

Sistemas de Enseñanza Adaptativos: Experiencias de PDinamet en la enseñanza de la Física

Miguel Montero López

Asesor TIC del Centro de Profesores y Recursos de Albacete, Profesor de Educación Secundaria del Especialidad de Física y Química
E-mail: mmontero@jccm.es

Elena Gaudioso Vázquez

Profesora del Departamento de Inteligencia Artificial de la E.T.S.I Informática UNED, Madrid
E-mail: elena@dia.uned.es

Resumen

El objetivo de este artículo es el de introducir al lector en el estudio de los sistemas adaptativos aplicados a la enseñanza. En primer lugar, identificaremos qué problemas encontramos en la aplicación del ordenador en el aula, veremos qué conocemos por un sistema adaptativo y cómo nos podemos beneficiar del uso de los sistemas adaptativos en educación. Finalmente, presentaremos PDinamet y unas indicaciones para su uso en el aula.

Palabras clave: aprendizaje constructivista, sistemas de enseñanza adaptativos, sistemas de ayuda al profesor.

1. Introducción

Las nuevas tecnologías relacionadas con la transmisión de la comunicación y de la información (TIC), y de una manera muy especial Internet, están abriendo una nueva etapa en la sociedad actual, hasta el punto de generar cambios profundos en nuestros métodos de relación e intercambio personal, así como en la forma de acercarnos a la información sobre un tema determinado. Este proceso de cambio está siendo asumido, con mayor o menor rapidez y profundidad por los diferentes campos o ámbitos profesionales de nuestra sociedad: Medicina, Industria, Comercio, ...

En el campo educativo las TIC todavía no se han incluido como una práctica de uso cotidiana dentro de la labor docente (Marquès, 2001). Se sigue insistiendo en los modelos transmisivos donde el maestro explica para todos los alumnos, con ayuda de la pizarra o del libro de texto recomendado, la lección de ese día, modelo que no se aleja excesivamente del aplicado en generaciones educativas anteriores. En este modelo la fuente de información "infalible" es el maestro y "es suficiente" con que el alumno atienda para que el aprendizaje se produzca. Es obvio, y así nos lo demuestra la práctica, que esto no es cierto. Todos los alumnos no aprenden igual ni al mismo ritmo, por lo que el aprendizaje no se produce de una manera uniforme aunque nuestra metodología si lo sea.

Este hecho justifica sobradamente la búsqueda de nuevas formas metodológicas que aprovechen la introducción de las nuevas tecnologías, desde el punto de vista de no convertir a la escuela en un reducto aislado de la realidad social en la que vivimos y por el contrario en un motor de cambio y de preparación para la vida. Es muy importante, entre otros factores, contar con un software de calidad que facilite la integración de las nuevas tecnologías en nuestra labor docente y que sea lo suficientemente flexible para poder adaptarse a las distintas características del alumnado, facilitando su aprendizaje.

Este artículo incide en este último aspecto. Para ello proponemos el uso en el aula de un tipo de software educativo desarrollado a tal efecto que puede ayudar a llevar a cabo una labor didáctica que, teniendo como referente las TIC, se aleje de la concepción tradicional del aprendizaje que hemos descrito anteriormente.

El sistema que presentamos es PDinamet (Montero y Gaudioso, 2005a). PDinamet nace recogiendo la experiencia de Dinamet, un entorno interactivo de aprendizaje basado en web cuyo dominio de aplicación es el tema de Dinámica dentro de la asignatura de Física y Química que se cursa en 4º de Educación Secundaria Obligatoria. DINAMET, partiendo de una concepción constructivista del aprendizaje, y por lo tanto centrado en la propia actividad del alumno, trata de favorecer la construcción de verdaderos aprendizajes significativos dentro del dominio de la Dinámica. Su estructura, así como su diseño pedagógico es lo suficientemente flexible y modular, como para poder ser ampliada o, si se estima conveniente, poder exportarse a otros dominios.

A lo largo del artículo mostraremos cuál es el diseño pedagógico que se sigue en PDinamet. Además, para poder adaptar la respuesta que se da al alumno mostraremos como se ha ampliado Dinamet para dar una respuesta adaptada. Finalmente mostraremos cómo puede realizarse una experiencia práctica en el aula con PDinamet

2. Diseño Pedagógico de PDinamet

La metodología es combinada, presencial y a distancia, de manera que el sistema sirva de soporte a nuevas materias como a lecciones ya estudiadas, mediante la presentación al alumno de una gran diversidad de ejercicios. El hecho de utilizar la Web como medio de transmisión de dicho material, hace que el estudio de la asignatura se desligue del centro educativo.

El objetivo último es detectar las dificultades que el alumno encuentra en la práctica de esta asignatura y que no son evidentes en el aula presencial. Una vez detectadas dichas dificultades el sistema deberá ayudar al alumno a realizar los ejercicios que más se adecuen a sus circunstancias y así mismo deberá presentar al tutor un informe especificando las dificultades encontradas y qué acciones propone para solventar dichos problemas.

Este tipo de informes son esenciales en este tipo de metodología, ya que, al introducir el análisis de las circunstancias especiales del aprendizaje de los alumnos, permite que el tutor aproveche dicho conocimiento para mejorar el proceso formativo. La información referente a lo que ha realizado el alumno se va a presentar al tutor de dos formas: utilizando informes obtenidos directamente de los datos que se tienen del alumno y analizando mediante técnicas de minería de datos lo que ha realizado el alumno en el grupo.

De la reflexión sobre los principios en los que sustenta nuestra concepción del aprendizaje y desde nuestra experiencia docente deducimos una serie de decisiones e implicaciones que se reflejarán en los siguientes aspectos:

En cuanto a la presentación de los Contenidos

1.- Los contenidos deben plantearse de forma que sean significativos y funcionales para los alumnos. El texto que se presente en pantalla deberá ser la "unidad significativa". Se tratará que no sea demasiado extenso, teniendo en cuenta que la lectura en pantalla es más cansada que la lectura en papel impreso. Las ampliaciones, aclaraciones o relaciones sobre conceptos se presentarán en enlaces adicionales.

2.- El papel del profesor será el de facilitar la ayuda necesaria para que el alumno construya sus propios aprendizajes. Este visión del aprendizaje se aleja de la concepción tradicional del mismo como un proceso de adquisición de respuestas adecuadas gracias a un proceso, mecánico, de refuerzos positivos o negativos. Nuestro modelo se aproximará al "modelo natural" del aprendizaje de Roger Schank (Schank, 1995) el cuál tenderá a favorecer el aprendizaje activo y significativo, donde el principal protagonista es el discente. Este modelo se basa en el principio de que "una vez que se haya planteado una pregunta acerca de un asunto en el que estemos interesados, entonces estaremos preparados para aprender la respuesta".

3.- De acuerdo con lo expuesto en el punto anterior, las páginas en las que se desarrollen conceptos teóricos:

- No serán una mero desarrollo de los contenidos sino que trataremos de generar preguntas en el alumno, partiendo de los conocimientos previos o preconcepciones que el alumno pueda tener sobre el tema en cuestión.
- Ayudarán al alumno a conocer los objetivos de aprendizaje que puede alcanzar en cada momento concreto
- Se intercalarán pequeñas actividades o preguntas que ayuden a la reflexión generando preguntas sobre el tema que se está desarrollando, así como también sirva para centrar la atención sobre los aspectos básicos desarrollados.
- Se presentará, separado del cuerpo principal, un apartado de observaciones que completarán la exposición, animarán al alumno a la ampliación del contenido o relacionarán con otros aspectos que puedan ser de interés

Las actividades implementadas en Dinamet se pueden encontrar en (Montero y Gaudioso, 2005b) y las referencias que ahí se proponen.

3. Sistemas de Enseñanza Adaptativos . Adaptación en PDinamet

El concepto de adaptatividad se puede aplicar a cualquier campo donde se utilice un ordenador. Las aulas no son una excepción. Si los alumnos utilizan los programas educativos sin la supervisión de su profesor pueden sentirse desorientados y no recibir la guía necesaria. Supongamos que le ofrecemos al alumno la posibilidad de utilizar una simulación para entender un problema de Física visto en clase. Si el alumno no ha comprendido bien algún concepto, el uso de la simulación puede no aportarle la experiencia que necesita. Este caso es un ejemplo, donde los sistemas educativos adaptativos pueden ayudar a utilizar los ordenadores en el aula de una manera más efectiva. Se puede encontrar más información acerca de los fundamentos de sistemas de educación

adaptativos en(Gaudioso y Montero, 2005) y cómo se han aplicado éstos en el aula para la enseñanza de la Física. En PDinamet, establecemos los módulos necesarios para monitorizar en todo momento la actividad del alumno, y proporcionar al tutor una información pedagógica y didácticamente relevante, que le pueda ayudar en la resolución de los problemas de aprendizaje que se puedan presentar, así como orientar al alumno en su proceso de aprendizaje mediante ayudas y consejos adecuados a sus propias características. Para ello, en el sistema adaptativo P-DINAMET se utilizan técnicas de Inteligencia Artificial ya probadas con éxito en otros dominios (Gaudioso, 2003).

3.1.- Recomendaciones al alumno en PDinamet

La puesta en marcha de Dinamet en contextos educativos reales, así como el análisis de los datos derivados de su aplicación, puso de manifiesto que el alumnado tenía algunas dificultades a la hora de abordar su tarea de aprendizaje con el sistema, así como que, en algunos casos, se producía una utilización incorrecta de algunos de los recursos integrados en la propuesta didáctica de Dinamet, lo que provocaba que no se rentabilizaran adecuadamente sus posibilidades didácticas.

Surge de esta manera la necesidad de monitorizar la actividad del alumnado con el sistema, además de almacenarla adecuadamente para favorecer su análisis y fruto de éste, poder extraer conclusiones que se concreten en actuaciones didácticamente relevantes. Es en este contexto cuando se ve la necesidad de proporcionar toda esta información al profesorado, de forma organizada y, facilitándole la posibilidad de actuar con estos datos sobre el proceso de aprendizaje, tanto individual como grupal.

Las principales dificultades encontradas durante la puesta en marcha de Dinamet las podemos agrupar en tres grandes grupos:

En cuanto a la navegación:

- Rutas de navegación improductivas: el alumno salta de unas páginas a otras sin que exista en estas visitas una actividad de aprendizaje concreta.
- Visitas a las diferentes páginas y recursos excesivamente breves
- Situaciones en las que el alumno se puede encontrar perdido en la red de navegación implementada en el sistema.
- Necesidad en las diferentes sesiones de trabajo de recordar el punto donde se quedó en la sesión anterior, así como la conveniencia de continuar aquí su siguiente fase de trabajo o en otro punto diferente.

En cuanto a la utilización de los recursos:

- Dificultades en la utilización de algunos recursos, por ejemplo, en la utilización de los Talleres los alumnos no señalan adecuadamente la incógnita a calcular o marcan más de una.
- No utilizan adecuadamente los recursos implementados en el sistema o no extraen todas las posibilidades que estos le ofrecen, por ejemplo, algunos alumnos piden que el sistema muestre la solución al problema sin que no hayan introducido en el espacio reservado para ello.
- No utilizan adecuadamente los sistemas de ayuda implementados por el sistema para abordar situaciones de desconocimiento del funcionamiento del recurso, muchas veces por desconocer su existencia y otras por preferir actuaciones de "ensayo y error" que, como poco, llevan al alumno a una pérdida de un tiempo precioso, incrementándose significativamente la curva de aprendizaje

En cuanto el aprendizaje:

- Abordar actividades de aprendizaje sin tener adquiridos los conocimientos previos necesarios. Por ejemplo, realizar actividades relacionados con el cálculo de fuerzas verticales sin haber trabajado correctamente el concepto de peso o realizar un cuestionario general sobre el tema siendo la primera vez que te inicia su estudio.
- Utilización de recursos inadecuados al nivel de aprendizaje alcanzado por el alumno.
- Intentos de algunos alumnos de variar su calificación al repetir reiteradamente soluciones correctas conocidas. Estos alumnos están más preocupados por conseguir una buena nota más que aprender los diferentes conceptos y procedimientos que se exponen en el tema
- Introducción de datos que no son viables desde el punto de vista de la teoría específica del dominio. Es importante llamar la atención sobre estas situaciones ya que, en muchos casos, sirven para detectar una mala comprensión de los contenidos objetivo de nuestro aprendizaje. Como ejemplo, en nuestro caso, no es admisible que un alumno, introduzca como dato para la masa un valor nulo, o en el caso de fuerzas ascendentes que el valor del peso del cuerpo supere, inicialmente, al valor de la fuerza ascensional que debemos aplicar.

A la hora de pensar en los destinatarios de la adaptación en PDinamet en nuestra concepción de aprendizaje existen dos agentes claros: el alumno y el profesor o tutor. Ambos juegan roles diferentes en el proceso de enseñanza pero a la vez imprescindibles para que el proceso de aprendizaje se puede dar con garantías. Es por esto que los destinatarios de la adaptación en PDinamet, será tanto el alumnado, como agente activo en su propio aprendizaje y al que se le guiará a través de los materiales que constituyen el curso, como el profesor al que se le apoyará para que pueda realizar mejor su tarea como facilitador del aprendizaje de sus alumnos.

El tipo de adaptación que se le brindará desde el sistema a cada uno de estos destinatarios será diferente y estará en consonancia con el trabajo que van a desarrollar. En principio, al alumno se le brindará información sobre su propio proceso de estudio y se tratará de subsanar aquellas posibles deficiencias que se detecten tanto en su navegación, en la realización de las tareas o en el propio aprendizaje. Por otro lado, al profesor se le ofrecerá un apoyo para guiar al alumno, fundamentalmente proporcionándole información actualizada sobre cada alumno o el grupo en general, consejos sobre como poder orientar a cada alumno o aspectos que requieren una especial atención, así como avisos sobre situaciones de especial interés que requieren una atención inmediata, por ejemplo situaciones de impás en el aprendizaje o detección de alumnos que no interaccionan adecuadamente con el sistema.

Normalmente, las tareas de adaptación son transparentes al usuario. Una vez que el sistema elabora una determinada adaptación, ésta no puede ser modificada por el usuario. Esto, en entornos educativos, puede ser un problema dada la gran casuística que se puede presentar, además de no tener en cuenta la figura del tutor, que para nosotros, es de una importancia crucial. Los profesores, teniendo en cuenta su conocimiento sobre la materia, el grupo y el propio trabajo llevado a cabo por el alumno, puede querer modificar la adaptación presentada al alumno o enfatizar en aspectos concretos.

De este planteamiento, se puede deducir que en PDinamet llevaremos a cabo dos tipos principales de adaptación: una adaptación estática y otra dinámica. La adaptación estática la constituirán reglas predefinidas que estarán fundamentadas por un lado en la experiencia docente sobre la materia que se está enseñando (en nuestro caso "Dinámica" dirigida hacia el alumnado de 4º de Educación Secundaria Obligatoria) y por otro la experiencia acumulada sobre el trabajo con Dinamet en entornos reales.

Por otro lado, y teniendo en cuenta la imposibilidad de prever todas las situaciones que se pueden dar durante el proceso de aprendizaje, se proporcionará una adaptación dinámica, que tratará de ayudar al profesor en su labor de apoyo y dirección del proceso de aprendizaje. Describiremos en las siguientes secciones las tareas de adaptación que llevaremos acabo.

Estas recomendaciones están basadas en la información que almacenamos en el modelo de usuario, que se construye tomando como fuente de información tres conjuntos de datos : sus características personales deducidas a partir de los datos suministrados en el pretest, del nivel alcanzado en la consecución de Objetivos de Aprendizaje y de los datos de interacción.

Como estrategias de adaptación apostamos por la adaptación a la navegación como estrategia para ayudar al alumno en su tarea de aprendizaje con el sistema. El objetivo de esta adaptación es ayudar al alumno en su navegación con los materiales de estudio, aconsejando el enlace más adecuado a su nivel concreto de aprendizaje, así como en la utilización correcta de los diferentes recursos que desde Dinamet se le ofrecen.

Desde nuestro enfoque docente, se le informará al alumno, mediante un icono específico, que existe alguna recomendación concreta para el recurso que en ese momento se está utilizando, pero será el alumno, como responsable de su propio aprendizaje, el que decidirá si continúa o no las recomendaciones que se le ofrecen .

También puede ocurrir que para una determinada página se recomiende o no un enlace de esa misma página, esto ocurrirá fundamentalmente en los portales, como es el caso del portal de talleres. En el caso de que un enlace no esté recomendado para un determinado alumno, el sistema le proporcionará consejos de cómo solventar esa situación recomendándole recursos de refuerzo proporcionados por sus profesores.

3.2.- Módulo del Tutor en PDinamet : Informes y recursos del tutor

Este módulo permite a cada profesor tener un conocimiento detallado de la actividad realizada por cada alumno o por el grupo clase, en cada momento, así como introducir recursos y materiales, que el sistema adoptará como propios, pudiendo estar estos a disposición de cada alumno cuando el profesor o el sistema lo considere adecuado.

Para acceder a este módulo es necesario la identificación del profesor a través de una página de control, donde se solicita su correspondiente nombre de usuario y contraseña. Sin estos datos se deniega el acceso.

El tutor puede obtener información de lo que han hecho sus alumnos mediante informes con diferentes niveles de granularidad. Estos informes no se limitan a dar resultados numéricos de la interacción de los usuarios, sino

que proporcionan ayudas y consejos al tutor para ayudarle en la orientación individualizada en los aprendizajes de los estudiantes, así como le llama la atención sobre situaciones problemáticas que han sido detectadas como problemáticas en el trabajo del alumno con el sistema: repetición por parte del alumno de situaciones conocidas, situaciones de impás en el aprendizaje, ...

La heterogeneidad de los grupos así como las características individuales de los diferentes alumnos hacen que los materiales guías se deban flexibilizar: variando alguna explicación, proponiendo ejercicios complementarios o cualquier otra variación que permita adaptarse a la realidad de nuestro alumnado. Por ello, en el panel de control de PDinamet se proporciona una herramienta que permita al profesor contextualizar algunas de los recursos de PDinamet o introducir otros nuevos, de forma que puedan ser considerados como recursos propios por el sistema, disponibles en cualquier situación que sean demandados.

Para definir un recurso el profesor selecciona el objetivo de referencia y mediante un formulario define las características del recurso, para poder ser identificado correctamente y utilizado de forma adecuada

3.3.- Minería de Datos

Para ayudar al tutor en la búsqueda de información acerca de cómo le ha ido al alumno, se ha desarrollado una herramienta de análisis general de las interacciones del grupo. Mediante esta herramienta el profesor puede analizar, utilizando algoritmos de aprendizaje automático, qué tipo de perfiles se han dado en el curso. Así puede elegir qué datos analizar (datos de interacción, de puntuaciones de ejercicios o bien datos obtenidos en el pretest). Una vez elegidos los datos que se van a utilizar en el análisis, el sistema agrupa a los alumnos similares mediante técnicas de aprendizaje no supervisado. La información se presenta al profesor de manera gráfica para que pueda analizar lo que ha pasado en el grupo y aplicar las medidas que considere convenientes. A partir de este análisis, el profesor tiene la posibilidad de, pinchando en la barra del gráfico que le interese, conocer los alumnos que cumplen esas características, y, si lo estima conveniente, enviarles un mensaje o proponerles nuevos ejercicios.

4 Aplicación práctica de PDinamet en el aula

En la dirección <http://slea.ia.uned.es> se puede encontrar documentación relacionada con la aplicación de PDinamet en el aula. En concreto:

- Programación Didáctica
- Secuencia de Aprendizaje
- Descripción de Dinamet

A modo de ejemplificación, vamos a presentar a continuación un esquema de trabajo y de las actuaciones que el profesor y el alumnado pueden desarrollar; pero haciendo especial énfasis en el hecho de que son meras orientaciones. La concreción de las mismas estará en función de las características de los alumnos (conocimientos previos sobre el tema, experiencias en la navegación en Internet, utilización de otros tutores telemáticos, uso del modelo de aprendizaje propuesto en Dinamet,...) y, por que no, también de nuestras propias características como profesores.

Teniendo en cuenta lo que hemos comentado hasta este momento, el proceso que sugerimos para trabajar con Dinamet, sería el siguiente:

- El Profesor comenzará la clase comentando el tema a tratar, en nuestro caso Dinámica, al grupo-clase, dando una visión general del mismo y tratando de favorecer la creación de una primera estructura general del tema que facilite en el alumnado la creación de un primer esquema conceptual, sobre el cual se integren los diferentes aprendizajes. Para este primer momento, puede ser de gran utilidad el Mapa de la Web de Dinamet, haremos especial énfasis en las relaciones que allí se presentan así como en el orden en el que lo hacen. Podría ser interesante una primera lectura de la página que hemos llamado: ¿Qué es la Dinámica?. No aconsejamos en este primer momento, pulsar los diferentes enlaces que allí se presentan, y realizar una puesta en común de lo que hasta el momento hemos visto, incluso reelaborando un nuevo esquema o completando, el mapa conceptual presentado.
- Una de las principales dificultades de los alumnos al trabajar con Dinamet es su desconocimiento sobre el funcionamiento del programa. Es importante que el profesorado realice una presentación de los diferentes elementos que lo constituyen, que lo que pueden hacer en cada uno de ellos, qué aportan al aprendizaje y dónde se encuentran los elementos de ayuda, para que en el caso de tener alguna dificultad puedan tener un punto de referencia.
- Es importante que, al menos inicialmente, se le proporcione un esquema de trabajo, aclarando que a medida que el alumno progresa en el conocimiento del programa, podrá adoptar otros esquemas. Una primera propuesta podría ser:
 1. Lectura atenta y activa de la página de Teoría:
 2. Comprobación de lo aprendido: Se realizarían los ejercicios de autocomprobación

3. Afianzamiento de lo aprendido
 - Talleres: Sería importante señalar la posibilidad de utilizar los Problemas “Paso a Paso” que se pueden enlazar desde aquí
 - Laboratorios virtuales
 - Problemas tipo, que responden al modelo propuesto
 4. Ampliación.
 - Páginas que responden a preguntas que se formulan sobre el tema. Se puede acceder a ellas, desde el menú desplegable ORIENTACIONES en las páginas de Teoría, bajo el epígrafe “Páginas relacionadas”
 - Enlaces sugeridos: que pueden ayudar a la continuación en el proceso de aprendizaje
- El sistema proporciona al alumno avisos de que determinados datos o soluciones calculadas no son admisibles físicamente. Es este un buen motivo para aclarar determinadas situaciones, establecer temas de reflexión que pueden ayudar a enriquecer el proceso de estudio y a la interiorización de los contenidos.
 - Intentar que los alumnos trabajen en las diferentes páginas realizando las actividades como han sido diseñadas, en aras de obtener una mayor rentabilidad pedagógica. Por ejemplo, no será interesante que en Páginas como los Talleres o los ejercicios de plantilla, el alumno se limitara a comprobar como se obtienen los diferentes resultados para las distintas variables, pero sin que él intentará plantear y resolver el ejercicio propuesto.

Para terminar, y volviendo a incidir en lo que hemos comentado, el papel del profesor debe ser el de ayudar al alumno en su proceso de adquisición de los diferentes contenidos, estando lo más próximo posible y controlando las diferentes situaciones, para evitar momentos de impás o situaciones de desorientación en el aprendizaje.

1. Bibliografía

(Gaudioso, 2003). E. Gaudioso. *Contribuciones al Modelado del Usuario en Entornos Adaptativos de Aprendizaje y Colaboración a través de Internet mediante técnicas de Aprendizaje Automático*. Tesis doctoral, UNED, 2003. Disponible en: <http://www.ia.uned.es/~elena/egvtesis.pdf>

(Gaudioso y Montero, 2005). E. Gaudioso y M. Montero. *Sistemas de Enseñanza Adaptativos: Fundamentos y Aplicaciones para la Enseñanza de la Física*. Informe técnico Proyecto PDinamet. Disponible en: <http://siea.ia.uned.es>

(Marquès, 2001) P. Marquès. *Factores a considerar para una buena integración de las TIC en los centros*. Disponible en: <http://dewey.uab.es/pmarques/factores.htm>

(Montero y Gaudioso, 2005a). M. Montero y E. Gaudioso. *P-Dinamet: A Web-Based Adaptive Learning System to Assist Learners and Teachers*. Innovations in Knowledge-based virtual education. L.C.Jain and C. Ghaoui, editors. páginas 23-48. Springer Verlag. 2005

(Montero y Gaudioso, 2005b). M. Montero y E. Gaudioso. *PDinamet: Investigación en la asignatura de Física y Química*. Revista Educar en Castilla-La Mancha. Número 26, Enero, 2005. Disponible en: http://www.jccm.es/educacion/educar/num_26/18_19_pdinamet.htm

(Schank, 1995) R.C. Schank y C. Cleary. *Engines for education*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1995.