

# **SISTEMA HIPERMEDIA ADAPTATIVO BASADO EN AGENTES INTELIGENTES PARA SOPORTE A LA EDUCACION SEMIPRESENCIAL**

## **ADAPTIVE HYPERMEDIA SYSTEM BASED ON INTELLIGENT AGENTS FOR SUPPORTING BLENDED EDUCATION**

---

Aníbal Guerra<sup>1</sup>, Marylin Giugni<sup>2</sup>, Joaquín Fernández<sup>3</sup>.  
{ajguerra, mgiugni}@uc.edu.ve, jfernandez@ege.upc.edu

<sup>1,2</sup> Departamento de Computación, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Carabobo, Venezuela

<sup>3</sup> Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Recibido 04/08/2011  
Aprobado: 05/11/2011

### **RESUMEN**

Los modelos educativos han sufrido importantes cambios producto de la masificación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC). Sin embargo, es necesario aproximarnos a un modelo de aprendizaje más adaptado al estudiante, considerando su nivel de conocimiento y su ritmo de aprendizaje. El objetivo de esta investigación consistió en desarrollar un Sistema Hipermedia Adaptativo (SHA) que brinde soporte al modelo educativo semi-presencial, adaptando el contenido de una asignatura al perfil de cada estudiante. Esto se logró combinando un modelo de aprendizaje y una arquitectura de software basada en agentes inteligentes. La investigación se condujo según la Metodología Investigación-Acción. Los resultados de la evaluación realizada utilizando el Modelo de Aceptación Tecnológica TAM muestran la aceptación del sistema por el 87, 5% de los usuarios. Se concluye la viabilidad de los

SHA como alternativa para la implementación de sistemas que soporten el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Palabras claves: Sistemas Hipermedia Adaptativos, Agentes de Software, Sistemas de Recomendación, Computación Inteligente, Educación Semipresencial.

## **ABSTRACT**

Educational models have undergone significant changes resulting from the massification of Information and Communication Technology (ICT). However, we need to approach a learning model that best suits students, taking into account their knowledge level and learning pace. The objective of this research was to develop an Adaptive Hypermedia System (AHS) to provide support for the blended educational model, adapting the subject content to each student's profile. This was achieved by combining a learning model and software architecture based on intelligent agents. The research followed the principles of the Action Research Methodology. Results show 87.5% of the users agreed the system. We conclude the feasibility of the AHS as an alternative for implementing systems that support the educational process.

Keywords: Adaptive Hypermedia Systems. Software Agents. Recommendation Systems. Soft-Computing. Blended Education.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el modelo de enseñanza tradicional, generalmente no se incluyen técnicas y herramientas tecnológicas que ayuden al estudiante a aprender de acuerdo a su nivel de conocimiento y capacidades de aprendizaje (Meneses, 2006), todos los estudiantes deben tener el mismo ritmo de aprendizaje para cumplir con los objetivos de la asignatura. Es necesario fortalecer este modelo de utilizando TIC's que nos permitan, no

sólo flexibilizar el lugar y momento del aprendizaje, sino también considerar el nivel de conocimiento y ritmo de aprendizaje individual (Herrera, 2009). En este contexto, los sistemas e-learning han permitido la comunicación síncrona/asíncrona entre los usuarios, brindando herramientas para la discusión, gestión de evaluaciones y administración de contenido. Sin embargo, la mayoría de ellos no ofrece información personalizada al estudiante (Brusilovsky, 1999).

En respuesta, surgen los Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA) basados en Web (Koch, 2001) (Lorés, et al. 2003). Los SHA son sistemas que, basados en el grado de conocimiento del usuario construyen rutas de aprendizaje adaptativas, personalizando la adquisición de conocimiento y adaptando el material que es recomendado. Entre sus beneficios se tiene la reducción del tiempo de búsqueda, mejora de la interacción humano-computador, de la velocidad operacional y de la exactitud, además de facilitar el proceso de aprendizaje y elevar la satisfacción del usuario. Su integración con un Sistema Tutor Inteligente (STI) (Palacios, et al., 2003) le permite adaptar el sistema para alcanzar los objetivos en ambientes complejos y cambiantes.

## **2.- METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

La investigación se condujo tomando como referencia la “Investigación - Acción”, en combinación con elementos de otras metodologías cualitativas y cuantitativas. Esta metodología plantea que la investigación involucra procesos cíclicos que semejan una espiral de etapas, y en cada espiral se contempla la identificación de necesidades, la formulación del plan de acción, implementación del plan y la evaluación de los resultados de la ejecución del plan. Basados en la evaluación, el plan es revisado y se implementa uno nuevo (Baskerville, 1999).

Dado que la investigación conlleva el desarrollo de una herramienta de software, se utilizó la metodología UML-based Web Engineering (UWE) (Koch, 2001). Para desarrollar el algoritmo de adaptación se siguió la metodología planteada por Aguilar

y Rivas (2001) que integra enfoques, técnicas y otras metodologías vinculadas a los sistemas inteligentes y a la Ingeniería de Software.

### 3.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

#### A. Modelo de Aprendizaje

El SHA diseñado corresponde a un sistema de recomendación que pretende adaptar progresivamente el contenido a recomendar a los estudiantes en cada uno de los temas que componen una asignatura. El programa registra las acciones del usuario y en función a ellas recomienda documentos que mejoren su nivel de conocimiento (Berlanga, 2004).

El diseño lógico del sistema ( Figura 1) contempla la integración de 3 modelos: Modelo de Contenidos, Modelo de Usuario y Modelo de Adaptación (Brusilovsky y Millán, 2007) (Grimón, 2008).

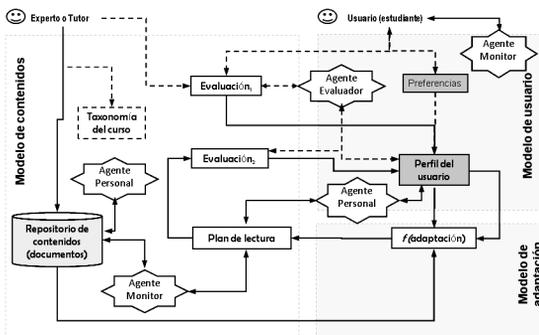


Figura 1. Modelos que conforman el SHA, integrado con la Arquitectura de Agentes.

El modelo de usuario es una representación explícita de las propiedades del estudiante, en base a las cuales se realiza la adaptación. Se alimenta de su interacción con el sistema, a través de las evaluaciones, a fin de determinar sus debilidades y fortalezas en cada tema.

El modelo de contenidos organiza los documentos por cursos y temas, según un diseño instruccional (Vega, 2001). Los prerrequisitos entre los temas se especifican a través del grafo de prelacones de la asignatura (Díaz y Ramírez, 2002). Los documentos son el medio por el cual se realiza la adaptación y se asocian a cada tema en función de su nivel de pertinencia. Este modelo incluye el banco de preguntas para la construcción automática de las evaluaciones en el sistema, seleccionándolas aleatoriamente desde el repositorio, según el tema que corresponda evaluar. Las evaluaciones generadas mediante este mecanismo son: diagnóstica (Evaluación1) y autoevaluación (Evaluación2). La evaluación final es diseñada por el docente, quien la suministra al sistema.

El modelo de adaptación relaciona los contenidos con los estudiantes, a partir de reglas contempladas en la función de adaptación. El objetivo es lograr que los contenidos del plan de lectura (obtenidos del repositorio) se adapten al nivel de conocimiento del estudiante, el cual puede ser: Novato, Intermedio, Avanzado o Experto.

## **B. Agentes de Software**

El sistema se diseñó bajo una arquitectura de agentes de software a fin de monitorear y registrar el comportamiento de los usuarios (Giugni et al., 2010b). Se determinaron tres agentes que interactúan de manera autónoma y automática:

- **Agente Monitor:** Coordina y sincroniza las tareas relativas al monitoreo de las acciones de los estudiantes y la actualización de sus perfiles. Supervisa su desempeño para generar estadísticas de utilidad y comunicarse con ellos, mejorando su interacción con el sistema e informándoles sobre cambios en el entorno de aprendizaje.
- **Agente Evaluador:** Se encarga de crear, verificar y calificar las evaluaciones, además de guiar a los estudiantes a través de las mismas.

- Agente Personal: Actúa como un facilitador, identificando el perfil del usuario, y preparando el plan de lectura de acuerdo al algoritmo de adaptación diseñado.

### C. Descripción de las principales operaciones del sistema

A continuación se presenta una descripción en alto nivel de los principales eventos asociados al modelo mostrado en la Figura 1.

1.- El docente almacena la taxonomía del curso, la cual corresponde a la organización de los temas de la asignatura y las palabras claves que los identifican.

2.- Se ingresan los documentos al repositorio del sistema, clasificados por el docente según la asignatura y la pertinencia en cada tema.

3.- El estudiante ingresa al sistema.

a) Si es la primera vez que el estudiante aborda el tema, el agente evaluador construye la evaluación diagnóstica y guía al usuario para determinar su nivel de conocimiento inicial. El agente personal crea su perfil y lo actualiza.

b) En otro caso, el agente evaluador construye y presenta la autoevaluación que corresponda, el agente monitor supervisará sus actividades y el agente personal reubicará su nivel de conocimiento.

4.- El agente personal recupera del repositorio el conjunto de documentos correspondiente al tema en estudio.

5.- El agente personal, en base al perfil del estudiante y los documentos obtenidos en (4), ejecuta el algoritmo de adaptación, estableciendo la correspondencia documento-usuario y determinando los documentos del plan de lectura.

6.- El agente personal genera el plan de lectura con los documentos determinados en (5), mostrando enlaces a ellos en el orden en que deben revisarse.

7.- El agente monitor genera las estadísticas asociadas al proceso.

Los pasos del (3) al (7), se repiten hasta que el estudiante se somete a la evaluación final del tema o hasta que el docente considere adecuado su nivel de conocimiento.

Adicionalmente, el docente cuenta con funcionalidades que contemplan: acceso al historial de cada estudiante, revisión de estadísticas particulares y generales, consulta de evaluaciones, administración del banco de preguntas, configuración del curso, administración del curso y planificación de la asignatura.

#### **4.- ALGORITMO DE ADAPTACIÓN**

El modelo de adaptación comprende los procesos correspondientes a la personalización del contenido de la asignatura, fundamentado en un enfoque inteligente (Giugni et al, 2010a). Para ello se diseñó un modelo dinámico, en cuyo núcleo se encuentra la función de adaptación que determina el grado de recomendación para cada documento, correlacionando su pertinencia en el tema con el perfil del estudiante.

Los documentos del plan de recomendación generado por el sistema se ubican en dos categorías:

- Asignado: documentos de revisión imprescindible para la consecución de los objetivos de la asignatura, se asocian a un alto grado de recomendación.
  
- Sugerido: documentos que aportan al estudiante un conocimiento complementario sobre el tema en estudio.

El docente especifica la cantidad de documentos a asignar y

sugerir en cada tema.

Cuando el estudiante culmina una evaluación diagnóstica o autoevaluación, se aplica la función de adaptación sobre todos los documentos asociados al tema que corresponda, a fin de readaptar su plan de lectura. El proceso permite establecer una medida de similitud entre el nivel de conocimiento del estudiante y la pertinencia de cada documento del tema, y en relación a esa distancia se determinan los documentos más próximos al nivel conocimiento del estudiante, a fin de mejorarlo.

Se diseñaron dos versiones de la función de adaptación a fin de adecuar su aplicación a cada fase del aprendizaje: una para la etapa diagnóstica (Ec. 1) y otra para la de autoevaluación (Ec. 2). El objetivo corresponde a determinar el nivel de recomendación del documento  $i$  en el tema  $j$  para un estudiante en particular.

$$F(Adap_{i,j}) = \left( \frac{Pa_{i,j}}{Pd_{max}} \right) - \left( \frac{Da_j}{D_{max}} \right) \quad (1)$$

Ecuación 1. Adaptación en fase diagnóstica.

Donde:

- Pertinencia del Documento ( $Pd_{i,j}$ ): Estimación realizada por el docente, expresa el nivel de pertinencia que posee el documento  $i$  sobre el tema  $j$ .
- Pertinencia máxima de los Documentos ( $Pd_{max}$ ): Cota superior asociada a la pertinencia de un documento en un tema.
- Desempeño Actual ( $Da_j$ ): Indicador del desempeño del estudiante en el tema  $j$ , en la evaluación diagnóstica.
- Desempeño Máximo ( $D_{max}$ ): Cota superior del desempeño de un estudiante en un tema cualquiera.

$$(Adap_{i,j}) = Pdi_{i,j} - \left[ \left( \frac{Da_j \cdot Nc_j}{C} \cdot (1 - Ida_j) \right) + (Dpj \cdot Ida_j) \right] - \frac{Cij}{Mij} \cdot Pia_j \quad (2)$$

### Ecuación 2. Adaptación en fase de autoevaluación.

Donde:

- Pertinencia del Documento (Pdi,j): Estimación realizada por el docente que expresa el nivel pertinencia que posee el documento i sobre el tema j.
- Desempeño Actual (Daj): Indicador que refleja el desempeño del estudiante en el tema j, en su autoevaluación.
- Nivel de Conocimiento (Ncj): Medida que representa el nivel de conocimiento reflejado por el estudiante en el tema j.
- Desempeño previo (Dpj): Indicador del desempeño del estudiante en la evaluación final del tema que prela al tema actual.
- Impacto del desempeño anterior (Idaj)\*: Medida del impacto del valor Dpj, en la adquisición del conocimiento del tema j.
- Cantidad de intentos previos (Cij): Número de veces que el estudiante ha realizado una autoevaluación sobre el tema j.
- Cantidad máxima de intentos permitidos (Mij)\*: Cantidad máxima de veces que puede iterar un estudiante autoevaluando su desempeño en un tema.
- Penalización de intentos anteriores (Piaj)\*: Tasa de penalización en el desempeño del usuario en el tema j, según la cantidad de intentos que previos (Cij) que haya realizado sobre este mismo tema.
- C: Cantidad de niveles de conocimiento incorporados en el sistema. Por defecto su valor es 4 (novato, intermedio, avanzado, experto).

\* Valores parametrizables, establecidos por el docente.

## **5.- EVALUACIÓN**

Para realizar la fase experimental de la investigación se conformó la muestra con 16 estudiantes de la Licenciatura en Computación de la UC, todos ellos en fase de elaboración del Trabajo Especial de Grado.

Se alimentó el repositorio con 25 documentos de tipo Portable Document Format (PDF), enmarcados en tres áreas de conocimiento de las Ciencias de la Computación: Interacción Humano Computador, Ingeniería del Software y Lenguajes de Programación. La selección de este subconjunto de áreas obedece a los intereses de la muestra intencional, la cual se encontraba investigando en los ámbitos mencionados.

### **A. Descripción del experimento:**

Inicialmente, los estudiantes usaron el modo sincrónico, reuniéndose con el profesor para recibir asesoría acerca del tema de investigación y la inducción sobre el SHA a utilizar. El SHA crea un perfil para cada estudiante y construye a cada uno su evaluación diagnóstica. A partir de estos resultados el SHA determina su nivel de conocimiento inicial y genera su plan personalizado de lectura. En modo asincrónico, los estudiantes revisaron el tema siguiendo su plan, el cual pudieron actualizar accediendo hasta a 2 autoevaluaciones en el SHA. Adicionalmente, respondieron un cuestionario compuesto por preguntas abiertas y cerradas sobre su experiencia con el sistema.

### **B. Resultados**

Para evaluar el sistema se utilizó el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), por su amplio reconocimiento respecto a la adopción de innovaciones tecnológicas (Davis et al., 1989). La efectividad del sistema y su impacto en el proceso de aprendizaje fue probada respecto a la satisfacción del usuario con el perfil y el plan de lectura generado. Adicionalmente, se consideró la percepción de utilidad del sistema, por ser una medida de calidad que refleja el éxito de sistemas de información (Da-

vis et al., 1989) y una cualidad imprescindible en sistemas web (Giugni, 2010b). Las variables evaluadas (VenKatesh y Davis, 2000) se muestran en la Figura 2.

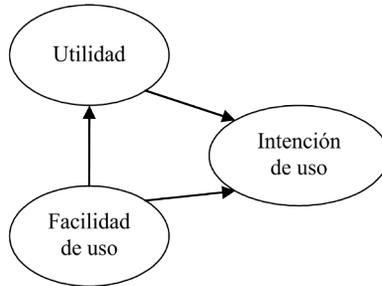


Figura 2. Modelo de Aceptación Tecnológica.

Los resultados de las encuestas realizadas en el marco del modelo TAM se presentan en las Tablas I, II y III.

Utilidad Percibida	Totalmente de Acuerdo (%)	De Acuerdo (%)	Neutral (%)	En Desacuerdo (%)	Totalmente e Desacuerdo (%)
Incrementa mi productividad al aprender	56,25	25	18,75	0	0
Mejora mi preparación para las evaluaciones	62,5	25	12,5	0	0
Se adapta a mis necesidades de estudio	87,5	6,25	6,25	0	0

Tabla I. Utilidad percibida por los estudiantes

La Tabla I, muestra que al menos 81,25% de los estudiantes consideraron útil incorporar el sistema a su proceso de aprendizaje, esto considerando el porcentaje de las columnas “Totalmente de acuerdo” y “De acuerdo”.

Facilidad de uso percibida	Totalmente de Acuerdo (%)	De Acuerdo (%)	Neutral (%)	En Desacuerdo (%)	Totalmente en Desacuerdo (%)
Aprender a utilizar el sistema me resulta fácil	100	0	0	0	0
Mi interacción con el sistema es clara y entendible	87,5	12,5	0	0	0
Encuentro al sistema fácil de utilizar	93,75	6,25	0	0	0

**Tabla II. Facilidad de uso percibida por los estudiantes**

En la Tabla II, totalizando lo reflejado en las columnas “Totalmente de acuerdo” y “De acuerdo”, se tiene que el 100% de los estudiantes percibieron facilidad en el uso del sistema.

Intención de Uso	Totalmente de Acuerdo (%)	De Acuerdo (%)	Neutral (%)	En Desacuerdo (%)	Totalmente en Desacuerdo (%)
El uso del sistema sería beneficioso en otras tareas de investigación	75	12,5	6,25	0	0
Utilizaría el sistema para aprender sobre algún tópico particular	93,75	6,25	0	0	0
Utilizaría el sistema cada vez que necesite prepararme para ser evaluado.	81,25	12,5	6,25	0	0

**Tabla III. Intención de uso de los estudiantes respecto al sistema**

Tal como señala Davis et al. (1989), se verifica que la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida son determinantes en la intención de uso y adopción de la tecnología. La Tabla III revela que el 87,5 % de los estudiantes tiene una actitud positiva hacia el uso del sistema en un futuro.

Los resultados muestran como los estudiantes evaluaron positivamente al SHA y señalaron que los contenidos se adaptaron a sus necesidades, manifestando que su uso tuvo un efecto positivo en el proceso de aprendizaje.

## 6.- CONCLUSIONES

Los SHA's representan una alternativa viable para la implementación de sistemas de soporte al proceso de enseñanza-aprendizaje. Este enfoque contribuyó a construir un sistema de apoyo al modelo educativo semi-presencial, donde el contenido de una asignatura se adapta al perfil de cada estudiante y el docente puede monitorear de cerca su progreso. Los estudiantes percibieron que el sistema adaptó el contenido del plan de lectura a sus necesidades y que tuvo un efecto positivo en su aprendizaje, en consecuencia lo aceptaron.

El desarrollo de un modelo de aprendizaje integrado con una arquitectura de Agentes de Software Inteligentes reportó resultados positivos, destacándose como una alternativa para el desarrollo de SHA. Además, permitió seguir los cambios en el desempeño de los estudiantes, actualizando progresivamente su plan de lectura en función del nivel de conocimiento presentado.

Esta investigación representa una primera aproximación a la implementación del sistema. El trabajo futuro requerirá probar el sistema en otras áreas de conocimiento, incrementando el tamaño de la muestra, y considerando su evaluación desde el punto de vista de otros docentes. Adicionalmente, debe profundizarse el estudio de la función de adaptación: su estructura, las variables involucradas, la correlación que establece y como utilizarla para incrementar la calidad de la recomendación generada y el nivel de aceptación de la aplicación.

## 7. REFERENCIAS

Aguilar J., Rivas F., (2001). "Introducción a las Técnicas de Computación Inteligente". Echeverría Editores. ULA. Mérida, Venezuela. (pp. 3-50).

Baskerville, R., and Pries, J., (1999). "Grounded action re-

search: a method for understanding IT in in practice”. Accounting, Management and information Technologies . ISSN 0959-8022, Volume 9, Issue 1. (pp. 1-23).

Berlanga, A., García, F., (2004). “Sistemas Hipermedia Adaptativos en el Ámbito de la Educación”. Universidad de Salamanca. Technical Report. Dpto. de Informática y Automática. Salamanca, España. Extraído el 13 de Enero de 2007, desde: <http://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/21743/1/DPTOIA-IT-2004-001.pdf>

Brusilovsky, P., (1999). Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education. Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching, Künstliche Intelligenz, 4, (pp. 19-25).

Brusilovsky P., Millán E., (2007). “The adaptive web: methods and strategies of web personalization”. ISBN 978-3-540-72078-2. Springer. (pp. 3-53).

Davis, F., BAGOZZI, R. y WARSHA, P. (1989). “User Acceptance of User Techonlogy: A comparison of Two Theoretical Models”. Managemente Science,. Vol 35, No. 8. (pp. 982-1002).

Díaz, J. y Ramírez, T., (2002). “Un Modelo de Diseño Instruccional para la Elaboración de Cursos en Línea”. Universidad Veracruzana Virtual. Veracruz, México. Extraído el 12 de Mayo de 2007 desde: <http://www.uv.mx/jdiaz/DisenoInstrucc/ModeloDisenoInstruccional2.htm>

Giugni M., Grimón F., Leon L., Fernandez J. y Monguet J., (2010a). “Adaptive algorithm based on clustering techniques for custom reading plans”. Proceedings of the 9th WSEAS international conference: Advances un Computational Intelligence, Man-Machine Systems and Cybernetics, ISBN 978-960-474-257-8. (pp. 259-264)

Giugni M., Grimón F., Leon L., Fernandez J. y Monguet J., (2010b). “Model to support synchronous and asynchronous in the learning process with an adaptive hypermedia system”. World Academy of Science, Engineering and Technology , No.

68. eISSN 2010-3778. (pp.68-147).

Grimón, F. (2008). "Modelo para la gestión de dominios de contenido en sistemas hipermedia adaptativos aplicados a entornos de educación superior semipresencial". Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

Herrera, M. (2009), "Modelado de un ambiente de aprendizaje basado en el Blended Learning y el Método del Caso en el espacio de la Educación Superior". Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

Koch, N. (2001). "Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems,". PhD Thesis. Universidad de Munich. Munich, Alemania. Extraído el 25 de Octubre de 2007 desde:

<http://www.pst.informatik.uni-muenchen.de/personen/kochn/PhDThesisNoraKoch.pdf>

Lorés, J., Ribó, J., Granollers, T. y Cañas, J., (2003). "Una experiencia docente de formación semipresencial en Interacción Persona-Ordenador". Departamento de Informática e Ingeniería Industrial. Universidad de Lleida. Vigo, España. Extraído el 14 de Octubre de 2005 desde

[http://griho2.udl.cat/publicacions/2003/Semipre%20Vigo%20\(OK\).pdf](http://griho2.udl.cat/publicacions/2003/Semipre%20Vigo%20(OK).pdf)

Meneses G., (2006). "Universidad: NTIC, interacción y aprendizaje". Edutec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa, No. 20. Extraído el 29 de Octubre de 2008 desde <http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec20/meneses20.pdf>

Palacios, L. y Arenas, R., Pérez, G. (2003). "Sistemas Hipermedia Adaptativos: una aproximación al tema". Revista Cubana de Informática Médica, No. 2, Año 3, ISSN 1684-185. Extraído el 13 de Enero de 2007, desde [http://www.rcim.sld.cu/revista\\_5/articulos\\_hm/hipermedia.htm](http://www.rcim.sld.cu/revista_5/articulos_hm/hipermedia.htm)

Vega, M. (2001). "Las Implicaciones del Diseño Instruccional en la creación de actividades de aprendizaje para grupos masivos mediante el uso de la tecnología electrónica y la telecomunicación". Razón y Palabra, Revista Electrónica, No. 22. Ex-

traído el 20 de Mayo de 2007 desde [http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n22/22\\_mvega.html](http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores/n22/22_mvega.html)

Venkatesh, V. y Davis, F. D. (2000): "A Theoretical Extention of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies", *Management Science*, Vol. 46, No. 2, pp. 186-204.