

**Trabajo Tutelado de Investigación  
Departamento de Ingeniería Informática  
Universidad Autónoma de Madrid  
Junio 2006**

# **Estudio de creación y uso de Hipermedia Educativa Adaptativa en la Educación Secundaria**

**Félix Muñoz Jiménez**

**Tutor: Álvaro Ortigosa**

## **Agradecimientos**

En primer lugar quiero expresar mi agradecimiento a mi tutor Álvaro, gracias por la confianza en este trabajo, el apoyo constante y la inestimable ayuda prestada.

Gracias también a Manuel Freire del Departamento de Ingeniería Informática por su eficaz ayuda y soporte técnico.

A todos mis alumnos del Colegio La Presentación de Nuestra Señora de Madrid, que con tanta paciencia colaboraron en los experimentos.

A los profesores del Colegio La Presentación de Nuestra Señora de Madrid, por su ayuda y colaboración.

A Maria José, mi mujer, por su apoyo y comprensión.

## Índice:

1. Introducción .....	4
2. Estado del Arte.....	7
2.1 Uso de sistemas adaptativos con estudiantes de secundaria.....	7
2.2 Creación de cursos adaptativos .....	8
3. Uso de HEA con alumnos de Educación Secundaria.....	11
3.1 Aspectos del curso a adaptar .....	11
3.2 Implementación de la adaptación.....	13
3.3 Experimentos .....	16
3.3.1 Experimento 1: Adaptación como recurso para la diversidad.....	16
3.3.2 Experimento 2: Adaptativo frente a No Adaptativo .....	17
3.3.3 Experimento 3: Estudiantes con conocimientos previos.....	19
3.3.4 Experimento 2 versus Experimento 3.....	20
4. Creación de HEA en Educación Secundaria .....	21
4.1 Tutorial adaptativo para el diseño de un curso de HEA.....	22
4.2 Experiencia con profesores-autores .....	27
5. Conclusiones .....	30
6. Referencias.....	32
ANEXO A.....	34
ANEXO B.....	38

## 1. Introducción

Las circunstancias sociales actuales y la prolongación de la escolaridad obligatoria, potencian en gran medida una población escolar heterogénea. Si queremos una enseñanza que promueva las oportunidades para todos, que no segregue y aparque a los alumnos en función de sus resultados académicos, pero que proporcione una satisfacción real a las necesidades educativas de todos los alumnos, hay que hacer de la atención a la diversidad una preocupación prioritaria.

Cuando hablamos de diversidad se parte de la idea de que las personas son diferentes y que por tanto la escuela debe ayudar a cada uno a desarrollar sus aptitudes. Todo centro docente tiene como tarea primordial proporcionar a cada alumno la respuesta que necesita en cada momento para desarrollar de forma óptima sus capacidades, sus posibilidades reales. Necesidad por tanto de que cualquier alumno se beneficie de los servicios educativos.

Para la atención a la diversidad se buscan muchos recursos que puedan ayudar a esta labor. Un método tradicional consiste en la clásica adaptación curricular, donde se adapta a cada alumno los objetivos y métodos de evaluación de la asignatura. El problema es que en la práctica a veces es muy complicado de llevar a cabo, y además, muchas veces es imposible tener una atención más personalizada. Una posible solución que proponemos en este trabajo es el uso de sistemas de hipermedia adaptativa.

Los sistemas de hipermedia adaptativa [BRU] se podrían definir como aquellos sistemas hipertexto e hipermedia que recogen características de usuario en un modelo y aplican este modelo para adaptar aspectos del sistema al usuario.

Esta claro que no todos aprendemos de la misma forma. Aparte de muchas características, los estudiantes pueden diferenciarse en sus conocimientos previos, su ambiente socio-cultural, sus intereses y objetivos, sus estilos de aprendizaje, etc. Por esta razón, el proceso de aprendizaje puede ser mejorado si a cada estudiante le damos los contenidos adaptados de la mejor manera posible a sus necesidades y preferencias.

En este sentido, la Hipermedia Educativa Adaptativa ha sido usada satisfactoriamente en diferentes contextos. Esto ha permitido el desarrollo de varios sistemas para la asistencia a la educación on-line (ejemplos de estos sistemas son, Interbook[BRU98], AHA! [BRA03], TANGOW [CAR99], WHURLE [MOO01] ). Muchos de estos sistemas adaptan su contenido educativo a diferentes dimensiones de cada estudiante, tales como: nivel de conocimiento, objetivos del usuario, tareas inmediatas, contexto educativo (si están en una escuela, universidad, o desde casa), y mas recientemente los estilos de aprendizaje en hipermedia adaptativa [PAR04][BAJ03].

Muchos investigadores en el campo educativo y cognitivo [J&K00][SHA00] han probado empíricamente la efectividad de los entornos hipermedia en el aprendizaje de los estudiantes. En muchas ocasiones, se ha observado la mejora que supone usar este tipo de entornos en el contexto de estudiantes adolescentes [GRE05], algunos investigadores y educadores han señalado a la hipermedia educativa adaptativa como una herramienta potente para ayudar a los estudiantes a entender conceptos complejos [JAC00].

En este trabajo mostramos cómo la Hipermedia Educativa Adaptativa [BRU03] puede ayudar a resolver problemas reales en educación secundaria como recurso para una enseñanza personalizada. En primer lugar presentaremos un curso adaptativo diseñado para dar atención a la diversidad en Matemáticas. Después se presentarán tres experimentos realizados con 88 estudiantes de edades comprendidas entre 12 y 15 años, los resultados de estos experimentos muestran que la HEA no es solo útil como recurso para la atención a la diversidad en escuelas secundarias con alumnado heterogéneo, también se observa que el uso de esta tecnología aumenta el rendimiento de los estudiantes. Cabe destacar que los resultados de estos experimentos dieron lugar a la publicación de un artículo [MUÑO6] (Anexo B).

Sin embargo aunque queda claro el potencial de la HEA como recurso educativo, no está siendo apenas usada en el campo de la educación secundaria. Una de las principales causas del poco uso de los sistemas de HEA se debe a la dificultad que implica el diseño de los propios cursos adaptativos. Como han puesto en evidencia algunos estudios [BRU03], los sistemas de HEA son complicados de diseñar, construir e implementar y requieren una gran preparación técnica para manejarlos. Además, aunque un sistema adaptativo esté preparado y listo para usarse, todavía queda una tarea compleja de diseño y creación de los cursos adaptativos [CRI04]. El diseñador del curso debe ser un experto en la materia a enseñar (suele ser un profesor de la misma), y normalmente este diseñador no es un programador experto. Sin embargo los sistemas generalmente requieren la descripción de las respuestas del sistema a las acciones y entradas del estudiante en un lenguaje específico. Con las tradicionales herramientas de autor donde la adaptabilidad se consigue a base de condiciones especificadas a base de código, el usuario que no sea informático se encontrará perdido o le costará mucho el aprendizaje. La situación empeora si la herramienta de autor no provee de patrones predefinidos para usar en el diseño del curso, con estrategias educativas adaptativas usadas más frecuentemente. Por todo esto, si queremos que la HEA se convierta en un recurso educativo real debemos conseguir una mayor usabilidad de las herramientas de autor. En un escenario ideal, el único requisito que se le debería de exigir que especificase al diseñador del curso adaptativo (aparte obviamente del propio material educativo) debería ser el perfil del estudiante que usará el curso y la adaptabilidad que desea dar a su curso. El cómo implementar las reglas que se ajusten a la

adaptabilidad que quiere conseguir debería ser una tarea a realizar por la propia herramienta de autor. Es necesario, por tanto, que las herramientas de autor ofrezcan una mayor y más avanzada ayuda para el diseño del curso, aliviando al autor de la responsabilidad de tener que especificar cada detalle de la implementación de la adaptación.

Sin embargo, al quitar del autor la responsabilidad de implementar las reglas de adaptación probablemente estamos impidiendo que pueda usar toda la potencia del sistema adaptativo. De echo si un autor tiene el conocimiento suficiente del sistema cómo para implementar las reglas de adaptación, es muy probable que prefiera usar directamente el formalismo o lenguaje específico del sistema para especificar dichas reglas.

En este sentido, parece difícil alcanzar una única solución capaz de satisfacer ambas necesidades. Considerando que la propia HEA intenta dar solución a esta clase de situaciones, parece lógico usar un curso hipermedia adaptativo como guía para cada autor en el diseño a través del proceso de creación de su propio curso adaptativo.

Con este objetivo, fue desarrollado un curso adaptativo para ayudar a profesores a diseñar sus propios cursos adaptativos. Este curso adaptativo para profesores (a partir de ahora llamado “tutorial adaptativo” para diferenciarlo de los cursos adaptativos desarrollados por los profesores) fue desarrollado con el sistema TANGOW [CAR99]. Con el tutorial adaptativo el profesor define las características del modelo de estudiante que deberían ser usadas para la adaptación, y acorde al criterio seleccionado por el profesor, el tutorial propone una potencial estructura para su curso adaptativo. Este tutorial fue probado con un grupo de profesores de secundaria, en este trabajo se explicará los resultados de esta experiencia. Dicha experiencia ha dado lugar a la publicación de un artículo [MUÑO6b] (Anexo B).

## **2. Estado del Arte**

Abordaremos el estado del arte desde dos puntos de vista diferentes: En primer lugar nos centraremos en el uso de los sistemas adaptativos con estudiantes de secundaria. Y en segundo lugar pondremos nuestra atención en qué se está investigando en el mundo de la Hipermedia Educativa Adaptativa para facilitar la creación de cursos adaptativos.

### **2.1 Uso de sistemas adaptativos con estudiantes de secundaria**

No es la primera vez que se muestran en un trabajo las ventajas del uso de sistemas adaptativos con estudiantes de secundaria. Concretamente y dentro del contexto de las Matemáticas, hay investigaciones del uso de estos sistemas que corroboran estos sistemas como beneficiosos para la enseñanza de esta materia. John Anderson [AND92] aporta varios años de experiencia usando tutoriales inteligentes con cursos de Matemáticas en escuelas públicas de Pittsburg. Expone que la contribución fundamental de los tutores inteligentes en este contexto es el incremento de tiempo de estudio que cada estudiante dedica a las Matemáticas, a la vez que un mejor aprovechamiento de dicho tiempo. Algo similar a lo que ocurre en nuestro caso, puesto que los beneficios observados en el uso de un sistema adaptativo se deben en gran medida a el estímulo y motivación extra que provoca en los estudiantes el uso de esta tecnología.

Anderson también señala la importancia de trabajar de la mano con los profesores a la hora de codificar su concepción del propio currículo de las Matemáticas. En este sentido, el curso de Matemáticas usado en este trabajo se diseñó por el propio profesor de Matemáticas.

En un artículo posterior [KOE97], Koedinger y Anderson describen como el proyecto evoluciona y exponen las ventajas de diseñar un nuevo currículo de Álgebra en escuelas de secundaria de Pittsburgh especialmente preparado para dar soporte tecnológico a su enseñanza. Por el contrario, veremos que en nuestro trabajo el objetivo se centra en intentar maximizar las oportunidades de cada alumno en el contexto actual y por tanto real, tanto de las aulas de secundaria como del currículo de la asignatura de Matemáticas. En dicho currículo aunque se contemple el uso de nuevas tecnologías, estas no se contemplan en la actualidad como un recurso a la diversidad.

Arroyo [ARR03] hace una aproximación similar a la que se hace en este trabajo, en el sentido que prueba un sistema adaptativo (Animal Watch) para la enseñanza de las Matemáticas con estudiantes de edades entre 9 y 12 años, donde el sistema pone la dificultad de los ejercicios a realizar de acuerdo al rendimiento que va obteniendo el alumno.

También existen muchos trabajos, que no están en el contexto específico de las Matemáticas, donde se ha probado empíricamente la efectividad en el proceso de aprendizaje de los entornos hipermedia. Desde un punto de vista más cognitivo, tenemos trabajos que presentan a la Hipermedia Educativa Adaptativa como un potente medio para mejorar el aprendizaje y entendimiento. Jacobson y Archodidou [JAC00] presentan a la hipermedia educativa cómo un buen recurso para el aprendizaje de conocimientos que impliquen la necesidad de entender conceptos complejos, cómo es el caso en general de materias científicas. Presentan los resultados del uso de su entorno (Knowledge Mediator Framework, KMF) por alumnos de secundaria aprendiendo la teoría de Darwin.

Desde otro punto de vista, Bajraktarevic, Hall y Fullick [BAJ03] hacen uso del modelo de Estilos de Aprendizaje propuesto por Felder y Silverman [FEL88] para adaptar los contenidos de un curso de geografía para alumnos de secundaria. La importancia de este trabajo, es que ellos también observan los beneficios de personalizar los contenidos a alumnos de secundaria.

## **2.2 Creación de cursos adaptativos**

El buscar soluciones para facilitar el diseño y creación de hipermedia adaptativa es una preocupación de toda la comunidad de la HEA [CRI04]. En general todos los sistemas adaptativos dan una gran flexibilidad y funcionalidad, el problema es que precisamente este aspecto provoca que el esfuerzo y el conocimiento del sistema que se le exige al autor para crear y diseñar un curso adaptativo sea considerable. La pregunta es que funcionalidad o que clase de componentes hay que dejar al autor para que no se le exija tantos requisitos sin perder esa flexibilidad de diseño. Una primera aproximación es la de buscar que pasos suele seguir un autor a la hora de diseñar o crear un curso, e intentar encapsular estos pasos para poder reproducirlos de nuevo más tarde de una forma automática. Surge de este modo la idea del uso de patrones.

Se ha puesto de manifiesto, la importancia que tiene para este objetivo la investigación sobre el uso de patrones a la hora de crear cursos adaptativos. Por este motivo, hay muchos trabajos que intentan diversas aproximaciones en este sentido. Uno de ellos es el que proponen Brown, Cristea, Stewart y Brailsford [BRO05]. En esta aproximación, los autores proponen el uso de patrones para la tarea de formular estrategias que implementen un determinado estilo de aprendizaje para ser usadas en un sistema adaptativo. Estos patrones serían útiles tanto para los autores como para la interacción entre distintos sistemas adaptativos, dentro del contexto de

estandarización para la HEA del proyecto EU ADAPT. Para esta propuesta de patrones se ofrece una implementación de una taxonomía que integre dichos patrones.

Otra aproximación relevante aparece en el trabajo de Alexandra Cristea y Paul Cristea [C&C04] donde evalúan el uso de patrones para la creación de hipermedia adaptativa. Muestran una experiencia en la que estudiantes de la Universidad de Bucarest se sometieron a un experimento donde actuarían de autores de material adaptativo. Proponen, para el uso de estos patrones, la herramienta de autor MOT [CRI03] [GAR04] basada en LAOS [C&M03]. Con este sistema, el diseñador del curso puede reutilizar estrategias previas insertándolas en su propia estrategia. Sin embargo, se requiere una preparación previa y un cierto conocimiento del lenguaje específico. Los autores llegan a la conclusión que independientemente del uso de patrones o no, para crear material adaptativo viable es siempre necesario un mínimo entrenamiento previo.

Existen algunos trabajos similares al nuestro en lo que también se propone el uso de plantillas o “templates”. Trnková y Theilmann [TRN04] describen un proceso de creación de cursos adaptativos basado en el concepto de estrategias avanzadas de aprendizaje. El entorno usado que implementa este concepto permite al autor crear cursos muy sofisticados basados en modernas teorías didácticas. El inconveniente es que requiere, por parte del autor, ser un experto y gran conocedor de las técnicas pedagógicas. Es en este punto donde se introduce la solución basada en templates. A los usuarios menos expertos se les propone el uso de estos templates como ayuda para la creación de su curso. A diferencia nuestra, esta aproximación sólo tiene en cuenta la experiencia pedagógica del autor, en nuestro trabajo tenemos en cuenta sobre todo la experiencia en el uso de la tecnología.

Siguiendo con el uso de patrones, pero desde un punto de vista diferente encontramos el trabajo de Passier y Jeuring [PAS05] donde ponen de manifiesto la necesidad de feedback para la creación de cursos en los sistemas adaptativos. Ellos definen una serie de patrones de feedback basados en ontologías para elementos educativos tales como tipos de preguntas, ejemplos, definiciones, etc. usando IMS LD como lenguaje de modelado.

Referente a la evaluación de herramientas de autor para mejorar su usabilidad, Dagger y Wade [DAG05] describen una evaluación de un entorno de desarrollo de eLearning personalizada (ACCT [DAG04]). En esta experiencia llegan a la conclusión que con este tipo de entorno es posible tanto para los diseñadores con conocimientos técnicos como para, y esto es lo más importante, los diseñadores sin conocimientos técnicos usar y reutilizar diferentes modelos de eLearning personalizados, para poder crear nuevos materiales. La evaluación prueba que los diseñadores sin conocimientos técnicos pueden entender cómo los diferentes modelos son usados para producir las nuevas experiencias adaptativas sin tener que entender la tecnología subyacente y la correspondiente representación en el lenguaje específico.

El uso de las capacidades de la adaptabilidad para ayuda a la creación de material adaptativo no es una idea nueva. Cristea y Stewart [C&S05] proponen como aproximación la generación semi-automática de AEH, basada en el modelo para creación de Hipermedia Adaptativa LAOS [C&M03]. Este modelo se basa en una serie de cinco capas donde se especifican en cada una de ellas un modelo, los cinco modelos hacen referencia a cinco aspectos diferentes del curso adaptativo: el modelo del dominio DM, el modelo de objetivos GM o modelo de lección LM, el modelo de usuario UM, el modelo de adaptación AM y por último el modelo de presentación. La idea es dar diferentes tipos de transformaciones automáticas entre las distintas capas, de forma que desde un subconjunto de especificaciones el sistema pueda crear todas las capas o al menos dar soporte al usuario para crearlas. Esta aproximación aporta importantes ventajas, una de ellas es el hecho de plantear la posible generación automática de material adaptativo, así como la posibilidad de definir un curso adaptativo independientemente de la plataforma que usemos para desarrollarlo. Sin embargo, si bien reduce considerablemente la carga de trabajo para el diseñador del curso, todavía requiere cierta experiencia por parte del autor en la creación de cursos adaptativos.

### **3. Uso de HEA con alumnos de Educación Secundaria**

Los sistemas hipermedia adaptativa se podrían definir como aquellos sistemas hipertexto e hipermedia que recogen características de usuario en un modelo y aplican este modelo para adaptar aspectos del sistema al usuario. El sistema que se usó es TANGOW, este sistema permite la creación de cursos con diferentes niveles de adaptabilidad. Con la intención de probar el efecto de la adaptación en el contexto de la educación secundaria se desarrollaron dos cursos, uno con reglas de adaptación y el otro sin dichas reglas, de forma que el segundo curso presentaba el mismo contenido a todos los alumnos mientras que el primer curso se adaptaba al nivel del alumno. El curso que se diseñó consistía en el aprendizaje de los números Enteros para alumnos de Primer Ciclo de Educación Secundaria Obligatoria (alumnos entre 12 y 15 años de edad).

#### **3.1 Aspectos del curso a adaptar**

Para decidir que aspectos del modelo de usuario debíamos adaptar primero teníamos que analizar el contexto donde el curso se utilizaría, que no es otro que el contexto actual de la enseñanza secundaria obligatoria. Hoy en día, en nuestras aulas de secundaria, tenemos un alumnado muy heterogéneo. Para quién no este familiarizado con el complejo sistema de promoción de curso, puede parecerle un auténtico jeroglífico la mezcla de edades y niveles con el que se puede encontrar en un aula. Vamos a intentar dar luz sobre este aspecto, para entender mejor el contexto con el que nos encontramos. Vamos a poner como ejemplo un aula de 2º Curso de ESO y la asignatura de Matemáticas, en primer lugar tendremos los alumnos que han ido pasando de curso con su edad y nivel, es decir sin las Matemáticas pendientes (edad:13 años nivel Matemáticas:2ºESO), en segundo lugar podemos tener alumnos que han ido pasando de curso con su edad pero no con su nivel, es decir con las Matemáticas pendientes (edad:13 años nivel Matemáticas:1ºESO o inferior), en tercer lugar podemos tener alumnos que están repitiendo el curso (edad:14 años nivel Matemáticas:2ºESO o inferior), en cuarto lugar podemos tener alumnos que repitiesen un curso anterior pero aquí pueden darse dos casos muy distintos: el alumno repitió el curso anterior y la segunda vez que lo cursa consigue superarlo, estamos en el caso más favorable (edad:14 años nivel Matemáticas:2ºESO), el otro caso es que el alumno que repitió el curso anterior, la segunda vez que lo cursa no consigue superarlo de nuevo, en este caso la ley sólo permite una única repetición de un curso concreto así que el alumno es promocionado de forma automática (edad:14 años nivel Matemáticas:1ºESO o inferior), en

último lugar, y relacionado con el caso anterior, podemos tener alumnos que estén repitiendo 2ºESO y además hubiesen promocionado en su día a 2º sin haber superado 1ºESO, (edad:15 años nivel Matemáticas:1ºESO o inferior). Después de todo esto, creo que la importancia de la atención a la diversidad es más que patente en la actual situación. Es más, se puede decir que urge dar soluciones realistas y prácticas para poder trabajar en este contexto.

Queda claro por tanto que vamos a tener en la misma aula alumnos de edades diferentes y de niveles curriculares diferentes. Por tanto nos va a importar mucho más que todos los estudiantes puedan avanzar en sus conocimientos que el que todos los estudiantes aprendan los mismos contenidos, ya que este último objetivo sería prácticamente imposible dado el diferente nivel de partida de cada alumno. En definitiva nuestro objetivo se centrará en que todos los alumnos progresen en sus conocimientos.

Con todo esto, lo que necesitamos por tanto de nuestro curso adaptativo, es que sea capaz de adaptarse al nivel del alumno y a su forma de progresar en el aprendizaje. Con estos objetivos, se diseñaron dos métodos de adaptación.

El primero consistía en adaptar la cantidad de contenidos a aprender por el alumno en función de su nivel inicial. A los alumnos con mayor nivel se les presentaría todos los contenidos, mientras que a los alumnos con niveles inferiores se les presentarían parte de los contenidos.

Dependiendo del nivel del alumno se propondrán ejercicios de diferente dificultad o con diferentes formatos. Dentro de esta adaptación planteamos una idea fundamental para nuestro propósito, la idea consiste en que al alumno que vaya realizando de forma correcta los ejercicios de su nivel se le propongan ejercicios de nivel superior, y alumnos que no puedan con los ejercicios del nivel se les propongan ejercicios del nivel inferior.

Pongamos ejemplos: un alumno de nivel bajo al principio del curso se le proponen tareas de nivel bajo, si el alumno va respondiendo correctamente el sistema le irá proponiendo tareas del nivel superior. Pueden ocurrir dos cosas: Si este alumno sigue respondiendo correctamente conseguirá acabar el curso en un nivel superior, si el alumno al subirle de nivel comienza a fallar en las tareas propuestas el sistema le volverá a proponer tareas de su nivel hasta que se le pueda de nuevo intentar subir de nivel.

¿Qué vamos a conseguir con esto?, lo que queremos conseguir es que el sistema intente que el alumno consiga superar el nivel, y aunque no lo consiga no importa, ya que el alumno podrá acabar el curso con una buena calificación puesto que los contenidos se estarán adecuando a su nivel. Es decir no vamos a tener a alumnos de nivel bajo con notas bajas y alumnos de nivel alto con notas altas como en un sistema tradicional de evaluación, ahora todos los alumnos acabarán el curso con una nota parecida, en cualquier caso todos obtendrán una calificación positiva.

### 3.2 Implementación de la adaptación

En TANGOW el diseño del curso se basa en tareas y subtareas. La activación de estas tareas y subtareas se implementan a base de reglas. Las reglas activarán unas tareas u otras en función de que se cumplan ciertas condiciones. (Fig. 1)

Las características más relevantes del modelo de usuario en este curso eran, por un lado el conocimiento nivel inicial del alumno (bajo, normal, alto), este nivel se le asigna al estudiante en función de los resultados de pruebas escritas previas y del conocimiento que tiene el profesor del alumno, y por otro lado la otra característica a tener en cuenta era la puntuación obtenida en la última tarea realizada, esta puntuación nos la da el propio sistema.

Para conseguir la primera adaptación, cantidad de contenidos según nivel, en la tarea principal: *curso\_enteros* (Fig. 1) ponemos dos reglas que nos definirán las tareas a realizar dependiendo del nivel del usuario. En concreto lo que hacemos es definir la cantidad de contenido a realizar según el nivel inicial:

Regla 1: Se activará para los alumnos con nivel Bajo.

Condiciones: *map.course.experience* == "novice"

Regla 2: Se activará para los alumnos con nivel Normal y Avanzado.

Condiciones: *map.course.experience* == "normal" || *map.course.experience* == "advanced"

Para conseguir la segunda adaptación, nivel en función del progreso, en cada tarea habrá subtareas con los contenidos del curso y los ejercicios a realizar. Es en estos donde se introducen reglas que nos activarán los ejercicios de un nivel u otro. Se irá comprobando el nivel de acierto en las tareas anteriores y como regla general si el alumno lleva un nivel de acierto por encima del 70% (*grade* > 0.7) se le propondrá ejercicios del nivel superior y si el nivel de acierto esta por debajo del 50% (*grade* < 0.5) se le propone ejercicios del nivel inferior. Si el alumno está realizando ejercicios de un nivel superior y su nivel de acierto está por debajo del 50% (*grade* < 0.5) se le proponen ejercicios correspondientes a su nivel. Si el nivel de acierto está entre el 50% y el 70% seguimos con el nivel de ejercicios actual.

## Ejemplo tarea resta (Fig 1.)

Regla 1: (Activará los ejercicios del nivel bajo)

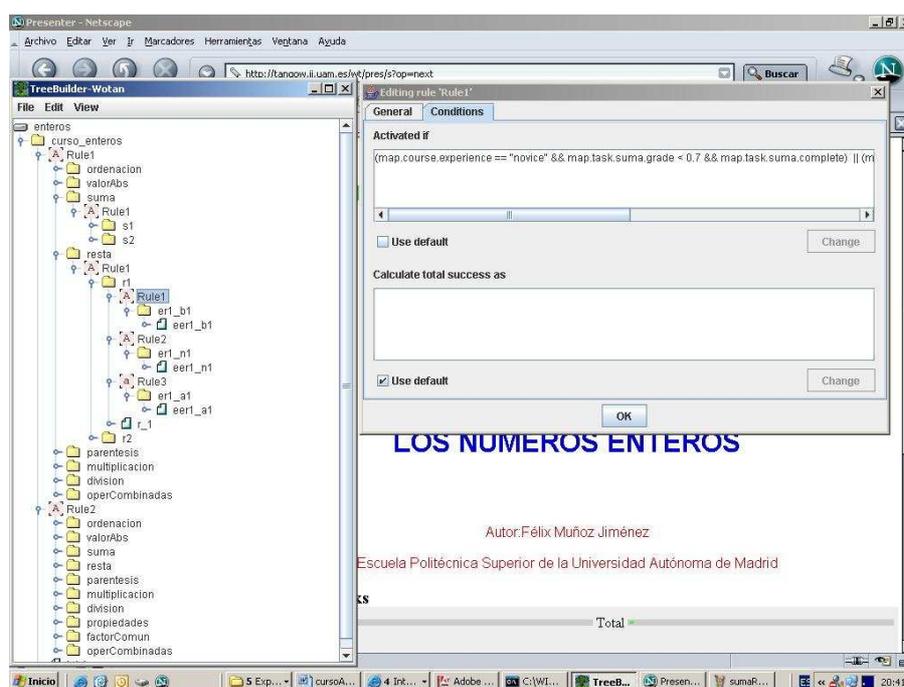
```
(map.course.experience == "novice" && map.task.suma.grade < 0.7) || (map.course.experience == "normal" && map.task.suma.grade < 0.5)
```

Regla 2: (Activará los ejercicios del nivel medio)

```
(map.course.experience == "novice" && map.task.suma.grade >= 0.7) || (map.course.experience == "normal" && map.task.suma.grade >= 0.5 && map.task.suma.grade < 0.7) || (map.course.experience == "advanced" && map.task.suma.grade < 0.5)
```

Regla 3: (Activará los ejercicios del nivel avanzado)

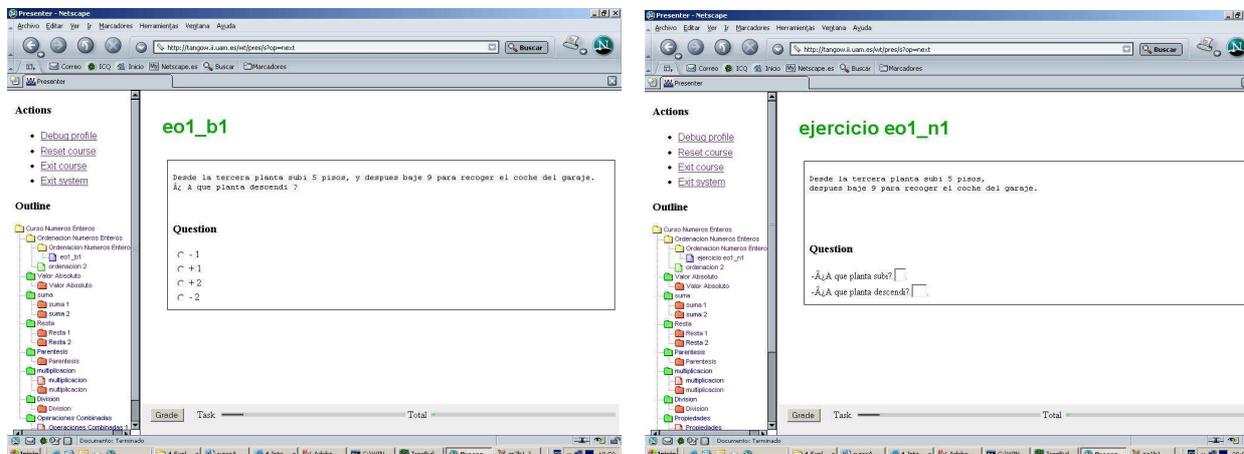
```
(map.course.experience == "normal" && map.task.suma.grade >= 0.7) || (map.course.experience == "advanced" && map.task.suma.grade >= 0.5)
```



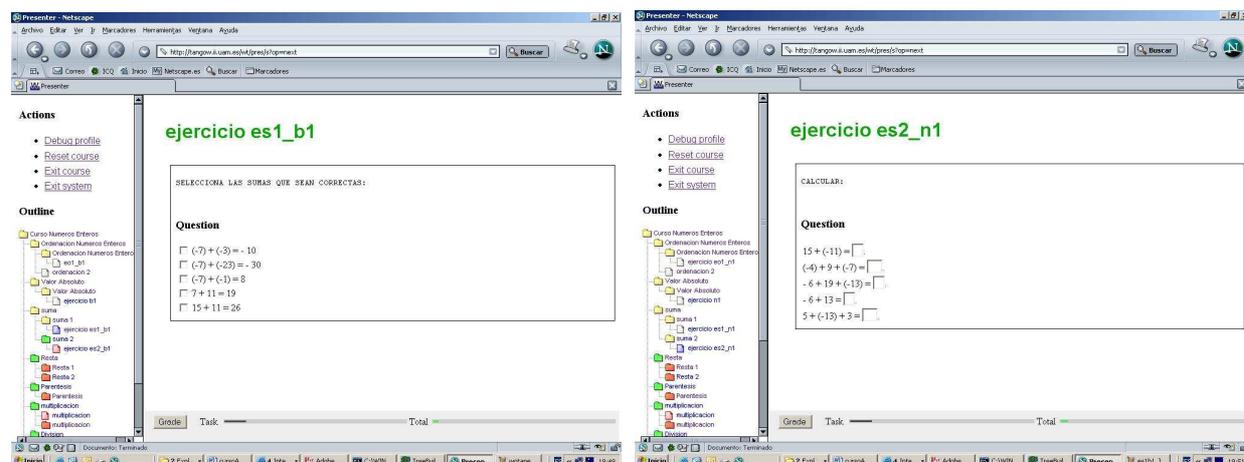
**Fig. 1.** Herramienta de edición de cursos Wotan. Se puede observar las condiciones de la Regla 1 para la subtarea r1 de la tarea resta. Esta Regla activa la subtarea correspondiente al ejercicio er1\_b1 de nivel bajo.

En cuanto a la adaptación de los ejercicios, como ya hemos hablado se prepararon ejercicios para los tres niveles bajo, normal y avanzado. En muchos casos en los ejercicios no se adaptaba sólo la dificultad intrínseca del ejercicio sino que se adaptaba la forma de plantearlo y cómo responderlo. Así los ejercicios correspondientes a nivel bajo solían ser cuestiones con respuestas

a elegir, de esta forma se ayudaba al alumno a dar una respuesta, mientras que los correspondientes a mayor nivel consistían simplemente en un campo de texto donde dar la solución correcta. (Fig. 2) y (Fig. 3)



**Fig. 2 :** El mismo ejercicio planteado de dos formas diferentes. En el nivel bajo (eo1\_b1 ) damos una serie de respuestas para que el alumno elija. En el nivel superior (eo1\_n1) la respuesta la debe dar el alumno.



**Fig. 3 :** Ejercicios de diferente nivel planteados de formas diferentes. En el nivel bajo (es1\_b1 ) damos una serie de respuestas para que el alumno elija las correctas. En el nivel superior (es2\_n1) la respuesta la debe dar el alumno.

### **3.3 Experimentos**

El sistema adaptativo fue probado por alumnos del primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria del “*Colegio La Presentación de Nuestra Señora de Madrid*”. Teóricamente la edad de los estudiantes debería ser de 12-13 años pero por lo explicado anteriormente nos encontramos en la práctica con edades de 12 a 15 años.

#### **3.3.1 Experimento 1: Adaptación como recurso para la diversidad**

Este primer experimento se diseñó para probar nuestra principal premisa, es decir, probar que la adaptación era realmente un recurso para la atención a la diversidad. En concreto, el objetivo era probar si el sistema era capaz de ayudar a cada estudiante a trabajar y progresar de acuerdo a su nivel. La experiencia se realizó con un pequeño grupo de 10 alumnos, porque más importante que extraer conclusiones estadísticas era el seguimiento personalizado por parte del profesor del desarrollo llevado por cada alumno.

Los resultados de este primer experimento fueron muy motivadores. Tal y como queríamos, todos los estudiantes consiguieron una nota final por encima del 50%. Los estudiantes con nivel inicial más bajo conseguían acceder al nivel medio en algunos puntos del curso, aunque algunas veces fueran devueltos al nivel inicial debido a la baja puntuación obtenida en el nivel medio. Por otro lado, los estudiantes con nivel inicial más alto, conseguían en general mantenerse en el nivel, mientras que los alumnos que inicialmente tenían un nivel medio conseguían en algún punto llegar al nivel más alto, aunque como en el anterior caso el sistema les devolviera al nivel inferior si los resultados no eran buenos.

Desde el punto de vista del profesor la experiencia fue muy positiva, el profesor pudo comprobar que el sistema motiva a cada alumno a intentar superarse, y la nota final está más acorde con el esfuerzo realizado en progresar que con la cantidad de contenidos.

Respecto a la motivación, es importante señalar que el sistema da un gran estímulo no sólo a los alumnos con niveles muy bajos de conocimiento, también a alumnos con serios problemas de atención y comportamiento en clase tradicional. Este tipo de alumnos, suele llevar un nivel bajo y muchas veces la falta de motivación provocada por los constantes malos resultados realimenta el mal comportamiento y la falta de interés. En este experimento se pudo observar como este tipo de alumnos no sólo conseguían progresar en su nivel de conocimientos, sino que se conseguía algo más importante, el que se mostraran colaboradores y motivados.

### 3.3.2 Experimento 2: Adaptativo frente a No Adaptativo

Para evaluar el uso de la tecnología basada en Hipermedia Adaptativa, diseñamos una evaluación empírica [CHI01] para probar si la adaptación propuesta hace que los estudiantes aprendan de un diferente modo. El experimento siguió el tradicional diseño entre-sujetos [GEN05], con un grupo experimental trabajando con el curso adaptativo y un grupo de control trabajando con una versión no-adaptativa del curso. Esta versión no adaptativa se desarrolló basada en el nivel medio de la versión adaptativa, de forma que en esta versión se han suprimido las reglas de cambio del nivel del contenido y ejercicios propuestos a los estudiantes. Es decir, en la versión no-adaptativa del curso a todos los alumnos se les propone el mismo nivel de contenidos y ejercicios a superar.

El experimento se realizó con 46 estudiantes pertenecientes al primer ciclo de Educación Secundaria, estos alumnos no tenían conocimientos previos sobre los contenidos que trabajarían en el curso. Los alumnos fueron asignados a los grupos experimental y de control de forma aleatoria, solo viendo que ambos grupos no presentan en principio ninguna diferencia importante en cuanto a conocimientos y resultados anteriores. Los estudiantes no fueron informados del objetivo del experimento, y tampoco si estaban usando el curso adaptativo o no.

Cuando los alumnos acabaron el curso, tanto el adaptativo como el no-adaptativo, se les paso una prueba escrita (Anexo A), la misma para los dos grupos. La nota que consiguieron en este examen (nota de control) fue comparada con la media de cada estudiante que hasta entonces llevaba en el curso de Matemáticas (Nota de Referencia).

En a tabla 1 se puede ver un resumen de los resultados (las notas están en una escala de 0-10, siendo 5 el mínimo para superar el examen)(Datos experimentales completos en el Anexo A). La diferencia media se refiere a la media de las diferencias entre la nota de control y referencia. La desviación estándar es la desviación de estas diferencias.

Tabla 1. Resultados del experimento 2

	No-adaptativo	Adaptativo
Total de estudiantes	23	23
Nota media de Referencia	5.79	5.77
Nota media de Control	6.13	7.4
Media de la diferencia	0.33	1.63
Desviación Estándar	1.73	0.98

Como puede verse, los estudiantes que usaron el curso adaptativo consiguieron mejorar su media en 1,63 puntos (mejora del 28%), mientras que los estudiantes que usaron el curso no-adaptativo consiguieron mejorar su media en 0,33 puntos (mejora del 5%).

Se puede observar que ambos grupos mejoran sus notas. Es más, el número de alumnos que tenían una nota por debajo del mínimo (5) se redujo de 8 a 2 en el grupo experimental (supone una reducción del 75%) y de 8 a 6 en el grupo de control (reducción del 25%). Esta mejora en el rendimiento de ambos grupos se puede atribuir al uso de la tecnología en la clase. Generalmente los alumnos ante la novedad de aprender a través del ordenador ponen más interés que si seguimos el sistema tradicional. Esto no quiere decir que si sólo utilizásemos el ordenador para enseñar los alumnos aprenderían más, ya que lo que ocurriría es que al final se cansarían y tampoco obtendríamos los resultados deseados. Lo ideal es compaginar el uso de la tecnología con el sistema tradicional de forma que el uso del ordenador sea una ayuda a lo que se aprende en el aula, en el Experimento 3 se hace una prueba experimental de lo que aquí estamos hablando.

Hay un último resultado a analizar derivado del experimento 2: las notas obtenidas por los alumnos en el sistema. En este caso, no se pueden comparar las notas entre los dos grupos debido a que los ejercicios y contenidos presentados a los estudiantes del grupo experimental estaban adaptados a su nivel, mientras que los presentados a los estudiantes del grupo control no y por tanto podían ser diferentes. Sin embargo, si se puede observar que el número de estudiantes con nota por debajo de 5 es un 50% mayor en el grupo de control, y la desviación estándar de las notas es también algo mayor (30% frente a 22%) en el grupo de control. Estos resultados son consecuentes con los objetivos de nuestro curso adaptativo de tener menor variabilidad en las notas del estudiante frente a diferentes niveles de conocimiento.

### 3.3.3 Experimento 3: Estudiantes con conocimientos previos

En este tercer experimento se trataba de probar si el curso adaptativo tendría los mismos efectos con alumnos que ya habían sido instruidos previamente en la parte de conocimiento sobre la que versaba el curso, es decir, cuando usamos el curso adaptativo como complemento a la clase tradicional.

En este caso se realizó la experiencia con 22 estudiantes del primer ciclo de Educación Secundaria (con edades entre 13 y 15 años). La evaluación experimental se diseñó de la misma forma que en el experimento 2. Los cursos, tanto el adaptativo como el no-adaptativo, fueron los mismos que en el experimento 2, pero en este caso el objetivo era el reforzamiento de los conocimientos ya adquiridos. La nota de referencia que se usó fue la nota obtenida por los alumnos en un examen previo (Anexo A) sobre esa misma parte de contenidos (Los números Enteros). Una consideración a tener en cuenta es que estos estudiantes tenían que revisar los contenidos considerados debido a las bajas notas obtenidas en el examen. Por otro lado, el examen de control que se realizó posteriormente fue considerablemente más difícil que el usado con los estudiantes del experimento 2 (Anexo A).

Tabla 2. Resultados del experimento 3

	No-adaptativo	Adaptativo
Total de estudiantes	10	12
Nota media de Referencia	2.45	2.69
Nota media de Control	3.92	5.08
Media de la diferencia	1.47	2,39
Desviación Estándar	2.41	1.49

En esta evaluación las diferencias observadas entre el grupo de control y experimental no son muy estadísticamente significativas. Esto es debido sobre todo al pequeño tamaño de la muestra, así como a la alta varianza de las medias, en especial en el grupo de control. Aunque, si parece observarse que la tendencia observada en el experimento 2 se puede aplicar en el caso de este tipo de estudiantes (estudiantes con conocimientos previos), los estudiantes del grupo experimental consiguen mejorar sus notas en un 89%, mientras que los estudiantes del grupo de control lo hacen en un 60%.

### 3.3.4 Experimento 2 versus Experimento 3

Cuando comparamos los resultados del experimento 2 con los del experimento 3, las ventajas de usar el sistema con estudiantes con conocimientos previos parece clara. La Tabla 3 muestra los resultados cuando comparamos a los estudiantes que usaron el curso para aprender los contenidos por primera vez (Experimento 2) con los estudiantes que usaron el curso para reforzar estos contenidos (Experimento 3), mientras que la Tabla 4 compara igualmente los resultados de ambos experimentos pero consideramos sólo a los alumnos que usaron la versión adaptativa del curso.

Tabla 3. Comparación de los experimentos 2 y 3

	Primera vez	Refuerzo
Total de estudiantes	44	22
Nota media de Referencia	5.78	2.58
Nota media de Control	6.76	4.55
Media de la diferencia	0.98	1.97
Desviación Estándar	1.54	1.97

Tabla 4. Comparación de los grupos experimentales

	Primera Vez	Refuerzo
Total de estudiantes	23	12
Nota media de Referencia	5.77	2.69
Nota media de Control	7.4	5.08
Media de la diferencia	1.63	2.39
Desviación Estándar	0.98	1.49

En este análisis los resultados muestran una mayor mejoría, en el rendimiento para los estudiantes con conocimientos previos de los contenidos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los resultados pueden estar afectados por el hecho de que los estudiantes que participaban en el tercer experimento tenían una nota inicial (nota de Referencia) mucho menor que los estudiantes del experimento 2. Aunque, por otro lado, el examen de control fue más difícil para este grupo (Anexo A), y uno puede esperar que si estos estudiantes hubiesen realizado el mismo examen de control que los estudiantes del experimento 2 obtendrían mucho mejores resultados.

## 4. Creación de HEA en Educación Secundaria

Ha quedado claro que la HEA en la educación secundaria es un gran recurso educativo. Pero, para que se convierta en un recurso real, necesitamos que los profesores puedan crear sus propios materiales adaptativos. Es aquí donde surge el gran problema, cuando intentamos enseñar a los profesores en el uso de sistemas adaptativos, estos no son capaces de desarrollar sus propios cursos, o el aprendizaje es demasiado costoso.

El sistema TANGOW, usado en los experimentos con los estudiantes, ofrece un flexible soporte para la creación de cursos con diferentes aspectos adaptativos. El modelo de TANGOW basado en reglas y tareas, da una gran flexibilidad y poder de expresión para definir los diferentes aspectos adaptativos y sus condiciones [CAR03]. Sin embargo, tal nivel de flexibilidad hace que la descripción del curso tenga un alto grado de complejidad.

El problema de la complejidad asociada a la creación de un curso en TANGOW, ha sido tratado en otros trabajos previos. Se desarrollaron herramientas avanzadas, basadas en nuevas técnicas, para dar solución al problema [FRE04], estas se probaron por diseñadores de cursos con éxito [FRE05]. Sin embargo, cuando estas herramientas se probaron con profesores de secundaria, no consiguieron dar el suficiente soporte para la creación del curso.

Los profesores de secundaria participaban en un curso de formación del profesorado (“Creación de Recursos Multimedia”. Seminario 28700121 0049 2006.CAP de Ciudad Lineal). En este curso, los profesores ya habían aprendido a diseñar material educativo accesible desde Internet, material no-adaptativo. Los profesores no tenían conocimientos de programación, y por tanto, se esperaba que tuvieran dificultad a la hora de crear las reglas para conseguir la adaptabilidad deseada. A los profesores se les introdujo en los conceptos relacionados con la HEA, su aplicación en educación, así como los conceptos necesarios para la creación de un curso adaptativo en TANGOW. Se les enseñó algunos ejemplos de cursos implementados en TANGOW. Después de todo esto, se les pidió que diseñaran un curso adaptativo, siguiendo los siguientes pasos:

- Primero, ellos tenían que especificar que aspectos de su curso querían adaptar.
- Segundo, tenían que especificar las características del modelo de estudiante que deberían tomarse en cuenta para el proceso de adaptación.
- Tercero, se les pidió que diseñasen una estructura de tareas y subtareas, usando papel y lápiz, acorde a lo especificado en los pasos primero y segundo.

Todos los profesores realizaron sin problemas los pasos primero y segundo, sin embargo, muy pocos profesores consiguieron diseñar una estructura de reglas y tareas válida. La mayoría de ellos no supo como diseñarla, o la diseñaron incorrectamente. (Anexo A)

Un segundo problema surgió cuando ninguno de los profesores que habían conseguido diseñar una estructura válida fue capaz de implementarla con la herramienta de autor. Así que, aunque nosotros tengamos la certeza de que la herramienta de autor sea tan intuitiva como el modelo de tareas y reglas permita, queda claro, al menos en este contexto específico, que es necesario que las herramientas permitan ocultar la complejidad del modelo de adaptación a los profesores.

#### **4.1 Tutorial adaptativo para el diseño de un curso de HEA**

La idea es que no sólo los estudiantes pueden beneficiarse de un curso adaptativo, también los profesores. Esto es, un sistema de hipermedia adaptativa puede ser usado para enseñar a los profesores cómo diseñar y crear su propio curso adaptativo. Este tutorial adaptativo se adaptaría a la experiencia como diseñador del profesor, así como a los aspectos del modelo de estudiante que el profesor quiere dotar de adaptabilidad. En este sentido, cada profesor accedería a una guía personalizada para la implementación del curso que quiere crear.

Esta idea fue extendida a la hora de diseñar el tutorial adaptativo en el sentido de que no sólo enseñaría al profesor cómo crear el curso, también le proveería de un esqueleto para dicho curso. Es decir, el tutorial adaptativo es capaz de proponer una estructura de reglas y tareas que implementarían la adaptación definida por el profesor. En este sentido, el tutorial se basa en estructuras predefinidas, las cuales encapsulan las distintas reglas y tareas necesarias para lograr la adaptabilidad. El tutorial propone al profesor la estructura que debe elegir acorde al modelo de estudiante especificado, y acorde a las características del curso que quiere adaptar.

Para permitir al tutorial adaptarse a las necesidades de cada profesor y curso, el primer paso es preguntar al profesor por su experiencia previa como autor de cursos adaptativos y por las dimensiones que formaran el modelo de estudiante. Para conseguir este objetivo, es necesario tener un conjunto fijo de dimensiones que puedan ser usadas como criterio de adaptación. Aunque, es necesario aclarar que la estructura propuesta por el sistema podrá ser modificada por el profesor con la herramienta de autor sin ninguna restricción. Es decir, si el profesor necesita cambiar cualquiera de las dimensiones tiene total libertad para modificar a su antojo la estructura original.

Las dimensiones que se definieron se pueden ver en la tabla 5.

Tabla 5

Dimensión	Valores Posibles
Conocimiento previo del profesor	Novato, Medio, Avanzado
Niveles de conocimiento del Estudiante	Uno, Dos, Tres Niveles
Idiomas del Estudiante	Un Idioma, Dos Idiomas
Estilos de aprendizaje	Ninguno, Uno, Dos, Tres, Cuatro
Estrategia pedagógica	Teoría antes de ejemplos, Ejemplos antes de teoría.
Modo del curso	Curso, Consulta
Ejercicios	Sí, No

Algunas de estas dimensiones son genéricas, en el sentido de, por ejemplo, el tutorial no da un estilo de aprendizaje en concreto o tampoco limitará el curso resultante a dos idiomas específicos.

- Conocimiento previo del profesor: se refiere a la experiencia como autor del profesor y define el nivel de asistencia que dará el tutorial.
- Niveles de conocimiento del Estudiante: con esta dimensión el profesor define si el nivel de conocimiento del estudiante será considerado en la adaptación, el profesor puede definir uno (sin adaptación), dos o tres niveles diferentes para los estudiantes.
- Idiomas del Estudiante: el curso puede estar adaptado al idioma del estudiante, en el caso de estudiantes con diferentes idiomas.
- Estilos de aprendizaje: Hay muchos modelos para los estilos de aprendizaje [COF04], pero ni TANGOW ni el tutorial fuerza a usar ningún modelo específico. El profesor puede, por ejemplo, señalar que el curso será adaptado a dos estilos de aprendizaje; entonces, durante la instanciación del curso, puede especificar que los dos estilos son el “visual-verbal” y el “global-secuencial” [FEL88], o cualquier otros estilos dados de otro modelo.
- Estrategia pedagógica: el sistema permite al profesor elegir entre dos de las más comunes estrategias usadas en los cursos de TANGOW.
- Modo del curso: El profesor puede no querer permitir a los estudiantes acceder a todo el contenido del curso desde el primer momento, sino que se acceda a través de ella de una forma guiada acorde a una estructura fija (“modo curso”). Por el contrario, el profesor puede preferir

dar la opción al estudiante de consultar toda la información disponible en el curso en cualquier momento (“modo consulta”).

La Figura 4.a muestra la página inicial del tutorial, en ella el profesor define las características del curso que quiere diseñar, es decir el profesor deberá especificar las dimensiones que anteriormente se definieron. Acorde a las decisiones dadas por el profesor, el tutorial le propondrá, de las que tiene previamente definidas, la estructura que mejor se ajuste al curso que quiere crear y le dará instrucciones de cómo “instanciar” el curso con dicha estructura Figura 4.b y 4.c.



The image shows a web browser window with the URL `http://tangow.ii.uam.es/felix/pres/s?op=init&course=tutorial`. The page title is "Course profile" in green. Below the title, there is a form with several dropdown menus and a "Confirm" button. The form fields are:

Field Name	Value
Idioma del asistente (null)	Espanol
Perfil Autor - Experiencia previa del autor (null)	Novato
Perfil alumno - Nivel de los Alumnos (null)	Tres Niveles
Perfil alumno - Idiomas de los alumnos (null)	2 Idiomas
Perfil alumno - Estilos de aprendizaje de los alumnos (null)	4 Estilos
Perfil curso - Modos Consulta y Curso (null)	Modo Curso y Consulta
Perfil curso - Curso con Ejercicios (null)	Si
Estrategia Pedagogica (null)	Teoria antes de Ejemplos

At the bottom of the form is a "Confirm" button.

**Fig. 4.a.** Página inicial del tutorial adaptativo.

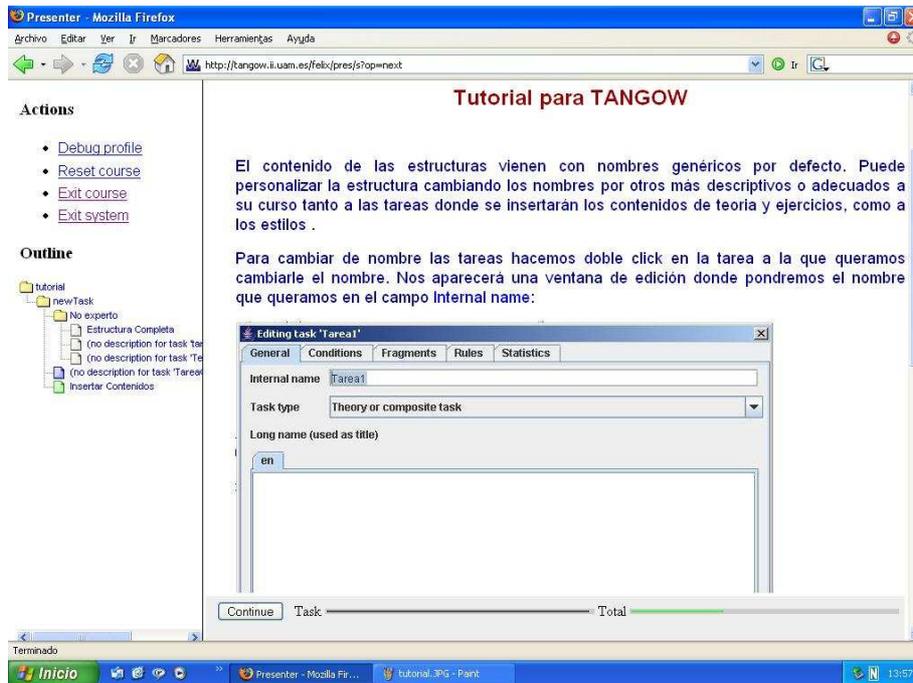


Fig. 4.b. Instrucciones del tutorial adaptativo para completar el curso. Cambiar nombres de tareas.

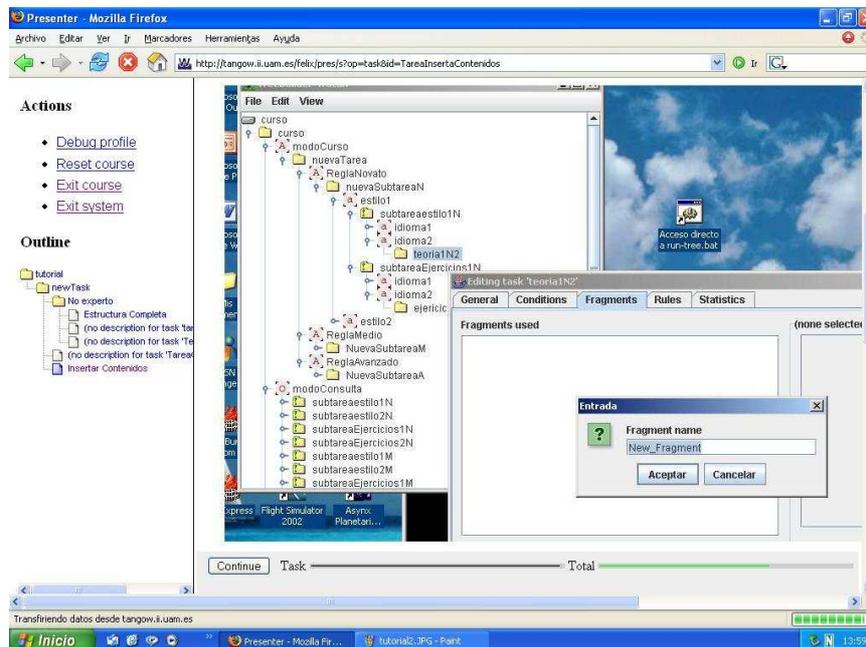
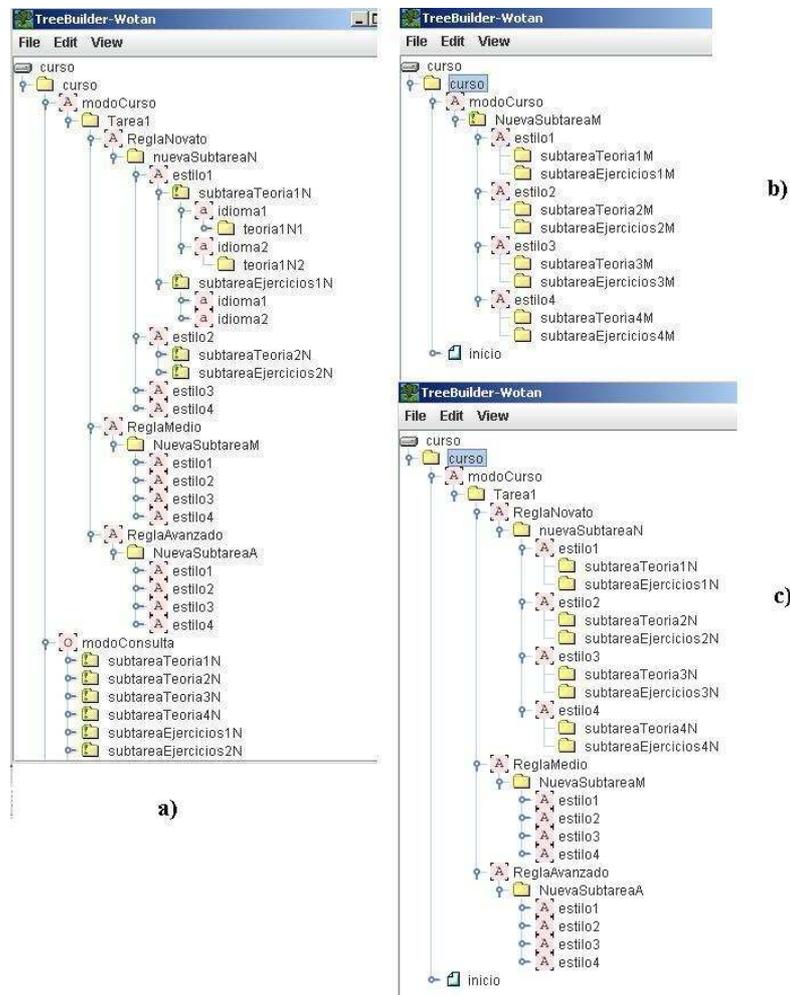


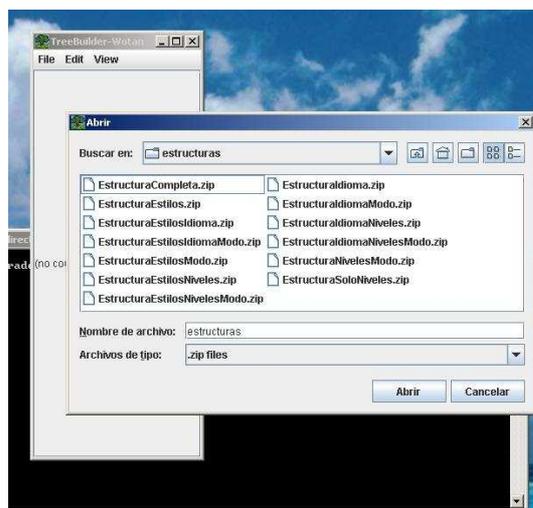
Fig. 4.c. Instrucciones del tutorial adaptativo para completar el curso. Añadir fragmentos.

Dependiendo del perfil del estudiante y por tanto de las dimensiones especificadas por el profesor, podemos llegar a tener una estructura donde se adapte todos los aspectos del curso (Fig. 5.a), una estructura con un único aspecto adaptado (Fig. 5.b), o una estructura donde se adapte alguna combinación de dichos aspectos (Fig. 5.c).



**Fig. 5.** a) Estructura Completa; b) Adaptación con estilos de aprendizaje; c) Adaptación con niveles de conocimiento y estilos de aprendizaje.

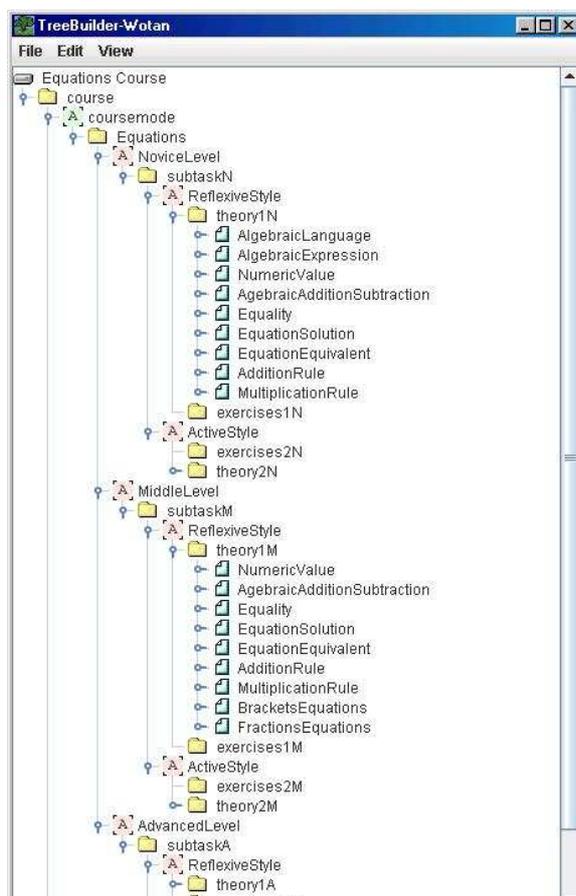
Una vez sugerida la estructura por el tutorial, el profesor carga dicha estructura en la herramienta de autor (Fig. 6). Después, guiado por el tutorial, el profesor deberá instanciar el curso completando el contenido de las tareas con el material educativo.



**Fig. 6.** Una vez propuesta la estructura por el asistente, el profesor sólo tiene que cargar dicha Estructura en la herramienta de edición.

## 4.2 Experiencia con profesores-autores

Se repitió la experiencia con los profesores de secundaria, pero esta vez usando el tutorial adaptativo. La experiencia fue realmente positiva, todos los profesores pudieron diseñar un curso adaptativo, y todos encontraron que la estructura sugerida por el tutorial satisfacía las necesidades de adaptabilidad del curso que querían hacer. Mientras que en la primera experiencia muchas horas de trabajo no producían cursos usables, usando el tutorial adaptativo algunos profesores conseguían llegar a una primera versión de su curso adaptativo. La Figura 7 muestra uno de los cursos, en su primera versión, diseñado a través del tutorial.

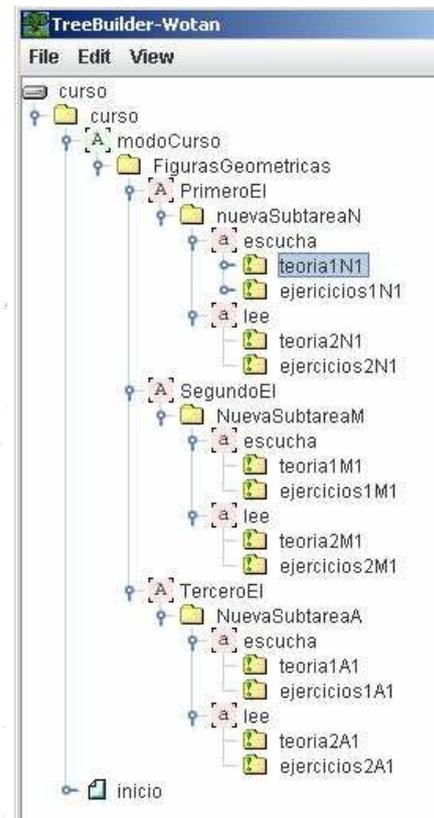


**Fig. 7.** Ejemplo de un curso de Ecuaciones diseñado con el tutorial adaptativo.

En la primera experiencia, los profesores habían especificado por escrito las características y aspectos que querían adaptar en su curso a diseñar. Sin el tutorial, los profesores no supieron diseñar un curso que tuviese dichas características, debido por un lado a la falta de experiencia en el uso de la herramienta de diseño y por otro lado a que eran usuarios en general no expertos en el uso de tecnología informática. Gracias al tutorial los profesores se “ahorran” el entrenamiento necesario para el manejo de la herramienta de diseño, debido a que tienen un curso ya prediseñado que se corresponde con lo especificado. Además, en el caso de usuarios inexpertos, hay un factor psicológico importante, puesto que no es lo mismo empezar el diseño desde cero que empezar desde una estructura ya preparada. En el segundo caso, este tipo de usuarios se siente menos inseguro. En la Figura 8 muestra las especificaciones dadas por un profesor en su diseño “a papel” y el curso que diseña a través del tutorial.

Paso 2: Especificar que características del alumno se deberían tener en cuenta en la adaptación de su curso:

Edad	→ Si sabe leer
	→ Si sabe escribir
Nivel	→ 3 años => Circulo, Cuadrado triangulo
	→ 4 años => Rectangulo y Rombo
	→ 5 años => ...+ Óvalo



**Fig. 8.** Características especificadas por el profesor en su diseño a papel y curso diseñado con el tutorial adaptativo.

Se observó que algunos profesores pudieron incluso modificar parte de la estructura sugerida e incluso modificar alguna regla. Este hecho nos lleva a dos conclusiones: a) el tutorial permite a los profesores comprender mejor el proceso de creación de un curso adaptativo que únicamente con ejemplos (primera experiencia). El análisis de la estructura sugerida por el tutorial acorde a las necesidades de adaptabilidad dan un mayor entendimiento de cómo diseñar un curso adaptativo; b) el conjunto de dimensiones propuesto por el tutorial para especificar la adaptación fue suficiente en este caso para diseñar los cursos, pero podría no ser así. Sin embargo, no hay ningún problema si así ocurriera puesto que los profesores pueden utilizar la herramienta de autor para completar la estructura a sus necesidades. Se abre en este punto una interesante línea de investigación, la de estudiar que dimensiones se podrían añadir para abarcar más posibilidades de adaptabilidad.

## 5. Conclusiones

El objetivo de este trabajo era plantear la Hipermedia Educativa Adaptativa como un recurso real en el contexto de la educación secundaria. Para llegar a este objetivo, enfocamos el trabajo desde dos puntos de vista. El primero era comprobar que la HEA era realmente efectiva para tratar la diversidad con alumnos de secundaria, el segundo fue estudiar propuestas para dar asistencia a los profesores a la hora de crear cursos adaptativos.

Se diseñaron tres experimentos con el objetivo de evaluar el impacto del uso de la HEA en alumnos de secundaria con un curso adaptativo de Matemáticas.

Analizando los resultados, queda claro que la HEA mejora el aprendizaje de los alumnos al tener en cuenta las características individuales de cada alumno, algo que cada vez será más necesario en el contexto actual de la educación secundaria.

Otra conclusión importante es que el aprendizaje a través de la tecnología, y en particular la tecnología HEA, produce sus mejores resultados al ser combinada con la clase tradicional. Los estudiantes que usaron el sistema para reforzar conocimientos mejoraron más que los alumnos que usaron el sistema para aprender contenidos nuevos.

En el modelo de usuario se tuvieron en cuenta para la adaptación el nivel de conocimientos y el progreso del estudiante. Estamos seguros que se obtendrían más beneficios si se tienen en cuenta más aspectos como el estilo de aprendizaje o el entorno sociocultural, por ejemplo. En este sentido es necesario hacer experimentos en el futuro.

También es muy posible que se obtengan mejor rendimiento se damos cierta motivación al alumno indicando en que nivel se encuentra en cada momento, de forma que se ponga como meta la propia superación. En este sentido se podrían hacer más experimentos y ver para que tipo de alumnos puede funcionar esta estrategia y para que alumnos se debe descartar.

Si queremos que la HEA se use de forma habitual en la educación secundaria queda mucho trabajo por hacer, especialmente en investigar técnicas que hagan más sencillo la creación de cursos adaptativos al profesorado de secundaria, compuesto en su mayoría por personal no experto en el uso de tecnología.

En este trabajo mostramos cómo la tecnología HEA puede también usarse como ayuda a los profesores para el diseño y creación de cursos educativos. Hemos enseñado cómo un tutorial adaptativo que, basándose en estructuras predefinidas, permite a los usuarios sin experiencia en la tecnología adaptativa y sin conocimientos sobre programación diseñar e implementar cursos adaptativos con avanzadas características adaptativas.

El tutorial utiliza un conjunto cerrado de dimensiones adaptativas, hemos visto que con este conjunto se pueden diseñar una gran variedad de cursos adaptativos. A la vez, el sistema da soporte para que el profesor pueda cambiar la estructura sugerida y por tanto puede añadir o quitar dimensiones con la herramienta de autor.

Se abre, en este sentido, una interesante línea de investigación. La de comprobar qué dimensiones pueden ser añadidas o eliminadas de este conjunto, y cómo afectaría en los cursos posibles a desarrollar.

El tutorial trabaja con estructuras predefinidas, esto limita como hemos comentado el conjunto y el número de dimensiones adaptativas. Cabe por tanto plantearse la posibilidad de que estas estructuras sean creadas dinámicamente en función de lo especificado por el profesor en el caso de que no existieran. Estas nuevas estructuras creadas entrarían a formar parte del conjunto de estructuras predefinidas y por tanto se podrían reutilizar.

## 6. Referencias

- [AND92] J.R. Anderson. "Intelligent Tutoring and High School Mathematics". Proceedings of the Second International Conference on Intelligent Tutoring Systems. Montreal. 1992.
- [ARR03] Arroyo, I., et al. Learning within the ZPD with the AnimalWatch intelligent tutoring system. in *American Education Research Association Annual Meeting Symposia 2003*. 2003. Chicago, USA. Proceedings of the 5th WSEAS Int. Conf. on MULTIMEDIA, INTERNET AND VIDEO TECHNOLOGIES, Corfu, Greece, August 17-19, 2005 (pp35-39)
- [BAJ03] N. Bajraktarevic, W. Hall, P. Fullick. "Incorporating learning styles in hypermedia environment: Empirical evaluation". Proceedings of AH2003, at 12th World Wide Web Conference, Budapest, Hungary, 41-52. 2003.
- [BRA03]. P. De Bra, A. Aerts, B. Berden, B. De Lange, B. Rousseau T. Santic D., Smits & N. Stash. "AHA! The Adaptive Hypermedia Architecture". *Proc. of the fourteenth ACM conference on Hypertext and Hypermedia*, Nottingham, UK, 81-84, 2003.
- [BRO05] Brown, E., Cristea, A., Stewart, C. & Brailsford, T., *Patterns in Authoring of Adaptive Educational Hypermedia: A Taxonomy of Learning Styles*, Journal of Education Technology & Society, Special Issue on Authoring of Adaptive Hypermedia, Ed. A. Cristea, July 2005, 8.
- [BRU] P. Brusilovsky, A. Kobsa and J. Vassileva. "Adaptive Hypertext and Hypermedia". Kluwer Academic Publishers.
- [BRU98]. P. Brusilovsky, J. Eklund & E. Schwarz. "Web-based education for all: A tool for developing adaptive courseware". Computer Networks and ISDN Systems, In *Proc. of 7th Intl World Wide Web Conference*, 30 (1-7), 291-300, 14-18 April 1998.
- [BRU03] Brusilovsky, P. "Developing adaptive educational hypermedia systems: from design models to authoring tools". *Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments*, Eds. T. Murray, S. Blessing, S. Ainsworth, Kluwer (2003).
- [CAR99] R.M. Carro, E. Pulido and P. Rodríguez. "Dynamic generation of adaptive Internet-based courses". *Journal of Network and Computer Applications*, Vol.22, pp. 249-257. Academic Press. 1999.
- [CAR03] Carro, R. M., A. Ortigosa, and J. Schlichter "A Rule-based Formalism for Describing Collaborative Adaptive Courses". In: *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*. LNAI, Vol. 2774, pp. 252-259. Berlin, Heidelberg. 2003
- [CHI01] D. Chin. "Empirical Evaluation of User Models and User-Adapted Systems". *User Modeling and User-Adapted Interaction* 11: 181-194, 2001.
- [COF04] Coffield, F. J. and Moseley, D. V. and Hall, E. and Ecclestone, K., "Learning Styles for Post 16 Learners: What Do We Know?". Learning and Skills Research Centre, University of Newcastle upon Tyne. 2004.
- [CRI03] A.I. Cristea & A. De Mooij, Designer Adaptation in Adaptive Hypermedia Authoring, *Proc. ITCC'03*, Las Vegas, US, IEEE Computer Science, 444-448, 2003.
- [CRI04] Cristea, A. "Authoring of adaptive and adaptable educational hypermedia: Where are we now and where are we going?". Proceedings of the WBE 2004 Conference. IASTED (2004)
- [C&C04] Cristea, A. & Cristea, P. Evaluation of Adaptive Hypermedia Authoring Patterns During a Socrates Programme Class, *Advanced Technology for Learning Journal*, ACTA Press, 1, 115-124. (2004)
- [C&S05] Cristea, A. and Stewart, C. "Automatic Authoring of Adaptive Educational Hypermedia" Book chapter to appear in "Web-Based Intelligent e-Learning Systems: Technologies and Applications", Zongmin Ma. IDEA Publishing group. (2005)
- [C&M03] Cristea, A. & De Mooij, A. LAOS: Layered WWW AHS Authoring Model and its corresponding Algebraic Operators. WWW'03, Alternate Education track. (Budapest, Hungary 20-24 May). ACM. 2003

- [DAG04] Dagger, D., Wade, V., Conlan, O., (2004), *Developing Active Learning Experiences for Adaptive Personalised eLearning*, Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH2004
- [DAG05] Dagger, D., Wade, V., "Evaluation of Adaptive Course Construction Toolkit (ACCT)", Third International Workshop on Authoring of Adaptive and Adaptable Educational Hypermedia. (2005)
- [FEL88] Felder, R. M. and Silverman, L. K., "Learning Styles and Teaching Styles in Engineering Education", *Engineering Education*, 78, 1988.
- [FRE04] Freire M., and Rodríguez P. "A graph-based interface to complex hypermedia structure visualization". In AVI'04: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces, pages 163-166, New York, NY, USA, 2004. ACM Press.
- [FRE05] Freire M., and Rodríguez P. "Comparing Graphs and Trees for Adaptive Hypermedia Authoring". Third International Workshop on Authoring of Adaptive and Adaptable Educational Hypermedia (A3EH).
- [GAR04] F. Garzotto & A. Cristea, ADAPT Major Design Dimensions for Educational Adaptive Hypermedia, EDMEDIA' 04, Lugano, Switzerland.
- [GEN05] C. Gena. "Methods and techniques for the evaluation of user-adaptive systems". *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 20:1, 1-37. Cambridge University Press. 2005.
- [GRE05] Greene, J.A., and Azevedo, R.. "Adolescents' use of SRL behaviors and their relation to qualitative mental model shifts while using hypermedia". In Looi, McCalla, Bredeweg, & Breuker (Eds.), *Artificial intelligence in education: Supporting learning through intelligent and socially informed technology* (pp.233-240). Amsterdam, The Netherlands : IOS Press. (2005)
- [JAC00] Jacobson, M., and Archodidou, A., "The design of hypermedia tools for learning: Fostering conceptual change and transfer of complex scientific knowledge". *Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 149-199. (2000)
- [J&K00] Jacobson, M., & Kozma, R. "Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning". Mahwah, NJ: Erlbaum. (2000)
- [KOE97] K. Koedinger, J. Anderson. "Intelligent Tutoring Goes To School in the Big City". *International Journal of Artificial Intelligence in Education* (1997), 8,30-43
- [MOO01]. A. Moore, T. J. Brailsford and C. D. Stewart, "Personally tailored teaching in WHURLE using conditional transclusion". *Proceedings of the twelfth ACM conference on Hypertext and Hypermedia*, Denmark., 2001
- [MUÑO6] Muñoz, F. and Ortigosa, A. "Using Adaptive Hypermedia to Support Diversity in Secondary Schools". Aceptado para ser publicado como *full paper* en el *6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, July 2006.
- [MUÑO6b] Muñoz, F. and Ortigosa, A. "An Adaptive Course on Template-based Adaptive Hypermedia Design". Aceptado para ser publicado como *full paper* en el *4th International Workshop on Authoring of Adaptive & Adaptable Educational Hypermedia at AH'06*, June 2006.
- [PAR04]. P. Paredes and P. Rodríguez. "A Mixed approach to Modelling Learning Styles in Adaptive Educational Hypermedia". *Proceedings of the WBE 2004 Conference. IASTED (2004)*
- [PAS05], H. Passier and J. Jeuring " Using Schema Analysis for Feedback in Authoring Tools for Learning Environments". Third International Workshop on Authoring of Adaptive and Adaptable Educational Hypermedia. (2005)
- [TRN04] J. Trnková and W. Theilmann, " Authoring processes for Advanced Learning Strategies". In: *Proceedings of Second International Workshop on Authoring of Adaptive and Adaptable Educational Hypermedia (AH'2004)*, Eindhoven, the Netherlands.

## ANEXO A

### Datos experimentales Experimento 2:

Grupo A - Curso Adaptativo					
	grade	Nota Referencia	nota control	diferencia	
1	5,2	6	7,5	1,5	
2	5,7	5,5	7,5	2	
3	6,6	7,8	9,2	1,4	
4	6,1	8,2	10	1,8	
5	6	3,4	4,2	0,8	
6	4,7	6,8	7,5	0,7	
7	3,7	0,8	2,5	1,7	
8	4,2	7,8	9,2	1,4	
9	7,6	9,7	10	0,3	
10	8,4	7,8	8,3	0,5	
11	6	4,7	8,4	3,7	
12	4,6	7,1	9,2	2,1	
13	7,4	3	5	2	
14	6,5	3	5	2	
15	3,5	6,9	8,3	1,4	
16	5,8	6,8	6,7	-0,1	
17	4,5	5,7	8,3	2,6	
18	6	3,8	5	1,2	
19	5,2	6,1	7,5	1,4	
20	8,2	8,6	9,2	0,6	
21	6	2,9	6,7	3,8	
22	6,6	5,6	8,3	2,7	
23	5,5	4,6	6,7	2,1	

Grupo B - Curso No adaptativo					
	grade	Nota Referencia	nota control	diferencia	
1	2,9	1,8	2,5	0,7	
2	1,2	4,6	7,5	2,9	
3	4	7	6,6	-0,4	
4	5,2	6,2	1,6	-4,6	
5	5	3,6	5	1,4	
6	5,6	2,9	1,6	-1,3	
7	4,7	2,6	5	2,4	
8	7,7	8,8	10	1,2	
9	6	8,6	6,6	-2	
10	5,7	1,6	2,5	0,9	
11	5,6	7,4	7,5	0,1	
12	5,5	6,6	6,6	0	
13	8,8	9	9,9	0,9	
14	6,5	7,9	10	2,1	
15	4,6	2,3	3,3	1	
16	3,4	6,6	7,5	0,9	
17	5,5	9	8,3	-0,7	
18	3,9	5,5	6,6	1,1	
19	6,7	6,9	7,5	0,6	
20	8,1	6,9	5,8	-1,1	
21	5,7	5,9	8,3	2,4	
22	7	7,7	9,1	1,4	
23	4,3	3,8	1,6	-2,2	

### Datos experimentales Experimento 3:

C1 Curso No adaptativo					
	grade	Nota Referencia	nota control	diferencia	
1	8,4	2	3,3	1,3	
2	6	2,5	3,3	0,8	
3	8,1	2	3,3	1,3	
4	8	0	4,2	4,2	
5	7,3	0,5	0	-0,5	
6	9,7	7,5	4,2	-3,3	
7	8,6	2,25	6,7	4,45	
8	9,5	4,75	7,5	2,75	
9	7,9	3	6,7	3,7	
10	3,1	0	0	0	

C2 Curso Adaptativo					
	grade	Nota Referencia	nota control	diferencia	
1	6,4	1,25	1,7	0,45	
2	8,3	1,25	1,7	0,45	
3	7,2	0,5	5	4,5	
4	5,7	3,75	7,5	3,75	
5	5,8	1,25	3,3	2,05	
6	8,7	2,5	4,2	1,7	
7	5,8	6,5	10	3,5	
8	7,4	1	1,7	0,7	
9	7,8	0,75	3,3	2,55	
10	6,5	1	5,8	4,8	
11	8,3	8	10	2	
12	9,5	4,5	6,7	2,2	

## Examen de Control Experimento 2:



Nombre:	Fecha:	Curso:
---------	--------	--------

### Control Números Enteros 1º E.S.O.

Calificación

Resolver las siguientes operaciones:

- $(6+2) - (4+5) =$
- $(4+3)+(2-7) =$
- $1-(-3+6+1) =$
- $[4-(6-3+1)-2] =$
- $5-[7-2-(1-9)-3+12]+4 =$
- $-9+(-4.3+5) =$
- $16:(3.4-8) =$
- $2.(12:6+2) =$
- $-12:(-5+1) =$
- $18:(-3+9) =$
- $6:(-2)+(-7).(-15):(-3) =$
- $[2+(-3)+7+(-8)]:(-2) =$

## Examen de Referencia Experimento 3:



Nombre:	Fecha:	Curso:
---------	--------	--------

### Control Números Enteros 2º E.S.O.

Calificación

Realiza las siguientes operaciones:

- $-12:[-4.(5-3)-2.(-23+21)] =$
- $\{[-(-27):9+(-3)+(-12):4.2-18+(-5)-(-6)]\} \cdot \{-(-25):(-5)+(-3)+4.(-3)\} =$
- $(9-9:3-2):[5-(-2)+8:4-5] =$
- $[6:(-2)+(-7).(-15):(-3)]:[2+(-3)+7+(-8)] =$
- $[-6+(-8)+(-5)+(-1)]:[-5+(-2)+(-3)] =$
- $\{18:(-6)+4.(-2)+(-20)-(-4)-[-(-7+3.2-5.(-1))]\} =$

## Examen de Control Experimento 3:



Nombre:	Fecha:	Curso:
---------	--------	--------

### Control Números Enteros Matemáticas 2º ESO

Calificación

Calcula y simplifica el resultado:

- $-7.(8-5)+24:(-13+7) + (-32:(-15+11))-8.(-4+11) =$
- $- \{ [18.(-9).4]:12 + [-24.(-18).7]:6 \} =$
- $-15.(-2)+24:(-8) - 45:(-15)-4.(-5) - 4.(-9)+36:(-9) =$
- $-15.(-3+12) + 8.[-9+15+(-5)] - 8.[-12+4+(-3)] - 10.[8+(-12)+(-2)] =$
- $7-[3-(2-7)-4] - 13-[5-(4-9)+7] + 28-[21-(12-3)-7] + 12-[14-(6-4)+2] =$
- $6-(-9+7-1)-[3-(-5+4+6)-1] + 6-[3-(8-5)+2] + 1-(-3+6+1)-[4-(6-3+1)-2] =$

## Experiencia con profesores. Ejemplos de características especificadas por escrito:

### CREACIÓN DE MATERIAL EDUCATIVO ADAPTATIVO

Curso a diseñar: Plástica y visual.

Paso 1: Especificar que aspectos o características de su curso le gustaría que tuviesen adaptabilidad:

los contenidos.
la metodología de trabajo.

Paso 2: Especificar que características del alumno se deberían tener en cuenta en la adaptación de su curso:

→ Desmotivación total del alumno.
→ Falta de material.

### CREACIÓN DE MATERIAL EDUCATIVO ADAPTATIVO

Curso a diseñar: PRESENTE SIMPLE (DAILY ROUTINES, Present simple).

Paso 1: Especificar que aspectos o características de su curso le gustaría que tuviesen adaptabilidad:

* Las ACTIVIDADES basadas en conocimientos previos
• alumnos sudamericanos → copia estructuras de inglés parlantes (hora)
* ACTIVIDADES COMUNICATIVAS
• alumnos búlgaros, rumanos... acostumbrados a una inmersión lingüística de al menos dos idiomas.
* ACTIVIDADES DE INICIACIÓN (RESPUESTA FÍSICA)
• alumnos chinos desconocen español e inglés

Paso 2: Especificar que características del alumno se deberían tener en cuenta en la adaptación de su curso:

* Alumnos de Aula de Enlace de ESO:
• Alumnos sudamericanos con importante desfase curricular
• Alumnos procedentes de Europa del Este
• Alumnos orientales (minoría)

## Experiencia con profesores. Ejemplos de diseños "a papel":

### CREACIÓN DE MATERIAL EDUCATIVO ADAPTATIVO

Curso a diseñar: \_\_\_\_\_

Paso 3: Intente diseñar una estructura de su curso en base al modelo de Reglas y Tareas:

#### - Tarea 1

Distinguir concepto forma  
¿cual es igual? (Unir)



#### - Tarea 2

Pintar de color rojo la forma círculo  
 (Se realizaria con todas las formas)

#### - Tarea 3

Dibuja un círculo .....

#### - Tarea 4

Realiza un dibujo con figuras geométricas conocidas.

#### - Tarea 5

Juego de Memory

### CREACIÓN DE MATERIAL EDUCATIVO ADAPTATIVO

Curso a diseñar: \_\_\_\_\_

Paso 3: Intente diseñar una estructura de su curso en base al modelo de Reglas y Tareas:

1- Buscar un interés personal, a través de preguntas:  
 ¿Por qué me gusta el color rojo?  
 ¿Por qué me mecido en la silla?

2- Recogida de material y conclusiones.  
 Sacamos 1 o 2 intereses.

3- Conectamos nuestro interés con la asignatura

1. Traza los geométricos básicos  
 Estructura de un campo de fútbol...

etc.

### CREACIÓN DE MATERIAL EDUCATIVO ADAPTATIVO

Curso a diseñar: \_\_\_\_\_

Paso 3: Intente diseñar una estructura de su curso en base al modelo de Reglas y Tareas:

Daily Routines Present Simple.

Paso 3:

-① Conocimientos previos (PREGUNTAR LAS HORAS).

What time is it? It's twenty past nine.

Alumnos sudamericanos dicen *pasen veinte de las nueve.*

-② Comunicativas. (

Contar las rutinas diarias.

Yo desayuno, me ducho, voy al colegio...

-③ Iniciación

Asociar por gestos verbos asociados a rutinas.

Desayunar, ducharse, estudiar, jugar...

## **ANEXO B**

Artículos:

Muñoz, F. and Ortigosa, A. “Using Adaptive Hypermedia to Support Diversity in Secondary Schools”.

Muñoz, F. and Ortigosa, A. “An Adaptive Course on Template-based Adaptive Hypermedia Design”.