaciones adecuadas y de unirlos con precisión. En cambio, los expertos pasan gran parte de su tiempo de resolución de problemas en un espacio psíquico de razonamiento científico: hablan cualitativamente de fuerzas, impulsos, cambios de velocidad y de las relaciones entre ellos, sin escribir en ningún momento una ecuación"

Para analizar este párrafo, haremos uso del concepto de Modelo Mental. La principal función de un modelo mental es la de permitir a su constructor explicar y hacer previsiones respecto al sistema físico representado. Greca y Moreira (1997) indican que en contraposición con los modelos conceptuales que son representaciones externas, compartidas por una determinada comunidad y consistentes con el conocimiento científico que esa comunidad posee, los modelos mentales son representaciones internas, personales, idiosincrásicas, incompletas, inestables y básicamente funcionales (Cámara, Giorgi, 2000).

La diferencia entre ambas formas de razonar está basada en el distinto nivel de desarrollo de los modelos mentales sobre el fenómeno en cuestión. El "experto", antes de escribir ecuaciones razona en forma cualitativa, es decir, "se imagina" la solución del problema, lo cual realiza a través de su modelo mental. En cambio al estudiante, que aún no tiene completamente desarrollado el modelo mental del fenómeno, no le queda otra alternativa que la de abordar la solución mediante la aplicación directa de las ecuaciones. Sabemos que los resultados obtenidos, de esta última forma, no siempre son correctos.

Lo expuesto anteriormente fundamenta la importancia que tiene la realización de actividades de aprendizaje que promuevan el análisis cualitativo de los fenómenos físicos por parte del alumno. Se podría agregar a esto la potencialidad de aquellas propuestas que además tengan un soporte visual importante, y que sean capaces de generar motivación y promover actividades colaborativas entre los alumnos. Todos estos aspectos deben ser contemplados a la hora de elaborar un software para educación y sobre todo cuando se diseñan las actividades a desarrollar con esa herramienta.

EL SOFTWARE ELQ EN 2D : MODELO Y POSIBILIDADES QUE PRESTA:

Se modeliza un hilo recto de 1 metro de longitud, con carga eléctrica uniforme, cuya densidad lineal puede variarse. Contiene vistas de frente y perfil, que pueden observarse desde distintas distancias.

El programa puede calcular el campo eléctrico y el potencial en cualquier punto del espacio, lo cual es realizado a través de las correspondientes expresiones analíticas integradas. Existe la opción de realizar estos cálculos mediante superposición de efectos de cargas puntuales en cantidad finita y seleccionable (discretización). El campo se representa en pantalla mediante un vector.

También es posible trazar líneas de campo y superficies equipotenciales, con la opción de representar un conjunto de estas últimas con iguales diferencias de potencia entre sí. Las líneas de campo son calculadas mediante un método numérico aproximado (Euler de primer orden), mientras que las superficies equipotenciales son elipsoides de revolución (se ven elipses en el plano, con los focos en los extremos del hilo), que corresponden a la expresión analítica exacta de las mismas.

APLICACIÓN DEL PROGRAMA AL APRENDIZAJE DE DISTINTOS CONCEPTOS:

1) PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN

El objetivo de esta parte es que el alumno afiance sus conceptos sobre el principio de superposición de campo y potencial, lo cual se logra a través de un trabajo cualitativo y cuantitativo, aprovechando las representaciones gráficas que brinda el programa.

La tarea que se propone al alumno es la de obtener el campo eléctrico y el potencial en un punto, mediante el software, con dos procedimientos distintos: por superposición de efectos de cargas puntuales, y por integración de la distribución continua. Se pide comparar los resultados para distintas posiciones y distintos refinamientos de la discretización. También se propone encontrar un punto en el que se anulen las componentes horizontales de las contribuciones y se pregunta si existe algún punto en el que se anulen la contribuciones verticales.

En la figura 1 puede observarse uno de los resultados obtenidos, con 5 elementos de carga.

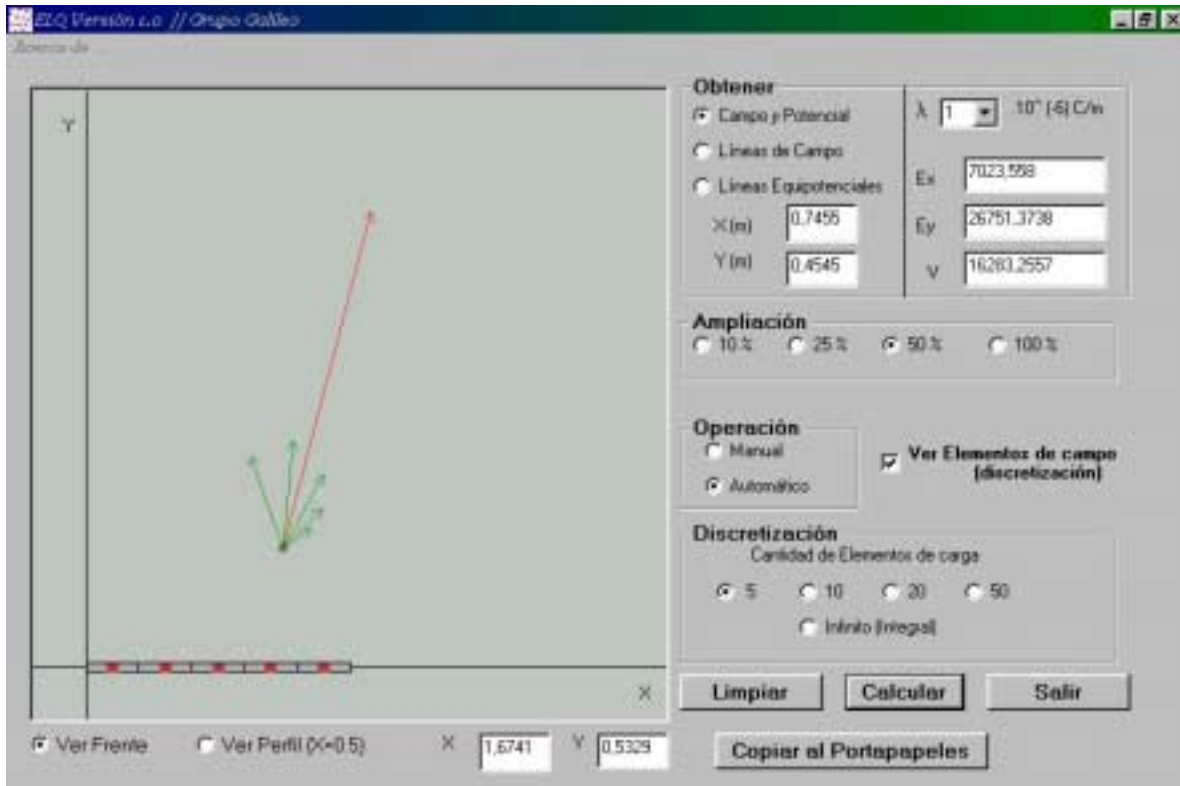


Figura 1: Estudio del principio de superposición con el programa ELQ

2) SIMETRÍA CILÍNDRICA Y ESFÉRICA

En esta parte se persigue el objetivo de que el alumno comprenda cómo una misma disposición de carga puede estudiarse mediante simetrías distintas, en función de la distancia a la que se analice. En las cercanías del hilo, las propiedades del campo y potencial se acercan a los de una línea infinita (simetría cilíndrica), mientras que a grandes distancias se aproxima a una simetría esférica, correspondiente a una carga puntual. Ese objetivo se logra pidiendo al alumno que estudie la variación funcional del campo y el potencial con la distancia, y además estudiando la conformación de las líneas de campo y superficies equipotenciales

En la figura 2 se observa una representación de este tipo en la que se pueden diferenciar las simetrías mencionadas.

En esta parte de la actividad, se interroga al alumno sobre una aparente paradoja: las líneas de campo paralelas y casi rectas que se observan cerca de la línea de cargas, parecen indicar la existencia de un campo eléctrico uniforme en esa región, lo cual no coincide con los resultados numéricos encontrados, ni con la predicción que se puede hacer con la Ley de Gauss. Algunos alumnos encuentran la respuesta observando el sistema desde la vista de perfil, en la cual se ve la disposición radial de las líneas. Otros lo hacen mediante conceptos teóricos.

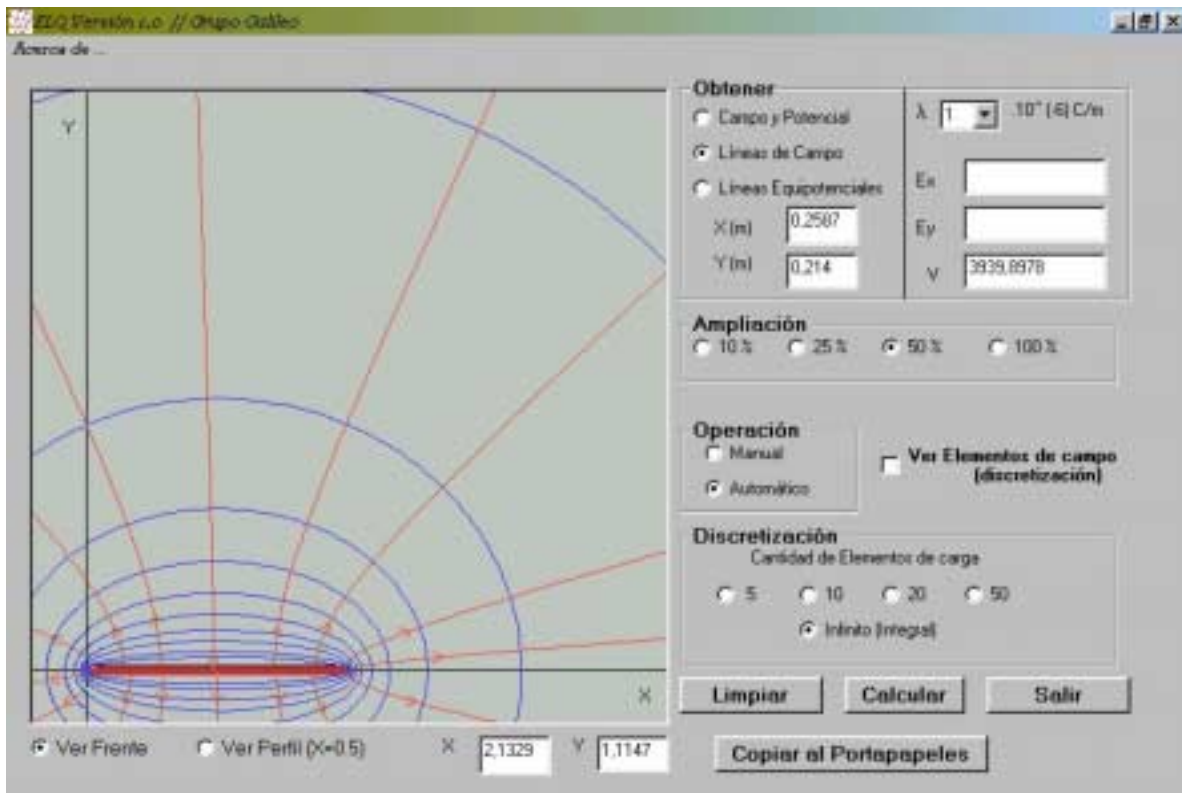


Figura 2: Líneas de campo y superficies equipotenciales de una línea de cargas.

3) EL CAMPO COMO GRADIENTE DEL POTENCIAL

El objetivo que se busca en esta parte es que el alumno afiance sus conceptos sobre la relación existente entre campo y potencial eléctrico. Para ello se trabaja, al igual que en los casos anteriores, en forma numérica y gráfica.

En la primera parte se pide al alumno que calcule el gradiente del potencial, obteniendo los valores de las derivadas parciales mediante la aproximación de los cocientes incrementales. Para ello, se obtienen los valores de potencial para puntos próximos, incrementando una variable por vez, y realizando los cocientes correspondientes. Luego se compara estos valores con las componentes del campo que calcula el programa.

El análisis gráfico es de carácter cualitativo. Para ello se propone el trazado de un conjunto de superficies equipotenciales, a intervalos regulares de potencial, y de un conjunto de líneas de campo. Se pide a los alumnos que encuentren una correspondencia entre las distancias entre ellas y los valores del campo eléctrico en distintas regiones. Se observa que cuando las superficies equipotenciales están más cerca, las líneas de campo se acercan más entre sí, lo cual indica que el campo eléctrico es más intenso, tal como se puede apreciar en la figura 2. Esto se vincula a la expresión del campo como gradiente de potencial, con signo contrario.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

La actividad de aprendizaje con el software es planteada de manera colaborativa, en una clase regular de trabajos prácticos, de manera que trabajen tres o cuatro alumnos por máquina, con una guía de trabajo que

contiene un cuestionario. Los alumnos trabajan con la ayuda de un docente y a posteriori presentan un informe que se corrige. El software permite copiar las gráficas al portapapeles y pegarlas luego en un procesador de texto, lo cual facilita al alumno la elaboración del informe y lo entrena en el uso de la computadora como una herramienta de trabajo habitual en sus tareas. Dado que no siempre alcanza el tiempo para realizar las tareas planteadas y muchos alumnos cuentan con computadora en su domicilio o pueden utilizar las del gabinete de la Facultad, se entrega copia del software a quienes lo soliciten, lo cual permite que los alumnos completen la actividad.

Una actividad similar fue abordada en el tema Mecánica de las partículas, en la cual los alumnos trabajaron fuera del la facultad, entregando a posteriori sus informes para la corrección. Los resultados fueron francamente favorables, lo cual abre posibilidades para el trabajo a distancia con este tipo de diseño didáctico.

La guía de trabajo está elaborada en base a una metodología constructivista, de manera que al alumno se le propongan alcanzar ciertas metas mediante experiencias simuladas que debe diseñar al efecto (Erik de Corte, 1996).

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD

El trabajo ha sido evaluado en forma cualitativa y cuantitativa. En el primer aspecto, se han realizado observaciones de clases, de las que se destaca un importante nivel de autonomía en el trabajo de los grupos y una notoria motivación. A posteriori se ha notado una mejor conceptualización del tema, particularmente en el manejo de las simetrías y los criterios para aplicar los modelo idealizados a problemas particulares.

La evaluación cuantitativa se ha realizado sobre la motivación, la facilidad de manejo del software y la claridad de la guía de actividades. Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

1) ¿ Cómo le resultó la actividad ?

Muy aburrida	Aburrida	Regular	Interesante	Muy interesante
0	0	5	28	3
0%	0%	14%	78%	8%

2) ¿ Cómo le resultó el manejo del software ?

Muy complicado	complicado	Regular	fácil	muy fácil
0	0	0	20	16
0%	0%	0%	56%	44%

3) ¿ Cómo le resultó la guía de actividades propuestas ?

Incomprensible	Poco comprensible	Regular	Comprensible	Muy comprensible
0	5	7	23	1
0%	14%	64%	19%	3%

ANÁLISIS DE LA ENCUESTA

El hecho de que un 86 % de los alumnos opine que la actividad es interesante o muy interesante, nos da una idea sobre el grado de motivación alcanzado. Hay que tener en cuenta que se trata de alumnos a los cuales no les resulta novedoso trabajar con computadoras, dado que la mayoría tienen su equipo propio y además han aprendido matemática en clase regulares con computadoras. Si a esto agregamos el carácter abstracto del tema estudiado, que no se relaciona directamente con ningún fenómeno de la vida cotidiana, llegaremos a la conclusión que el método resulta notablemente motivador. Cuestión que es reconocida por la pedagogía como una de las condiciones esenciales para que el proceso de aprendizaje se desarrolle favorablemente.

En relación al uso del software, la totalidad de los alumnos opinan que es fácil o muy fácil de utilizar. Este aspecto no carece de importancia, dado que cuanto más fácil e intuitivo sea el manejo del entorno utilizado, mayor será la atención que el alumno preste al problema físico en sí, y menor será su pérdida de tiempo en cuestiones irrelevantes que hacen al manejo de la herramienta.

Finalmente, hay que hacer una observación importante en lo que hace a la guía de actividades. Se observa que el patrón de respuestas se ha desplazado a la izquierda. En cuanto a su claridad, la mayoría la considera "regular", y varios alumnos la consideran "poco comprensible", mientras que sólo un 19 % la considera "comprensible". Al respecto cabe un análisis cuidadoso, ya que se trata de un aspecto crucial de la implementación del método de enseñanza.

Hablando con los alumnos o escuchando sus preguntas en clase, se han observado dos fuentes posibles de dificultades con la guía de actividades. Por un lado hay cuestiones de redacción, es decir, el texto resultaba poco claro. Pero en otras las dificultades eran de otra índole: los alumnos no tenían experiencia alguna en la resolución de problemas abiertos, es decir de cuestiones que deben analizar en forma cualitativa, elaborando sus propias hipótesis y mecanismos de análisis. Esto es así debido a que prácticamente la totalidad de los problemas que los alumnos resuelven en clase son "cerrados", es decir buscan sólo un resultado: numérico o literal.

Para ejemplificar esto, citamos una de las preguntas realizadas en la versión original de la guía de actividades:

"Estudie numérica y gráficamente las simetrías a cortas y grandes distancias de la línea de carga".

Se trata de una pregunta muy abierta. Los alumnos "no saben a dónde se quiere llegar", de modo que el docente se ve en la necesidad de realizar aclaraciones y dar mayores precisiones.

El aspecto que estamos analizando resulta esencial, a nuestro criterio, dado que estamos situados en la metodología de aplicación. Se trata de un aspecto que requiere de la mayor elaboración por parte del equipo docente que implementa la actividad. La posibilidad más tentadora es la de modificar la guía especificando con precisión las actividades y métodos que debe utilizar el alumno. Pero así estaríamos cortando el proceso creativo que intentamos desarrollar en los alumnos, el cual solo puede operar cuando hay algo para crear, en este caso explorar distintos caminos para elegir el más conveniente. En síntesis, consideramos que hay que buscar un punto de equilibrio entre ambos extremos, lo cual requiere

de una elaboración particular para cada ámbito de enseñanza. Esta sería la reelaboración que se requiere del docente.

ESTUDIO DE SISTEMAS ELECTROSTÁTICOS EN 3D

Los propios alumnos sugirieron el desarrollo de un software que permita estudiar otras distribuciones de carga y que incorpore vistas en 3D. El sistema elaborado consiste en distribuciones superficiales de carga de distintas figuras: plano no infinito, cilindro, esfera. Al igual que el programa anterior, permite calcular campo eléctrico y potencial, y representar líneas de campo y superficies equipotenciales.

Las representaciones gráficas en tres dimensiones brindan la posibilidad de un mayor realismo en la representación de sistemas con carga de diferentes formas. Visualizando las líneas de campo y las superficies equipotenciales se pueden estudiar en forma cualitativa y cuantitativa las simetrías a las que tiende el sistema a cortas y a largas distancias. El cálculo de los sistemas que no se reducen a simetrías simples resulta sumamente dificultoso, de modo que prácticamente toda la bibliografía recurre a situaciones límites, en los cuales resulta posible obtener resultados sencillos. Por ejemplo, los planos o los cilindros infinitos con densidades de carga uniforme. En el primer caso se obtienen superficies equipotenciales planas y líneas de campo rectas y equiespaciadas, de modo que el potencial varía linealmente con la distancia y el campo resulta uniforme. En el cilindro infinito, la situación es similar: las superficies son cilindros concéntricos y las líneas son radiales uniformes.

Se sabe que en la realidad no existen los planos ni los cilindros infinitos. También se acostumbra a calcular como tales los planos y los cilindros extensos a cortas distancias. Pero poco se estudia sobre los criterios para cuantificar estas condiciones. Sólo el caso de la esfera brinda seguridad sobre su simetría, que no difiere a cortas y largas distancias.

El objetivo con el que se abordó el desarrollo de un software en tres dimensiones, que permita estudiar los referidos sistemas, con dimensiones finitas y comparables a las distancias a los puntos donde se calcula el campo y el potencial, es precisamente el de permitir que alumno amplíe su modelo mental sobre los sistemas electrostáticos y pueda ver a las simetrías planas y cilíndricas cómo casos límites de configuraciones más complejas, tal como se verá en un apartado posterior.

Salvo en el caso de la esfera, no existen soluciones analíticas para hallar las superficies equipotenciales ni las líneas de campo, de modo que se tuvo que recurrir al cálculo numérico. En el caso de la evaluación del potencial producido por una superficie plana a una cierta distancia, existe una solución exacta, a través de un método que transforma la integral de superficie en una suma de integrales de líneas de los bordes (D'Elía, Jorge, 1997). El mismo método se puede utilizar para el cálculo del potencial de un cilindro no infinito, dividiéndolo en paneles paralelos a su eje de simetría. Sin embargo, para calcular el campo eléctrico se debe recurrir a una integración numérica (método de cuadratura de Gauss). El trazado de las superficies equipotenciales requiere de un método numérico para encontrar cada punto que conforma la malla (método de las secantes), y las líneas de campo son trazadas por el método de Gauss de primer orden.

Las representaciones en 3D pueden ser rotadas a cualquier posición y acercadas o alejadas mediante un zoom, con el objetivo de lograr una mejor visualización

UN PLANO CON CARGA UNIFORME

El sistema representado consiste en un rectángulo de dimensiones variables, con densidad de carga uniforme, la cual se puede variar dentro de ciertos valores.

En la figura 3 se puede observar una representación en la cual se ha trazado una superficie equipotencial.

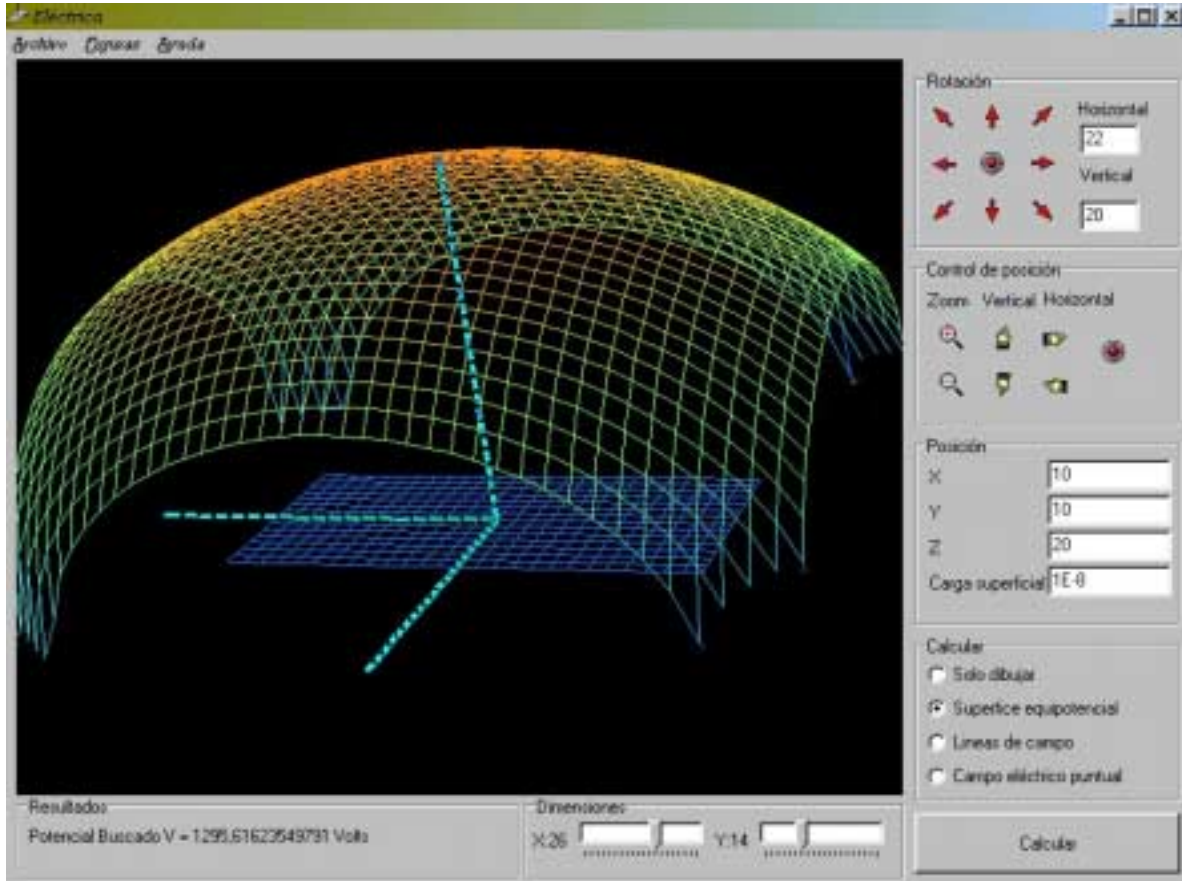


Figura 3: Superficie equipotencial de un rectángulo con carga de densidad superficial uniforme.

El programa presenta la posibilidad de visualizar además la parte inferior de la superficie.

Modificando convenientemente los parámetros es posible estudiar distintos casos límites de esta configuración.

Haciendo el plano de forma cuadrada y relativamente pequeño, y trazando superficies equipotenciales lejanas, se puede observar que las mismas tienden a la forma esférica, lo cual implica que la configuración se aproxima a la de una carga puntual.

Tomando una forma delgada y alargada para el rectángulo, se aprecia que su comportamiento se aproxima al de un cilindro o hilo con carga uniforme.

Finalmente, haciendo muy extenso el plano de cargas y estudiando su comportamiento a distancias cercanas a su centro, se observa que las superficies equipotenciales tienden a la forma plana, lo cual responde a la simetría de un plano infinito.

En este último caso se observa una singularidad que puede sorprender a primera vista: la superficie equipotencial tiene una intersección con el plano de cargas cerca del borde de esta última. La razón de este comportamiento está en que el plano de cargas no infinito no es, en sí,

una superficie equipotencial. Tiene un valor máximo en su centro y disminuye hacia los bordes y particularmente hacia las puntas. Tal resultado nos llamó la atención en un primer momento, ya que esperábamos que la superficie equipotencial se acercase al plano de cargas hacia los bordes, pero no que la atravesase. Sin embargo es así, y esto está relacionado a la forma que tienen las líneas de campo cerca del plano de cargas: en el centro tienden a ser perpendiculares al plano, pero a medida que nos aproximamos hacia los bordes, tienden a ubicarse en posición oblicua respecto al mismo, llegando finalmente a tener una dirección paralela al mismo.

En la figura 4 se representan algunas líneas de campo, pudiendo observarse parcialmente esta situación.

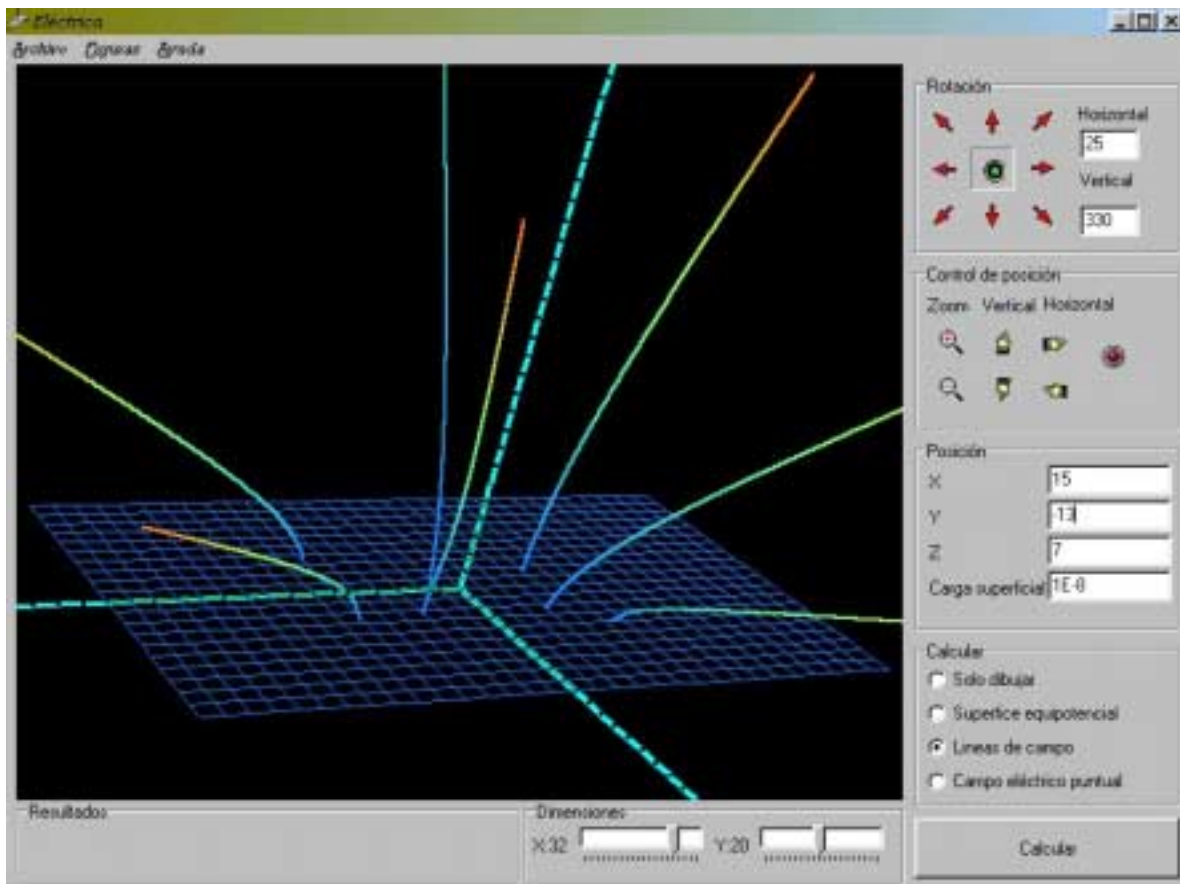


Figura 4: Líneas de campo de un plano no infinito con carga de densidad uniforme.

LA AMPLIACIÓN DEL MODELO MENTAL

El estudio hecho precedentemente ejemplifica cómo un software de simulación puede ser utilizado para ampliar el modelo mental que se tiene de un fenómeno físico. Este modelo se forma a partir del estudio teórico, de la experimentación y de la resolución de problemas físicos. Es común que aún para los "expertos" el modelo está limitado al ámbito de los casos estudiados, y cuando se aborda un problema nuevo se lo hace a través de una especie de cristal o filtro que produce cierta distorsión. En este caso, tendemos a imaginar el sistema cómo si fuera un conductor cargado en equilibrio electrostático, y que por lo tanto constituye una superficie equipotencial. De modo que imaginamos que el "efecto de borde"

podría acercar las superficies equipotenciales al plano de cargas, pero nunca cortarlo, porque es un absurdo que se corten dos superficies equipotenciales.

La utilización de este modelo de simulación puede servir entonces para poner en conflicto el modelo mental limitado e inadecuado para el análisis del problema, con el comportamiento mismo del sistema, y posibilitar así una ampliación del modelo mental, o en otros términos, un enriquecimiento conceptual.

CONCLUSIONES

Hemos presentado una modalidad de aprovechamiento del recurso informático, según la cual las simulaciones pueden ser utilizadas para el aprendizaje de la Física haciendo hincapié en los aspectos conceptuales. Para esto hemos planteado la necesidad de que el docente se compenetre con el sistema a utilizar y lo integre convenientemente a su entorno particular de enseñanza. Trabajando se esta forma se ha constatado que los alumnos abordan sus tareas de aprendizaje con mayor motivación y logran desarrollar sus capacidades para el trabajo autónomo y colaborativo. Esto puede ser aplicado tanto en la enseñanza presencial como en la realizada a distancia. En este último aspecto, se han realizado experiencias importantes, que muestran cómo los alumnos pueden utilizar un software y una guía de actividades con consignas, como cualquier otro material de estudio, pero con grandes ventajas. Las experiencias realizadas en Física no son privativas de esta disciplina, ya que de hecho se realizan actividades análogas en otras áreas.

Para avanzar en ese sentido no sólo hace falta el desarrollo de software específico, sino particularmente se requiere de elaboración en los aspectos pedagógicos y didácticos. Realizar experiencias de aplicación, evaluarlas y compartir los resultados con otros docentes.

Bibliografía

- AUSUBEL, D., NOVAK, J. y HANESIAN, H. 1991. Psicología Educacional, un punto de vista cognitivo. 5ta. Reimpresión. (México. Trillas).
- CÁMARA, CRISTINA y Giorgi, Silvia, (Uruguay, 2000). Una propuesta para el estudio de sistemas en movimiento simultáneo de rotación y traslación usando la computadora en el laboratorio de física. V Encuentro Internacional de Educación en Física.
- D'ELÍA, JORGE, 1997. Métodos numéricos para el problema de la resistencia de ola de barcos- Tesis de Doctorado. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, República Argentina.
- DE CORTE, ERIK. 1996. Aprendizaje apoyado en el computador: una perspectiva a partir de investigación acerca del aprendizaje y la instrucción. *Congreso RIBIE/96* (Colombia).
- GRECA, I. M. y MOREIRA, M. A. 1997. Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. Memorias REF X.
- KIRCHNER, Paul and HUISMAN, Willibrord, 1998, 'Dry laboratories' in science education; computer practical based work, INT. J. SCI. EDUC, 1998, Vol 20, Nro. 6, 665-682.

- LARKIN, HILL H., CHABAY, RUTH W. (Madrid 1996), "La Investigación sobre la enseñanza del pensamiento científico: implicaciones para la enseñanza basada en computadoras". Recopilación de Resnick, Lauren B. y Klopfer Leopold E, "Currículum y cognición". AIQUE.