

Informe Técnico – Technical Report

DPTOIA-IT-2003-003

Diciembre, 2003

“Modelos para la Elaboración de Materiales Hipermedia Adaptativos para el Aprendizaje”

Marcela Prieto Ferraro

Begoña Gros Salvat

Francisco José García Peñalvo



Departamento de Informática y Automática
Universidad de Salamanca

Revisado por:

Dra. M^a José Rodríguez Conde

Departamento de Didáctica, Organización y Métodos de Investigación

Universidad de Salamanca

mjrconde@usal.es

Dra. Ángela Barrón Ruíz

Departamento de Teoría e Historia de la Educación

Universidad de Salamanca

ansa@usal.es

Aprobado en el Consejo de Departamento de 1-12-2003

Información de los autores:

Marcela Prieto Ferraro

Estudiante del Programa de Doctorado Procesos de Formación en Espacios Virtuales

Instituto Universitario de Ciencias de la Educación (IUCE)

Facultad de Educación – Universidad de Salamanca

Campus Canalejas. P^o de Canalejas, 169 – 37008 – Salamanca

mprieto5@usuarios.retecal.es

Dra. Begoña Gros Salvat

Departamento de Teoría e Historia de la Educación

Universidad de Barcelona

bgros@d5.ub.es

Dr. Francisco José García Peñalvo

Área de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial

Departamento de Informática y Automática

Facultad de Ciencias - Universidad de Salamanca

Plaza de la Merced S/N – 37008 – Salamanca

fgarcia@usal.es

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Junta de Castilla y León y la Unión Europea a través del Fondo Social Europeo mediante el proyecto de investigación SA017/02.

Este documento puede ser libremente distribuido.

© 2003 Departamento de Informática y Automática - Universidad de Salamanca.

Resumen

El desarrollo de Sistemas Hipermedia Adaptativos, en general, involucra necesariamente determinar qué modelos deben definirse y qué aspectos son considerados en cada uno de ellos. Junto con esto es preciso determinar los métodos de adaptación y técnicas que permitirán el ajuste a las características específicas de los usuarios. En el caso específico de los sistemas destinados a facilitar el aprendizaje, deben considerarse otro tipo de factores, como son los tipos de aprendizaje involucrados, el tipo de aplicación que se quiere elaborar, las características relevantes de los estudiantes a tomar en cuenta, todo esto con el fin de diseñar una adaptación efectiva en función de estrategias instruccionales diversas y coherentes con los aprendizajes esperados y las particularidades de los alumnos. La descripción de algunos ejemplos de sistemas desarrollados con fines educativos y modelos pedagógicos generales que han sido elaborados para este tipo de sistemas son también analizados. Finalmente se establecen algunas conclusiones y proyecciones para futuros trabajos de investigación en el área de Sistemas Hipermedia Adaptativos de carácter educativo.

Abstract

The development of Adaptive Hypermedia Systems, in general, necessarily considers determining which models they should be define and what aspects are consider in each one of them. At the same time, it is necessary to determine the methods and techniques of adaptation that will allow the adjustments to the specific characteristics of the users. In the specific case of the systems dedicated to facilitate learning activities, they should be consider another type of elements, like they are the involved learning types, the application kind that is wanted to develop and the characteristics of the students to take into account; all this with the purpose of designing an effective adaptation in according of several instructional strategies, in line with the prospective learning and the particularities of the students. The description of some examples of systems developed with educational ends and general pedagogic models that have been elaborated for this type of systems are also analyzed. Finally, some conclusions and projections settle down for future research works in the area of Adaptive Hypermedia Educational Systems.

Tabla de Contenidos

1	Introducción	1
1.1	Objetivo	2
2	Concepto de Hipermedia Adaptativo	2
2.1	Antecedentes	2
2.2	Sistemas Hipermedia	3
2.3	Sistemas Hipermedia Adaptativos	4
3	Modelos de Usuario, Interacción, Dominio, Entorno y Adaptación	6
3.1	Modelo del Estudiante o del Usuario	7
3.1.1	Aspectos considerados en el Modelo del Estudiante	8
3.2	Modelo de Interacción	11
3.2.1	Aspectos considerados en el Modelo de Interacción	12
3.3	Modelo del Dominio	14
3.3.1	Aspectos considerados en el Modelo del Dominio	15
3.4	Modelo del Entorno	19
3.4.1	Aspectos considerados en el Modelo del Entorno	20
3.5	Modelo de Enseñanza o Adaptación	21
4	Análisis de Métodos y Técnicas de Adaptación	23
4.1	Métodos de Adaptación de Contenidos	23
4.1.1	Textos	24
4.1.2	Multimedia y Modalidad	25
4.2	Técnicas de Adaptación para la presentación de Contenidos	26
4.3	Métodos de Adaptación de opciones de Navegación	28
4.4	Técnicas de Adaptación de opciones de Navegación	30
4.5	Métodos y Técnicas de Adaptación de la Presentación	34
5	Aprendizaje y Sistemas Hipermedia Adaptativos	35
5.1	Aspectos que pueden ser adaptados en Sistemas Hipermedia Adaptativos	36
5.1.1	Estrategias de enseñanza	37

6	Sistemas Hipermedia Adaptativo Educativo _____	39
6.1	Ejemplos de SHAE _____	40
6.1.1	AHA (Adaptive Hypermedia for All) _____	40
6.1.2	ELM-ART (Episodic Learner Model - Adaptive Remote Tutor) _____	40
6.1.3	HEZINET _____	40
6.1.4	INSPIRE _____	41
6.1.5	INTERBOOK _____	41
6.1.6	ISIS –Tutor _____	41
6.1.7	TANGOW (Task-based Adaptive learner Guidance On the Web) _____	41
6.2	Modelos de SHAE _____	42
6.2.1	AHAM (A Dexter- based Reference Model for Adaptive Hypermedia) _____	42
6.2.2	Marco de referencia para los SHAE _____	43
6.2.3	SEM-HP _____	44
6.2.4	Sistema Hipermedia de Aprendizaje _____	45
7	Conclusiones y Proyecciones _____	46
7.1	Conclusiones _____	46
7.2	Proyecciones _____	47
8	Referencias _____	48

1. Introducción

La utilización de programas informáticos, como recursos didácticos complementarios, en el proceso de enseñanza – aprendizaje se inició algunas décadas atrás con aplicaciones esencialmente lineales, que contenían información exclusivamente de carácter textual. Algunos años después, el desarrollo de Sistemas Hipermedia con fines educativos se caracteriza por un diseño no secuencial, pero con una única estrategia instruccional, basados en el supuesto que los potenciales usuarios estén dotados de las mismas capacidades, habilidades y conocimientos.

Por otra parte, la gran capacidad de almacenamiento de información, derivada del creciente desarrollo tecnológico, ha permitido que estos últimos sistemas contengan una enorme cantidad de información y en los más variados formatos. Esto último ha generado en los estudiantes, que utilizan estos recursos de manera local o remota, algunos problemas para lograr sus objetivos de aprendizaje. Se encuentran, por una parte, desorientados cuando necesitan acceder a información específica y en algún tipo de formato determinado y, por otra, con un gran cansancio o fatiga cognitiva producida por la gran cantidad de medios e información presentada de manera simultánea.

Una alternativa interesante, como solución a las limitaciones descritas anteriormente, la ofrecen los Sistemas Hipermedia Adaptativos. Éstos últimos tienen como finalidad adaptarse a las características de los estudiantes, mediante el modelado, almacenamiento y actualización de algunas de sus características. Esto permite que alumnos distintos accedan a información personalizada, adecuada a sus necesidades; recursos de información diferentes, dependiendo de sus características y obtengan sugerencias para recorrer la información presentada.

Para desarrollar Sistemas Hipermedia Adaptativos efectivos, con fines educativos, se requiere proporcionar una adaptación basada en ciertas características de los estudiantes que faciliten su aprendizaje, que serán los destinatarios del sistema. Junto con esto, es necesario establecer la organización de los contenidos asociados a los objetivos de aprendizaje mediante el Modelo del Dominio; para establecer formas de relacionar las particularidades de los estudiantes con estrategias instruccionales adecuadas a ellas, que se definen en el Modelo de Enseñanza o Adaptación.

Para concretar la adaptación existen numerosos métodos y técnicas, tanto en relación con la presentación de los contenidos, las opciones de navegación y los recursos que pueden ser utilizados tales como texto, audio, imágenes, y vídeo.

En la bibliografía especializada existen posturas diversas con relación a qué modelos se deben incluir en este tipo de sistemas, al mismo tiempo no existe consenso respecto de cuáles son los aspectos que deben ser considerados en cada uno de ellos.

Así, el objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica de los distintos modelos y los diferentes aspectos involucrados en ellos, necesarios para desarrollar Sistemas Hipermedia Adaptativos efectivos para la enseñanza. Esto con la finalidad de, en una etapa posterior, establecer relaciones útiles para plasmarlas en una propuesta metodológica de desarrollo de éstos sistemas desde una perspectiva pedagógica.

El resto de este informe se organiza como sigue: en la segunda sección, “Concepto de Hipermedia Adaptativo”, se describe qué son estos sistemas, a partir de las ventajas y limitaciones de los distintos tipos de programas informáticos que han sido utilizados en el ámbito educativo. La tercera sección, “Modelos del Usuario, Interacción, Dominio, Entorno y Adaptación”, está destinada a definir cada uno de los modelos y a analizar los distintos aspectos que son considerados por diferentes autores. Posteriormente, en la sección cuatro, “Análisis de Métodos y Técnicas de Adaptación”, se describen los distintos métodos y técnicas de

adaptación utilizadas para adaptar contenidos, opciones de navegación y presentación. En la sección quinta se describen las distintas teorías de aprendizaje y su relación con el diseño de Sistemas Hipermedia, así como las posibilidades de carácter pedagógicos de los Sistemas Hipermedia Adaptativos. En la sección siguiente se describen y analizan algunos de los Sistemas Hipermedia Adaptativos que han sido desarrollados con fines educativos, como también modelos generales utilizados para su producción. Finalmente, en la última sección, se detallan conclusiones y se plantean diferentes proyecciones para futuras investigaciones en el ámbito de los Sistemas Hipermedia Adaptativos destinados a la enseñanza.

1.1 Objetivo

El objetivo de este trabajo es definir los distintos modelos de los Sistemas Hipermedia Adaptativos, analizando sus elementos constituyentes desde distintas perspectivas, que sirva de base a un posterior estudio que ofrezca una propuesta metodológica formalizada para el diseño de éstos en el ámbito educativo, considerando aspectos pedagógicos.

2. Concepto de Hipermedia Adaptativo

2.1 Antecedentes

Los primeros sistemas de enseñanza basados en ordenador fueron construidos a fines de la década de los cincuenta. Éstos presentaban los contenidos de manera secuencial, y utilizando formatos de información exclusivamente de carácter textual. El desarrollo de sistemas de Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO), sustentados en el conductismo (Gros, 1997), se caracterizó por la rigidez propia de esta teoría de aprendizaje, lo que se reflejó en programas estructurados linealmente, con muy pocas ramificaciones u opciones. Los programas educativos de hoy en día, a diferencia de los descritos anteriormente, poseen una organización no lineal de los contenidos y están basados en hipertextos e hipermedias. En un principio los sistemas de EAO fueron diseñados de manera general, para resolver las necesidades de un estudiante medio (Pérez, Gutiérrez, López y Vadillo, 2001), pero la experiencia ha demostrado, claramente, que todos los estudiantes no son iguales ni aprenden de la misma manera.

Otro hito en la evolución de programas informáticos es la aparición de los multimedia. En un multimedia se distinguen tres componentes: la tecnología, los medios y los productos. Sánchez (2001) menciona dos factores importantes que posibilitaron la generación de estas nuevas aplicaciones informáticas o productos. Uno de ellos es la generación de nuevas y variadas tecnologías centradas en el computador que permitieron integrar diversos medios, esto es, equipos con una gran capacidad de procesar y desplegar tanto sonidos como colores y nuevos dispositivos de entrada y salida, tales como, lápices ópticos, tabletas gráficas, escáneres, micrófonos, monitores de alta resolución, altavoces e impresoras veloces y de gran resolución. El otro factor es la aparición de software de desarrollo que permitía esa coordinación, programas de autor, editores tanto de sonidos como de imágenes y vídeo. Éstos fueron también, en principio, diseñados con una estructura lineal, diferenciándose de los primeros programas solamente en que combinan distintas formas de presentar la información, es decir, además de texto, incluyen información en otros tipos de formatos como el visual y el auditivo (Gros, 1997). Sin embargo, esta diferencia, la capacidad de integrar múltiples medios en una misma aplicación, de una manera coherente o fluida, representa una gran ventaja con respecto a los primeros programas elaborados. Sánchez (2001) plantea que la característica más importante de ellos es que permiten modificar la manera como se percibe el conocimiento, al estar éste multirrepresentado en distintos formatos, otorgando una visión más completa de la realidad.

Adell y Bellver (1995) plantean que en la década de los sesenta Theodor Nelson, basándose en las ideas de Vannevar Bush, define los sistemas hipertextuales. El hipertexto posee una arquitectura de conexiones semánticas de la información textual, que se corresponde a una estructura no secuencial. En este sistema los contenidos se organizan a través de nodos y enlaces. Los diferentes nodos, que son los que contienen la información textual, están conectados por enlaces, que son los encargados de activar las diferentes páginas (nodos) como opciones de navegación. Esto hace posible que un usuario se desplace libremente por la información, produciéndose una lectura no secuencial, adaptada a las propias decisiones del lector (León, 1998). El gran aporte del hipertexto es que permite al lector ser activo, construyendo su propio significado, a través de la selección de nodos o lexias que examinará o eludirá (Adell, 1995).

Posterior a la creación de la red Internet, que se basó en un protocolo único de transmisión de datos, conocido como TCP/IP (*Transmisión Control Protocol /Internet Protocol*), nace la World Wide Web o WWW, en el año 1992 (Sánchez, 2001). Éste es el servicio más utilizado en la actualidad de esta Red mundial. La información se compartió inicialmente utilizando el lenguaje HTML (*HyperText Mark-up Language*) (Raggett et al., 1999) basado en hipertexto, sobre la base del protocolo HTTP (*HyperText Transfer Protocol*), para enlazar las páginas o nodos publicados, permitiendo así que el recorrido entre páginas de información se realice a través de diversos hiperenlaces (Adell y Bellver, 1995). En la actualidad no se puede afirmar de forma general lo anterior, porque existen otras muchas tecnologías de publicación de información además del HTML en la WWW, como por ejemplo XML (*eXtensible Markup Language*) (Bray et al., 2000).

2.2 Sistemas Hipermedia

Un sistema hipermedia es un hipertexto multimedia (Sánchez, 2001). Estos sistemas combinan diferentes tipos de información, presentando una estructura organizada de manera no lineal (Gros, 1997). Utilizan diferentes formatos de información, permiten acceder a enlaces no sólo en forma de texto, sino también a gráficos, imágenes, sonidos, animaciones y vídeos, formando una topología jerárquica, conceptual o referencial (León, 1998) y, al mismo tiempo, facilitando la representación alternativa de la misma información, a través de la utilización de diversos formatos, en los distintos nodos.

Los sistemas hipermedias, al estar caracterizados por su construcción no secuencial, son relativamente flexibles, en el sentido que permiten manipular y representar información almacenada en los diferentes nodos multimedia, integrada en presentaciones estáticas, dinámicas o interactivas (León, 1998). En este ambiente los usuarios acceden a la información explorándola libremente, de manera asociativa, navegando a través de la estructura de nodos interconectados propuestos (Sánchez, 2001).

Algunas características de los sistemas hipermedia representan ventajas y, a la vez, limitaciones, como la componente hipertextual y el nivel de uso de los recursos multimedia (Delestre, Pécuchet, Barry-Gréboval, 1999).

Por una parte el hipertexto facilita al usuario la construcción de su propia estructura de conocimiento, ya que simula la manera en que la mente humana asocia y establece conexiones en su memoria, especialmente en la forma en que relaciona los conceptos, a través de representaciones internas (León, 1998). Así, es posible para el usuario comprender mejor las relaciones conceptuales que va construyendo de manera gradual, al generar, por sí mismo, nuevas asociaciones entre ellas (Delestre et al., 1999).

El segundo aspecto se relaciona con los niveles de uso de recursos multimedia y, esencialmente, la interacción persona ordenador. Ambos componentes hacen estos entornos altamente motivadores, por la variedad de formatos de información y la capacidad que éstos tienen de establecer una comunicación directa y de doble vía con el ordenador. Es decir, los

sistemas hipermedia permiten el intercambio de información a través de diversos tipos de diálogos: por medio del ingreso de datos, ejecución de procesos y entrega de retroalimentación.

Desde el punto de vista educativo, los sistemas hipermedia facilitan al estudiante la tarea de aprender, de acuerdo a su propio ritmo, debido a que, en términos generales, admiten que el usuario establezca una secuencia propia, en el recorrido de contenidos, pudiendo acceder a diversos niveles de profundidad.

Sin embargo, estos mismos atributos también pueden llegar a transformarse en dos grandes problemas para el usuario: la desorientación en el recorrido de la información y la saturación por exceso de información.

El almacenamiento de gran cantidad de datos es muy útil en los sistemas hipermedia, pero agravan el problema de sentirse perdido. El usuario, al tener la posibilidad de optar libremente frente a múltiples y variadas alternativas de itinerario, que le proveen estos sistemas, muchas veces se desorienta en el recorrido de los contenidos, encontrándose en una posición que le impide salir, llegar al lugar deseado, o alcanzar el objetivo inicial, con la consiguiente pérdida de tiempo y, probablemente, de interés. Alessi y Trollip (2001) distinguen dos aspectos relacionados con esta dificultad propia de los entornos hipermedia:

- La orientación, que deben proporcionar estos sistemas a fin que el usuario sepa dónde se encuentra y dónde está la información que requiere.
- La navegación, que a través de diversos métodos, facilita al usuario llegar donde quiere ir.

Muchos sistemas, para apoyar la navegación crean hiperenlaces, tales como, palabras, frases, iconos, imágenes o cualquier otro objeto que pueda ser “pinchado” con el ratón, éstos se combinan con otras técnicas como utilización de metáforas, menús, índices, tablas o mapas de contenidos. Algunos dispositivos de navegación, especialmente de carácter visual, como mapas y esquemas organizativos, pueden facilitar la orientación (Alessi y Trollip, 2001). No obstante, muchas de estas opciones de navegación están basadas en el dominio de los contenidos; los estudiantes, en sus primeras etapas del proceso de aprendizaje, aún no los han adquirido y, por lo tanto, no están familiarizados con ellos (Linard y Zeiliger, 1995). El estudiante, al recorrer los contenidos libremente puede encontrarse con conceptos o temas que requieren del manejo de ciertos prerrequisitos, como conceptos previos; la organización del conjunto de contenidos sin una estructura pedagógica que lo ayude en el recorrido de ellos, puede crear gran confusión.

Asimismo, al enfrentar una abrumadora cantidad de opciones de información, en diversos canales y formatos, se puede producir una sobrecarga de conocimiento o fatiga cognitiva, perturbando la interacción del usuario con el sistema, al demandarle un gran esfuerzo para centrar su atención; se ha demostrado que la capacidad del ser humano para memorizar en el corto plazo es bastante limitada. Muchas veces la misma información, se propone a través de diversos medios, de manera excesiva. Éstos deberían ser utilizados sólo para distinguir entre los diferentes niveles de conocimientos (Díaz, Catenazzi y Aedo, 1996; Delestre et al., 1999 y Sánchez, 2001).

Por otra parte, los sistemas interactivos, en general, no poseen la flexibilidad suficiente, en el sentido de considerar el nivel de conocimientos del que parte cada usuario (León, 1998). A pesar de su potencialidad, los sistemas hipermedia proveen siempre la misma página o pantalla, con idénticos contenidos, enlaces y formatos de información, sin diferenciar a la persona que lo está utilizando. No consideran ni distinguen las diferencias de conocimientos previos, intereses y necesidades entre usuarios. El diseño del sistema especifica y establece los contenidos y los enlaces disponibles, no ajustándose a los requisitos de ellos (León, 1998), limitando las opciones de navegación, que están prefijadas por los autores del programa.

2.3 Sistemas Hipermedia Adaptativos

Los Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA) nacen como forma de dar respuesta a los problemas planteados en la sección 2.2. Surgen por la necesidad de considerar las diversas características de los potenciales usuarios de estos tipos de materiales electrónicos, ya sea un software o sitios Web. Es una alternativa efectiva que, a partir de 1996, ha tenido un desarrollo importante para revertir las limitaciones de los sistemas uniformes hipermediales, descritos anteriormente.

De Bra (1998) diferencia los sistemas hipermedia adaptables de los hipermedia adaptativos. En los primeros las alternativas de presentación y navegación a través de los contenidos son personalizadas por el usuario. En los sistemas adaptativos la personalización del sistema con relación a un usuario, se efectúa de manera automática, de acuerdo a las características y forma de navegación del mismo. Es decir, el sistema establece una retroalimentación efectiva con cada usuario, lo conoce y le entrega la información adaptada a sus particulares características e intereses.

De Bra y Brusilovsky (1998) y Delestre et al. (1999) plantean dos propósitos fundamentales de este tipo de sistemas. El primero, es adaptar la forma de proporcionar conocimientos, cómo presentar la información en los documentos para cada usuario, dependiendo, por ejemplo, del orden en que éstos son visitados. El segundo, guiarlo en el hiperespacio, evitando que el usuario se sienta perdido, proporcionándole una navegación asistida; es decir, individualizada y otorgándole orientación.

Brusilovsky (2001) establece claramente dos áreas que son susceptibles de adaptación:

- Niveles de contenidos o presentación.
- Niveles de enlaces o ayuda de navegación.

Esto implica, necesariamente, adaptar la forma de presentar o introducir conocimientos al estudiante, de modo que el sistema pueda, en forma automática, modificar el contenido de las páginas o pantallas, como también alterar los enlaces de cada una de las páginas. Concretamente, se trata de proporcionar sólo la información necesaria para ese usuario específico, personalizada, sin necesidad de presentar una gran cantidad de información que puede serle irrelevante y abrumadora. Esto se concreta por medio de diversos métodos, que incluyen numerosas técnicas de adaptación, tanto para la presentación de la información, como para la navegación.

Brusilovsky (2001), define los SHA como aquéllos que son capaces de distinguir, de acuerdo a un Modelo del Usuario, las diferentes formas de presentar u omitir la información, en distintos tipos de formatos y en mayor o menor cantidad.

Eklund y Sinclair (2000) proponen otra definición, similar a la anterior, pero que incluye el Modelo del Dominio. Un SHA está basado en hipertexto o hipermedia, tiene un Modelo del Usuario el que registra algunas características específicas del usuario. Tiene un Modelo del Dominio, el cual es un conjunto de relaciones entre elementos de conocimientos en el espacio de información. El sistema es capaz de modificar algunas partes visibles o funcionales basándose en la información contenida en el Modelo del Usuario.

Una definición más amplia de estos sistemas, puesto que incorpora otros modelos, es la planteada por Gutiérrez y Pérez (2001) que definen a un SHA como “aquel sistema hipertexto o hipermedia que almacena internamente modelos de las características del usuario, del soporte físico que utiliza, de los diferentes soportes lógicos a su disposición, etc. y los utiliza para presentar la información que contiene de diferentes maneras”.

Finalmente, la forma en la que se efectuará la adaptación a un usuario específico en un SHA, dependerá, esencialmente, de la definición de los aspectos incluidos en cada uno de los modelos y de cuáles sean los modelos considerados.

Cabe señalar que las aplicaciones de los sistemas hipermedia adaptativos en diversas áreas son variadas. Brusilovsky (2001), menciona, además de los hipermedia educativos, los sistemas de información en línea como museos virtuales, enciclopedias electrónicas y kioscos de información y, también, los hipermedia para la búsqueda de información.

3. Modelos de Usuario, Interacción, Dominio, Entorno y Adaptación

En relación con los modelos que deben definirse y ser utilizados por los SHA, a fin de producir adaptaciones distintas para usuarios diferentes, existen propuestas variadas según diversos autores. Se consideran numerosos aspectos relacionados con: las características del usuario, la forma de interacción con el sistema, la estructura de los contenidos, las características técnicas del ordenador y del software y, también, las estrategias de adaptación que serán utilizadas (ver Tabla N° 3.1).

Brusilovsky (1996) lo concebía como el único modelo en el que se basaba la adaptación (ver Figura N° 3.1).

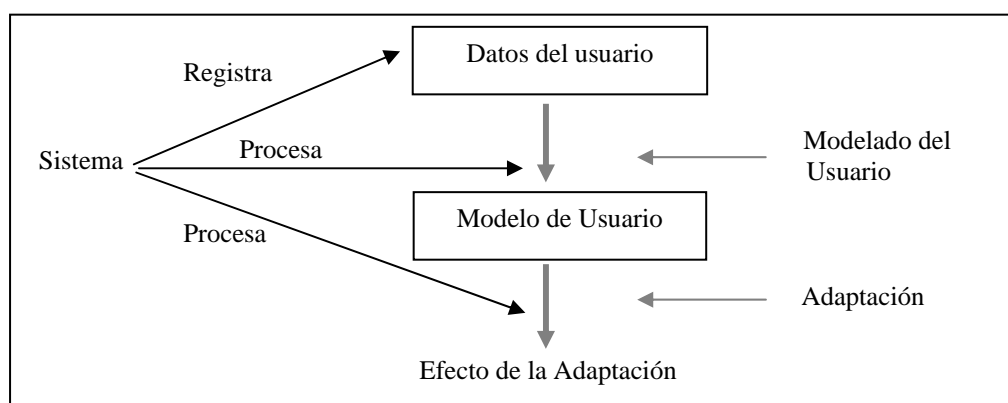


Figura N° 3.1: Sistemas Adaptativos (Brusilovsky, 1996).

Sin embargo, Brusilovsky (2001) plantea que en la actualidad se han utilizado otros modelos para crear adaptaciones basadas en algo más que exclusivamente en las características de los usuarios, destacando a Kobsa et al. (2001) que proponen: el modelo de interacción y el modelo de entorno.

MODELO	CARACTERÍSTICAS
USUARIO	▪ Obtiene y registra diversas características propias del usuario
INTERACCIÓN	▪ Registra las interacciones del usuario con el sistema y la frecuencia de las mismas
DOMINIO	▪ Define la estructura de los contenidos y las relaciones conceptuales
ENTORNO	▪ Obtiene las características técnicas del ordenador y software de navegación
ENSEÑANZA	▪ Establece las estrategias de adaptación basándose en el modelo de usuario y el modelo de dominio

Tabla N° 3.1: Modelos utilizados en la adaptación de los SHA.

3.1 Modelo del Estudiante o del Usuario

Tradicionalmente el desarrollo de los sistemas hipermedia consideraba el diseño de una única interfaz para todos los usuarios, y si ésta no funcionaba para un usuario determinado, era éste quien debía adaptarse a ella.

En contraste, los SHA tienen como objetivo adaptarse a una gran diversidad de personas, generando interfaces cambiantes según las categorías de los usuarios. Para desarrollar estos sistemas deben ser tomadas en cuenta múltiples características de los potenciales usuarios que están representadas en el Modelo de Usuario. De ahí la importancia de éste, porque gran parte de la adaptación que genera el sistema para usuarios diferentes está basada en él.

Según Medina, García y Parets (2002) éste es una representación interna del usuario que es almacenada, actualizada constantemente y consultada por el sistema, con el fin de adaptarse a cada usuario a fin de proporcionarle la presentación de la información y opciones de navegación de acuerdo a sus propias necesidades.

Medina et al. (2002a) explican que una de las formas de interacción del usuario con la adaptación es por medio de la creación y actualización del Modelo de Usuario. Si el usuario interviene directamente manifestando sus preferencias o proporcionando su perfil a través de un formulario, éste es, más que un sistema adaptativo, adaptable. De Bra (1998) plantea que por esta razón la mayoría de los SHA son a la vez adaptables, pues requieren un modo de inicializar el Modelo de Usuario o permiten a los usuarios ajustar de manera explícita ese modelo.

MODELO DEL USUARIO	ASPECTOS
(Brusilovsky, 1996)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objetivos del usuario ▪ Experiencias en navegación ▪ Preferencias ▪ Conocimientos ▪ Experiencias previas
(Kobsa et al., 2001)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Datos personales ▪ Objetivos ▪ Conocimientos ▪ Destrezas y capacidades ▪ Intereses ▪ Rasgos: de personalidad, factores cognitivos y estilos de aprendizaje
(Gutiérrez y Pérez, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Preferencias ▪ Información sobre el usuario ▪ Objetivos, tareas o planes del usuario ▪ Conocimiento sobre el dominio del hipermedia ▪ Historia del recorrido por el hiperespacio ▪ Comportamiento del usuario frente al sistema

Tabla N° 3.2: Modelo del Usuario.

Así como existen diversos puntos de vistas o perspectivas para describir un Modelo de Usuario de un SHA, también se hallan diversos planteamientos en el momento de especificar los aspectos relacionados con el usuario, por ejemplo, de qué manera, en qué momento y cuáles son los datos que deben ser registrados y procesados. El Modelo del Usuario se define de diferentes maneras, de acuerdo a los planteamientos de diferentes autores (Tabla N° 3.2). Para Brusilovsky (1996) éste se construye a partir de los objetivos o tareas a lograr, experiencias, preferencias y conocimientos de cada usuario en particular y se utiliza durante la interacción con el estudiante, con el fin de adaptarse a los requisitos específicos de cada uno. Gutiérrez y Pérez (2001) coinciden con estos aspectos, pero son más explícitos respecto a la interacción del usuario con el sistema, agregando dos más: el registro del recorrido a través de la información hipermedia y del comportamiento del usuario frente al mismo. La información requerida para generar este

modelo puede obtenerse a través de la aplicación de instrumentos de preguntas y respuestas o mediante el registro de la navegación que realiza el usuario cuando está utilizando el sistema. Kobsa, Koenemann y Pohl (2001) agregan tres aspectos más a los planteados por Brusilovsky (1996) que, a juicio de ellos, deben incluirse en este modelo. El primero, los datos personales que corresponden a datos objetivos, de gran utilidad para sistemas de comercio electrónico o “e-commerce”, pero no así para sistemas destinados a la enseñanza. El segundo, los intereses del usuario, a corto y largo plazo que pueden registrarse a través de opciones que le permiten al usuario marcar páginas o nodos de información, de manera de poder volver a ellos con facilidad. El tercero, los rasgos personales, entendidos como el conjunto de características que lo hacen único como persona; por ejemplo, rasgos de personalidad (introvertido/extravertido), factores cognitivos y estilos de aprendizaje, que son de gran utilidad en los SHA desarrollados con fines educativos. En general estos rasgos característicos son más o menos estables, en el sentido que si varían, lo harán en un período largo de tiempo.

Asimismo, existen autores que incluyen la interacción del usuario con el sistema como parte de este modelo (ver Tabla N° 3.3); otros la consideran de manera independiente a las características personales del usuario y la registran en un modelo aparte, en el Modelo de Interacción. Muchas veces las diferencias entre el Modelo del Usuario y el Modelo de Interacción no están claramente delimitadas, y en ellos algunos aspectos se solapan entre sí. Por ejemplo, el Modelo del Usuario, como lo conciben Brusilovsky (1996), De Bra, Houben y Wu (1999) y Gutiérrez y Pérez (2001), incorpora la función de registrar cómo el usuario navega por la información, las páginas o nodos visitados; desde esta perspectiva la interacción del usuario con el sistema es considerada como parte de los datos que se registran en este modelo.

MODELO DEL USUARIO	ASPECTOS RELACIONADOS CON LA INTERACCIÓN
(Brusilovsky, 1996)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Preferencias
(De Bra, et al., 1999)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registro de los nodos visitados
(Gutiérrez. y Pérez, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Historia del recorrido por el hiperespacio ▪ Comportamiento del usuario frente al sistema

Tabla N° 3.3: Modelo del Usuario que incluye aspectos de interacción

Como el interés de este trabajo se centra en los sistemas hipermedia adaptativos para la enseñanza, los potenciales usuarios son alumnos, por lo que se denominará a este modelo, a partir de ahora, como Modelo de Estudiante.

3.1.1 Aspectos considerados en el Modelo del Estudiante

De los aspectos considerados en este modelo, sólo se describirán los que representen utilidad en sistemas destinados a favorecer aprendizajes.

Conocimientos

Es una de las características más importantes utilizadas para producir la adaptación de los Sistemas Hipermedia. Se refiere al conocimiento que posee el estudiante en relación con los contenidos o temas representados en el sistema. La mayoría de las técnicas de presentación, tienen relación directa con este aspecto, como fuente de la adaptación. Esto implica que el sistema debe reconocer, de manera dinámica, los cambios de estado del conocimiento del alumno y actualizar el modelo de acuerdo a ellos.

El Modelo de Dominio representa una estructura de los conceptos interrelacionados a través de una red semántica. Una forma de representar el nivel de conocimientos del estudiante es superponer (Modelo de *Overlay*) los conocimientos de éste al del Dominio. Para cada concepto representado en el Modelo de Dominio, el Modelo del Estudiante, construye una

estructura similar a una tabla, donde se asigna y almacena un valor, que es una estimación del nivel de conocimiento que el usuario posee en ese momento, de un concepto específico; es una lista pares de “atributo – valor” (ver Tabla N° 3.4).

Ejemplo de Concepto	Conocimiento	Leído	Listo para ser leído
WWW	Aprendido	Falso	Falso
HTML	Bien aprendido	Verdadero	Verdadero
HTTP	No conocido	Falso	Verdadero

Tabla N° 3.4: Ejemplo de valores almacenados para un usuario (De Bra y Brusilovsky, 1998).

Esta forma presenta una gran dificultad al inicio del proceso, en el sentido de poder obtener todos los datos a través, por ejemplo, de una entrevista. De Bra y Brusilovsky (1998) plantean las tres opciones más comunes utilizadas para representar el conocimiento de un alumno sobre un concepto (ver Tabla N° 3.5).

Modelo	Formas	Ejemplos del valor
Booleano o binario	Dos posibilidades	Conocido / No conocido
Discreto o cualitativo	Cantidad discreta de valores	Totalmente aprendido Bien aprendido Aprendido No aprendido
Continuo o cuantitativo	Rango de valores o porcentajes	Intervalo entre [0,1] Porcentaje: 0% a 100%

Tabla N° 3.5: Superposición de Modelos (De Bra y Brusilovsky, 1998).

Un Modelo de Estudiante basado en estereotipos o alumnos “típicos” es otra forma empleada para representar el conocimiento de un usuario. Éste distingue varios estereotipos de usuarios. Para cada dimensión del Modelo de Estudiante, el sistema puede tener un conjunto de posibles estereotipos. Por ejemplo, un sistema puede utilizar dos dimensiones de clasificación y dos conjuntos de estereotipos. Una dimensión para representar el conocimiento general del alumno y la otra para representar los conocimientos en relación con el Modelo de Dominio. Los estereotipos asociados pueden ser: novel, principiante, intermedio y experto. Esto significa que un estudiante puede ser clasificado como “intermedio” respecto de conocimientos generales, pero como “novel” con relación con los conocimientos del dominio. Éste también puede representarse como un conjunto de pares “estereotipo – valor”, donde el valor asociado no sólo puede ser “verdadero” o “falso”, lo que significa que el usuario pertenece o no pertenece a ese estereotipo, sino que también a valores probabilísticos, esto es, que representa la probabilidad de que el alumno pertenezca a ese estereotipo. Medina et al. (2002a) plantean que en algunos sistemas los conocimientos del usuario son modelados mediante el uso de vectores, donde las componentes corresponden a una probabilidad condicional que indica la estimación del conocimiento que tiene el estudiante sobre un contenido. El vector de conocimiento se actualiza a través de la implementación de una red bayesiana. Esta forma de modelar los conocimientos del usuario es más simple y menos poderosa que la superposición de modelos, descrita anteriormente, pero también es más general, fácil de aplicar y mantener. Un problema con la utilización de estereotipos para modelar el conocimiento del alumno es que algunas técnicas de adaptación requieren una mayor precisión respecto de los conocimientos que tiene el discente, más que categorías amplias. Una manera de resolver esta limitación es asociar una cantidad fija de pares “atributo - valor” con cada uno de los estereotipos o a través de una manera más flexible, que debería basarse en la dificultad de los conceptos.

Buenos resultados se han obtenido combinando ambas formas, es decir, la superposición de modelos y el uso de estereotipos. Inicialmente, el modelado a través de estereotipos se emplea al

inicio del trabajo para clasificar al nuevo estudiante y fijar los valores iniciales para el modelo de superposición, de ahí en adelante se utiliza éste último de manera regular.

Objetivos/Tareas

Los objetivos o tareas es una característica que está relacionada directamente con el contexto de trabajo del estudiante en el sistema, tiene relación con la respuesta a la pregunta ¿para qué se está utilizando el sistema hipermedia? (Gutiérrez y Pérez, 2001), es decir, el objetivo del alumno se refiere a las razones por las cuáles éste utiliza el sistema y lo que desea lograr en su interacción con el mismo. Dependiendo del sistema hipermedia, los objetivos pueden ser de trabajo en aplicaciones, de búsqueda de información en sistemas de información como, por ejemplo, enciclopedias o de aprendizaje, en sistemas hipermedias educativos. En algunos sistemas se distinguen dos tipos de objetivos: concretos o de ámbito local, que son más específicos que la simple descripción del uso del sistema, y se refieren a las tareas concretas que realizará el discente (Gutiérrez y Pérez, 2001) y, generales o de alto nivel, que son más estables. Esto significa que los primeros son variables, en el sentido, que los objetivos concretos del estudiante, en la medida que éste va interactuando con el sistema, se van modificando frecuentemente, ya sea en sesiones distintas o en una misma sesión varias veces.

La forma de modelar el objetivo en curso del usuario es similar a la superposición del modelado del conocimiento. Como regla, cada sistema sostiene un conjunto de posibles objetivos o tareas de un usuario que pueden reconocerse. Para modelar el objetivo el sistema incluye unos de estos objetivos en el Modelo de Estudiante. Algunos sistemas más avanzados utilizan una mayor representación de posibles objetivos y actualizan permanentemente los de los alumnos, representándose a través de una estructura jerarquizada de las tareas, mediante un conjunto de pares “objetivo – valor”, donde el valor corresponde generalmente, a la probabilidad que el objetivo asociado sea el objetivo del estudiante.

Procedencia (Background)

La procedencia incluye toda información relativa a las experiencias previas del alumno independientes del contexto del sistema. Se refiere específicamente a la actividad o profesión, experiencias en áreas relacionadas, lenguaje, puntos de vista y perspectiva. Gutiérrez y Pérez (2001) la describen como “Información sobre el usuario” e indican que puede ser relevante para la adaptación.

Este aspecto es considerado en el Modelo de Estudiante, a través de estereotipos, tanto para escoger y aplicar técnicas de adaptación de contenidos, en algunos sistemas, como técnicas de apoyo a la navegación, en otros.

Experiencia en el hiperespacio

Las experiencias en el hiperespacio están referidas al grado de familiaridad que el alumno tiene con la estructura de los sistemas hipermedia y su facilidad para recorrerlo. Muchos estudiantes tienen conocimientos sobre los contenidos del sistema, pero no saben desenvolverse efectivamente en el momento de recorrerlos; igualmente, hay alumnos que pueden navegar a través de la información hipermedia sin problemas, pero no tienen ningún conocimiento sobre los contenidos proporcionados en el sistema.

El apoyo, a estudiantes sin experiencia, a través de diferentes técnicas que facilitan la “navegación” o el recorrido de la información en sistemas hipermedias, especialmente los de gran tamaño, puede facilitar enormemente el hecho de que no se sientan perdidos. El Modelo de Estudiante para escoger la(s) técnica(s) de adaptación de apoyo a la navegación se basa, al igual que para la característica de la procedencia, en el modelado de estereotipos.

Preferencias

Diferentes alumnos, por distintas razones, prefieren algunos enlaces a páginas, a partes de ellas. Estas preferencias pueden ser absolutas o relativas, dependiendo del objetivo, nodo en que se encuentren y contexto. En los sistemas de búsqueda de información este aspecto tiene una gran importancia, siendo a veces la única característica del estudiante que es tomada en consideración para ser modelada.

Kobsa et al. (2001) consideran las preferencias del usuario en el Modelo de Interacción.

Esta característica, a diferencia de las anteriores, no puede ser deducida por el sistema, de manera que es éste quien debe informar al sistema directamente o indirectamente, a través de una simple retroalimentación, de sus preferencias. Este tipo de información permite adaptar la presentación al gusto del alumno y, como es éste quien proporciona este tipo de datos, se dice que el sistema en este aspecto es adaptable, más que adaptativo (Gutiérrez y Pérez, 2001).

Intereses

Si bien este aspecto fue considerado de manera teórica, éste no fue modelado en los primeros SHA. En la actualidad este aspecto es de especial importancia en los actuales sistemas de búsqueda de información basados en páginas Web, donde se consideran los intereses a largo plazo y de manera paralela los objetivos de búsqueda, con el fin de mejorar el filtro de información y las recomendaciones, incorporando de manera adaptativa la posibilidad de registrar aquellos sitios favoritos. En sistemas adaptativos en línea como kioscos, enciclopedias y museos, los intereses de los usuarios sirven como base para sugerir otros nodos o páginas relevantes.

Rasgos individuales

Es el conjunto de características propias de un alumno, que de manera conjunta lo definen en su individualidad. Este grupo de peculiaridades incluye, por ejemplo, factores de personalidad, factores cognitivos y estilos de aprendizaje. Estos rasgos, al igual que el “*background*”, son características estables en un estudiante, en el sentido que no pueden cambiar totalmente o si cambian, será en un largo período de tiempo. La forma más común de obtener esta información es a partir de la aplicación de tests psicológicos y no de una simple entrevista. Si bien es cierto que existe consenso en que estos rasgos deben ser considerados, no hay un acuerdo sobre cuáles pueden y deberían utilizarse o cómo usarse.

Destrezas y capacidades

Destaca la diferencia que existe entre las acciones que un estudiante sabe cómo realizar o está familiarizado con ellas de las que es capaz de realizar. Es posible que los alumnos sepan como realizar determinadas acciones, pero que no posean la capacidad para realizarla por algún tipo de discapacidad física. Existen SHA que consideran las limitaciones de personas con diversos tipos de discapacidad y recomiendan, de manera adaptativa, solamente aquellas acciones que un usuario, con dichas características concretas, está en condiciones de realizar.

3.2 Modelo de Interacción

Kobsa et al. (2001) consideran algunos aspectos del Modelo del Estudiante como parte del Modelo de Interacción. Por ejemplo las preferencias del alumno corresponden a un aspecto del Modelo de Interacción, como parte de las acciones selectivas que éste realiza a través de la activación de hiperenlaces y de la frecuencia con que los activa. Toppano (2002), a diferencia de Kobsa et al. (2001) que consideran otros modelos además del de Interacción, propone que las decisiones de adaptación se basen exclusivamente en este modelo (ver Tabla N° 3.6).

Los SHA que están basados de manera exclusiva en HTML sólo son capaces de registrar qué páginas y archivos han sido requeridos desde el servidor, los cuales incluyen un rastro o

registro de la trayectoria de navegación para enlaces de un mismo sitio. Sistemas que tienen un mayor control sobre la interacción, como los que utilizan Java Applets (SUN, 2003), pueden registrar una mayor gama de acciones realizadas por un estudiante, como la acción de seleccionar un hiperenlace y los movimientos que hace con el “ratón” (Kobsa et al., 2001).

MODELO DE INTERACCIÓN	CARACTERÍSTICAS
(Kobsa et al., 2001)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilización o interacción observable <ul style="list-style-type: none"> i. Acciones selectivas <ul style="list-style-type: none"> - Intereses - Poca familiaridad o Falta de costumbre - Preferencias ii. Comportamiento visible temporal iii. Clasificaciones iv. Acciones confirmatorias/no confirmatorias ▪ Regularidad en la utilización <ul style="list-style-type: none"> i. Frecuencia de utilización ii. Correlación entre situación y acción iii. Secuencia de acciones
(Toppano, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selecciona los eventos más óptimos a partir de: la navegación del estudiante por diversas situaciones dadas y de la secuencia de acciones que realiza (como la activación de hiperenlaces)

Tabla N° 3.6: Modelo de Interacción.

Este modelo también puede utilizarse como una fuente o recurso para la adaptación. En el caso de las preferencias, hábitos y niveles de conocimientos que se pueden obtener a través de ciertas regularidades manifestadas en la interacción del alumno con el sistema.

3.2.1 Aspectos considerados en el Modelo de Interacción

Utilización o interacción observable

Existen diversas formas en las que un estudiante puede interactuar con un sistema. Los siguientes tipos de interacciones son de gran importancia para el desarrollo de sistemas adaptativos.

▪ **Acciones selectivas**

El tipo más frecuente de interacción en un sistema hipermedia es hacer clic sobre un enlace. Al realizar esta acción, el usuario escoge una opción en un nodo o página. Esta acción selectiva es un indicador para una gran variedad de tipos de datos del usuario:

- *Intereses*: muchos sistemas utilizan las características de las acciones selectivas como indicadores de los intereses del usuario. Otras formas de obtener esta información es a través del uso de barras de desplazamiento (*scrollings bar*) y operaciones de ampliación de objetos hipermedia, como operaciones de expansión de documentos, operaciones de control de vídeo o audio. Sin embargo, si el alumno no ha visto o entendido todas las opciones disponibles, o simplemente se ha mantenido inactivo, este indicador puede no ser tan confiable respecto de sus intereses. Pero, evidencian con una ganancia positiva solamente los intereses, no seguir un enlace cuando hay o existen otros presentes no es un indicador confiable, en general, de que no tiene interés en esos otros ítems.
- *Poca familiaridad*: las acciones selectivas también pueden utilizarse para reconocer la falta de familiaridad del estudiante con los ítems técnicos. Por ejemplo, existen sistemas que permiten al alumno, al hacer un clic en un enlace, obtener explicaciones sobre conceptos técnicos. Cuando el usuario realiza esta acción se asume o presupone que no está familiarizado con ese ítem o concepto. En este caso, nuevamente, las acciones

selectivas conducen solamente a evidencia de tipo positiva, porque no seguir un determinado enlace explicatorio no es un indicador real de la familiaridad del discente con el ítem explicado. Más aún, este enlace podría ser escogido por otras razones como curiosidad, asegurarse que realmente lo entiende de manera íntegra, etc.

- *Preferencias*: una manera especial de usar las acciones selectivas es presentar prototipos de objetos de interés potencial para el estudiante y de allí permitir que éste seleccione. La selección realizada por el alumno es tomada para inferir sus preferencias con respecto al tipo de objetos presentados.

▪ **Tiempo de visualización**

Un indicador del eventual interés de un alumno es el tiempo que dedica a visualizar una página. Medir el tiempo efectivo de visualización es bastante complejo, pues es casi imposible determinar si el estudiante ha estado frente a la pantalla del computador y mirando un ítem específico dentro de un intervalo o lapso de tiempo. En ambientes de múltiples ventanas puede que un usuario ni siquiera perciba un ítem particular, porque la ventana está cubierta por otra, o un ítem puede estar fuera del área visible de la ventana. En la mayoría de los casos el tiempo de visualización, por lo tanto, puede ser un mal indicador.

Sin embargo, el tiempo de visualización puede servir como una evidencia negativa. Si el tiempo de presentación de una página hipermedia es menor a cierta tolerancia, entonces la información presentada en tal nodo no es de interés para ese estudiante. Determinar el tiempo de visualización de objetos hipermedia es relativamente fácil si éstos están sincronizados, como los archivos de vídeo o audio, y si la reacción del usuario se distingue inmediatamente después de la finalización de la sincronización. El hecho de que el alumno haya esperado hasta que termine la presentación también puede juzgarse como un indicador relativamente fuerte de que tiene interés en el objeto sincronizado.

▪ **Clasificaciones**

En diversos sistemas al usuario se le solicita valorar de manera explícita ciertos objetos (como documentos, noticias, productos). Estas valoraciones indican la relevancia o cómo de interesantes son estos objetos para un usuario, o cómo de relevantes e interesantes piensa el usuario que son para otros usuarios. Pueden aplicarse escalas de tipo binarias (por ejemplo, clasificar un objeto como “interesante”/“no interesante”) o escalas limitadas, con una cantidad discreta de valores numéricos o símbolos (valores enteros entre 0 y 5). Un primer problema con las clasificaciones es que la relevancia de la información siempre es relativa, en relación con las necesidades de información del estudiante, porque éstas son cambiantes. Un segundo, es que en entornos de información los juicios sobre la relevancia de ítems individuales son típicamente asumidos como independientes cuando de hecho no lo son. Un tercer problema es que los usuarios de ordenadores son conocidos por no suministrar muchas clasificaciones, especialmente las de carácter o tipo negativo. Son generalmente muy renuentes a realizar acciones que no están directamente ligadas hacia sus objetivos próximos, si no reciben beneficios inmediatos, aún cuando ellos pudieran beneficiarse en el largo plazo. Estos métodos de recolección de información no deberían depender de modo exclusivo en las entradas explícitas de un alumno, y particularmente no en clasificaciones negativas.

▪ **Acciones confirmatorias /no confirmatorias**

Es interesante controlar si el estudiante efectúa otros tipos de procesamientos como guardar documentos, imprimir documentos, marcar una página Web en favoritos, entre otros.

Regularidad en la utilización

El procesamiento de este tipo de datos es necesario para adquirir información relativa a las preferencias de los usuarios, hábitos y niveles de destrezas.

▪ **Frecuencia de utilización**

Una de las formas más obvias de obtener datos sobre las costumbres de un alumno es categorizar eventos y contar sus frecuencias. Por ejemplo, órdenes que no son utilizadas por un individuo, pero sí de un modo frecuente por el resto del grupo, pudiesen ser señaladas para este estudiante.

▪ **Correlación entre situación y acción**

Son sugerencias basadas en estadísticas que expresan correlaciones generalizadas entre situaciones previas y cómo el usuario procede.

▪ **Secuencia de acciones**

Las secuencias de acciones son analizadas en su mayoría para:

- Recomendar la generación de “macros” para secuencias de acciones frecuentemente utilizadas.
- Predecir acciones futuras del estudiante, basándose en acciones realizadas anteriormente.
- Recomendar macros basándose en secuencias de acciones frecuentes de otros alumnos.

3.3 Modelo del Dominio

La adaptación que provee un sistema hipermedia debe fundamentarse en más de un único modelo. Prácticamente todos los autores coinciden en al menos dos modelos necesarios para producir la adaptación en este tipo de sistemas, el Modelo de Estudiante y el Modelo del Dominio (Eklund y Sinclair, 2000); (Buendía y Díaz, 2002). El Modelo del Dominio (ver Tabla N° 3.7) según Gutiérrez y Pérez (2001) representa los contenidos del SHA que recorrerá el estudiante al interactuar con él; tiene la particularidad de describir cómo se estructura la información y cuáles son las relaciones que se establecen en un nivel conceptual. De Bra et al. (1999b) distinguen además entre distintos tipos de conceptos y relaciones que se establecen entre ellos, en esta red semántica. Buendía y Díaz (2002) consideran claramente en éste una componente didáctica, para el diseño de sistemas instruccionales, que De Bra et al. (1999b) la consideran de forma independiente en un modelo aparte, el Modelo de Enseñanza.

En este modelo se define la estructura de los contenidos del sistema hipermedia y cómo se establecen las relaciones conceptuales.

MODELO DEL DOMINIO	CARACTERÍSTICAS
(De Bra et al.,1999b)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Define la estructura del sistema estableciendo relaciones entre los conceptos a través de una red semántica <ul style="list-style-type: none"> i. Conceptos atómicos ii. Conceptos compuestos ▪ Tipos de relaciones entre conceptos <ul style="list-style-type: none"> i. Enlaces ii. Relación de prerrequisito iii. Relación de inhibición
(Gutiérrez y Pérez, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Información inherente del dominio que se representa ▪ Información general adicional
(Buendía y Díaz, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Describe cómo los contenidos de la aplicación están estructurados, basados en un modelo didáctico <ul style="list-style-type: none"> i. Objetos instruccionales ii. Estructuras didácticas: incluye información didáctica utilizada para enseñar contenidos específicos: Tareas instruccionales y Escenarios de aprendizaje

Tabla N° 3.7: Modelo del Dominio.

De Bra (1999) concibe el Modelo del Dominio como aquél que describe la estructura conceptual de la información, donde a cada nodo de la red semántica se asocian el(los) documento(s) que serán mostrados a los usuarios de acuerdo a la información que proporcione el Modelo de Estudiante y el Modelo de Adaptación.

3.3.1 Aspectos considerados en el Modelo del Dominio

Se distinguen dos tipos de componentes: los conceptos y las relaciones conceptuales. Los conceptos o fragmentos atómicos, páginas, conceptos compuestos (ver Figura N° 3.2) y las relaciones conceptuales, en conjunto, forman el Modelo del Dominio de un SHA.

Categorías de conceptos

▪ Concepto o fragmento atómico

Son las unidades más pequeñas de información y están en el nivel más bajo, son fragmentos de información no susceptibles de ser modificados por el sistema. Éstos corresponden a un párrafo de texto, una imagen, un vídeo, etc.; no obstante para un SHA no es de interés la estructura interna de un fragmento. Un concepto atómico no puede contenerse a sí mismo, tanto de forma directa como indirecta, pero siempre está incluido en algún concepto compuesto.

▪ Página

Es un conjunto formado exclusivamente por conceptos atómicos o fragmentos estructurados de acuerdo a una secuencia que ordena la presentación de ellos. Los fragmentos están condicionalmente incluidos en la presentación dependiendo de la adaptación realizada por el sistema. Una página sólo puede contener fragmentos y un mismo fragmento o concepto atómico puede estar incluido en más de una página.

▪ Concepto compuesto

Un concepto compuesto es un conjunto de otros conceptos compuestos y/o páginas estructuradas de alguna manera. Éstos tienen dos atributos especiales: una secuencia de conceptos menores y una función constructora que indica cómo éstos se relacionan entre sí. Un concepto compuesto, entonces, puede contener otros conceptos compuestos o páginas, pero no conceptos atómicos.

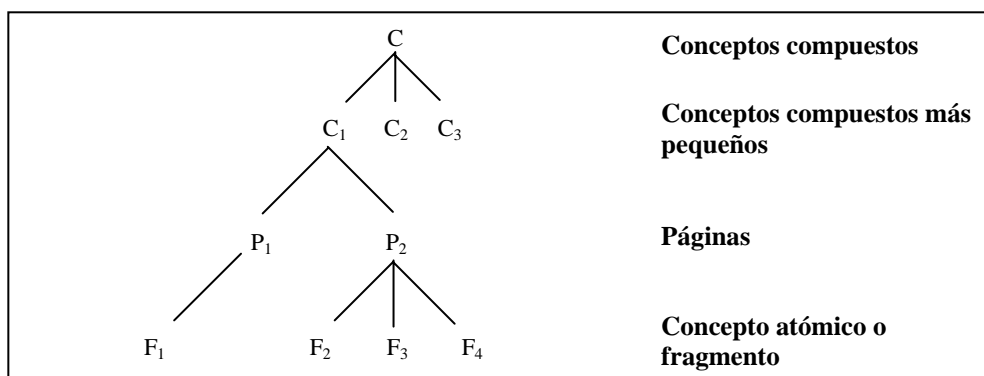


Figura N° 3.2: Modelo de Dominio: Jerarquía de conceptos (Wu et al., 2001).

Algunos tipos de relaciones entre conceptos

Cuando se diseña un SHA se define en el Modelo del Dominio los tipos de relaciones que se quiere establecer entre los diferentes tipos de conceptos y cómo serán utilizadas. Una relación entre conceptos es un objeto, con un identificador único y pares atributo-valor, que vincula una secuencia de dos o más conceptos (Wu et al., 2001).

De Bra y Brusilovsky (1998) establecen los siguientes tipos de relaciones entre conceptos: enlaces, prerequisites e inhibitor, indicando a la vez que pueden existir muchas más.

▪ **Enlaces**

Es la forma más común de relación entre dos elementos. Los enlaces se caracterizan por tener al menos un elemento de origen y uno de destino. Un enlace conduce desde un concepto a otro concepto específico, a través de un enlace hipertextual.

▪ **Prerrequisito**

Son utilizados como un mecanismo de ordenación parcial para ayudar al usuario en la selección de una trayectoria significativa a través de la información en un SHA. Cuando un concepto **A** es prerequisite de **B** significa que el usuario debería visitar primero las páginas sobre **A** antes que las de **B**. No obstante, esto no quiere decir que debería existir un enlace desde **A** hacia **B**. Cuando **A** es prerequisite de **B** el sistema utilizará la adaptación de enlaces para guiar al usuario hacia **A** antes de mostrar o enfatizar un camino hacia **B**. La idea en general es que un usuario debería leer o aprender sobre otro(s) concepto(s) antes de comenzar con otro(s).

Hübscher (2001) diferencia claramente dos tipos de prerequisites utilizados.

- *Prerequisites como mecanismos de ordenación $P_1 \rightarrow P_2$* : son los que establecen de manera parcial la secuencia en que deberían recorrerse las páginas. Si la página **P₂** tiene como prerequisite la página **P₁**, entonces **P₁** debe visitarse antes que **P₂**. Al mismo tiempo, dependiendo de los objetivos del sistema hipermedia, en el diseño pueden establecerse relaciones lógicas entre páginas. El usuario, por ejemplo, tiene que visitar ambas páginas **P₁** y **P₂** para posteriormente ir a la página **P₃**. Otra forma es que éste debe visitar cualquiera de las dos páginas **P₁** o **P₂** de manera previa a la página **P₃**. Wu et al. (2001) plantean que cuando diferentes prerequisites están combinados usando el operador lógico “y” significa que todos los prerequisites para un concepto deben satisfacer la condición, de manera de que pueda ser considerado apto. Para otros tipos de prerequisites la combinación también puede ser a través del uso del conector lógico “o”, donde al menos una de las condiciones debe cumplirse o ser satisfecha. Combinaciones de requisitos de relaciones de distintos tipos teniendo un mismo destino, siempre son combinadas con “y”.
- *Prerequisites pedagógicos $A \Rightarrow B$* : en un contexto educativo el concepto de prerequisite es utilizado con un sentido pedagógico. En este caso, si el concepto **A** es requerido para comprender el concepto **B**, entonces **A** es denominado como un prerequisite pedagógico de **B**. Bajo algunas circunstancias los prerequisites pedagógicos pueden transformarse de forma directa en prerequisites de ordenación, es decir, $A \Rightarrow B$ entonces $A \rightarrow B$, pero existen otras situaciones en las que no es así. Por ejemplo, ciertas metodologías de enseñanza como la de Aprendizaje Basado en Problemas, utilizadas en ciertas áreas del conocimiento, requieren otro tipo de ordenación, en que los propios estudiantes descubran por sí mismos la necesidad de aprender ciertos conceptos para comprender otros, es decir, siguiendo esta metodología, el prerequisite pedagógico $A \Rightarrow B$ es transformado en el prerequisite de orden $B \rightarrow A$.

Hübscher (2001) aclara que, por definición, un prerequisite que no es necesario no es un prerequisite. No obstante existen diferentes niveles de entendimiento en relación con un concepto que es útil considerar. Un concepto puede ser utilizado de maneras diferentes, ya sea para recordarlo, para usarlo o para entenderlo. Para recordarlo, significa que no es necesario que lo aprenda, sólo que sea consciente de su existencia. Para usarlo, significa que sea capaz de aplicarlo en situaciones normales, sin necesidad de entender los principios esenciales del mismo. Para entenderlo, requiere comprender los principios fundamentales del mismo y ser capaz de aplicarlo en situaciones nuevas y diferentes.

De Bra, Aerts y Rousseau (2002) definen algunas propiedades de los tipos de relaciones conceptuales:

- Las relaciones son todas de carácter binario. Es factible utilizar dos o más relaciones con el mismo destino, para indicar que distintas páginas contribuyen al conocimiento de un concepto, expuesto de otra manera, que varias páginas son prerequisites de un único concepto.
- Las relaciones entre conceptos pueden tener un valor opcional asociado a ellas. Para el conocimiento esto indica cuánto de un conocimiento original contribuye al conocimiento del concepto de destino. Para los prerequisites indica cuánto conocimiento del concepto de origen se requiere antes de que el concepto siguiente sea llegado a ser considerado como apto.

▪ Inhibidor

Una vez que el estudiante ha leído o aprendido algún(os) concepto(s), otros conceptos se convierten en irrelevantes, de forma que el sistema sugiere al alumno no visitar o no volver a esas páginas.

En la Figura N° 3.3 está representada una estructura conceptual con los tres tipos de relaciones descritos anteriormente.

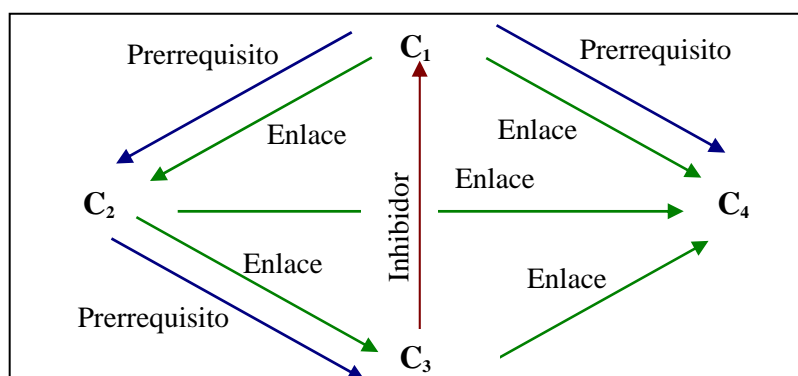


Figura N° 3.3: Ejemplo de una estructura conceptual y sus relaciones (Wu et al., 2001)

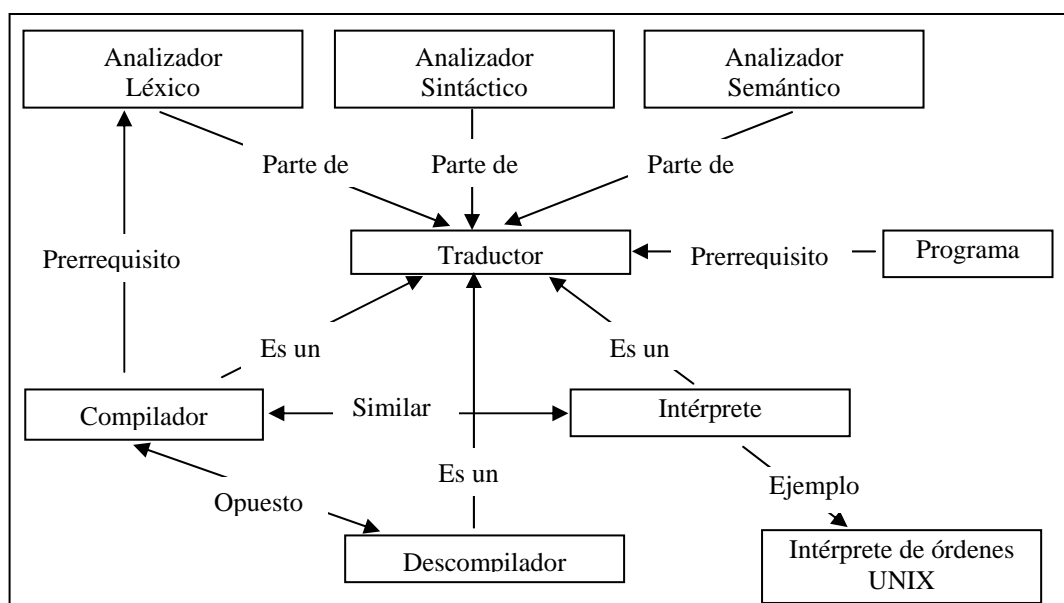


Figura N° 3.4: Relaciones conceptuales establecidas en HyperTutor (Pérez. et al., 1995)

Algunos SHA educativos como HyperTutor (Pérez, Gutiérrez y Lopistéguy, 1995) y AHM (*Adaptive Hipermedia Model*) (Da Silva, Van Durn, Duval y Olivié, 1998), se incorporan otras variedades de relaciones.

En HyperTutor (Pérez et al., 1995) las relaciones conceptuales utilizadas están basadas en teorías educacionales para el diseño instructivo del currículum. Las relaciones utilizadas son: *prerrequisito, es un, parte de, similar, opuesto, ejemplo, caso particular y excepción*. Algunas de estas relaciones están representadas en la Figura N° 3.4.

El sistema AHM tiene como objetivo enseñar los contenidos de un curso, denominado “Modelado multimedia y programación”. En éste se definen relaciones entre dos tipos de nodos: conceptos y documentos. Los documentos son objetos multimedia que pueden contener segmentos de textos, imágenes o demostraciones de carácter interactivas, que permiten explicar el concepto al cual están asociados. Las relaciones semánticas se representan por medio de dos tipos de enlaces concepto – concepto y concepto – documento. En la relación concepto – concepto se define dos tipos: *prerrequisito* y *especialización*. En la relación concepto – documento: *ilustración, explicación y evaluación*. Existe un mínimo de conocimientos que debe obtener el estudiante en relación con un concepto que es prerrequisito de otro, de manera que sólo así pueda acceder al otro concepto que es más avanzado, esto se expresa por un valor en la relación entre los dos conceptos. Al mismo tiempo, cada documento tiene asociado un nivel de dificultad con respecto al concepto que explica, el cual está representado por un valor que varía entre 0 y 99, donde el mayor valor equivale a un mayor grado de dificultad. En la Figura N° 3.5 se representa una parte de la estructura del Modelo de Dominio del sistema AHM, donde se visualizan las relaciones *es prerrequisito de* entre conceptos y *explicación* entre un concepto y los documentos.

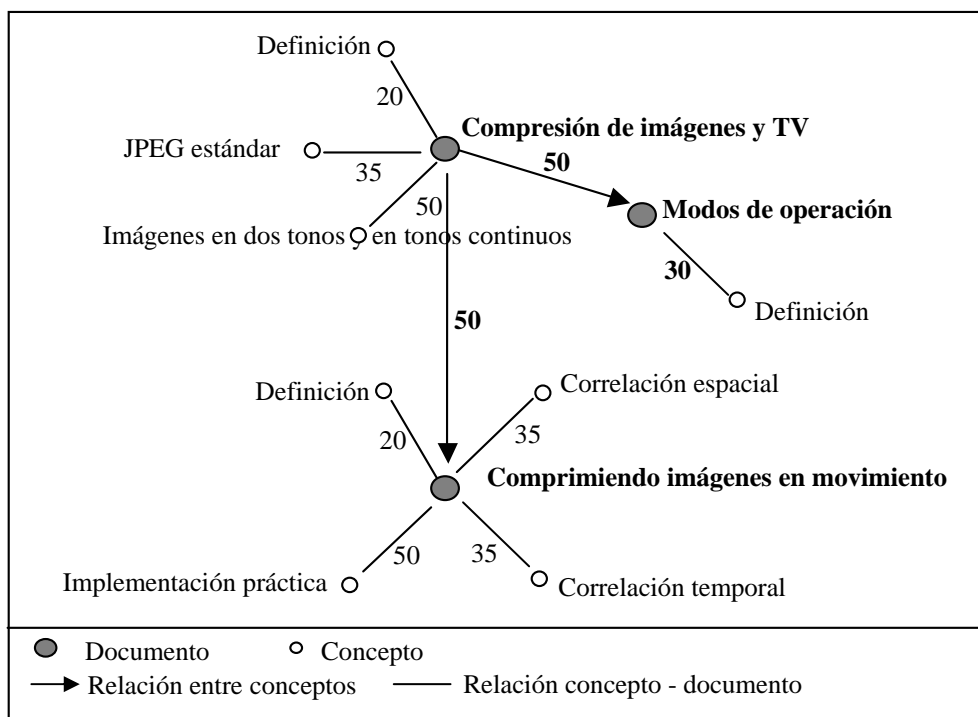


Figura N° 3.5: Ejemplo de parte de la estructura de un curso (Da Silva et al., 1998).

Ontologías

Castells y Macías (2002) plantean la utilización de ontologías para representar el conocimiento. Éstas se emplean para:

- Que el autor describa los contenidos o materia.

- Construir modelos de presentación asociados a las diferentes categorías del conocimiento.

Una ontología es una taxonomía o clasificación flexible que permite realizar una representación conceptual compartida facilitando una comprensión común de un dominio (Castells y Macías, 2002). Éstas pueden incluir tanto clases genéricas como específicas (Tabla N° 3.8).

CLASES	EJEMPLO
Genérica	Concepto, Lección o Hecho
Específica	Algoritmo, Teorema o Definición

Tabla N° 3.8: Ejemplos de Clases de una ontología (Castells y Macías, 2002).

Además, consideran elementos para representar distintas categorías de información. Por ejemplo, información asociada a la materia, de tipo pedagógico y sobre el estado del usuario y del entorno en tiempo de ejecución. Esta información se recoge mediante la definición de atributos para cada una de las clases y relaciones entre clases (Tabla N° 3.9).

INFORMACIÓN	EJEMPLO
Sobre la materia	El teorema posee un enunciado y una demostración
Pedagógica	Las lecciones tienen distintos niveles de dificultad
Estado del usuario y entorno	Un concepto es conocido o no por el estudiante

Tabla N° 3.9: Ejemplos de Información adicional para una ontología (Castells y Macías, 2002).

Los cursos se construyen a través de la creación de redes semánticas de objetos del dominio, utilizando las clases y relaciones definidas con anterioridad en la ontología. La especificación de la presentación que incluye generación de enlaces, correspondencia entre estilos de enlaces y objetos del dominio, y la disposición espacial de enlaces y fragmentos se hace de manera separada a la construcción de los contenidos, favoreciendo de esta forma la reutilización de estos últimos.

3.4 Modelo del Entorno

Otro modelo, aportado por Kobsa et al. (2001), es el Modelo del Entorno o del Ambiente Físico (Tabla N° 3.10), que se construye para responder a las características del software, hardware y localización del usuario virtual. Gutiérrez y Pérez (2001) plantean que el sistema puede adaptarse, a partir de estos datos, al soporte físico que esté usando el usuario en un momento determinado.

MODELO DEL ENTORNO	CARACTERÍSTICAS
(Kobsa et al., 2001)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Software <ol style="list-style-type: none"> i. Tipo y versión del navegador y/o sistema operativo ii. Disponibilidad de <i>Plug-ins</i> iii. Disponibilidad para Java o <i>JavaScripts</i> (páginas dinámicas, páginas interactivas) ▪ Hardware <ol style="list-style-type: none"> i. Tipo de conexión a la red ii. Velocidad del procesador iii. Dispositivos de despliegue iv. Dispositivos de entrada ▪ Ubicación <ol style="list-style-type: none"> i. Ubicación geográfica del usuario ii. Características de uso local
(Gutiérrez y Pérez, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Información que permite regular la funcionalidad multimedia que utiliza el usuario

Tabla N° 3.10: Modelo del Entorno o Ambiente Físico.

En los SHA no sólo la información relacionada con el usuario y los contenidos del sistema hipermedia es prioritaria. Los nuevos sistemas, para refinar el proceso de adaptación, consideran también variables del contexto del usuario. Existe diversa información relativa al entorno que puede ser utilizada para producir mejores adaptaciones. Gutiérrez y Pérez (2001) plantean que el entorno contiene información útil para modelar la funcionalidad multimedia que está usando un usuario específico, de manera que el sistema pueda adaptarse a las características del soporte físico que éste utilice. Medina et al. (2002a) consideran que este tipo de información permite refinar el proceso de adaptación al considerar, además de las características del usuario las de su propio entorno.

3.4.1 Aspectos considerados en el Modelo del Entorno

Kobsa et al. (2001) detallan este modelo, dividiéndolo en entornos de Software, Hardware y Ubicación.

Software

Las antiguas versiones de navegadores para páginas Web tienen capacidades bastante limitadas, impidiendo a aquellos usuarios que no utilizan versiones actualizadas, visualizar e interactuar de manera efectiva con todas las funciones potenciales del sistema elaborado.

La siguiente información es de particular interés para los diferentes entornos de software de los usuarios.

- **Tipo de versión del navegador y/o sistema operativo**

Los distintos navegadores y sus respectivas versiones difieren en la gama de características que soportan. La gran variedad de versiones que son utilizadas es un aspecto de importancia para tener en cuenta, especialmente si el sistema diseñado está basado en Web y está dirigido a una audiencia global masiva. Los usuarios, normalmente, son lentos en actualizar sus versiones de navegadores, por lo que la determinación de un conjunto mínimo de capacidades y una valoración de qué versiones alternativas son necesarias para la presentación, se torna cada vez más importante.

En el desarrollo de software hipermedia, es importante también tomar en cuenta los posibles sistemas operativos en los que éste podrá ser utilizado, como es el caso de Mac OS, GNU/Linux o las diferentes versiones de Windows.

- **Disponibilidad de *Plug-ins***

Los sistemas o sitios que quieren entregar contenidos en formato multimedia requieren tener en cuenta si el usuario posee los *plug-ins* apropiados, es decir, si están disponibles en su versión de navegador. Si éste no es el caso y el usuario no está dispuesto a instalarlos, el sistema tiene que estar desarrollado de manera de tener la precaución de que el sitio Web todavía puede ser igual de útil para ese usuario específico respecto a su funcionalidad.

- **Disponibilidad para Java o Javascripts**

Una *Java Virtual Machine* (JVM) para reproducir Java Applets está incluida en la mayoría de las últimas versiones de navegadores (Kobsa et al., 2001). Los *Applets* son a menudo utilizados para permitir un alto grado de interacción con el sitio Web, sin embargo, no todas las versiones de Java tienen las mismas capacidades (Kobsa et al., 2001). Más aún, es posible que muchos de los usuarios tengan Java inutilizado. Esto implica que los desarrolladores deben tomar en cuenta esta posibilidad, de manera de que no se conviertan en inutilizables sin Java y JavaScripts.

Hardware

▪ **Ancho de Banda**

La conexión de los usuarios a la red Internet puede hacerse a través de diferentes vías, esto es, por módem telefónico, RSDI (Red Digital de Servicios Integrados), cable coaxial, conexión satelital y DSL (*Digital Subscriber Line*), que difieren básicamente en la velocidad de transmisión de datos, en rangos que varían desde una recepción de 56 Kbps hasta 8Mbps. Esto afecta principalmente al acceso del tipo de información, como por ejemplo, desde tipo textual hasta multimedia en tiempo real. Un factor importante en relación con esto es el tiempo de descarga de una página, que tiene relación inversamente proporcional con el grado de satisfacción del usuario, esto es, a menor tiempo de descarga, mayor grado de satisfacción.

▪ **Velocidad de procesamiento**

Muchos usuarios acceden a través de ordenadores que no han sido renovados en los últimos años, y a pesar que pueda tener una conexión a Internet con un gran ancho de banda, en muchos ordenadores personales los procesadores no son tan rápidos y, además, tienen limitaciones de memoria, lo que impide, muchas veces, la visualización de páginas Web con gran cantidad de imágenes.

▪ **Dispositivos de despliegue**

Entre los computadores de tipo estándar pueden existir diferencias entre el tamaño de las pantallas y la resolución de las mismas. Si se optimiza el despliegue para una cierta resolución específica puede convertirse en un problema de visualización para aquellos dispositivos de despliegue con otra resolución.

▪ **Dispositivos de entrada**

Dispositivos de entrada no tradicionales, como teléfonos móviles, proporcionan un conjunto limitado de teclas para la interacción, restringiendo los datos de entrada a sólo aquéllos de carácter textual, como es el caso de éstos dispositivos con tecnología WAP (*Wireless Application Protocol*), que permiten el acceso a páginas Web. Cuando se utilizan estos modernos dispositivos de entrada, que además son muy pequeños, el grado de dificultad es mayor para proveer entradas a sitios Web interactivos, porque el área para seleccionar un elemento de navegación es muy limitada.

Ubicación

Información relacionada con las características de uso local puede ser utilizada para adaptar los formatos de presentación y medios, y hacer recomendaciones basadas en el conocimiento geográfico y observaciones anteriores relativas a regularidades de los usuarios.

3.5 Modelo de Enseñanza o Adaptación

De Bra et al (1999) proponen un modelo para el desarrollo de los SHA, basándose en el modelo de Dexter para sistemas hipertextuales (Halasz y Schwartz, 1990; Halasz y Schwartz, 1994) como referencia. Incluyen otro modelo, además de los del Usuario o del Estudiante y del Dominio, denominado Modelo de Enseñanza (Tabla N° 3.11). Este último, establece y regula, de acuerdo a los dos modelos anteriores, la forma de adaptación que realizará el sistema. Es decir, el Modelo de Enseñanza tiene, desde una perspectiva pedagógica, el rol más importante, que es el de describir cómo la adaptación debería realizarse. Esto incluye la adaptación de la presentación de contenidos y de la navegación, la utilización de recursos multimedia y la actualización del Modelo del Usuario (De Bra et al, 1999).

MODELO DE ENSEÑANZA	CARACTERÍSTICAS
(De Bra et al., 1999)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reglas pedagógicas que establecen cómo combinar los modelos de usuario y de dominio para realizar la adaptación.

Tabla N° 3.11: Modelo de Enseñanza o de Adaptación.

Este último modelo está compuesto por un conjunto de reglas, generales y específicas, que proporcionan formas para realizar la adaptación, basándose en la conexión del Modelo del Dominio y el Modelo del Estudiante y las especificaciones de la presentación que será generada. Esto significa que se seleccionará el tipo de adaptación requerida para ese alumno particular estableciendo, de acuerdo a la categoría asignada, qué contenidos y actividades de aprendizaje y, también, en qué forma y secuencia le serán proporcionadas en función de su desempeño y características.

Reglas

Wu, de Kort y De Bra (2001) diferencian las reglas generales y específicas. Una regla general de adaptación es una regla en la que se utilizan variables para representar conceptos y relaciones entre conceptos. Una regla específica, en cambio, usa conceptos concretos del Modelo del Dominio en vez de variables y deben ser definidas por el(los) autor(es) del sistema (Wu, Houben y De Bra, 2000).

De Bra y Brusilovsky (1998) mencionan algunas de estas reglas:

- Cuando existe una relación de enlace desde un concepto **A** a un concepto **B** debe existir un enlace hipermedia en **A** para llegar directamente a **B**.
- Cuando **A** es un prerrequisito para **B** entonces los enlaces a **B** no son deseables hasta que un conocimiento suficiente de **A** sea adquirido.
- Cuando una página deseable es leída, el alumno adquiere un mayor conocimiento que cuando se lee una página no recomendada.

Tipos de reglas

Wu et al. (2000) dividen estas reglas en cuatro grupos, las que se ejecutan:

- Para **inicializar** el Modelo de Estudiante.
- **Antes** de la presentación de la siguiente página y se utilizan para:
 - Definir qué página desplegar.
 - Seleccionar y ordenar los fragmentos que serán desplegados.
 - Seleccionar cómo presentar los enlaces a los diferentes conceptos.
- Para **generar** la adaptación.
- **Después** de la presentación de la siguiente página, que se emplean para volver a actualizar el Modelo de Estudiante.

Un experto en el dominio específico define el orden entre los elementos conceptuales. El alumno tiene cierto grado de libertad en la navegación y a medida que recorre la información irá construyendo su propia red cognitiva, pero dentro de los límites de precedencia definidos entre los conceptos (Eklund y Woo, 1998).

4. Análisis de Métodos y Técnicas de Adaptación

Los métodos de adaptación empleados en los SHA están basados en una idea clara de adaptación existente que se representa en un nivel conceptual. Éstos se definen como generalizaciones de técnicas de adaptación existentes (De Bra et al., 1999).

En cambio una técnica es un procedimiento para permitir que los sistemas hipermedia se adapten a los usuarios que acceden a los mismos. Una técnica es un modo de implementar un método específico de adaptación, es una forma concreta de representar el conocimiento y un algoritmo de adaptación (Brusilovsky, 1996).

Un mismo método de adaptación puede ser implementado mediante la aplicación de diferentes técnicas y, a la vez, es posible utilizar una misma técnica para implementar diferentes métodos (De Bra et al., 1999).

Koch (2001) señala que los diferentes métodos y técnicas de adaptación permiten el ajuste de los sistemas hipermedia en tres niveles o clases diferentes:

- *Contenidos*: consiste en seleccionar partes de información, como diferentes textos, imágenes, vídeos, animaciones, etc., para presentarla a un usuario.
- *Navegación*: radica en alterar la apariencia, orden y cantidad de hiperenlaces que son presentados a un usuario específico.
- *Presentación*: el sistema selecciona diferentes elementos de la interfaz con el usuario, como diferentes tipos de medios, colores, tamaños de imágenes, tamaños de caracteres y estilos.

Los SHA, explica Koch (2001), ajustan la información presentada de acuerdo a características del usuario tales como, sus preferencias, conocimientos o intereses. Este proceso de adaptación puede incluir diversos cambios, como la selección de algunas partes de información o algún tipo de dirección, por ejemplo, mediante la remoción de enlaces. Estos ajustes dependerán de lo que el sistema considere apropiado para el nivel de conocimientos y otras características del usuario, en un momento específico. Un SHA puede adaptar, por ejemplo, la ayuda, los mensajes de error, el formato, los mecanismos de búsqueda, las tareas, los dispositivos de entrada, el estilo de comunicación, los contenidos, etc.

4.1 Métodos de Adaptación de Contenidos

Brusilovsky (2001) plantea que la adaptación de contenidos está referida específicamente al ajuste de:

- Textos.
- Multimedia y modalidad.

Para ello se emplean diferentes métodos a través de los cuales se realiza la adaptación de los diversos tipos de contenidos de páginas o documentos de un sistema hipermedia a los que accede un usuario específico, que se concretan a través de diferentes técnicas (ver Figura N° 4.1). El método o la combinación de métodos de adaptación utilizados tomarán en cuenta las características del usuario definidas, registradas y procesadas en el Modelo de Usuario. Esto se refleja en que usuarios distintos, con diferentes Modelos de Usuario, obtienen distintos contenidos para una misma página. El objetivo es proporcionar diferente información a usuarios con diversos conocimientos, objetivos y experiencias previas, entregando material adicional a algunas categorías de usuarios, ya sea insertando, eliminando, inhibiendo u ordenando parte del contenido de las páginas.

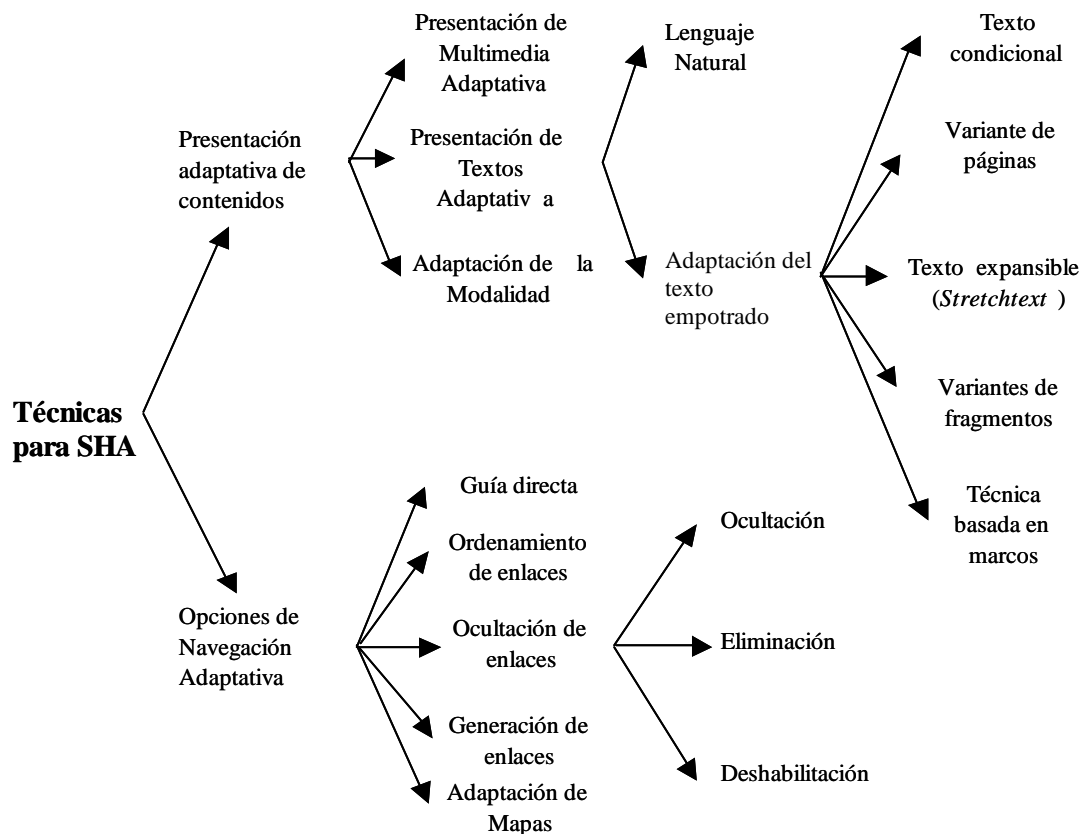


Figura N° 4.1: Taxonomía de técnicas para SHA (Brusilovsky, 2001).

4.1.1 Textos

Explicaciones Adicionales, Previas y Comparativas

▪ **Explicaciones Adicionales**

El objetivo es insertar u ocultar parte de la información relacionada con un concepto específico que sea considerada o no como relevante para un usuario concreto. Esto se determina en función del nivel de conocimientos que posee sobre el concepto registrado en el Modelo de Usuario (Brusilovsky, 1996).

Esto consiste en que un usuario con pocos conocimientos sobre un concepto requerirá de una explicación básica, por lo que la información detallada puede ser ocultada para usuarios con bajo nivel de conocimientos del concepto presentado, puesto que no requerirían ese grado de detalle inicialmente, además de que puede resultarle abrumadora. Al mismo tiempo, explicaciones adicionales, usualmente requeridas por usuarios inexpertos para entender un concepto pueden ser ocultadas para usuarios con un buen nivel de conocimientos del concepto, porque ya no necesitarán de este tipo de aclaraciones. Sin embargo, información más completa y detallada puede ser de gran utilidad para usuarios con mayores niveles de conocimientos.

Solamente a algunas categorías de usuario se les permitirá acceder a información adicional, especialmente diseñadas para éstas, además de la información básica que pueden ser compartidas por otros usuarios.

▪ **Explicaciones Previas**

Brusilovsky (1996) plantea que este método tiene como objetivo proporcionar, de manera previa a la explicación de un concepto, definiciones de otros conceptos considerados como

prerrequisitos, exclusivamente a aquellos usuarios que no los han asimilado suficientemente y, por tanto, no poseen un buen nivel de dominio de los mismos.

▪ **Explicaciones Comparativas**

Consiste en incorporar explicaciones entre el concepto que se presenta al estudiante y otros conceptos similares o relacionados que se han expuestos previamente. Si un concepto similar al concepto que está siendo presentado es conocido, el estudiante obtiene una explicación comparativa, donde se marcan las diferencias y similitudes entre los conceptos y la relación existente entre ellos (Brusilovsky, 1996).

Variantes de Explicaciones

Mostrar u ocultar parte del contenido no siempre es suficiente para la adaptación de sistemas hipermedias, esto es, porque usuarios diferentes pueden necesitar esencialmente diferente información. Este método consiste en almacenar diversas variantes de contenidos para algunas partes de un mismo documento de contenidos y el alumno obtendrá la variante que le corresponda a su Modelo de Estudiante.

Ordenamiento

Este método considera tanto las experiencias previas como el nivel de conocimientos del usuario. Ordena los fragmentos de información sobre un concepto determinado de manera que la información será presentada en relación con la relevancia para un usuario específico.

4.1.2 Multimedia y Modalidad

Kobsa et al. (2001) explican que la adaptación en los sistemas hipermedia relativa a las presentaciones multimedia consiste en modificar, no el contenido como en el caso de los textos, sino el formato y la disposición de los objetos. Esta adaptación está normalmente basada en las preferencias del usuario, registradas en el Modelo de Usuario, por ejemplo, a través de preguntas que debe ser responder al inicio de la interacción con el sistema.

Por otra parte, Bailey, Hall, Millard, y Weal (2002), desde el punto de vista de la estructura de un sistema, plantean que muchas de las técnicas de “Presentación de Textos Adaptativa” descritas en la taxonomía (ver Fig. N° 4.1) igualmente pueden aplicarse a una gran variedad de otros medios que corresponderían a la clase “Presentación de Multimedia Adaptativa”. Más aún, sugieren que ambas categorías pueden ser combinadas y renombradas en una sola: “Presentación de Multimedia Adaptativa”.

La adaptación de la modalidad es una tecnología de alto nivel para la adaptación de contenidos. Brusilovsky (2001) concibe a los nuevos SHA como sistemas que puedan tener diferentes opciones de medios para presentar una misma información al usuario. Esto significa que además del formato de texto, también pueda utilizarse información en formato de música, vídeo, voz, etc. Muchas veces diferentes porciones de información mediática presentan un mismo contenido y, por tanto, el sistema puede escoger el que sea más relevante para el usuario en un nodo determinado. En otros casos, éstos pueden ser usados simultáneamente, permitiendo así al sistema escoger el conjunto más relevante de ítems multimedia. Kobsa et al. (2001) explican que el cambio de modalidad corresponde a modificar la forma de la presentación, es decir, a la adaptación del tipo de formato de la información, por ejemplo, de texto a audio, de vídeo a imágenes estáticas, de imágenes a texto, etc.

Se pueden identificar diversos métodos para adaptar la modalidad de la presentación, sobre la base de las preferencias, habilidades, estilo de aprendizaje y contexto de trabajo, en diversos tipos de sistemas hipermedia.

Bailey et al. (2002) encuentran una gran similitud entre la Adaptación de la Modalidad y la Técnica basada en marcos u Ordenación de Fragmentos. Explican que estas dos técnicas son

funcionalmente idénticas, si se considera que los fragmentos pueden contener diferentes representaciones multimedia de un mismo tipo de contenidos. En dichos casos, escoger el mejor formato de información o tipo de medio a desplegar (Adaptación de la Modalidad) es también un proceso de selección de uno dentro de un conjunto de fragmentos.

La adaptación de contenidos es utilizada, principalmente, en tres tipos de aplicaciones hipermedias:

- Sistemas de Información en línea.
- Sistema de Ayuda en línea.
- Hipermedia Educativa.

4.2 Técnicas de Adaptación para la presentación de Contenidos

Alteración de Fragmentos o Texto condicional

Esta técnica consiste, primero, en dividir toda la información disponible sobre un concepto en varios componentes. Luego cada porción de texto es asociada con una condición del nivel de conocimiento de un alumno, representado en el Modelo de Estudiante, esto es, a qué tipo de estudiante debe mostrársele un determinado fragmento (Brusilovsky, 1996). Cuando se presenta la información sobre un concepto, el sistema hace visible sólo una parte, la correspondiente al nivel de usuario apropiado, es decir, donde la condición tiene el valor de “verdadera”, por lo tanto, usuarios expertos y noveles visualizarán diferentes trozos de contenidos sobre un mismo concepto (ver Figura N° 4.2).

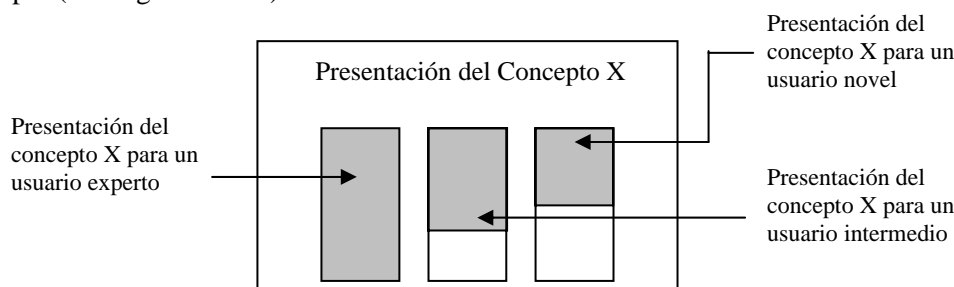


Figura N° 4.2: Ejemplo de Alteración de Fragmentos.

En general, un usuario clasificado como experto obtendrá mayor cantidad de información que uno que esté en una categoría inferior; sin embargo, esto no siempre es así para todos los tipos de SHA. Por ejemplo, en el caso de un SHA educativo es probable que un usuario inexperto requiera mayor información que uno que posea más experiencia.

Esta técnica puede utilizarse de manera efectiva para disponer presentaciones de acuerdo al nivel de conocimiento de un estudiante concreto. Es de nivel menor y requiere de programación para establecer las condiciones requeridas, pero al mismo tiempo es bastante flexible.

Variantes de Páginas/Fragmentos e Inserción/Remoción de Fragmentos

Éstas son las técnicas más simples de adaptación y permiten, ambas, implementar el Método de Variantes de Explicaciones. En el caso de las variantes de páginas, el sistema, al igual que en la técnica anterior, contiene diferentes versiones de una misma página, con presentaciones del mismo contenido (ver Figura N° 4.3). Éste optará por la página o documento completo más adecuado para un usuario concreto, clasificado en un estereotipo por el Modelo de Usuario (Brusilovsky, 1996).

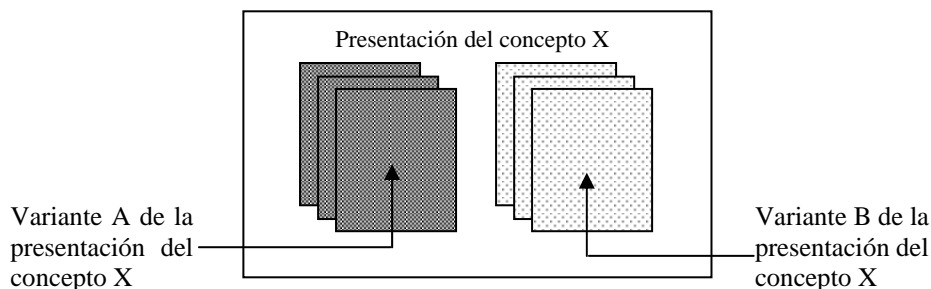


Figura N° 4.3: Ejemplo de dos presentaciones de un concepto particular

La variante de fragmentos es una implementación más específica de la variante de páginas. Consiste en almacenar diferentes versiones de un mismo fragmento, de una página existente, en el sistema. Los fragmentos pueden ser pequeños como una sola palabra y tan largos o extensos como un conjunto de varios párrafos. El número de variaciones de un mismo fragmento dependerá del número de estereotipos de alumno definidos previamente, donde cada fragmento es apropiado para uno de los estereotipos (ver Figura N° 4.4). El sistema seleccionará la variante del fragmento más acorde con el usuario, componiendo la página a partir de los trozos de textos elegidos (Brusilovsky, 1996).

Estas técnicas pueden ser de gran utilidad en SHA destinados al aprendizaje, ya que permiten proporcionar a distintos estudiantes información ajustada a sus particulares niveles de conocimientos.

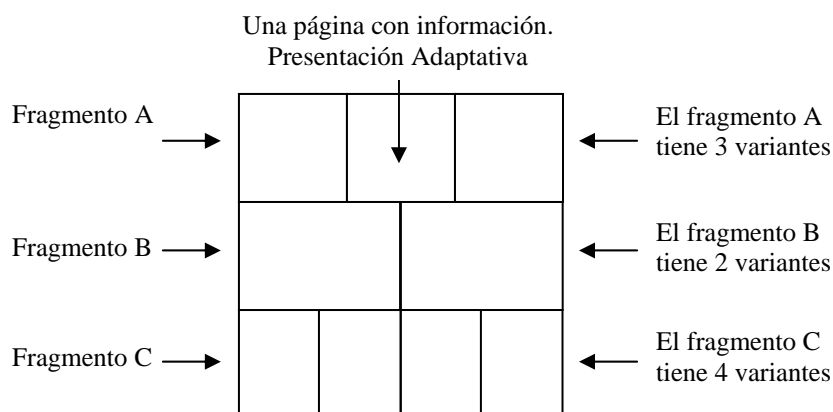


Figura N° 4.4. Ejemplo de múltiples variantes de fragmentos en una página

Texto Expandible (Stretchtext)

Brusilovsky (1996) define el texto expandible como un tipo de hipertexto, similar a un hiperenlace, pero la diferencia reside en que al seleccionar una frase o palabra resaltada, en vez de abrir una nueva página, el texto del enlace es reemplazado por un trozo de texto del documento (ver Figura N° 4.5). Éste puede ser expandido o comprimido para proveer más o menos información de acuerdo a lo que se requiera. Aunque el sistema decide qué textos aparecen expandidos y cuáles comprimidos, el usuario puede modificarlo. Tiene la ventaja de permitir al usuario controlar el tipo de modificación de acuerdo a sus propios objetivos. Algunos SHA registran el tipo de modalidad de *Stretchtext* más utilizada por el usuario -expandir o contraer- de manera que modifica el Modelo de Estudiante basándose en esta información, para ofrecerle el texto del modo más apropiado, de acuerdo a sus preferencias, en ocasiones posteriores.

En el caso de SHA educativos esta técnica puede emplearse para suministrar información más detallada a estudiantes con un mayor nivel de conocimientos. Por el contrario, para los alumnos con niveles de conocimientos inferiores los detalles pueden ser omitidos.

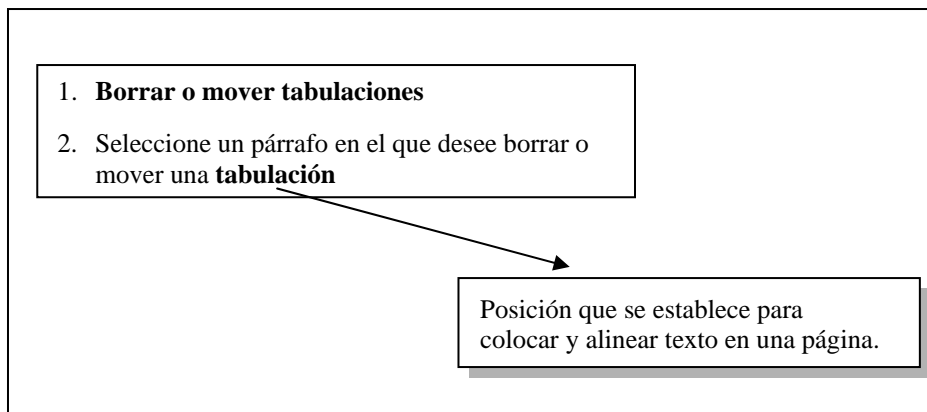


Figura N° 4.5: Ejemplo de Texto Expansible (*Stretchtext*).

Técnica basada en marcos u ordenación de fragmentos

Consiste en utilizar un marco para presentar la información sobre un concepto. Cada marco está dividido en campos y éstos pueden contener distintas explicaciones para un mismo concepto, enlaces, ejemplos, etc. La decisión de la información que se presenta en cada uno, el orden y las reglas de presentación lo determina el sistema, basándose en condiciones relacionadas con el conocimiento y otras características del usuario representadas en el Modelo de Usuario.

Es una técnica de adaptación bastante común. Provee una buena adaptación, pero requiere que una gran variedad de versiones del material hipermedia se almacenen previamente en el sistema. Es utilizada en Sistemas de Información en Línea e Hipermedias Educativos.

Oscurecimiento de fragmentos (*Dimming*)

Brusilovsky (2001) la incluye por primera vez en su taxonomía actualizada. Esta técnica aplicada por Holthi y Hall (1998) radica en oscurecer o ensombrecer trozos de textos que son irrelevantes en un momento determinado para cierto usuario, en vez de eliminarlos o comprimirlos. El propósito es centrar la atención en aquéllos que tienen una mayor importancia, en vez de que el estudiante pierda el tiempo buscando la información más relevante dentro de una gran cantidad de texto. Esto contribuye a reducir el problema de saturación de información. De Bra, Brusilovsky, Houben (1999a) destacan el hecho de que esta nueva técnica, además de haber sido utilizada, ha sido evaluada y encontrada útil.

La Tabla N° 4.1 muestra qué técnicas o combinación de éstas pueden usarse para implementar cada uno de los métodos de adaptación de contenidos.

Métodos / Técnicas	Alteración de fragmentos	Variante de páginas	Texto expansible	Técnica basada en marcos	Oscurecimiento de fragmentos
Explicaciones adicionales, previas y comparativas	•		•	•	•
Variantes de explicaciones	•	•		•	
Ordenamiento				•	

Tabla N° 4.1: Métodos y técnicas de adaptación de contenidos.

4.3 Métodos de Adaptación de opciones de Navegación

La adaptación de opciones de navegación o de estructura se refiere a cambios en los cuales la estructura de los enlaces o su presentación a los usuarios en los documentos hipermedias es modificada.

Brusilovsky (1997) plantea que los métodos de guía local y global, ayudan al usuario en el sentido de facilitar el recorrido entre los nodos, es decir, proporcionarle ayuda a dónde puede ir; por otra parte, los métodos de apoyo a la orientación local y global, pretenden apoyar al usuario en el sentido que sepa dónde se encuentra, ya sea en un área restringida o en todo el hiperespacio.

Guía Global

El método de Guía Global puede ser aplicado en aquellos sistemas hipermedia donde los usuarios poseen algún objetivo relacionado con la obtención de información, es decir, necesitan buscar y encontrar información que está contenida en uno o más nodos en alguna parte del hiperespacio. El propósito de este método es ayudar al usuario a encontrar el camino más corto para obtener la información requerida sin pérdida de tiempo. Este método es utilizado para apoyar la navegación en sistemas hipermedias de búsqueda de información y sistemas de ayuda y de información en línea (Brusilovsky, 1996).

La forma más directa es proveer al usuario de sugerencias de enlaces a seguir en cada uno de los pasos de su recorrido a través de los diferentes nodos. Otra, es ordenar los enlaces de acuerdo a la relevancia con respecto al objetivo final, en cuyo caso los enlaces que se muestran primero serán los más importantes; sin embargo, el usuario además posee información adicional, en relación a la importancia de los demás enlaces, lo que le permite escoger el próximo nodo a visitar (Brusilovsky, 1996).

En el caso de los sistemas hipermedias educativos, los estudiantes tienen un objetivo global, formado por un subconjunto de objetivos de aprendizaje, y una forma de utilizar este método es proporcionando un botón “Continuar” que, al ser pulsado, desencadena una selección de los siguientes contenidos a presentar.

Guía Local

El objetivo de este método es ayudar al usuario a escoger la siguiente opción de navegación, sugiriéndole los enlaces más relevantes a seguir a partir del nodo en que se encuentra. El objetivo de este método es similar al anterior, pero no tan ambicioso, en el sentido que el fin es realizar sugerencias basándose en las preferencias, conocimiento y experiencias previas del usuario (Brusilovsky, 1996). En los sistemas hipermedia educativos los métodos más utilizados son la anotación, la ordenación de enlaces y la guía directa, todos ellos considerando los conocimientos del usuario.

Ayudas para la orientación Global

Brusilovsky (1996) explica que el objetivo de este método es facilitar al usuario la comprensión de la estructura de todo el hiperespacio y su posición absoluta en él. Para ello se utilizan técnicas de ocultación de enlaces e inclusión de anotaciones. Las anotaciones permiten la identificación de una página o nodo desde distintas ubicaciones en el hiperespacio. Por su parte, la ocultación de enlaces permite reducir el tamaño del hiperespacio visible y simplificar la orientación.

Ayudas para la orientación Local

Este método, de acuerdo a lo expuesto por Brusilovsky (1996), tiene como objeto ayudar al usuario a orientarse localmente en el hiperespacio, a fin de permitirle saber dónde se encuentra y qué opciones tiene de acuerdo a su ubicación relativa. Éste se implementa de dos formas diferentes. Una de ellas es suministrar información adicional sobre los nodos disponibles en cada momento, desde la posición en que se encuentra. La otra es limitar el número de opciones de navegación para reducir la sobrecarga cognitiva y permitir, así, concentrarse en analizar aquellos enlaces más relevantes.

Los métodos basados en ocultar enlaces muestran sólo aquéllos que son relevantes, que son escogidos de acuerdo al conocimiento, relevancia, experiencias y preferencias del usuario. Otra posibilidad consiste en mostrar un mayor número de enlaces a los usuarios que tienen más experiencia en la navegación a través del hiperespacio.

En los sistemas hipermedia educativos es común ocultar los enlaces que conducen a las lecciones que no se encuentran en el objetivo actual de los mismos, o a los conceptos cuyos requisitos previos se supone no han sido asimilados por los estudiantes. Por otra parte, los métodos basados en anotaciones permiten informar al usuario del estado actual de los nodos accesibles a través de los enlaces, lo que permite al usuario tener un mayor conocimiento de la situación en que se encuentra.

Gestión de vistas personalizadas

Se pretende organizar un espacio de trabajo para los usuarios que acceden a un conjunto pequeño del mismo, de forma que puedan incluir en este espacio enlaces a los documentos que son relevantes para un objetivo de trabajo.

4.4 Técnicas de Adaptación de opciones de Navegación

Estas técnicas de adaptación de opciones de navegación, en los SHA, pueden utilizarse de manera exclusiva o de forma combinada. Dos factores importantes deben ser considerados en el momento de escogerlas: el tipo de enlace en el que se va a aplicar y el tipo de sistema hipermedia que se desarrollará. Junto con lo anterior, es necesario tomar en cuenta las normas relativas a la interacción persona ordenador.

Brusilovsky (1996) distingue cuatro categorías de enlaces que difieren en la manera que pueden ser alterados y adaptados:

- *Enlaces locales no contextuales*: incluye todos los tipos de enlaces de páginas hipermedia que son independientes de los contenidos de la página. Pueden ser presentados como un conjunto de botones, listas o menús que se despliegan. Éstos son fáciles de manipular, porque pueden ordenarse, esconderse o resaltarse.
- *Enlaces contextuales o enlaces hipertextuales*: son aquéllos que comprenden palabras resaltadas en textos, iconos en imágenes y otros que pertenezcan al contexto de la página contenidos y que no pueden ser eliminados de ella. Éstos pueden ser solamente resaltados, pero no ordenarse ni tampoco ocultarse totalmente.
- *Enlaces de índices y páginas de contenidos*: los índices y páginas de contenidos pueden considerarse como un tipo especial de página, la cual contiene solamente enlaces. Éstos son generalmente presentados en un cierto orden, ya sea de acuerdo a los contenidos para páginas de contenidos y en orden alfabético para páginas de índices. Como norma estos enlaces son “no contextuales”, a menos que la página tenga una estructura esquemática.
- *Enlaces en mapas locales y enlaces globales en mapas del hiperespacio*: los mapas representan de manera visual el hiperespacio o una parte de él como una red de nodos conectados por flechas. Utilizando éstos el usuario puede recorrer directamente todos los nodos visibles sólo con pinchar en el hiperenlace escogido.

Brusilovsky (2001), menciona las siguientes técnicas de adaptación de opciones de navegación:

Guía directa

Esta técnica tiene la ventaja de ser simple, clara y flexible para proporcionar opciones de navegación adaptadas a un usuario específico. Es una técnica que puede emplearse con las cuatro clases de enlaces. Consiste, básicamente, en sugerir a cada usuario, el mejor enlace “siguiente” para recorrer la información, en función de los objetivos del estudiante y otros

parámetros representado en el Modelo del Estudiante (Brusilovsky, 1996). No hay confusión en el sentido de cuál es el hiperenlace a seguir, reduciendo de manera importante el problema que afecta a los usuarios de la saturación y de sentirse perdido en el sistema. Es, a la vez, flexible en el sentido que puede utilizarse para recomendar un nodo que no esté representado en la página que está visualizando el usuario. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que si se emplea únicamente esta técnica los usuarios no tendrán más opciones de navegación alternativas a las propuestas por el sistema, siendo totalmente restrictivas, transformándose en un sistema lineal, por lo que puede ser conveniente combinarla con alguna otra en función de la aplicación final del sistema.

En un sistema destinado al aprendizaje la utilización de esta técnica de adaptación de manera exclusiva, lo transformaría en una aplicación de características meramente conductistas, ya que el estudiante tendría un menor grado de control.

Ordenación de enlaces

Consiste básicamente en proporcionar una lista de enlaces ordenados de acuerdo al Modelo de Usuario y a diversos criterios, como la relevancia para un usuario concreto. Esto significa mostrar los enlaces más pertinentes en primer lugar (Brusilovsky, 1996). Esta técnica permite, en el caso de enlaces no contextuales, reducir el tiempo de navegación en las aplicaciones diseñadas para la búsqueda de información. Por el contrario, no es aplicable para índices, tablas de contenidos, mapas o enlaces contextuales, porque en éstos el orden está predeterminado (Brusilovsky, 1996 y Kobsa et al., 2001). Una desventaja de esta técnica es que el orden de los enlaces no es estable, por lo que al ingresar a una misma página un mismo usuario puede encontrar el orden de éstos cambiados; para usuarios inexpertos es importante mantener un orden estable en los enlaces de navegación (Brusilovsky, 1996). Sin embargo, a diferencia de la técnica anterior, el usuario mantiene la capacidad de decisión y puede optar por cualquiera de las demás opciones de navegación. En el caso concreto de sistemas hipertexto educativos, puede resultar desconcertante el cambio constante en el orden de enlaces.

Ocultación, Eliminación e Inhibición de enlaces

De Bra y Calvi (1998) sugirieron e implementaron las técnicas de Eliminación de enlaces y de Inhibición de enlaces, como variantes de la técnica conocida como Ocultación de enlaces. Brusilovsky (2001) considera que éstas deben ser clasificadas como técnicas independientes dentro de la categoría de Ocultación incluyéndolas en su taxonomía actualizada (Ver Fig. N° 4.1). Bailey et al. (2002), por otra parte, las consideran estructuralmente equivalentes, en el sentido que un sistema que es capaz, por ejemplo, de aplicar la técnica de Ocultamiento de enlaces, posee todos los requisitos necesarios para implementar cualquiera de las otras dos técnicas.

▪ Ocultación de enlaces

Es la técnica de adaptación más utilizada para facilitar el recorrido de páginas. Kobsa et al. (2001) explican que la idea es, a través del ocultamiento de enlaces, restringir las opciones de navegación. Consiste en ocultar todos los tipos de enlaces que conducen a otras páginas y que no son adecuadas o importantes para un usuario; de esta forma no hay necesidad de modificar el contenido de los nodos. Se oculta visualmente el enlace de modo que éste aparece como un texto o icono normal, a pesar que la funcionalidad permanece. Brusilovsky (1996) considera que esta técnica es aplicable a toda la variedad de enlaces. En el caso de los no contextuales, índices y mapas, se implementa por medio del ocultamiento de botones o ítems de menús. Cuando los enlaces son contextuales, se reemplaza éste último por texto normal. Tiene la ventaja de ser más transparente para el usuario y parecer más estable que la técnica anterior. Es útil para ocultar información en dos tipos de situaciones: cuando no corresponden al objetivo inmediato del usuario y, también, cuando éste aún no está preparado para entender dichos contenidos expuestos en los nodos conectados por esos enlaces. Al igual que la técnica de *Guía Directa*,

sólo se distinguen dos estados, “pertinente” o “no pertinente”. Esto permite limitar el tamaño del hiperespacio, evitando de esta manera que los usuarios se encuentren con una gran cantidad de opciones de navegación y se sientan sobrecargados con información excesiva.

- **Eliminación de enlaces**

Consiste en eliminar completamente el enlace y el texto que lo contiene, de modo que el usuario no pueda acceder a ciertas páginas o nodos del sistema hipermedia. A diferencia de la técnica de *Ocultación*, esta técnica es aplicable sólo con enlaces de carácter no contextuales. El propósito es reducir el tamaño del hiperespacio restringiendo la navegación a través de la eliminación de enlaces que conducen a información no relevante, de esta forma no sólo se protege al usuario de una sobrecarga de información, sino que a la vez se reduce la cantidad de pasos en el recorrido de la información para el logro de cierto objetivo (Kobsa et al., 2001). Sin embargo, en el ámbito de los sistemas hipermedia para educación, ésta posee una gran desventaja, pues no le permite al estudiante visualizar lo que le queda por aprender.

- **Inhibición de enlaces**

Esta técnica consiste en quitar sólo la funcionalidad de un enlace considerado como no relevante, mientras permanece visible como tal. Es decir, es percibido como un enlace, pero se le quita su funcionalidad; no está habilitado para acceder al nodo indicado. El propósito es no permitir el acceso a otros nodos del sistema, que no son considerados importantes para un usuario en un momento determinado; sin embargo, éstos en otro momento, pueden volver a ser habilitados. En general se utiliza únicamente en combinación con la técnica de *Ocultación* (Kobsa et al., 2001). Esta técnica es más recomendable que la de *Ocultación*, para sistemas destinados al aprendizaje, puesto que el estudiante mantiene la visión de la totalidad de las partes de la aplicación.

Anotación de enlaces

Consiste en añadir información a los enlaces de manera que el usuario sepa cuál es el estado de los demás nodos a los que conducen en cada momento. La información puede incorporarse en formato gráfico o formato de texto, por medio de iconos, colores o textos, con distinto tipo de letra, tamaño, color y/o estilo. Kobsa et al. (2001) mencionan el ejemplo de los navegadores de Internet, que a través de la modificación del color de un enlace, le indican al usuario si éste ya ha sido visitado o no. Brusilovsky (1996) considera que es una de las mejores maneras para apoyar la navegación de una manera adaptativa, pues se mantiene el orden de los enlaces y la visibilidad de los mismos, evitando así a los usuarios problemas de generación de mapas mentales erróneos; además, esta técnica puede ser utilizada con cualquier de los cuatro tipos de enlaces. Es una técnica más poderosa que aquéllas que distinguen sólo dos estados como la de *Ocultamiento de Enlaces*, porque es posible llegar a distinguir una mayor cantidad de niveles diferentes en función de la información registrada y procesada en el Modelo de Estudiante. Por ejemplo, en un SHA con fines educativos, las alternativas de anotaciones de cada enlace, que representa un concepto, pueden ser: “No estás preparado para aprenderlo”, “Estás preparado para aprenderlo”, “Lo estás aprendiendo”, “Ya lo aprendiste”; desplegando de forma adaptativa la anotación correspondiente, dependiendo de los nodos que son considerados prerrequisitos, establecidos previamente, y del Modelo de estudiante que registra el nivel de conocimientos del alumno (Brusilovsky, 1996). Probablemente la desventaja asociada es que no reduce la sobrecarga de información a la cual está sometida un usuario en un gran sistema hipermedia.

Generación de enlaces

Brusilovsky (2001) los define como aquellos enlaces a páginas que no han sido creados al desarrollar el sistema y que son generados durante el uso del mismo, distinguiendo tres casos. El primero de ellos, se refiere al descubrimiento de nuevos y útiles enlaces entre documentos, de manera de agregarlos en forma permanente al conjunto de enlaces existentes. El segundo, es la

generación de enlaces basados en la similitud en el recorrido de ítems. Finalmente, el tercero son recomendaciones dinámicas de enlaces relevantes. Esta técnica puede ser utilizada en combinación con las técnicas de *Anotación* y *Ordenamiento*.

Adaptación de Mapas

Algunos sistemas hipermedia proporcionan, a través de esquemas visuales, una estructura de los enlaces para facilitar la navegación. El propósito de estos mapas es permitir al usuario entender la estructura completa del hiperespacio y, al mismo tiempo, ubicarlo dentro de él. Esta técnica de adaptación comprende varias formas de presentar al usuario mapas de Sistemas Hipermedias, tanto globales como locales; permite, principalmente, que un usuario concreto visualice una organización de enlaces específica, que sea importante para él (De Bra, 1998). Si bien es cierto que algunas de las técnicas anteriores pueden ser utilizadas en la adaptación de los esquemas o mapas, como *Guía Directa*, *Ocultación de Enlaces* y *Anotación de Enlaces*, éstas no modifican la forma o la estructura en sí de los mismos (Brusilovsky, 1996).

Bailey et al. (2002) plantean, por el contrario, que esta técnica puede ser eliminada de la taxonomía propuesta por Peter Brusilovsky (ver Figura N° 4.1), dado que más que ser una categoría en sí comprende la combinación de otras técnicas de la clasificación como las de *Ocultamiento de enlaces* y *Variación de fragmentos*.

Koch (2001) muestra cómo estas técnicas pueden ser combinadas, de manera óptima, para proporcionar apoyo al usuario en el recorrido por un SHA. La Tabla N° 4.2 muestra qué técnicas de adaptación pueden ser utilizadas para implementar cada uno de los métodos de adaptación de opciones de navegación.

Métodos / Técnicas	Guía directa	Ordenación de enlaces	Ocultación, eliminación e inhibición	Anotación de enlaces	Generación de enlaces	Adaptación de mapas
Guía global	•	•			•	
Guía local	•	•	•	•	•	
Ayudas para la orientación global			•	•		•
Ayudas para la orientación local		•	•	•		•
Gestión de vistas personalizadas	•	•	•	•	•	

Tabla N° 4.2: Métodos y técnicas de adaptación de opciones de navegación.

En la Tabla N° 4.3 se señala qué técnicas son factibles de utilizar en función de los tipos de enlaces usados.

Técnica	Tipos de enlace			
	Contextuales	No contextuales	Índices y Páginas de Contenido	Mapas Locales y Globales
6. Guía Directa	•	•	•	•
7. Ordenación		•		
8. Ocultación				
8.1. Ocultación	•	•	•	•
8.2. Eliminación		•		
8.3. Inhibición	•			
9. Anotación	•	•	•	•
10. Generación		•		•
11. Adaptación de mapas				•

Tabla N° 4.3: Técnicas de Adaptación de opciones de Navegación

4.5 Métodos y Técnicas de Adaptación de la Presentación

Koch (2001) señala que el objetivo de niveles de adaptación de la presentación es adaptar la distribución de los objetos hipermedia a las preferencias o necesidades de los usuarios. Los métodos para adaptar la presentación ayudan al usuario con una apropiada distribución o lenguaje. La adaptación consiste en los cambios de la presentación. Algunas veces estos cambios ocurren de manera simultánea con la adaptación de los contenidos, de hecho a menudo estos métodos y técnicas son agrupados con los de adaptación de contenidos.

Los métodos para adaptar la presentación son:

Múltiples lenguajes

El objetivo de este método, señala Koch (2001), es adaptar el sistema al lenguaje preferido por el usuario. Esto puede ser dependiente del contexto o entorno donde se encuentre éste.

Variantes de presentación

Este método incluye todas las alternativas posibles requeridas en una presentación, como el uso de diversos colores, tipo, estilo y tamaño de letra, tamaño máximo de las imágenes, orientación del texto, ordenamiento de los fragmentos de contenido, etc. (Koch, 2001).

Prácticamente las mismas técnicas que se utilizan para la adaptación de contenidos, exceptuando las de *Texto expansible* y *Oscurecimiento de fragmentos*, pueden ser aplicadas. Una técnica específica de adaptación de la presentación, *Guías de estilo (styleguiding)*, es también utilizada para implementar los métodos mencionados.

Guías de estilo (styleguiding)

Esta técnica consiste en definir diferentes guías de estilos que se utilizan de modo alternativo por las variantes de las presentaciones (Tabla N° 4.4).

Métodos / Técnicas	Alteración de fragmentos	Variantes de páginas	Técnica basada en marcos	Guías de estilo
Múltiples lenguajes	•	•	•	
Variantes de presentación	•	•	•	•

Tabla N° 4.4: Métodos y técnicas de adaptación de la presentación

5. Aprendizaje y Sistemas Hipermedia Adaptativos

El desarrollo de sistemas hipermedia como medios didácticos ha estado determinado por las distintas concepciones sobre el aprendizaje. Gros (1997) describe las características de los tipos de recursos didácticos informáticos, en función de las diversas teorías de aprendizaje (ver Tabla N° 5.1). Asimismo, Alessi y Trollip (2001) coinciden que por su naturaleza los programas de ejercitación y tutoriales están basados en una concepción objetivista y otros, como las herramientas y programas hipermedia en una perspectiva constructivista, pero las simulaciones, los juegos y las aplicaciones Web están basados en ambas.

Alessi y Trollip (2001) destacan que los aspectos del cognitivismo que son más importantes en el diseño de sistemas hipermedia destinados al aprendizaje, son aquellos relacionados con: la percepción y atención, codificación de la información, la memoria, la comprensión, el aprendizaje activo, la motivación, el locus de control, los modelos mentales, la metacognición, la transferencia del aprendizaje y las *diferencias individuales*. La utilización de estrategias instruccionales y el mayor grado de control que poseen los estudiantes, en los actuales programas informáticos, están cada vez más basados en las necesidades y diferencias

individuales, así como las interacciones están diseñadas para favorecer la comprensión y el desarrollo de habilidades metacognitivas. El principio del aprendizaje activo, si bien es compartido tanto por el conductismo como por el cognitivismo, esta última perspectiva enfatiza el diseño y la selección de las actividades que el estudiante debe desarrollar para mejorar la transferencia del aprendizaje.

El desarrollo de entornos que faciliten la construcción del conocimiento, es prioritario para el enfoque constructivista. Alessi y Trollip (2001) señalan que para ello se requiere que el diseño de estas aplicaciones hipermedia enfatice más el aprendizaje que la enseñanza, permita que se fomente el aprendizaje por descubrimiento guiado, otorguen la posibilidad al alumno de construir la información a través del desarrollo de proyectos, se establezca en contextos reales, permita actividades cooperativas y colaborativas, provea de cierta autonomía para negociar y establecer los objetivos de aprendizaje, facilite el que el estudiante aplique y desarrolle sus habilidades cognitivas y metacognitivas.

	Conductismo	Cognitivismo	Constructivismo
Tipo de programa	Práctica y ejercitación	Tutoriales	Simulaciones, Hipertextos
Contenidos	Descomposición en unidades	Jerarquización y secuenciación, en función del contenido y de las características del alumno	Creación de entornos de aprendizaje
Control	El ordenador ejerce el control de la secuencia de aprendizaje	El ordenador no necesariamente ejerce el control de la secuencia	El usuario ejerce el control de la secuencia de aprendizaje
Importancia	Refuerzo	Formas de interacción ordenador – alumno	Calidad del entorno de aprendizaje propuesto
Recomendado para	Adquisición de destrezas, automatización de aprendizajes, contenidos claros, poco interpretables	Programas de enseñanza	Programas con contenidos complejos, resolución de problemas, tareas interpretativas

Tabla N° 5.1: Teorías de aprendizaje y tipos de sistemas hipermedia (Gros, 1997)

El diseño de este tipo de material instruccional no es una tarea simple, pues deben adaptarse a las necesidades de distintos discentes, áreas temáticas y situaciones. Esto es más fácil si se adopta una aproximación ecléctica hacia la enseñanza, utilizando una combinación de distintas metodologías y aproximaciones disponibles (Gros, 1997, Alessi y Trollip, 2001).

A pesar de los inconvenientes que presentan estos sistemas como el exceso de información, las posibilidades de desorientación y el proporcionar el mismo material de aprendizaje para todos los estudiantes, sin distinguir diferencias en cuanto a conocimientos, experiencias previas, intereses, preferencias y estilos de aprendizajes, éstos pueden aminorarse si poseen la capacidad de ajustarse a cada alumno.

Pérez et al. (2001) lo explican planteando que la sociedad global es muy diversa y el desarrollo de sistemas educativos, diseñados para resolver las necesidades de un estudiante “típico”, son actualmente inefectivos, debido a las múltiples y variadas diferencias propias de la audiencia global. Se requiere, entonces, utilizar tecnología que sea capaz de individualizar al estudiante.

La interacción que proporcionan los sistemas hipermedias puede ser personalizada, a través de la adaptación, tomando en cuenta diversas características de los potenciales usuarios, registrándolas, procesándolas y almacenándolas en los modelos de usuario y/o de interacción, con el fin de ajustar las opciones de navegación, los contenidos y la presentación de los medios.

Bork (2001) plantea algunas tendencias nuevas en este ámbito. Respecto de los paradigmas de aprendizaje, el autor establece que tradicionalmente estos se han centrado, de manera exclusiva, durante muchos años en la transferencia de información; sin embargo esta nueva perspectiva requiere de un modelo de aprendizaje esencialmente distinto. Un aprendizaje básicamente tutorial, donde se fomente la colaboración entre pares, a través de círculos de aprendizaje en red, altamente interactivos, y donde se atiendan las diferencias individuales del alumno ofreciéndole asistencia individualizada basada en sus estilos de aprendizaje.

Es por esto, que la adaptación de estos sistemas debe establecerse basándose, en parte, en la interacción del estudiante con el programa y en los registros de los datos que sean requeridos para personalizar estos entornos. Las actividades de aprendizaje deben estar dirigidas a las necesidades del momento del estudiante, ya que éstas son cambiantes, en el espacio de aprendizaje, denominado Zona de Desarrollo Potencial (ZDP) por Lev Vygotsky (Bork, 2001). Las unidades de aprendizaje asistido deberían estar en esta zona para todos los estudiantes, proporcionando un conjunto de actividades de aprendizaje de gran interactividad (Bork, 2001).

Chen y Macredie (2002) postulan que para que esta adaptación sea eficiente requiere que se elaboren modelos de aprendizaje y que las interfaces de usuario sean capaces de ajustarse a las diferencias individuales de los distintos estudiantes.

El estilo cognitivo constituye las preferencias individuales y la forma habitual de aproximación a la organización y representación de la información. Una de las dimensiones del estilo cognitivo es la dependencia o independencia de campo, que refleja como de capaz es un alumno para reestructurar la información. Los estudiantes que poseen un estilo dependiente de campo, son aquéllos que tienen dificultad para reestructurar nueva información y establecer relaciones con sus conocimientos previos, tienen pocas habilidades en el razonamiento y prefieren trabajar en grupos; de manera opuesta son los estudiantes que poseen un estilo independiente (Witkin y Goodenough, 1985).

Chen y Macredie (2002) plantean que el estilo cognitivo es uno de los aspectos importantes que deben ser tomados en cuenta en el diseño de un sistema hipermedia adaptativo destinado al aprendizaje, a fin de que sea capaz de ajustarse a las distintas preferencias de los estudiantes.

Los programas educativos que pueden ser adaptados a los estilos cognitivos de los alumnos, señalan Chen y Macredie (2002), los ayudan a maximizar la utilización de ellos. Estas aplicaciones serán percibidas como más amistosas e inteligentes si tienden a coincidir con las estructuras cognitivas de los estudiantes.

5.1 Aspectos que pueden ser adaptados en Sistemas Hipermedia Adaptativos

Okamoto, Cristea y Kayama (2001) señalan que los sistemas hipermedia tradicionales presentan muy poca flexibilidad respecto a las estrategias pedagógicas utilizadas; generalmente se desarrollan estableciendo una única estrategia instruccional, para ser aplicada a todos los aprendices. La gran ventaja de utilizar Sistemas Hipermedia Adaptativos en el área educativa es

la flexibilidad de estos entornos, que permiten proporcionar estrategias de enseñanza adecuadas a cada tipo de estudiante, de acuerdo a sus características individuales.

5.1.1 Estrategias de enseñanza

Reigeluth y Moore (1999) proponen un marco para la comparación de estrategias instruccionales, basado en los distintos tipos de aprendizaje, el control, el foco, el tipo de trabajo grupal, las interacciones y el tipo de apoyo.

Tipo de aprendizaje

Reigeluth y Moore (1999) indican que el tipo de aprendizaje está relacionado con el propósito de la actividad de aprendizaje y el tipo de aprendizaje involucrado. Esta taxonomía puede visualizarse como un esquema de categorías interconectadas, para ser aplicadas como una taxonomía instruccional de acuerdo a los contenidos de la instrucción. A pesar que se presentan como categorías independientes, éstas se pueden superponer y constituir un tipo de continuo (Ver Figura N° 5.1).

Memorizar información	Aplicación de habilidades
Comprender relaciones	Aplicar habilidades genéricas

Figura N° 5.1: Tipos de aprendizaje (Reigeluth y Moore, 1999).

Control del aprendizaje

La fuente de control tradicional del aprendizaje ha sido el profesor, quien selecciona los objetivos, contenidos, determina las estrategias de enseñanza que serán aplicadas y evalúa el aprendizaje. Una de las tendencias de los nuevos paradigmas instruccionales es la creación de entornos centrados en el alumno, donde éste adquiere una mayor responsabilidad para definir los aprendizajes esperados y elegir el camino necesario para lograrlos (Bork, 2001, Reigeluth y Moore, 1999).

La mayoría de estas actividades educativas pueden encontrarse en algún punto de un continuo entre dos posiciones extremas (ver Figura N° 5.2), donde ninguno de los extremos es siempre mejor que otro, y diferentes puntos del mismo son apropiados para distintas condiciones (Reigeluth y Moore, 1999).

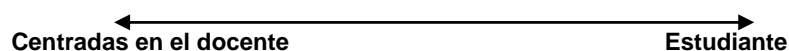


Figura N° 5.2: Control del aprendizaje (Reigeluth y Moore, 1999).

Algunas preguntas útiles, planteadas por Reigeluth y Moore (1999) para decidir en qué parte del continuo encaja un tipo de estrategia instruccional, son: ¿quién determina los objetivos educativos?, ¿quién determina la manera de lograrlos?, ¿quién selecciona los contenidos?, ¿quién selecciona los tipos y niveles de apoyo y recursos?, ¿quién escoge cuándo utilizar los recursos y el apoyo?, ¿quién decide qué actividades deben realizarse y en qué secuencia? y ¿quién evalúa el aprendizaje?

Foco del aprendizaje

Reigeluth y Moore (1999) plantean que el foco del aprendizaje se puede concebir como un espacio bidimensional continuo que permite comparar, no sólo el tipo de actividad de aprendizaje, sino también el contenido en el que se basa la actividad (ver Figura N° 5.3).

Algunos teóricos proponen el uso de temas generativos como base de sus actividades de aprendizaje, por lo que se entienden como centrales de un dominio de aprendizaje, por lo tanto estarían considerados como orientado a los *tópicos* y a un *dominio específico*, ubicándose en el cuadrante inferior izquierdo del sistema bidimensional.

Por otra parte, las actividades que faciliten el desarrollo de la comprensión en los estudiantes podrían incluirse en la dimensión que representa las actividades de resolución de *problemas* y que, a la vez, están relacionadas con el *tópico* o tema, siendo éste el principal medio de aprendizaje.

Otros autores postulan la organización del aprendizaje en función de contextos basados en objetivos y requieren que el estudiante aprendan ciertos contenidos con el fin de poder lograrlos. Esta estrategia está básicamente orientada a la resolución de *problemas*, pero puede incluir también tanto el *dominio específico* como actividades de carácter *interdisciplinarias*, dependiendo de la naturaleza de los objetivos.

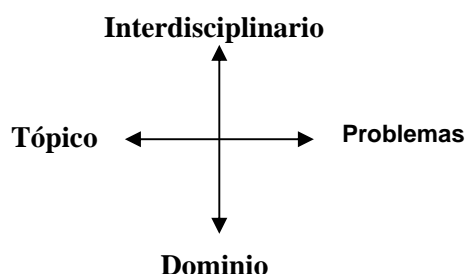


Figura N° 5.3: Foco del aprendizaje (Reigeluth y Moore, 1999).

Formación de grupos

Este aspecto se refiere al número de estudiantes que trabajan de manera conjunta (ver Figura N° 5.4). Los aprendices pueden trabajar de manera individual o grupal; si la modalidad es grupal pueden constituirse en parejas, en equipos (entre 3 y 6) o en grupos con una mayor cantidad de integrantes. Cada uno de estos tipos tiene asociado su propio proceso, que debe ser considerado al planificar las actividades instructivas (Reigeluth y Moore, 1999).

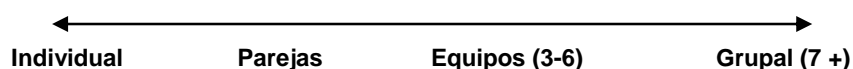


Figura N° 5.4: Formación de grupos (Reigeluth y Moore, 1999).

Interacciones para el aprendizaje

Los tipos de interacción de los estudiantes son clasificados por Reigeluth y Moore (1999), distinguiendo dos grandes categorías de interacción: humana y no humana. Dentro de cada una existen algunos tipos específicos. En la primera, el estudiante interactúa con el profesor, trabajando con otros estudiantes en parejas o grupos y con otras personas, que pueden ser miembros de una comunidad. En la segunda, la interacción es entre el estudiante y medios con los cuales realiza sus actividades de aprendizaje (Tabla N° 5.2).

Humana			No humana			
Estudiante - Profesor	Estudiante - Estudiante	Otras	Estudiante - herramientas	Estudiante - Información	Estudiante - Entornos/manipulativos	Otras

Tabla N° 5.2: Interacciones para el aprendizaje (Reigeluth y Moore, 1999).

Algunas propuestas, como las llamadas comunidades de aprendizajes, están basadas en distintas formas de interacción, por ejemplo, los estudiantes trabajan conjuntamente con el profesor para definir sus objetivos de aprendizaje, trabajan fuera de los límites impuestos por la sala de clases, comparten el trabajo con otros estudiantes y utilizan distintos tipos de medios.

Apoyo para el aprendizaje

Se distinguen dos tipos de apoyos necesarios para mejorar el aprendizaje (ver Figura N° 5.5): el apoyo cognitivo y el apoyo afectivo (Reigeluth y Moore, 1999).

El apoyo cognitivo consiste en proporcionar elementos que sirvan de apoyo a los estudiantes para construir la comprensión y desarrollar competencias en relación con un contenido. Éstos pueden ser recursos impresos, informáticos, interacción humana, acceso ordenado a información, retroalimentación, evaluación, etc.

Por otra parte, el apoyo de carácter afectivo, involucra elementos que apoyan las actitudes, la motivación, los sentimientos y la auto confianza de los estudiantes.

Éstos no son aspectos necesariamente distintos, pues se complementan. No obstante, algunas estrategias apoyan explícitamente uno de los dos. Por ejemplo, en el caso de entornos de aprendizaje constructivistas, el apoyo puede representarse en todo el cuadrante ya que involucra ambas dimensiones.

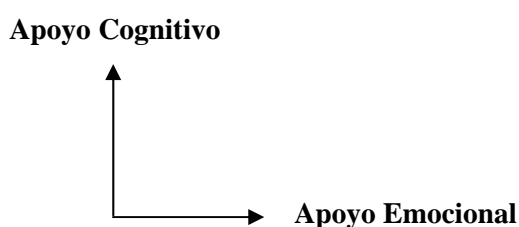


Figura N° 5.5: Apoyo para el aprendizaje (Reigeluth y Moore, 1999).

6. Sistemas Hipermedia Adaptativo Educativo

Un Sistema Hipermedia Adaptativo Educativo (SHAE) es un sistema educativo, por ejemplo un curso, que puede ser presentado de manera diferente a cada estudiante, en función de algunas características personales (Carro et al., 2001).

Estos sistemas pueden clasificarse, según Carro (2002), de acuerdo a la forma de acceder a la información:

- *Sistemas de acceso local*, que son los que se encuentran en el ordenador del usuario. Tienen la ventaja de que permiten al estudiante acceder a la información aún cuando no tengan acceso a Internet. El mayor inconveniente es que es el propio usuario que debe preocuparse de las actualizaciones del sistema, instalando las nuevas versiones.
- *Sistemas de acceso remoto*, están basados en una arquitectura cliente-servidor. El sistema se encuentra en un servidor y es éste quien proporciona la información cuando es requerida. Las actualizaciones se realizan en el servidor, de manera que el usuario accede de manera automática a la información actualizada. Existen dos tipos de clientes, específicos y generales. Para los clientes específicos es necesario instalar una aplicación especial de cliente en el computador del usuario para administrar la interfaz entre el servidor y el cliente. Por el contrario, en el caso de los clientes generales, como páginas web, no se requiere instalar ninguna aplicación adicional en el ordenador del usuario; sólo debe tener instalado un navegador, es por esto que el número de potenciales usuarios es mucho mayor y la administración se realiza directamente a través del servidor web.

La forma cómo estos sistemas se adaptan a los alumnos es variada, y depende de los modelos y de los aspectos que son considerados en ellos a fin de realizar ajustes que personalicen el entorno. El propósito de estas aplicaciones informáticas es proteger a los estudiantes de inconvenientes presentes en los sistemas hipermedias, como pueden ser la fatiga cognitiva y la desorientación que se produce en algunos de ellos. Para ello se les suministra apoyo, a través de una adaptación personalizada, a fin de que encuentren los contenidos adecuados y relevantes, de acuerdo a sus propias características, en su recorrido en el hiperespacio facilitando el logro de sus propios objetivos de aprendizaje.

6.1 Ejemplos de SHAE

La gran mayoría de los SHAE basan la adaptación a partir del Modelo de Estudiante (Modelo de Usuario) considerando diferentes y variadas características. Algunos SHAE de *acceso remoto*, basados en este modelo, toman en cuenta el nivel de conocimientos que posee el alumno junto con rasgos de carácter individual, como son los estilos de aprendizaje. Se describirán algunos de estos sistemas indicando sus principales características (ver Tabla N° 6.1).

6.1.1 AHA (Adaptive Hypermedia for All)

Este sistema tiene como finalidad desarrollar cursos de acceso remoto. La temática abordada corresponde a los conceptos de hipertexto e hipermedia. Las relaciones que establece son entre páginas y conceptos, de modo que el leer ciertas páginas contribuye a la adquisición y manejo de ciertos conceptos, y el conocimiento de algunos conceptos es prerequisite para acceder a ciertas páginas. Es un sistema que adapta la presentación de los contenidos y de las opciones de navegación. Las técnicas utilizadas corresponden a fragmentos condicionales y ocultación de enlaces (De Bra y Stash, 2002).

6.1.2 ELM-ART (Episodic Learner Model - Adaptive Remote Tutor)

Este sistema tutorial fue generado con el propósito de apoyar el aprendizaje del lenguaje de programación LISP. Para adaptar las opciones de navegación utiliza las técnicas de anotación y guía directa. La anotación utiliza una metáfora basada en los colores del semáforo, donde el color verde es usado para indicar que la sección es recomendada para ser aprendida; el amarillo se emplea para señalar que está disponible esa parte, pero que no es aún recomendada; finalmente, el rojo se utiliza para indicar que no es aún el momento de aprender esos contenidos. La adaptación se genera en base a las unidades que son prerequisites de las siguientes (Brusilovsky, Schwarz, y Weber, 1996).

6.1.3 HEZINET

Se define como un hiperentorno interactivo destinado al aprendizaje de la lengua vasca (euskara) a través de Internet, donde integra métodos de instrucción tradicionales con métodos de aprendizaje basados en la construcción del conocimiento. Los métodos de instrucción ayudan al estudiante a tener conciencia de los contenidos que no domina, mediante herramientas que le proporcionan un resumen histórico de la navegación realizada, también se le indica qué contenidos están pendientes. El módulo didáctico determina que ítems se van a incluir en los tests que serán administrados en un momento dado. Está basado en el constructivismo moderado (WIG) ya que desde un principio establece el material que estará a disposición del estudiante y permitiéndole el control de la navegación (Pérez et al., 2001).

Este sistema, señalan Pérez et al. (2001), se centra en el desarrollo de actividades que debe desarrollar el alumno, incorporando una gran variedad: elección múltiple; verdadero/falso; establecer relaciones; respuestas cortas y ensayo. Cada actividad tiene dos versiones distintas, diseñadas para estilos de aprendizaje diferentes. La versión *analítica* tiene un estilo sencillo y no abusa de medios audiovisuales, centrándose en la tarea cognitiva a realizar; la segunda

versión, denominada *multimedia*, corresponde a un estilo de aprendizaje relacional. El sistema clasifica al estudiante en uno de los dos estereotipos y le proporciona los materiales de acuerdo al perfil asignado; no obstante el alumno puede optar por cambiar el perfil y el sistema lo registrará para futuras interacciones. El sistema incorpora un total de 5500 actividades, 400 vídeos y 60 animaciones.

Incluye elementos anexos de ayuda, como un libro de gramática vasca, un diccionario castellano-euskara y euskara-castellano, herramientas de consultas con otros estudiantes y con el profesor tutor (Pérez et al., 2001).

6.1.4 INSPIRE

En el caso del prototipo INSPIRE (Papanikolaou, Grigoriadou, Magoulas, Kornilakis, 2002) el nivel de conocimientos corresponde al nivel de desempeño que demuestra el estudiante con respecto a los conceptos que estudia, de manera de adaptar los contenidos que se enseñan y apoyar las opciones de navegación. El sistema obtiene estos datos a partir de las respuestas que proporciona el alumno cuando responde un test suministrado por el sistema. El conocimiento es clasificado en categorías de estereotipos: inadecuado, casi adecuado, adecuado y avanzado; cada categoría tiene asociada una estrategia diferente en función del nivel de conocimientos. Los rasgos individuales, específicamente los estilos de aprendizajes son utilizados para adaptar la presentación del material didáctico, seleccionando la secuencia más adecuada (Papanikolaou et al., 2002).

6.1.5 INTERBOOK

Es una herramienta que permite transformar un curso en formato electrónico, en un curso adaptativo basado en Web.

Todos los textos electrónicos InterBook poseen una tabla de contenidos, un glosario y una interfaz de búsqueda. La estructura del glosario simula la estructura pedagógica del dominio de conocimientos, donde un concepto de la estructura del dominio está representado en una palabra de entrada, simulando así un índice. Además, en cada sección se presenta una lista de conceptos relacionados con ella y el tipo de concepto que es. Genera enlaces contextuales, de manera dinámica, entre el glosario y el texto, en función de los niveles de conocimiento del estudiante representados en el Modelo del Usuario (Brusilovsky, Eklund y Schwarz, 1998).

La manera de organizar los contenidos en una estructura conceptual, es similar a la red semántica que plantean los cognitivistas, que los alumnos crean en relación con sus propios conocimientos. Utiliza también la técnica de anotaciones, como forma de apoyo a las opciones de navegación, sugiriendo el mejor camino a través de la información.

6.1.6 ISIS –Tutor

Este sistema basa su adaptación en los niveles de conocimientos del usuario, estableciendo cuatro categorías: *No está preparado para aprenderlo* (no ha aprendido los conceptos que son prerequisites); *Preparado para aprenderlo*; *Lo está aprendiendo*; y *Aprendido* (ha resuelto la cantidad de problemas requeridos para aprender ese concepto). Las técnicas de adaptación que utiliza se relacionan exclusivamente con las opciones de navegación: guía directa, ocultación y anotación de enlaces. El propósito es resaltar los enlaces correspondientes al objetivo de aprendizaje del estudiante y ocultar aquellos conceptos que pertenecen a objetivos de aprendizaje posteriores (Brusilovsky y Pesin, 1994).

6.1.7 TANGOW (Task-based Adaptive learner Guidance On the Web)

Carro et al. (2001) explican que TANGOW es un sistema para la construcción de cursos adaptativos de acceso remoto. Se detallan los contenidos del curso, la secuencia de los mismos y

la forma de asociar los contenidos, como elementos hipermedia, a cada concepto. La estructura de un curso se concreta mediante la creación de un conjunto de *tareas* y *reglas docentes*. Una tarea corresponde a una unidad conceptual que puede tener o no una serie de contenidos asociados y que puede descomponerse en otras más específicas. Una regla docente establece cada una de las descomposiciones de cada tarea y definen en qué orden se presentan los temas al estudiante.

En este sistema tanto la estructura como los contenidos pueden adaptarse a los alumnos. La estructura puede ajustarse en función de permitir o no el acceso a ciertas tareas; el conjunto de tareas disponibles para un estudiante en cada instante puede depender de factores como su perfil o sus acciones anteriores durante la interacción con el curso. Los aspectos considerados en el perfil son: edad, idioma, conocimientos previos sobre el tema expuesto y estrategia de aprendizaje preferida. Los contenidos son susceptibles de ser adaptados utilizando la técnica de variante de fragmentos, esto es utilizar diferentes versiones de un mismo fragmento para cada perfil de estudiante, componiendo la página a presentar eligiendo el que más se adecua a sus propias características (Carro et al., 2001).

6.2 Modelos de SHAE

Diversos modelos para desarrollar SHAE se han propuesto. Algunos basados en los niveles de conocimientos del usuario y en los distintos tipos de relaciones entre conceptos, como es el caso de AHAM (*A Dexter- based Reference Model for Adaptive Hypermedia*) (De Bra et al., 1999), el marco de referencia para SHAE formulado por Buendía y Díaz (2002) y el SEM – HP (Medina et al., 2002b). Otros, centran la adaptación en los estilos de aprendizajes, como es el propuesto por Chen y Macredie (2002).

6.2.1 AHAM (A Dexter- based Reference Model for Adaptive Hypermedia)

De Bra et al. (1999b) proponen un modelo de referencia para SHA basado en el modelo de Dexter (Halasz y Schwartz, 1990; Halasz y Schwartz, 1994) para sistemas hipermedia, centrado en las *capas de almacenamiento*, en las *especificaciones de presentación* y en el *anclaje*. Las nociones más importantes en este modelo son los conceptos y las relaciones conceptuales; distinguiendo entre conceptos, páginas y fragmentos. La adaptación está basada en el Modelo del Dominio, Modelo del Estudiante y Modelo de Enseñanza (o de adaptación) que componen la *capa de almacenamiento*. El Modelo del Estudiante registra

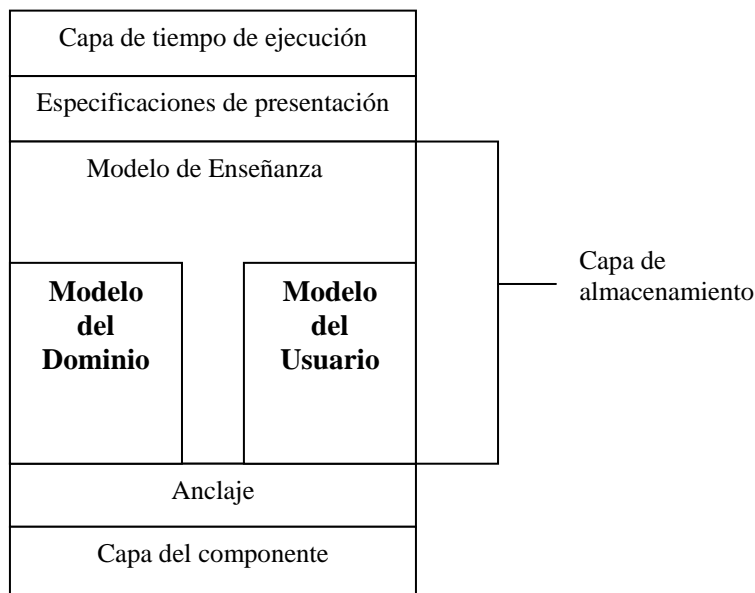


Figura N° 6.1: Modelo AHAM (De Bra et al., 1999b).

cuál es el nivel de competencia del alumno en relación con los conceptos almacenados en el Modelo del Dominio. El Modelo de Enseñanza almacena el conjunto de reglas pedagógicas que definen cómo se combinan los otros modelos anteriores para proveer las distintas formas de adaptación, ya sea en el ámbito de los contenidos o de las opciones de navegación (ver Figura N° 6.0).

Sistema	Adaptación basada en	Adaptación de contenidos	Adaptación de la estructura
AHA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niveles de conocimientos ▪ Intereses ▪ Preferencias 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fragmentos condicionales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicas utilizadas: <ul style="list-style-type: none"> - Ocultación de enlaces - Utilización de colores
ELM-ART	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niveles de conocimiento 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicas utilizadas: <ul style="list-style-type: none"> - Anotación - Guía directa
HEZINET	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estilos de aprendizaje (Analítico y relacional) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actividades: analíticas o multimedia ▪ Evaluación 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resumen histórico de la navegación ▪ Indicación de contenidos pendientes
INSPIRE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niveles de conocimiento ▪ Estilos de aprendizaje (Activo, reflexivo, teórico y pragmático) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estrategias: revisión de conceptos que son prerequisites ▪ Secuencia de contenidos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Propone un recorrido de acuerdo al progreso del estudiante ▪ Indica al estudiante el nivel de su desempeño en los distintos conceptos asociados al objetivo de aprendizaje ▪ Indicación de las páginas y de las visitadas
INTERBOOK	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estereotipos ▪ La actualización se produce con respecto a los nodos visitados por el usuario 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicas utilizadas: <ul style="list-style-type: none"> - Guía directa - Generación de enlaces
ISIS-Tutor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nivel de conocimiento del usuario: <ul style="list-style-type: none"> - No está preparado para aprenderlo, Preparado para aprenderlo, Lo está aprendiendo, Aprendido 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicas utilizadas: <ul style="list-style-type: none"> - Guía directa - Ocultación de enlaces - Anotación
TANGOW	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perfil del estudiante: <ul style="list-style-type: none"> - Edad - Idioma - Conocimientos previos - Estrategia de aprendizaje preferida ▪ Interacción 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnica: <ul style="list-style-type: none"> - Variantes de fragmentos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acceso condicionado a ciertas tareas

Tabla N° 6.1: Descripción de algunos SHAE.

6.2.2 Marco de referencia para los SHAE

Buendía y Díaz (2002) proponen una estructura para los SHAE basada en el Modelo del Usuario, Modelo del Dominio y Modelo de Adaptación (ver Figura N° 6.2).

El Modelo del Dominio, en general, describe cómo se estructuran los contenidos de la aplicación. En este caso específico está basado en un modelo didáctico para diseñar aplicaciones de carácter instruccional. Éste incluye entidades estáticas: los *Objetos instruccionales* y las *Estructuras didácticas*. Éstas últimas poseen un conjunto de *Objetos Instruccionales*, que contienen objetos de conocimiento representados como contenidos. Las entidades funcionales corresponden a las *Tareas instruccionales* y los *Escenarios de aprendizaje*. Cada *Estructura didáctica* tiene un conjunto de *Tareas instruccionales* que representan su interfaz y son

dependientes del tipo de estructura. El usuario debe demostrar cierto *Nivel de competencia* antes de acceder a una *Tarea instruccional*; ésta retorna un valor de competencia una vez que ha sido finalizada por el alumno. Los *Escenarios de aprendizaje* representan los términos y condiciones que caracterizan el aprendizaje del usuario.

La adaptación está centrada en los tipos de estructuras con los que es el usuario es capaz de trabajar y las tareas que él realizará dentro de ella. Una aplicación instruccional está asociada con un hiperdocumento instruccional, contiene un grupo de *Estructuras didácticas*, las cuales están relacionadas con *nodos*. Cada uno de estos *nodos* tiene una lista de “*anclas*” que localiza las *Tareas instruccionales* asignadas. Estas *anclas* representan la interfaz de la *Estructura didáctica* y están conectados mediante *enlaces* con el *Hiperdocumento del usuario*.

El Modelo de Adaptación es definido por el docente mediante un conjunto de reglas, que relacionan las *Estructuras didácticas* con los *Niveles de competencia*.

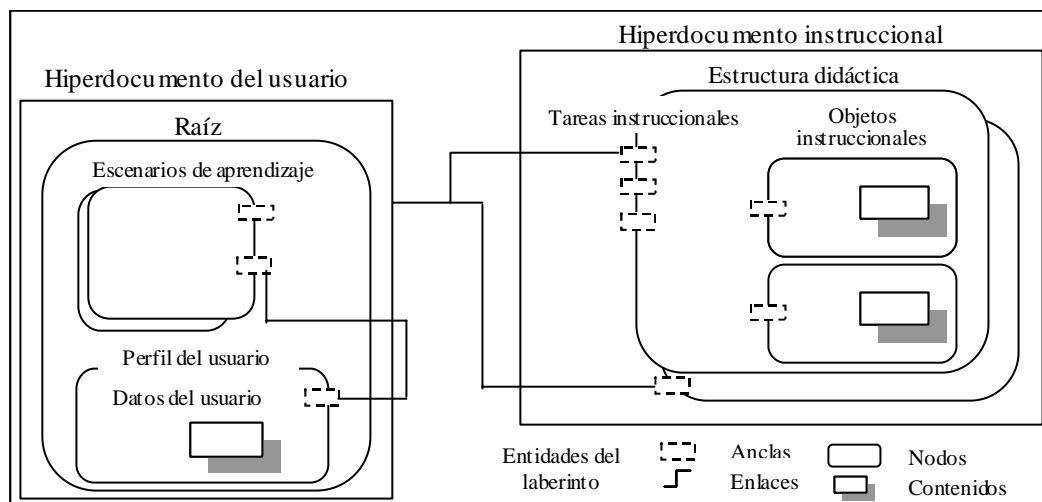


Figura N° 6.2: Representación laberíntica de las entidades del Modelo del Dominio y del Usuario (Buendía y Díaz, 2002).

6.2.3 SEM-HP

Es un modelo para desarrollar SHA propuesto por Medina et al. (2002b). Este modelo consta de cuatro subsistemas interrelacionados y que interactúan entre sí, denominados: memorización, presentación, navegación y aprendizaje.

El subsistema de **memorización** almacena y mantiene la estructura del conocimiento que proporciona el sistema. La estructura conceptual es una red semántica con dos tipos de nodos: conceptos e ítems. Los conceptos son ideas marcadas y los ítems contienen la información relativa a cada concepto. Los enlaces de esta red son de dos tipos: relaciones entre conceptos o asociaciones entre conceptos e ítems.

El subsistema **presentación** permite seleccionar una parte de los conceptos, ítems y relaciones de la estructura conceptual previamente definida.

El subsistema de **navegación** admite agregar restricciones relativas a la secuencia de los elementos de la estructura conceptual que serán presentados. Estas restricciones establecen un orden parcial entre los ítems.

El último subsistema, el del **aprendizaje**, tiene la función de realizar la adaptación del sistema hipermedia. Los elementos que lo constituyen son:

- *Reglas de conocimiento*: restringen la navegación del usuario en función de su conocimiento.

- *Reglas de actualización*: registran el grado de conocimiento de un usuario en relación con los distintos ítems.
- *Reglas de peso*: calculan el grado de conocimiento que el usuario posee respecto de cada uno de los conceptos, utilizando como referencia el conocimiento de los ítems asociados a ellos.
- *Modelo de usuario*: almacena información sobre el conocimiento, preferencias e intereses del usuario, calculado mediante el uso de una red de Petri.

Este subsistema utiliza distintas técnicas y métodos con el fin de adaptar la estructura conceptual de la navegación, como la de ocultación de enlaces. También se realiza una anotación asociada a cada concepto donde se especifica el grado de conocimiento del usuario respecto a ellos, como también si han sido visitados anteriormente.

6.2.4 Sistema Hipermedia de Aprendizaje

Chen y Macredie (2002) proponen un modelo de aprendizaje basado en los estilos cognitivos de los estudiantes, ya que reflejan distintas preferencias y formas de recorrer la información en sistemas hipermedia. Este modelo ilustra las características de los alumnos con distintos estilos cognitivos: independiente de campo y dependiente de campo y los patrones de aprendizaje que siguen en los sistemas hipermedia (ver Figura N° 6.3).

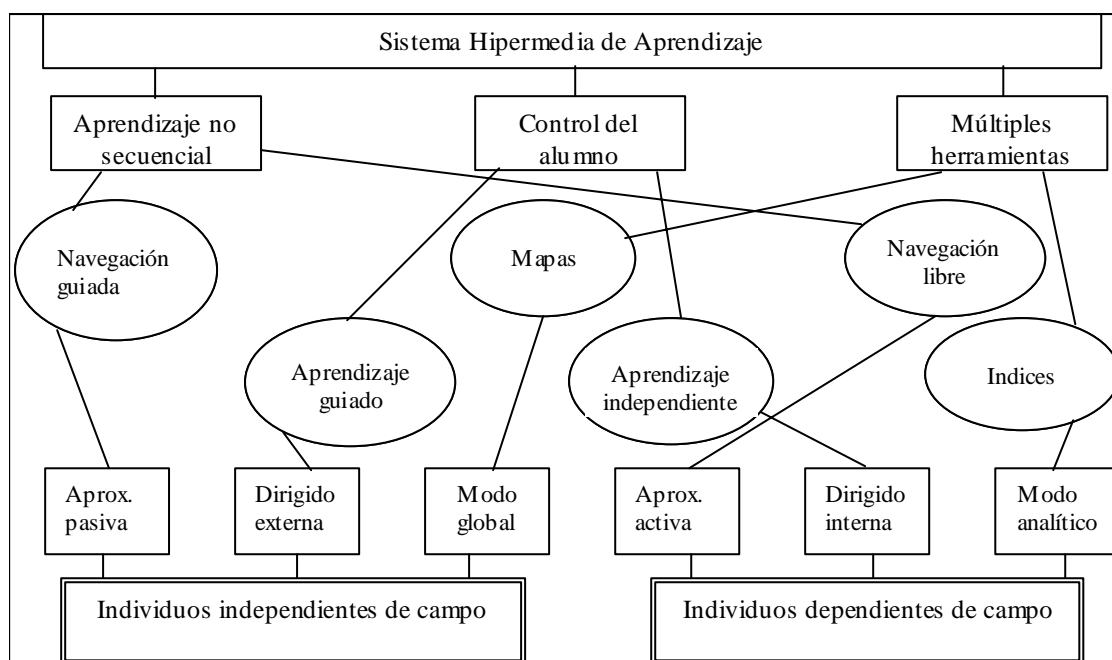


Figura N° 6.3: Características y patrones de aprendizaje de individuos independientes y dependientes de campo (Chen y Macredie, 2002).

Éste puede ser aplicado para diseñar SHA para que se adapten a las particularidades de cada alumno, de acuerdo al tipo de estilo cognitivo.

7. Conclusiones y Proyecciones

7.1 Conclusiones

En general, para describir un SHA es necesario especificar cuatro aspectos fundamentales, que están interrelacionados y que interactúan entre sí. Éstos se encuentran asociados a diferentes modelos:

Modelo del Estudiante/Interacción

Las características y/o acciones del estudiante que pueden ser utilizadas para ajustar la adaptación. Las propuestas por distintos autores son: edad, idioma, experiencias con sistemas hipermedia, experiencias previas, destrezas y capacidades, preferencias, intereses, nivel de conocimientos generales y del dominio específico, objetivos de aprendizaje, estilos de aprendizaje, interacción observable y regularidad en la utilización

Modelo del Entorno

Se corresponde con las características relacionadas con la funcionalidad del sistema, tanto lo concerniente al hardware como al software, de manera de poder regularla de acuerdo a la tecnología que dispone cada usuario.

Modelo del Dominio

Es la estructura de los contenidos del dominio específico del sistema y dónde se establecen los distintos tipos de relaciones conceptuales.

Modelo de Enseñanza o Adaptación

Son las características del sistema que pueden ser potencialmente adaptadas. Estas posibilidades se centran en tres aspectos que son complementarios entre sí: la adaptación de los contenidos, de las opciones de navegación y de la presentación. De otro modo, indica cuáles serán las reglas, de tipo pedagógico en el caso particular de los SHAE, que establecerán las técnicas de adaptación que serán utilizadas, combinando la información de los Modelos del Dominio y del Usuario, para proporcionar un tipo específico de adaptación a un usuario particular.

La mayoría de los modelos propuestos para el desarrollo de SHA incluyen, sino todos, gran parte de los aspectos mencionados anteriormente. Sin embargo, los distintos sistemas desarrollados hasta el momento, son capaces de incorporar un número limitado de características de los usuarios para generar la adaptación, modelando especialmente, y casi de manera exclusiva, sólo los niveles de conocimientos. Al mismo tiempo, muy pocos de estos sistemas combinan las distintas posibles formas de adaptación, es decir, la adaptación de contenidos, opciones de navegación y presentación en una misma aplicación.

En el caso específico de los SHAE, éstos incluyen sólo algunos elementos de carácter pedagógico, y la mayoría de las veces utilizan una única perspectiva instructiva. Sin embargo, algunas propuestas recientes basan la adaptación en función de los estilos de aprendizaje de los usuarios (Okamoto et al., 2001; Chen y Macredie, 2002; Papanikolaou et al., 2002), pero no establecen relaciones claras, por ejemplo, con los tipos de aprendizajes, el tipo de interacción, el foco del aprendizaje y el tipo de apoyo, que son factores determinantes para el diseño de estrategias instructivas.

La mayor parte de las propuestas para diseñar y desarrollar los SHA provienen casi exclusivamente del área de la informática. En el proceso de enseñanza y aprendizaje intervienen múltiples variables y factores de índole muy diversas, distintos a los que se deben tomar en cuenta para el desarrollo de aplicaciones informáticas con otros objetivos.

Algunos problemas se relacionan con:

- Definir qué características de los usuarios, además de los niveles de conocimiento, son relevantes para basar la adaptación, junto con los estereotipos a establecer y las formas de obtener esa información.
- La manera de establecer los diferentes tipos de relaciones y prerequisites conceptuales, en función de las distintas estrategias instructivas.
- Los factores asociados a las técnicas de adaptación en función de un uso efectivo de los distintos formatos de información para inducir una comunicación efectiva para cada estudiante en particular, que incentive, por ejemplo, aspectos tales como la motivación.
- De manera general, la mayor dificultad para desarrollar estos sistemas, destinados al ámbito educativo, radica en la carencia de pautas o modelos pedagógicos diseñados para ellos, que sirvan como referencia para guiar su diseño, donde se incorporen relaciones entre los elementos que los componen con los supuestos pedagógicos que deben sustentarlos.

Finalmente, de acuerdo a lo planteado por los diversos autores, existen distintas propuestas para considerar modelos o combinaciones de ellos, para los SHA (Tabla N° 7.1). Todo sistema de estas características debe basarse en, al menos, uno o más modelos para desarrollar la adaptación.

AUTOR	MODELOS
(Brusilovsky, 1996)	▪ Usuario
(Eklund y Sinclair, 2000) y (Buendía y Díaz, 2001)	▪ Usuario y Dominio
(De Bra et al., 1999b)	▪ Usuario, Dominio y Enseñanza
(Gutiérrez y Pérez, 2001)	▪ Usuario, Dominio y Entorno
(Toppano, 2002)	▪ Interacción
(Kobsa et al., 2001)	▪ Usuario, Interacción y Entorno

Tabla N° 7.1: Modelos utilizados en los SHA.

7.2 Proyecciones

A partir de estos aspectos básicos de los SHA y de los sistemas desarrollados hasta el momento, es posible plantear algunas interrogantes para el desarrollo de futuras investigaciones en el ámbito de estos sistemas con fines de carácter educativo.

Qué combinación de características de los estudiantes deben ser consideradas para la adaptación en relación con, por ejemplo, los tipos de aprendizajes para los cuales se desarrolla un sistema y el tipo de acceso (remoto o local).

El tipo de control del aprendizaje es un aspecto que puede ser ajustado, mediante diferentes técnicas de adaptación, proporcionando menor o mayor grado de libertad al estudiante. Una posible interrogante, en este sentido, es qué características de los potenciales usuarios, además de los estilos de aprendizaje, son necesarias de modelar para establecer de manera adaptativa el grado de control, dependiendo al mismo tiempo del tipo de aprendizaje que se quiere facilitar y apoyar.

A qué nivel debe adaptarse un sistema hipermedia (contenidos, opciones de navegación y presentación) y utilizando qué técnicas, en función del tipo de aprendizaje y de un conjunto de características de los estudiantes que sean relevantes para facilitar ese proceso.

De un modo más general, basándose en la propuesta de Reigeluth y Moore (1999), como marco de comparación de los elementos que constituyen las diferentes estrategias

instruccionales: los distintos tipos de aprendizaje, el control, el foco, el tipo de trabajo grupal, las interacciones y el tipo de apoyo, qué características de los aprendices deberían ser modeladas para proporcionar adaptaciones de contenidos, opciones de navegación y de presentación y de qué manera.

Los modelos de desarrollo de los SHAE están basados fundamentalmente en aspectos de carácter técnicos, más que de tipo pedagógico, por esto en definitiva es necesario establecer modelos, que apoyen la creación de estos sistemas, pero desde una perspectiva pedagógica. Es decir, interrelacionar los distintos elementos fundamentales que constituyen un SHA considerando en cada uno de ellos los factores que facilitan la el aprendizaje mediante una enseñanza personalizada, bajo el amparo de las teorías de aprendizaje y del diseño instructivo.

8. Referencias

- Adell, J. (1995). La Navegación Hipertextual en la World Wide Web: Implicaciones para el Diseño de Materiales Educativos. *Actas de EDUTEC'95. II Congreso de Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación*. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca. (Disponible electrónicamente en <http://nti.uji.es/docs/nti/edutec95.html>).
- Adell, J., Bellver, C. (1995). La Internet como Telaraña: el World Wide Web. *Métodos de Información*, Vol. 2, N° 3. Enero 1995. (Disponible electrónicamente en <http://tecnologiaedu.us.es/bibliovir/pdf/17.pdf>).
- Alessi, S., Trollip, S. (2001). *Multimedia for Learning. Methods and Development*. Boston: Allyn and Bacon.
- Bailey, C., Hall, W., Millard, D., Weal, M. (2002). Towards Open Adaptive Hypermedia. En De Bra, P., Brusilovsky, P., Cornejo, R. (Eds.) *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems: Proceedings of Second International Conference*, Málaga, Spain. Lecture Notes in Computer Science, LNCS 2347, (pp. 36-46). Springer Verlag.
- Bork, A. (2001). Tutorial Learning for the New Century. *Journal of Science Education and Technology*, 10(1), 57-71. (Disponible electrónicamente en http://www.ics.uci.edu/~bork/tutorial_learning.pdf)
- Bray, T., Paoli, J., Sperberg-MacQueen, C. M. (2000). Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition). World Wide Web Consortium Recommendation October 2000. <http://www.w3c.org/TR/2000/REC-xml-20001006>.
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6(2-3), 87-129. (Disponible electrónicamente en <http://www2.sis.pitt.edu/~peterb/papers.html>).
- Brusilovsky, P. (1997) Efficient Techniques for Adaptive Hypermedia. En C. Nicholas, J. Mayfield (Eds.): *Intelligent Hypertext: Advanced Techniques for the World Wide Web*. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1326, Berlin: Springer-Verlag, (pp. 12-30). (Disponible electrónicamente en <http://www2.sis.pitt.edu/~peterb/papers.html>)
- Brusilovsky, P. (2001). Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 87-110 (Disponible electrónicamente en <http://www2.sis.pitt.edu/~peterb/papers.html>).
- Brusilovsky, P., Eklund, J., Schwarz, E. (1998) Web-Based Education For All: A Tool For Developing Adaptive Courseware. *Computer Networks and ISDN Systems. Proceedings of Seventh International World Wide Web Conference*, 14-18, April 1998 30 (1-7), (pp. 291-300). (Disponible electrónicamente en <http://www2.sis.pitt.edu/~peterb/papers/www98.pdf>).

- Brusilovsky, P., Pesin, L. (1994) An Intelligent Learning Environment For CDS/ISIS Users. En Levonen, J. J., Tukianinen, M. T. (Eds.) *Proceedings of the Interdisciplinary Workshop on Complex Learning in Computer Environments (CLCE94)*, Joensuu, Finland, May 16-19, 1994. (pp. 29-33). (Disponible electrónicamente en <http://www2.sis.pitt.edu/~peterb/papers.html>).
- Brusilovsky, P., Schwarz, E., Weber, G. (1996) ELM-ART: An Intelligent Tutoring System on World Wide Web. En C. Frasson, G. Gauthier, A. Lesgold (Eds.): *Third International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS-96*. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1086, Berlin: Springer Verlag, (pp. 261-269). (Disponible electrónicamente en <http://www2.sis.pitt.edu/~peterb/papers.html>).
- Buendía, F., Díaz, P. (2002). A Framework for Educational Adaptive Hypermedia Applications. En De Bra, P., Brusilovsky, P., Cornejo, R. (Eds.) *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems: Proceedings of Second International Conference*, Málaga, Spain. Lecture Notes in Computer Science, LNCS 2347, (pp. 476-479). Springer Verlag.
- Carro, R. M. (2002). Adaptive Hypermedia in Education: New Considerations and Trends. *Proceedings of the 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics en Orlando, Florida*. (Disponible electrónicamente en <http://www.ii.uam.es/~rcarro/pubs/CarroSCI2.pdf>).
- Carro, R. M., Pulido, E., Rodríguez, P. (2001). Creación de Cursos Adaptativos en TANGOW mediante Tareas, Reglas y Elementos Multimedia. *Revista de Enseñanza y Tecnología*. Septiembre – Diciembre, 20-28. (Disponible electrónicamente en <http://www.ii.uam.es/~rcarro/pubs/CarroADIE.pdf>).
- Castells, P., Macías, J. (2002). Un Sistema de Presentación Dinámica en Entornos Web para Representaciones Personalizadas del Conocimiento. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, No. 16. AEPIA, 2002, (pp. 25-34). (Disponible electrónicamente en <http://tornado.dia.fi.upm.es/caepia/numeros/16/castells-macias.pdf>).
- Chen, S., Macredie, R. D. (2002). Cognitive Styles and Hypermedia Navigation: Development of a Learning Model. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 53(1), 3-15.
- Da Silva, D. P., Van Durn, R., Duval, E., Olivie, H. (1998). Concepts and Documents for Adaptive Educational Hipermedia: A Model and a Prototype. *Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia. HYPERTEXT'98*, Pittsburgh, USA. (Disponible electrónicamente en <http://www.wis.win.tue.nl/ah98/Pilar/Pilar.html>).
- De Bra, P. (1998). Adaptive Hipermedia on the Web: Methods, Technology and Applications. *Proceedings de AACE WebNet'98 Conference*, 220-225, Orlando, Fl., USA. (Disponible electrónicamente en <http://www.wis.win.tue.nl/~debra/public.html>).
- De Bra, P. (1999). Design Issues in Adaptive Hypermedia Application Development. *Proceedings of the Second Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web*, (pp. 29-39), Toronto and Banff, Canada. (Disponible electrónicamente en <http://www.wis.win.tue.nl/~debra/asum99/debra/debra.html>).
- De Bra, P., Aerts, A., Rousseau, B. (2002). Concept Relationship Types for AHA! 2.0. *Proceedings of the AACE ELearn'2002 Conference*, (pp. 1386-1389). (Disponible electrónicamente en <http://www.wis.win.tue.nl/~debra/elearn2002/brendan.pdf>).
- De Bra, P., Brusilovsky, P. (1998). Using Adaptive Hipermedia for Web-based Education. *Tutorial at the AACE WebNet'98 Conference*, Orlando, Fl.,USA. (Disponible electrónicamente en <http://www.wis.win.tue.nl/~debra/public.html>).

- De Bra, P., Brusilovsky, P., Houben, G. J. (1999a). Adaptive Hypermedia, from Systems to Framework. *ACM Computing Surveys, Symposium Edition*. (Disponible electrónicamente en http://www.acm.org/pubs/articles/journals/surveys/1999-31-4es/a12-de_bra/a12-de_bra.pdf).
- De Bra, P., Calvi, L. (1998). AHA! An Open Adaptive Hypermedia Architecture. *The New Review of Hypermedia and Multimedia* 4, 115-139. (Disponible electrónicamente en <http://www.wis.win.tue.nl/~debra/public.html>).
- De Bra, P., Houben, G., Wu, H. (1999b). AHAM: A Dexter –based Reference Model for Adaptive Hipermedia. *Proceedings “Zesde Interdisciplinaire Conferentie Informatiewetenschap”*, 77-88. (Disponible electrónicamente en <http://www.wis.win.tue.nl/~debra/public.html>).
- De Bra, P., Stash, N. (2002). AHA! Adaptive Hypermedia for All. *Proceedings of the SANE 2002 Conference*, Maastricht, May 2002, (pp. 411-412). (Disponible electrónicamente en <http://www.wis.win.tue.nl/~debra/sane2002.pdf>).
- Delestre, N., Pécuchet, J., Barry-Gréboval, C. (1999). Why to Use a Dynamic Adaptive Hypermedia for Teaching, and How to Design it? *Web Net*, 1, 277-282. (Disponible electrónicamente en <http://asi.insa-rouen.fr/~delestre/papiers/Webnet99.pdf>).
- Díaz, P., Catenazzi N., Aedo I. (1996). *De la Multimedia a la Hipermedia*. España: Ed. RA-MA.
- Eklund, J., Sinclair, K. (2000). An Empirical Appraisal of the Effectiveness of Adaptive Interfaces for Instructional Systems. *Educational Technology and Society Journal* 3(4), 165-177.
- Eklund, J., Woo, R. (1998). A Cognitive Perspective for Designing Multimedia Learning Environments. En R. Corderoy (Ed.) *Proceedings of ASCILITE98*, Wollongong, Diciembre. The Printery, UOW. 181-190. (Disponible electrónicamente en <http://www.ascilite.org.au/conferences/wollongong98/asc98-pdf/eklundwoo0065.pdf>).
- Gutiérrez, J., Pérez, T. (2001). Sistemas de Interacción Persona – Computador. En M. Ortega, J. Bravo (Ed.), *Sistemas Hipermedia Adaptativos*. (pp. 159 – 179). España: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- Gros, B. (1997). *Diseños y programas educativos. Pautas pedagógicas para la elaboración de Software*. España: Ariel Educación, S. A.
- Halasz, F., Schwartz, M. (1990). The Dexter Hypertext Reference Model. *NIST Hypertext Standardization Workshop*.
- Halasz, F., Schwartz, M. (1994). The Dexter Hypertext Reference Model. *Communications of the ACM*, 37(2), 30-39.
- Holthi, J., Hall, W. (1998). An Evaluation of Adapted Hypermedia Techniques Using Static User Modelling. *Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia, Hypertext’98*, Pittsburgh, (pp. 45-50). (Disponible electrónicamente en <http://www.wis.win.tue.nl/ah98/Hothi/Hothi.html>).
- Hübscher, R. (2001). What’s in a Prerequisite. *Proceedings of International Conference on Advanced Learning Technology (ICALT 2001)*, Madison. (Disponible electrónicamente en <http://iis.cse.eng.auburn.edu/~roland/publications/papers/ICALT-2001.pdf>).
- Kobsa, A., Koenemann, J., Pohl, W. (2001). Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships. *The Knowledge Engineering Review*, 16(2), 111-155. (Disponible electrónicamente en <http://www.ics.uci.edu/~kobsa/papers/2001-KER-kobsa.pdf>).

- Koch, N. (2001). Software Engineering for Adaptive Hypermedia Applications. Reference Model, Modeling Techniques and Development Process. PhD.Thesis, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- León, J. (1998). La Adquisición del Conocimiento a través del Material Escrito: Texto Tradicional y Sistemas de Hipertexto. En C. Vizcarro, J. León (Eds.), *Nuevas Tecnologías para el Aprendizaje* (pp. 65-86). Madrid: Ediciones Pirámide.
- Linard, M., Zeiliger, R. (1995). Designing Navigational Support for Educational Software. En *Lecture Notes in Computer Science N°, 1015, 5th International Conference EWHCI'95, Moscow, Russia, Selected Papers, 63-78, Blumental, Gornostaev, Unger (Eds)*, Springer, Berlin. (Disponible electrónicamente en <http://www.irpeacs.fr/papers/rz/artmosc.htm>).
- Majó, J., Marqués, P. (2002). *La Revolución Educativa en la Era de Internet*. España: Cisspraxis, S.A.
- Medina, N., García, L., Parets, J. (2002a). Taxonomía de Sistemas Hipermedia Adaptativos. *Actas del Taller en Sistemas Hipermedia Colaborativos y Adaptativos*. VII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos. El Escorial, España. (Disponible electrónicamente en http://lsi.ugr.es/~gedes/personales/nuria/Articulos/02_Med_TallerSHCyA_JISBD.pdf).
- Medina, N., Molina, F., García, L., Rodríguez, M^a J. (2002b). SEM-HP: Un Modelo para el Desarrollo de Sistemas Hipermedia Adaptativos. *Actas del Coline02*. (Disponible electrónicamente en <http://giig.ugr.es/~mgea/coline02/Articulos/nmedina.pdf>).
- Okamoto, T., Cristea, A., Kayama, M. (2001). Future Integrated Learning Environments with Multimedia. *Journal of Computer Assisted Learning* 17, 4-12.
- Papanikolaou, K. A., Grigoriadou, M., Magoulas, G. D., Kornilakis, H. (2002). Towards New Forms of Knowledge Communication: The Adaptive Dimension of a Web-Based Learning Environment. *Computers & Education* 39, 333-360.
- Pérez, T. A., Gutiérrez, J., López, R., González, A., Vadillo, J.A. (2001) Hipermedia, Adaptación, Constructivismo e Instructivismo. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial* 12, 29-38.
- Pérez, T. A., Gutiérrez, J., Lopistéguy, P. (1995). An Adaptive Hipermedia System. *Proceedings of Artificial Intelligence in Education. AIED'95. AACE: Charlottesville, EEUU*. (Disponible electrónicamente en <http://www.ji.si.edu.es/groups/hyper/publicaciones/AIED95/AIED95.html>).
- Raggett, D., Le Hors, A., Jacobs, I. (Eds.) (1999). HTML 4.01 Specification. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/html401>.
- Reigeluth, C. M., Moore, J. (1999). Cognitive Education and the Cognitive Domain. En Reigeluth, C. M. (Eds.), *A New Paradigm of Instructional Theory – Volume II* (pp. 51-68). USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, Publishers (LEA).
- Sánchez, J. (2001). *Aprendizaje Visible, Tecnología Invisible*. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones S.A.
- Spiro, R. J., Jehng, J.-Ch. (1990). Cognitive Flexibility and Hypertext: Theory and Technology for the Nonlinear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter, en D. Nix, R. Spiro (Eds.), *Cognition, Education, and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology* (pp. 163-204). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- SUN Microsystems, The Java Tutorial. A Practical Guide for Programmers. <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/index.html>. (May 2003).

- Toppano, E. (2002). Adaptation through Interaction Modelling in Educational Hypermedia. In De Bra, P., Brusilovsky, P., Cornejo, R. (Eds.) *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems: Proceedings of Second International Conference*, Málaga, Spain. Lecture Notes in Computer Science, LNCS 2347, (pp. 576-579). Springer Verlag.
- Witkin, H. y Goodenough, D. (1985). *Estilos cognitivos: Naturaleza y orígenes*. Madrid: Pirámide.
- Wu, H., de Kort, E., De Bra, P. (2001). Design Issues for General-Purpose Adaptive Hypermedia Systems. *Proceedings of the 12th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia*, (pp. 141-150), August, 2001. Aarhus, Danmark. (Disponible electrónicamente en <http://wwwis.win.tue.nl/~hongjing/pub/hypertext01.pdf>).
- Wu, H., Houben G. J., De Bra, P. (2000). Supporting User Adaptation in Adaptive Hypermedia Applications. *Proceedings of the On-line Conference and Informatiewetenschap 2000* (De Doelen, Rotterdam). (Disponible electrónicamente en <http://wwwis.win.tue.nl/~hongjing/pub/infwet2000.ps>).