

Integración de las funciones constructivas y comunicativas de las NTICs en la enseñanza de la Física Universitaria y la capacitación docente¹

Hugo A. Kofman

Facultad de Ingeniería Química
Universidad Nacional del Litoral
E-mail: hkofman@fiqus.unl.edu.ar

En este trabajo se describe y fundamenta la metodología de aplicación de las nuevas tecnologías en un curso de Física Universitaria, metodología que a su vez se ha tomado como contenido de un curso de perfeccionamiento docente a distancia. Se intenta así potenciar el rol comunicativo de las nuevas tecnologías digitales, con su función en la construcción del conocimiento. La experiencia didáctica se viene desarrollando desde 1998 en el Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral; y una primera edición del curso de capacitación docente a distancia fue dictada en 2003. Los resultados obtenidos resultan de mucha utilidad para mejorar la propuesta, la que se pretende integrar a su vez en un Proyecto ALFA de cooperación entre países de la Unión Europea y Latinoamericanos. Palabras claves: constructivismo, nuevas tecnologías, física, simulaciones, capacitación a distancia.

This work describes and introduces the foundations of a methodology for the application of new technologies in a course of Physics. The methodology was also included into the contents of a distance course on teaching improvement. This way is an attempt to extend the potentials of the communicative role of novel digital technologies and its function in the construction of knowledge. The didactical experience has been being developed since 1998 in the Department of Physics of the Faculty of Chemical Engineering of the Universidad Nacional del Litoral. A first edition of the mentioned distance course was taught in 2003. The results obtained are useful to improve the proposal, which is also suggested to be integrated into a cooperation ALFA project between Latin-American and European Union countries. Keywords: constructivism, new technologies, physics, simulations, distance education.

Introducción

Seymour Papert, matemático sudafricano que trabajó con Jean Piaget en Suiza, actual Director del Laboratorio de Inteligencia Artificial del Massachusetts Institute of Technology, y creador del famoso lenguaje LOGO, es sin duda el precursor y una de las autoridades más destacadas de la Informática Educativa. En una publicación relativamente reciente nos alertó sobre el excesivo énfasis que se viene haciendo en estos últimos años en la función de comunicación de las nuevas tecnologías digitales, la cual parece haber opacado su potencialidad en la construcción del conocimiento.

El autor se refiere no sólo a la construcción de estructuras lógicas explícitas en forma de algoritmos, sino al desarrollo del conocimiento en general a través de actividades de descubrimiento con ayuda de distintas herramientas informáticas, afirmando que “*el verdadero poder de ambos lados de la tecnología digital –el informativo y el constructivo– aparece cuando se reúnen los dos*” (Papert, 1999). De esta manera no se negaría, sino que se potenciaría el rol de Internet y las herramientas que provee, fundamentándose la posibilidad de integrarlas con metodologías de aprendizaje constructivistas, con aplicación de otras herramientas cognitivas y con metodologías es-

¹ Versión corregida del artículo homónimo que resultara ganador del Premio EducaRed 2003, categ. 4, publicado en la página de la institución: <http://www.educared.org.ar> Este trabajo se realizó en el marco del proyecto 12/H314 del programa CAI+D de la U.N.L.

pecíficas para la disciplina que se enseñe.

Por otra parte, la pedagoga Mariana Maggio, quien cuenta con una amplia experiencia en Informática Educativa y en cursos a distancia para profesores, plantea en relación a la aplicación de las nuevas tecnologías, que “*la transformación de las formas de enseñar no se produce por la renovación de los artefactos, sino por la reconstrucción de los encuadres pedagógicos de dicha renovación*” (Maggio, 2000, pp.110). Concepto clave, que a la par de la experiencia realizada en este campo, y a distintos aportes de otros autores, permite la formulación de una serie de hipótesis de trabajo, que podrían sintetizarse de la siguiente manera:

- Las nuevas tecnologías pueden facilitarnos la puesta en práctica de los conceptos más avanzados de la pedagogía, superando el concepto que con las mismas se enseña lo mismo que antes, pero de una manera más eficiente.

- Para aprovechar la enorme potencialidad de las nuevas tecnologías es necesario realizar un profundo reencuadre pedagógico de las actividades de enseñanza, lo cual abarca objetivos generales, contenidos específicos y metodologías.

- Aunque se pueden enunciar algunas pautas comunes, el tipo de reencuadre pedagógico depende fuertemente de la disciplina que se enseñe.

- Sin considerar las limitaciones económicas y técnicas que pudieran existir, las dificultades mayores se encuentran en los propios docentes, ya que la mayoría tiende a reproducir los métodos de enseñanza con los que aprendió.

En términos generales, se podría considerar que para abordar el desarrollo de una nueva actividad de enseñanza y aprendizaje con nuevas tecnologías, se requiere integrar tres campos del saber: el *disciplinar*, el *tecnológico*, y el *pedagógico*. Cuestión que puede realizarse, y de hecho así se suele hacer con equipos interdisciplinarios. Aunque no sería sencillo que estos conocimientos puedan integrarse, si los propios docentes que componen esos equipos no poseen al menos ciertos conocimientos sobre las nuevas tecnologías, ya que correspon-

de a éstos el rol de coordinadores del desarrollo de estas innovaciones pedagógicas. A su vez, quienes utilizan estas herramientas y metodologías en el aula requieren de una capacitación importante en estos aspectos. Saber por ejemplo que un software de simulación está basado en un modelo idealizado que nunca puede representar todos los aspectos de la “realidad”, que muchas veces se utilizan herramientas de cálculo numérico cuyos resultados son aproximados y no satisfacen exactamente las ecuaciones de origen, conocer las funciones y forma de operar de las herramientas específicas que utilice, etc. También es sustancial que los docentes dominen los fundamentos pedagógicos específicos de este campo, para poder adaptar las propuestas didácticas a su entorno particular de enseñanza, y realizar nuevos diseños poniendo en juego su propia creatividad.

De ahí la importancia de la capacitación docente para la enseñanza con ayuda de las nuevas tecnologías, la que habrá de integrar aspectos técnicos con los pedagógicos y disciplinares.

Pero teniendo en cuenta las hipótesis antes planteadas, y en función de promover un cambio de metodología de enseñanza, la capacitación docente no puede dar resultado si la misma se mantiene en el plano meramente teórico. Por el contrario -y esto tiene que ver con la experiencia realizada en numerosos cursos y talleres de perfeccionamiento docente-, se considera imprescindible hacer que el propio profesor pase por una situación de aprendizaje similar a la que se pretende que pueda desarrollar luego con sus alumnos. En caso contrario, el docente, aún sin desearlo, reproducirá la metodología con que enseña en forma corriente, y que seguramente es aquella con la que aprendió.

Aunque parezca paradójico, esto último es especialmente palpable en la universidad, en particular en las ciencias naturales en las que se desarrolla la propuesta aquí descrita. Esto podría tener una explicación, ya que “*El conflicto entre las ciencias y las humanidades es uno de los conflictos culturales que más marcan nuestro tiempo y las universidades no han querido hasta ahora, enfrentarlo hasta sus úl-*

timas consecuencias” (De Sousa Santos, 1994, pp.276). Es así que algunos científicos y tecnólogos, que no consideran relevantes los aportes de la pedagogía para la enseñanza superior, suelen acoger favorablemente a las nuevas tecnologías, en la enseñanza, pero sólo porque las mismas son capaces de hacer más eficientes las actividades de enseñanza tradicional a la que están habituados.

Por esta razón, las transformaciones profundas que pueden ser realizadas en la enseñanza con ayuda de las nuevas tecnologías quizás insuman un tiempo considerable, y vengan de la mano de una nueva generación. La capacitación docente, particularmente a nivel de la generación más joven habrá de jugar en esto un rol esencial.

Marco teórico

A partir del concepto formulado de que las nuevas tecnologías no deben oponerse, sino que pueden potenciar a los más avanzados conceptos pedagógicos, se enunciarán aquí una síntesis de aquellos, tal como se interpretan y que se consideran como de mayor significación para este tema:

La enseñanza debe orientarse a promover la *comprensión genuina*, que se caracteriza por un mayor nivel de abstracción y la amplitud de su aplicabilidad. *La cuestión es cómo se puede sacar lo más posible de lo menos posible. Y el éxito consiste en aprender a pensar con lo que ya has adquirido* (Bruner, 1997).

El aprendizaje que se incorpora en forma significativa requiere que los contenidos y los materiales tengan significados lógico y psicológico para el alumno.

La enseñanza debe atender tanto al aprendizaje de los contenidos específicos, como al desarrollo de capacidades y valores, tales como el espíritu crítico, la creatividad, la importancia de progresar en base al esfuerzo propio integrado en una actividad colectiva, y la conciencia sobre el rol social del conocimiento.

El aprendizaje colaborativo de los alumnos con ayuda del docente es muy importante en la formación de estas últimas capacidades y valores, y resulta fundamental para que los es-

tudiantes expliciten sus pensamientos, y negocien los significados y procedimientos.

Si bien las explicaciones del docente juegan un rol importante en la enseñanza, hay que tener en cuenta que el aprendizaje es producto fundamental de las actividades de comprensión que el alumno realice, las que deben ser propuestas y apoyadas por el docente: *el aprendizaje es una consecuencia del pensamiento* (Perkins, 1997).

En la voluntad del alumno para realizar las tareas de aprendizaje juega un rol central la motivación, tanto intrínseca como extrínseca. Pero la comprensión genuina, opuesta al conocimiento *frágil (inerte o ritual)* (Perkins, 1997) es función fundamental de la motivación intrínseca, o sea de la voluntad a involucrarse en la actividad por sí misma y no por influencia de factores externos. En relación a la creencia bastante difundida de que las NTICS son motivadoras, debemos tener en cuenta que el uso cotidiano de las mismas las torna “transparentes” para el usuario. La motivación como producto del uso de nuevas tecnologías sólo ocurre en un principio, pero luego se produce un efecto de saturación o acostumbamiento (Litwin, 2000). Por eso, la promoción de la motivación debe ser abordada desde un enfoque pedagógico general. En la generación de la motivación intrínseca influyen tanto la significación psicológica de los contenidos, como el tipo de actividades que se propongan. Particularmente son favorables aquellas que implican importantes niveles de desafío, curiosidad y de control de la propia actividad (Larkin y Chabay, 1996).

En la aplicación de las NTICS es importante tener presente el concepto de herramientas cognitivas. Éstas son símbolos y artefactos que juegan el rol de soporte o vehículo del pensamiento. De esta manera se produce una suerte de asociación entre la mente y esos elementos, potenciándose la capacidad del individuo para abordar tareas complejas. Hay que tener en cuenta que esto influye en la propia forma con que se piensa, de modo que herramientas cognitivas distintas condicionan estilos y niveles de pensamiento diferentes. La computadora y la web son herramientas cognitivas muy potentes, que utilizadas con bue-

nos criterios pedagógicos pueden producir profundos cambios en las formas de pensamiento y favorecer un avance extraordinario en la educación.

En el aprendizaje de nuevos contenidos y en la resolución de problemas, juegan un rol fundamental los modelos mentales, es decir, las imágenes o representaciones mentales de los sistemas. Estos modelos son personales, inestables, de contornos difusos y difíciles de conocer y de modificar. De ahí la importancia de diseñar actividades de aprendizaje que permitan que el alumno adquiera conciencia de los mismos (por ejemplo poniéndolos en contradicción con la realidad experimental) y que al mismo tiempo pueda modificarlos o desarrollarlos a través del análisis cualitativo de los fenómenos. Esto se conecta con el nivel metacognitivo.

En la enseñanza de la Física básica, la resolución de problemas y la realización de trabajos prácticos no constituyen meras aplicaciones de conocimientos teóricos ya adquiridos (tareas que normalmente se asignan a docentes de “menor jerarquía”), sino que deberían reconocerse como las actividades fundamentales de aprendizaje. La clave está en establecer en estas clases una fuerte relación entre teoría y práctica y en proponer una metodología que potencie el análisis crítico de los fenómenos y la toma de decisiones por los alumnos a través de una actividad colaborativa. En este aspecto pueden ayudar mucho las nuevas tecnologías.

En la enseñanza de la Física, que es esencialmente una ciencia experimental, resulta imprescindible la actividad en laboratorio con elementos reales, los cuales podrán ser combinados o complementados con herramientas virtuales, pero nunca sustituidos.

Criterios para el diseño didáctico con nuevas tecnologías

Atendiendo al marco teórico arriba reseñado, se proponen una serie de criterios que se consideran fundamentales para realizar un nuevo diseño didáctico. Estas pautas podrían considerarse “ideales”, ya que en la práctica

muchas veces no pueden plasmarse en su totalidad, por distintos condicionamientos del contexto: contenidos excesivos de las asignaturas, tiempos muy limitados, formas de evaluación prácticamente imposibles de modificar, limitaciones económicas, grupos de alumnos muy numerosos, etc. De modo que el objetivo consiste en aproximarse en todo lo que sea posible a estos criterios, muchos de los cuales pueden considerarse de carácter general, y otros son específicos para la Física Básica:

1) Limitar los contenidos en extensión en aras de una mayor profundización en los mismos. El alumno debe tener tiempo suficiente como para reflexionar y plantear nuevas inquietudes sobre los temas en cuestión.

2) Plantear las actividades de aprendizaje como una serie de problemas e interrogantes, a los cuales los alumnos deben responder sobre la base de su actividad grupal, con ayuda de simulaciones y experimentos, y con una fuerte referencia teórica.

3) Además de los clásicos problemas cuantitativos, se deben plantear problemas cualitativos, en los que los alumnos analicen los fenómenos desde un punto de vista conceptual y estudien cómo influyen las distintas variables.

4) Algunos de los problemas planteados deberán ser lo suficientemente abiertos como para que admitan más de una respuesta correcta, en aras de promover la creatividad de los alumnos.

5) Se tratará también de incluir en cada guía de actividades, alguna tarea que implique cierto nivel de descubrimiento, con lo cual llegamos a trabajar en el nivel de investigación, que es el tipo de actividad de comprensión de mayor nivel (Perkins, 1997).

6) El uso de las simulaciones se debe integrar, en todo lo que sea posible, a la práctica experimental, de modo que el alumno comprenda mejor el rol de los modelos en la Física, conozca sus limitaciones y pueda aprovecharlos para avanzar en el conocimiento y resolución de problemas.

7) Los contenidos conceptuales deben, en lo posible, vincularse a aplicaciones prácticas o fenómenos conocidos, con el propósito de establecer nexos cognitivos y asignar significado psicológico al conocimiento.

8) Se debe promover la actividad de aprendizaje en grupos reducidos y la puesta en común de los resultados obtenidos para su corrección, pero también se deben asignar y especificar actividades de carácter individual para promover la independencia intelectual.

9) Los alumnos deberán asumir el control de las actividades de aprendizaje, y el docente trabajará como guía, ofreciendo ayuda cuando esta sea necesaria, planteando algunas pistas con nuevas preguntas que ayuden a los alumnos a orientarse para superar ciertas dificultades.

10) Los contenidos de las evaluaciones que se realicen deberán estar acorde a las actividades de aprendizaje realizadas, de modo que el alumno no considere el trabajo con la computadora como un simple entretenimiento, sino como una actividad que tiene la misma importancia que otras tareas.

11) Hay que asumir que aún con actividades de comprensión similares, los aprendizajes serán distintos a nivel individual, y en la evaluación hay que enfatizar en la valoración de los conocimientos que los alumnos lograron incorporar.

12) En el desarrollo de la clase, los docentes debemos ser pacientes y perseverantes: debemos tener presente que estamos promoviendo el desarrollo de capacidades de razonamiento avanzado, cuyos resultados quizás no se perciban de un modo inmediato.

La nueva metodología en acción

Los docentes, al poco tiempo de encarar este cambio metodológico, lo más probable es que se encuentren con que los alumnos no avanzan. No entienden las consignas, no saben qué hacer ni a dónde se pretende llegar. Esto ocurre por el fuerte acostumbramiento de los alumnos a las tareas programadas en forma de procedimientos estandarizados. Frente a esta situación, el docente generalmente atina a introducir modificaciones en las consignas y puede terminar cediendo a las demandas de los estudiantes: "Profesor: ¿Qué tenemos que hacer?"

Hemos pasado por esta experiencia, y he-

mos constatado a su vez que, si se persiste con la metodología propuesta, los alumnos empiezan a buscar los caminos y luego de un cierto tiempo se terminan acostumbrando a la misma. Aprenden a leer y releer las consignas hasta que las entienden, y así logran diferenciar los distintos tipos de respuestas que se les pide: hallar un resultado numérico, dar una respuesta cualitativa, formular una justificación teórica, corroborar alguna ley, etc. Y se acostumbran a buscar los caminos para tratar de llegar a la solución. Aprenden a utilizar las simulaciones y los experimentos para ayudarse a encontrar respuestas, y es así como finalmente terminan incorporando estas poderosas herramientas cognitivas a sus tareas normales de aprendizaje, de la misma manera como alguna vez incorporaron la calculadora.

Describimos a continuación algunos de los ejemplos con los que trabajamos en nuestras clases, y que forman parte del curso a distancia. Los incluimos con el propósito de hacer referencias concretas a la modalidad de trabajo propuesta.

Un problema simple de corriente continua que da qué pensar

Se cita a continuación uno de los enunciados de los problemas de corriente continua, que se propone a los alumnos luego de haber estudiado la teoría y resuelto algunos ejemplos con resistores en serie y en paralelo:

1) *En el siguiente circuito (considerando primero la llave S abierta, como se muestra en el dibujo), responda justificando sus respuestas. Luego compruebe con la simulación:*

a) *¿Cuál(es) será(n) la(s) lámpara(s) que brilla(n) más?*

b) *¿Cuál(es) será(n) la(s) lámpara(s) que brilla(n) menos?*

c) *¿Cuáles serán las lámparas que brillan igual?*

2) *¿Cómo serían las respuestas a las preguntas del problema anterior, si se cerrara la llave S?*

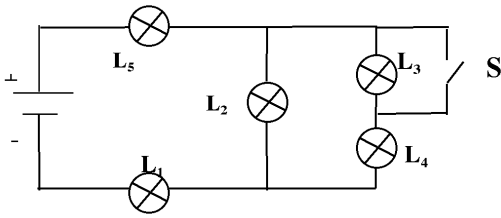


Figura 1: un circuito de corriente continua con lámparas

Como se puede observar, se pide al alumno un análisis cualitativo del sistema, cuya respuesta depende no tanto del manejo de las ecuaciones, sino de su comprensión a nivel conceptual. A pesar de su sencillez, el problema involucra las leyes de Kirchoff, de Ohm y de Joule, y las conexiones de resistencias en serie y en paralelo. El análisis del cierre de la llave S ayuda a comprender mejor la Ley de Ohm en las condiciones límites de un conductor ideal que de hecho anula la lámpara L₃. Finalmente, la existencia de L₁ y L₅ en la misma rama, a ambos lados de la fuente, ayuda a entender el teorema de continuidad, basado en el principio de conservación de la carga eléctrica.

En este caso la simulación es introducida a posteriori del análisis sobre el papel, y a modo de comprobación. Tal circunstancia introduce un factor motivador importante: el *desafío* que antes mencionamos. Los alumnos deben predecir el comportamiento del circuito, discutiendo en forma grupal, y luego constatar si la (o las) respuestas formuladas fueron correctas.

Tales respuestas a veces coinciden y otras no con lo constatado en la simulación, situación ésta que da lugar a nuevas discusiones. Pero el problema no termina ahí, sino que los alumnos deben justificar su respuesta. Esta es una de las fases que generalmente representan mayores dificultades, puesto que no se trata ya de poner en juego la intuición, sino de elevarse al nivel de la teoría.

En cuanto a la simulación en sí, cabría preguntarse en primer lugar: ¿Por qué una simulación y no un experimento real? Esta pregunta abre todo un debate. En primer lugar, si se contara con elementos como para que todos

los grupos de alumnos realicen el experimento, sería aconsejable que se efectúe. Pero hay otra cuestión: aún así sería importante además realizar la simulación, no sólo para que los alumnos aprendan a aprender con las mismas, sino porque así realizan “experimentos numéricos” que no siempre son posibles con los sistemas reales. En este mismo caso, para una práctica experimental no se pueden conseguir dos lámparas exactamente iguales.

Por otra parte, hay entornos de simulación que, por ejemplo, no muestran diferencias entre el brillo de las lámparas, u otros en los que simplemente no brillan. De modo que los alumnos deben buscar la forma de detectar cuál brilla más o menos a través de alguna medición, por ejemplo de la intensidad de corriente. Esto implica poner en juego mecanismos de creatividad, que están lejos de asemejarse a la simple reproducción de un instructivo.

En síntesis, un problema relativamente simple sobre circuitos eléctricos puede ser usado para generar actividades de comprensión muy variadas y de distintos niveles, lo cual es facilitado por la simulación y fundamentalmente por el diseño didáctico con que se la aplica. Éste es el sentido que se da a la propuesta de realizar un profundo reencuadre pedagógico de las actividades de enseñanza para aprovechar las potencialidades de las nuevas tecnologías.

Una conexión con el experimento real

Se menciona a continuación un enunciado de un problema en apariencia aún más simple que el anterior, pero que permite profundizar en la diferencia entre modelo y realidad, y vincular los contenidos a situaciones vivenciales:

Se tiene un generador (supuesto ideal) conectado a una cierta resistencia; y luego se reemplaza esa resistencia por dos resistencias en serie, idénticas a la primera:

(a) *En caso que no hubiera variación apreciable de resistencia por temperatura: ¿Sería esperable que la intensidad de corriente se reduzca a la mitad?. Justificar y comprobar con simulación y experimento real.*

(b) *Teniendo en cuenta la variación de re-*

sistencia por temperatura: ¿Qué se podría esperar en un circuito que en vez de resistencias comunes se construye con lámparas en serie? ¿Está contemplado esto por el modelo del software?

(c) ¿Cómo se conectan las lámparas de alumbrado de un hogar: en serie o en paralelo? Explique por qué.

Ante este problema, los alumnos no tienen mayores dificultades en responder afirmativamente la primera pregunta y en justificarla con el cálculo de resistencias en serie y con la Ley de Ohm.

La dificultad se presenta en la segunda pregunta, puesto que hay que analizar en forma cualitativa la influencia de varias variables que dependen unas de otras: dos lámparas en serie tendrán menos intensidad que una sola. En consecuencia tendrán menos temperatura. Tratándose de metales, eso implica que su resistencia (individual) será inferior a la lámpara sola. De acuerdo entonces a la Ley de Ohm, sería esperable que la intensidad de corriente sea superior a la mitad. Tal es el razonamiento que deberían desarrollar los alumnos, integrando distintos conocimientos para explicar el fenómeno en forma global.

Este hecho es perfectamente observable en un experimento real. En la simulación, eso depende de cuál sea el modelo con el que está programado: algunos contemplan variación de resistencia por intensidad (temperatura) y otros no.

Se puede apreciar en este caso la importancia que tiene el aspecto técnico en la capacitación docente, ya que de no conocer cuál es el modelo utilizado por el simulador y sus posibles limitaciones no estará en condiciones de guiar a sus alumnos en su aprendizaje. Por eso, la simple práctica de “bajar” simulaciones de Internet, y aplicarlas sin estudiarlas a fondo, podría conducir a resultados erróneos, y hasta absurdos. Podemos mencionar al respecto una simulación conocida en el nivel de enseñanza media (Crocodile Clip), en la que si se conecta un simple Diodo Emisor de Luz (LED) a una pequeña batería, la simulación indica una disipación de potencia de casi 0,1 MW. Esto equivale a la alimentación de más de 60 hornos de microondas!

La última pregunta del problema ejemplifica la posibilidad de vincular los contenidos con situaciones conocidas, lo cual se enmarca dentro de la propuesta de establecer significado psicológico a los contenidos conceptuales.

Finalmente, y esto no es de menor importancia: la combinación de la simulación con el experimento real y la percepción de que la primera no es más que un modelo matemático aproximado, permite al alumno comprender mejor el rol que cumplen los modelos en la descripción del mundo físico, lo cual lo sitúa en el nivel epistemológico del conocimiento.

La simulación puede ampliar el ámbito de ejemplificación

En el estudio de la óptica física en laboratorios relativamente bien equipados, se suelen realizar experimentos de difracción con láser, placas ranuradas y redes de difracción. La forma más elemental consiste en la observación cualitativa de los fenómenos, proyectando los patrones de difracción e interferencia sobre una pared. Contándose con un sistema electrónico lector de espectros, se puede llegar a obtener las curvas de intensidad de distintos sistemas. Pero aún en este caso, las posibilidades de experimentación son muy limitadas: la luz del láser tiene normalmente una sola longitud de onda, y los juegos de ranuras y redes representan a lo sumo unas pocas variantes.

En esta circunstancia, el uso de una simulación representa la posibilidad de ampliar considerablemente las posibilidades de trabajo interactivo de los alumnos, no ya con sistemas reales sino con representaciones modelizadas de los mismos. Usamos para esto un modelo de simulación desarrollado por nosotros, que permite representar desde una ranura hasta una red de difracción, con anchos y distancias variables, y utilizar luces de distintos colores, inclusive en forma simultánea. La propuesta en este caso consiste en complementar las actividades experimentales con simulaciones, lo cual permite ampliar considerablemente el ámbito de estudio de los fenómenos.

En la figura 2 observamos la distribución de intensidades de dos ranuras, cuyo patrón

puede observarse en la figura 3. En la figura 4 se aprecia el aspecto del patrón producido por una red cuando sobre la misma incide un haz de luz policromática, representación que en el software se puede observar con los colores verdaderos.

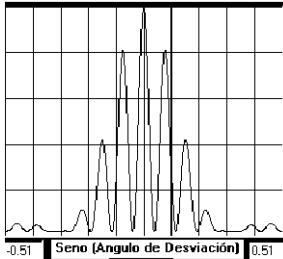


Figura 2



Figura 3



Figura 4

En la figuras 5, 6 y 7, se muestran las intensidades de dos componentes monocromáticas próximas, correspondientes a los espectros de primer, segundo y tercer orden respectivamente, y la gráfica de la intensidad suma, que es en definitiva la que se observa. Se observa que a partir del segundo orden las líneas comienzan a resolverse:

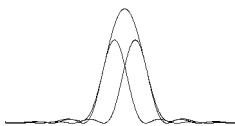


Figura 5

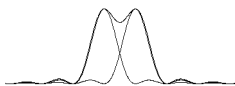


Figura 6

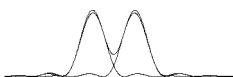


Figura 7

Tales son las posibilidades que nos brinda este software, las que permiten proponer un diseño didáctico muy amplio, que va desde el estudio cualitativo de los fenómenos, variando los distintos parámetros, hasta la resolución de problemas cuantitativos. Un ejemplo de problema planteado se refiere al poder de resolución de una red de difracción, generalmente uno de los temas en que los estudiantes demuestran mayores dificultades, y que está relacionado a las tres últimas gráficas mostradas:

Para una red de N ranuras iluminadas, encuentre dos longitudes de onda cuyos máximos de interferencia aparezcan resueltos en el segundo orden, pero no en el primero, de acuerdo al criterio de Rayleigh. Justifique con las expresiones correspondientes y compruebe por simulación.

Observamos aquí un problema abierto, en el cual el alumno debe hallar y/o definir los datos, de manera que se cumpla cierta condición. El mismo admite innumerables soluciones, las que pueden ser halladas por cálculo o por tanteo. Esta última opción, en apariencia “poco científica”, no debe desestimarse como actividad de comprensión, puesto que modificar el valor de ciertos parámetros, acercándose progresivamente a la situación deseada, podría ayudar a los alumnos a entender cómo inciden las distintas variables y en consecuencia a desarrollar sus modelos mentales en relación al fenómeno.

La opinión de los alumnos y la evaluación de la propuesta

La metodología de enseñanza promovida en función de ejemplos como los anteriores, se aplica en un grupo experimental de 16 alumnos, que forman parte de un curso de 90 en total. El resto utiliza también las nuevas tecnologías, pero de una manera menos sistemática y conducida por docentes no compenetrados en la presente propuesta pedagógica. El grupo experimental tiene incluso una planificación distinta, en la que se propone una mayor cantidad de actividades experimentales y de simulación. Se presenta el problema de que esa actividad se realiza en desmedro de ciertas

clases de apoyo para la resolución de problemas, previas a la realización de exámenes parciales. A pesar de esto, ante el ofrecimiento de abandonar la propuesta y volver al sistema clásico, los alumnos optaron por unanimidad por continuar con la misma.

Tales opiniones, sumadas a las observaciones de clases que realizan integrantes del equipo de investigación, constituyen elementos de mucha importancia a la hora de acumular información significativa para evaluar la propuesta. Al respecto, se ha asumido que no es pertinente utilizar una metodología de evaluación basada en el contraste de resultados o rendimiento entre grupos experimentales y grupos testigo, puesto que se considera que la incorporación de las nuevas tecnologías con todo el reencuadre pedagógico descrito, genera conocimientos diferentes y no conmensurables. De modo que resulta prácticamente imposible medir dos desarrollos cognitivos diferentes utilizando un mismo patrón y la misma metodología de evaluación. Varios teóricos de las nuevas tecnologías se han expresado en esos términos. : *“Los diseños experimentales corrientes, como las comparaciones con un grupo de control o la modificación de una variable mientras se procura mantener constantes todas las demás, no captan el tipo de cambios complejos e interrelacionados que operan en este campo... Quizás nuevos diseños de investigación, o la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos, permitan abordar estos problemas y proporcionarnos datos útiles para reflexionar sobre las complicadas decisiones que enfrentamos... pero esos datos de investigación no nos darán mayor sabiduría, ni la sensibilidad para ver que estamos en medio de un proceso de reformulación del significado y los fines de la educación, y no meramente intentando encontrar formas más rápidas o económicas, de hacer lo mismo que ya estábamos acostumbrados a hacer”* (Burbules, 2001, pp.38).

Este es uno de los problemas aún no resueltos completamente por la investigación en Educación, razón por la cual aún debemos guiarnos por indicios, que afortunadamente son fuertemente favorables a la aplicación de estas metodologías.

El salto a la capacitación a distancia

Las condiciones económicas en la que se desarrolla la actividad de nuestros docentes, implica para los mismos una dificultad casi insalvable para trasladarse a centros académicos distantes para perfeccionarse. Al mismo tiempo la Web posibilita la realización de actividades de capacitación a distancia, utilizando para ello distintos recursos. Uno de ellos, el más accesible actualmente es el correo electrónico, aunque también están disponibles el chat, foros de discusión, etc. Muchas universidades poseen a su vez sus *campus virtuales*, que integran estos recursos y facilitan las comunicaciones e intercambios de materiales en forma de archivos.

Utilizando estos recursos se ha programado un curso de capacitación a distancia sobre el uso de simulaciones para profesores, cuyos contenidos son esencialmente los descritos más arriba.

Específicamente se han seleccionado los siguientes contenidos para el curso:

- 1) Marco teórico pedagógico
 - Modelos y simulaciones
 - Herramientas cognitivas
 - Aprendizaje colaborativo
 - Fundamentos constructivistas del uso de simulaciones en la enseñanza
 - Diseño didáctico con simulaciones
- 2) Contenidos específicos
 - Simulación de campos y potenciales
 - Simulación de circuitos de corriente continua
 - Simulación de circuitos RC
 - Simulación de circuitos RL y RLC
 - Simulación del campo magnético en un solenoide

La primera parte del curso está orientada a acceder a una serie de conceptos básicos indispensables. Por ejemplo, el estudio de Modelos y Simulaciones debe permitir al docente responder a preguntas como las siguientes:

- ¿qué relación existe entre Ley Física y Modelo Físico?

- ¿cuál es la relación entre modelo y simulación?
- ¿cuál es el aporte que pueden realizar las simulaciones en la investigación?
- ¿cuál es el aporte que pueden realizar las simulaciones en la enseñanza y el aprendizaje?
- ¿cuáles son las características y funciones generales de los modelos mentales?
- ¿cuál es la diferencia entre modelo mental y modelo conceptual?
- ¿cuál es la importancia de los modelos mentales en la comprensión de los fenómenos y en la resolución de problemas?
- ¿cómo pueden incidir las simulaciones en los modelos mentales y en el aprendizaje conceptual?
- ¿qué diferencia existe entre modelo físico y modelo matemático?
- ¿qué diferencias existen entre modelos deterministas y modelos estocásticos?
- ¿qué es un modelo computacional?

Actividades a desarrollar por los cursantes

Se han propuesto las siguientes tareas de aprendizaje:

- Lectura individual o grupal, y discusión grupal del material teórico
- Elaboración de trabajos monográficos sobre marco teórico en grupos de dos cursantes
- Realización de los trabajos prácticos de simulación en forma grupal, en base a las guías de actividades propuestas.
- Elaboración de informes de los trabajos prácticos de simulación.

Evaluación del curso

Se realiza mediante el análisis de los trabajos monográficos y de los informes de los trabajos de simulación.

Material entregado a los alumnos del curso

Se entregó a cada uno de los participantes un CD conteniendo el software y artículos teóricos de varios autores. Material comple-

mentario era posible obtener del sitio del Proyecto de los profesores del curso: www.fiquis.unl.edu.ar/galileo

Rol de los docentes y del tutor del curso

El desarrollo del curso, tal como se organizó en este caso, requiere de la participación de un tutor. Se entiende por tal a una persona que atiende las consultas y coordina las reuniones presenciales, cuando éstas existen.

De acuerdo a Mariana Maggio, su función se identifica en parte con la del docente en general, tal como hoy es concebida: *“En las perspectivas pedagógicas más actuales, alimentadas con el producto de trabajos de investigación en el campo de la didáctica, el docente genera propuestas de actividades para la reflexión, apoya su resolución, sugiere fuentes de información alternativas, ofrece explicaciones, favorece los procesos comprensivos; es decir, guía, orienta, apoya, y en ello consiste su enseñanza”* (Maggio, 2000, pág 138).

La diferenciación de roles no es una cuestión sencilla, sino que representa toda una temática de discusión en el campo de la Educación a Distancia. Por ejemplo *“En la educación presencial, muchas veces permitimos que nuestros alumnos sigan adelante con una comprensión parcial, en un proceso cuyos avances controlamos en la tarea cotidiana. Con el alumno a distancia la comprensión parcial puede convertirse en una construcción errónea sin que el tutor tenga oportunidad de advertirlo: en eso consiste el riesgo. El tutor deberá entonces aprovechar la oportunidad presente para ofrecer buenas pistas para la profundización del tema y promover procesos reconstructivos a partir, por ejemplo, del señalamiento de una contradicción”* (Maggio, 2000, pág 148).

Estos conceptos fundamentan la importancia de la capacitación del tutor. Esto es así, en función de la modalidad con que se aprende, ya que como se ha expresado, es necesario que los cursantes atraviesen una situación de aprendizaje similar a la que aplicarán luego con sus alumnos. En el caso que nos ocupa, el tutor del curso vive en la misma localidad que

los alumnos y tiene posibilidad de reunirse en forma relativamente frecuente con ellos, aunque la mayor parte del aprendizaje lo realizan los participantes trabajando en forma grupal e independiente.

En el curso dictado, quedaron diferenciadas las funciones de los Profesores del curso respecto de la del tutor. Los primeros son quienes preparan los materiales, planifican las actividades, capacitan al tutor, y corrigen los trabajos, señalando deficiencias y solicitando mejoras en caso de ser necesario. El tutor oficia en este caso de nexo con los alumnos, atendiendo consultas, estableciendo los plazos de entrega de trabajos, etc.

Los primeros resultados

La primera edición del curso mostró que los participantes más comprometidos fueron los más jóvenes: ayudantes de cátedra, pasantes, etc. Hubo ciertas dificultades para cumplir con los plazos de entrega, producto del exceso de actividades que tuvieron que afrontar los cursantes. Los trabajos teóricos recibidos hasta el momento fueron de buen nivel, y los informes de trabajos prácticos de simulación resultaron parcialmente favorables. En muchos de ellos se percibió una relativa falta de comprensión de las consignas, y en otros se detectaron algunos errores conceptuales.

Estos resultados se consideraron promisorios, aunque muestran a las claras la necesidad de realizar una serie de ajustes para nuevas ediciones:

- Explicitar mejor las consignas de las guías de actividades. En lo posible dar algún ejemplo del tipo de respuesta que se requiere.
- Mejorar la comunicación y el intercambio para la capacitación del tutor, dada la función clave que le atañe en este proceso.
- Pactar con mayor formalidad con los cursantes, la carga horaria que deben dedicar al curso, así como los plazos de las entregas.

La perspectiva futura

Creemos que existen excelentes posibilida-

des para el desarrollo de la aplicación de las nuevas tecnologías en la enseñanza de la Física en los términos aquí planteados, y que la misma puede representar un aporte importante para promover una transformación profunda de la educación en general. Una de las vías para ello puede ser la capacitación docente a distancia, lo cual ha sido consensuado en la reunión del Proyecto ALFA II-0221-FI, realizado en Julio del año 2003 en La Habana. La idea, propuesta por el coordinador del Proyecto, Dr. José Miguel Zamarro, de la Universidad de Murcia (España), consiste en ofrecer cursos de esta naturaleza en los distintos países que tienen representantes en este proyecto, para lo cual los coordinadores locales jugarían el rol de tutores. De esta manera se podría crear una red que permita obtener mayor experiencia y conocimientos sobre el tema, lo cual potenciaría la expansión de la propuesta.

La función de Internet en este caso

Si bien en este trabajo no se pone de manifiesto la utilización de los recursos más sofisticados de Internet, resulta pertinente señalar que nada de esto se hubiera podido lograr sin utilizar la gigantesca *www*. Fue a través de la misma que se conocieron muchos protagonistas de este Proyecto, fue con su aporte que se consiguieron valiosos materiales como artículos y software, y es a través de Internet que se realizan prácticamente todas las comunicaciones. Se podría argumentar que Internet se estaría utilizada aquí en forma "conservadora", porque se busca con su ayuda mejorar una metodología de enseñanza presencial. Una razón para ello es que se trata del aprendizaje de la Física, la cual se puede complementar y enriquecer con la enseñanza a distancia, pero por las características de la disciplina requiere del trabajo grupal y de la interacción directa de los alumnos con los docentes y de todos con los experimentos reales. Otro fundamento se refiere a los valores que se pretende promover en los alumnos, los que tienen que ver mayormente con su socialización en la convivencia cotidiana del trabajo grupal.

La posibilidad que brinda Internet, de com-

plementar y enriquecer ese tipo de enseñanza, es una prueba más de la flexibilidad y potencialidad de esta poderosa herramienta. Esas perspectivas son cada vez más amplias, no limitándose al campo de lo virtual, sino incorporando el acceso al experimento real. Al

respecto, uno de los Proyectos ALFA de la UE contempla el desarrollo de laboratorios remotos manejados a través de Internet, y una alumna becaria, integrante de nuestro grupo, se halla abocada a ese tipo de desarrollo.

Referencias

- Burbules, N. C., Callister, T. A. (h). (2001). *Educación: riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información*. España: Ediciones Granica.
- Bruner, J. (1997). *La educación, puerta de la cultura*. Madrid: Visor.
- De Sousa Santos, B. (1994). En Angulo Rasco, F y Nieves Blanco (coord.). *Teoría y desarrollo del currículum*. Málaga: Ediciones Aljibe.
- Larkin, H., Chabay, R. W. (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, *Curriculum y cognición*. Madrid: Editorial AIQUE.
- Litwin, E. (2000). *Las configuraciones didácticas*. Buenos Aires: PAIDÓS.
- Maggio, M. (2000). El tutor en la educación a distancia. En: Litwin, E. (compiladora): *La educación a distancia*. Colección Agenda Educativa. Buenos Aires: Amorrortu Editores S. A..
- Papert, S.(1999) Introducción al libro *Logo Philosophy and Implementation*, publicado por Logo Computer Systems Inc. LCSi.
- Perkins, D. (1997) *La escuela inteligente*. España: Gedisa.

Artículo recibido: mayo 10 de 2004. Aceptado: junio 30 de 2004