

Informe Técnico – Technical Report
DPTOIA-IT-2003-002
Noviembre, 2003

CALIDAD EN LOS SITIOS WEB EDUCATIVOS

Helmut Leighton Álvarez
Francisco José García Peñalvo



Departamento de Informática y Automática
Universidad de Salamanca

Revisado por:

Dr. Ángel Francisco Zazo Rodríguez

Departamento de Informática y Automática

Universidad de Salamanca

afzazo@usal.es

Dr. Ricardo López Fernández

Departamento de Didáctica de las Matemáticas y Didáctica de las Ciencias Experimentales

Universidad de Salamanca

riclop@usal.es

Aprobado en el Consejo de Departamento de 10-11-2003

Información de los autores:

Helmut Leighton Álvarez

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. Pº de Canalejas, 169 – 37008 – Salamanca

hleighton@usuarios.retecal.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

La carencia de un modelo de Calidad para Sistemas Hipermedia Adaptativos en general y sitios Web educativos adaptativos en particular ha motivado este estudio inicial a los modelos de calidad de artefactos Web. Para ello, se analizan por un lado los atributos de la calidad Web como usabilidad, funcionalidad, fiabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad; y los modelos y métricas; y por otro, los Web educativos en cuanto a las características que debieran poseer para ser considerados como tal. Posteriormente, se indaga sobre los sistemas hipermedia adaptativos, cómo debieran éstos relacionarse en su interacción con el usuario y las características educativas propias de la interacción, finalizando con la propuesta ASE-QEM (*Adaptive Site for Education - Quality Evaluation Method*).

Abstract

The lack of a quality model for adaptive hipermedia systems in general and adaptive educational Web site in particular has motivated this initial study to the models of quality for Web application. For it, they are analyzed on one hand the attributes of the quality Web like usability, functionality, reliability, efficiency, maintainability and portability; the models and metrics, and for other, the educational Web as for the characteristics that should possess to be considered as such. Later on, one investigates on the adaptive hipermedia systems, how they owed these to be related in their interaction with the user, the own educational characteristic of interaction, concluding with the proposal ASE-QEM (*Adaptive Site for Education- Quality Evaluation Method*).

Tabla de Contenidos

1. Introducción	1
2. Atributos de la calidad Web	1
2.1. Usabilidad	2
2.2. Funcionalidad	4
2.3. Fiabilidad	4
2.4. Eficiencia	4
2.5. Mantenibilidad	5
2.6. Portabilidad	5
3. Modelos de Calidad	5
4. Cómo medir la Calidad Web	7
4.1. Métodos de evaluación	7
4.2. Heurísticas de usabilidad	8
4.3. Métricas de usabilidad	9
4.4. Métrica general	11
4.4.1 Propiedades del grafo Web (Web graph propoerties)	12
4.4.2 Significación de la página Web (Web page significance)	14
4.4.3 Similitud de páginas Web (Web page similarity)	14
4.4.4 Búsqueda y recuperación en la página Web (Web page search and retrieval)	15
4.4.5 Características del uso (usage characterization)	15
4.4.6 Información teórica (information theoretic)	16
5. Web en Educación	17
5.1. Taxonomía de sitios Web	17
5.2. Aspectos fundamentales en sitios Web educativos	20
6. Calidad en Web Educativos Adaptativos	25
6.1. Sistemas Hipermedia Adaptativos	25
6.2. Adaptación a la Educación	30
6.3. Modelo de Calidad en la Adaptación	35
7. Conclusiones	37
8. Bibliografía	38

1. Introducción

El uso de la tecnología Internet se ha desarrollado de manera vertiginosa, tanto es así, que para alcanzar los 50 millones de usuarios, la radio necesitó de 38 años, la televisión 13 años, el cable 10 años, e Internet/Web tan sólo de 5 años. Estos datos reflejan la masificación del uso de esta tecnología, expansión que no asegura la calidad de los servicios que presta.

En esta tecnología, el uso de la Web está orientado a objetivos diversos como:

- orientación a documentos, encontrándose en ellos los hipertextos como catálogos y divulgación de informes,
- orientación a aplicaciones con funcionalidad de software, como son el *e-commerce*, *e-banking*, *e-learning*.

Estas nuevas aplicaciones sobre Web requieren de nuevos métodos de desarrollo para responder a los requisitos funcionales y no funcionales, métodos que involucren nuevos procesos de desarrollo y, sobretodo, nuevos procesos de evaluación.

Esta evaluación es necesaria puesto que con ella se obtienen beneficios tales como una mayor comprensión y análisis de los entes, tener un mayor control sobre la calidad de un producto y/o servicio, mayor certeza de predicción de tiempo y costos de proyectos Web, y, por último, una mejora de la calidad del proceso de desarrollo, del producto y/o servicio. En ello influyen factores como la calidad, calidad en uso, productividad, desarrollo, etc.

La pregunta que corresponde hacer entonces es ¿cuál es el método o técnica de evaluación apropiado para evaluar la calidad Web? Teniendo respuesta a esta interrogante cabría preguntarse si ese método o técnica es válida para evaluar sitios Web educativos, y, en última instancia, si es apto o qué debiera modificarse para la evaluación de sitios Web educativos adaptativos.

Este trabajo no pretende responder a todas estas interrogantes planteadas, sino que es una revisión de lo ya existente en cuanto a calidad Web, como son los modelos de calidad, los distintos conceptos que éstos involucran, los factores que determinan la calidad de un sitio Web, o cuáles son sus atributos. Además, se hace un análisis de cómo establecer el grado de presencia o no de cada uno de los atributos y sus características, es decir, cuáles son las métricas directas o indirectas que permiten establecer la calidad.

De esta manera, este trabajo es el inicio para establecer un modelo de evaluación de calidad para Sitios Web Educativos Adaptativos.

Así, el desarrollo de este trabajo comienza con el análisis de los atributos de la calidad Web, métodos de evaluación de la calidad y sus métricas. Luego se hace un análisis de la literatura e investigaciones relativas a Webs educativos y las propuestas al respecto, para, finalmente, puntualizar los aspectos sobre los Sistemas Hipermedia Adaptativos en general, y en educación en particular, culminando con una propuesta de atributos a ser considerados en un sistema de este tipo orientado a la educación.

2. Atributos de la calidad Web

La calidad Web es un concepto que tiene asociado una serie de atributos observables directa o indirectamente, dando la medida de éstos un valor de estimación de la calidad total del sitio. Aunque aún se plantean discusiones sobre cuáles son esos atributos, en la literatura y propuestas recientes se plantean algunos conceptos como la usabilidad, funcionalidad, fiabilidad y eficiencia entre otros. Cada uno de estos atributos corresponden a puntos de vista opuestos cuando se estudia un sitio Web, esto es, desde la perspectiva de los desarrolladores del sitio y su

funcionamiento y, por otro lado, desde el punto de vista del usuario y de cómo él ve la funcionalidad global.

2.1. Usabilidad

Quizás el atributo más visible es el de usabilidad, puesto que es el referente que determina el grado de satisfacción del usuario con respecto al sitio Web y, por tanto, de ello depende si este sitio será usado o no.

El término usabilidad, según Bevan, Kirakowski y Maissel (1991), aparece a comienzos de los años ochenta, reemplaza al usado hasta ese momento como “*user friendly*”, un término de características muy vagas y de connotaciones subjetivas. Plantean que aún existen algunas diferencias en sus aproximaciones, pero que existen tres visiones sobre la usabilidad, a saber:

- orientación al producto, como una forma de medir términos de atributos ergonómicos del producto,
- orientación al usuario, como una medida en términos del esfuerzo mental y de actitud del usuario frente al producto; y,
- el rendimiento del usuario, que establece relación con la medida de cómo el usuario interactúa con el producto, poniendo el énfasis en cómo de fácil es el producto de usar y cuál es su aceptabilidad en el sentido de ser usado en el mundo real.

Para Rivera (2002) la usabilidad responde a la pregunta de si un sitio es suficientemente bueno para satisfacer las necesidades y requisitos del usuario, que es una medida para evaluar la calidad de la experiencia del usuario al interactuar con el sistema, por tanto, es un proceso que se aplica a todos los elementos de esa interacción, donde se incluyen, además, los aspectos de instalación y mantenimiento del sistema.

En diversos trabajos como Nielsen (1993); Zurita, Sánchez y Nussbaum (1999) y Rivera (2002), se observa un acuerdo en que la usabilidad implica al menos los siguientes aspectos:

- fácil de aprender; el hipertexto en sí mismo es fácil de aprender, los usuarios rápidamente entienden las opciones de navegación y donde la información se encuentra localizada. El usuario al entrar por primera vez entiende de inmediato la forma de navegar por medio de la primera pantalla de presentación; rápidamente aprende la estructura básica del hipertexto y cómo buscar información específica; puede entender los contenidos de manera rápida y con nodos fáciles de leer.
- eficiencia en su uso; considerando una interfaz que establece mecanismos de interacción simples como son la navegación, tanto en sus tópicos principales como en los de mayor profundidad.
- fácil de recordar; después de un tiempo sin utilizar el sistema, el usuario puede recordar sin problemas el cómo usar y navegar por el sistema. Permite al usuario transferir este conocimiento de uso y navegación de un tema específico del sistema a otro tópico contenido en el mismo sistema u otro similar.
- frecuencia y severidad de los errores, estableciendo una relación proporcional inversa, así, mayor será la usabilidad mientras menor sea la frecuencia de presencia de errores y menor también la severidad de quién los produce. También implica la posibilidad de que el usuario pueda regresar al punto anterior de donde aparece el error o el enlace inexistente, satisfacción del usuario, determinando el grado con que el usuario se siente cómodo con el uso del sistema y la utilidad que presta al desarrollo de sus tareas. Esto incluye el grado de control que el usuario tiene sobre el sistema.

Según plantean Zurita et al. (1999), la importancia de la usabilidad radica en la evolución de las aplicaciones software y Web, debido a que durante mucho tiempo las aplicaciones fueron construidas sobre la base de un usuario ideal, creándose de ese modo y de manera no aislada, aplicaciones para usuarios inexistentes.

Nielsen (1993) agrega que la usabilidad tiene una estrecha relación con la aceptabilidad social y práctica del sistema, donde lo social se relaciona con la aceptación por parte de grupos de personas, mientras que lo práctico incluye costos, soporte, confiabilidad y compatibilidad con sistemas existentes entre otras.

Esto implica que el concepto de usabilidad es una propiedad de múltiples componentes como los ya mencionados más arriba. En Zurita et al. (1999) se agrega que la usabilidad responde a las preguntas de cómo los usuarios pueden usar adecuadamente la funcionalidad de una interfaz y que si la funcionalidad del sistema hace lo que es necesario que haga.

Luis Olsina (1999) plantea la usabilidad como una característica de calidad de alto nivel, que se mide a partir del uso de métricas directas e indirectas, y que representa la capacidad del producto para ser utilizado, comprendido y operado por los usuarios, además del aspecto de tener una interfaz atractiva para los usuarios. De esta forma, para este autor, la usabilidad involucra características de comprensibilidad, operabilidad, comunicatividad, estética y estilo que hace agradable de usar la aplicación. Por último, por ser la usabilidad una característica de calidad, ésta se debe medir junto a la funcionalidad, confiabilidad, eficiencia, portabilidad y mantenibilidad.

Autor	Atributos de influencia en la usabilidad
(Bevan, et al., 1991)	<ul style="list-style-type: none"> • Orientación al producto • Orientación al usuario • Rendimiento del usuario
(Rivera, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los elementos de la interacción del usuario con el sistema • Instalación • Mantenimiento
(Nielsen, 1993; Zurita, et al., 1999)	Aceptabilidad social y práctica: <ul style="list-style-type: none"> • Fácil de aprender • Eficiencia en su uso • Fácil de recordar • Frecuencia y severidad de los errores • Satisfacción del usuario
(Olsina, 1999)	Característica de calidad de alto nivel que involucra: <ul style="list-style-type: none"> • Operabilidad • Comunicatividad • Estética y estilo • Funcionalidad Unido a: <ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidad • Eficiencia • Portabilidad • Mantenibilidad
<i>Serco Usability Services</i> , ISO 9241 (Serco Ltd, 2001)	Logro de los objetivos del usuario en un ambiente particular con: <ul style="list-style-type: none"> • Efectividad • Eficiencia • Satisfacción

Tabla 1: Características comparativas del atributo usabilidad

En la norma ISO 9241, según Serco Ltd. (2001), se presentan las siguientes definiciones:

- Usabilidad: efectividad, eficiencia y satisfacción con la que usuarios específicos logran objetivos también específicos en un ambiente en particular.
- Efectividad: exactitud y compleción con la que usuarios específicos logran objetivos específicos en un ambiente en particular.
- Eficiencia: recursos gastados en relación a la exactitud y compleción de los objetivos logrados.
- Satisfacción: comodidad y aceptabilidad del sistema de trabajo por parte de los usuarios y de las demás personas que se ven afectadas por el uso de este sistema.

Luego, la ISO 9241-11, según Serco Ltd. (2001), clarifica que la usabilidad debe medirse en términos de rendimiento y satisfacción, como también que debe establecerse el contexto de uso y la medida para ese contexto de uso específico, en su definición específica dice “la capacidad del software de ser entendible, aprendible, usable y usado por el usuario bajo condiciones específicas”.

En la Tabla 1 se puede observar, a manera de resumen comparativo, los distintos enfoques que dan los diferentes autores al concepto de usabilidad.

2.2. Funcionalidad

Olsina (1999) define la funcionalidad como una característica de calidad de alto nivel, que puede medirse mediante cálculo a partir de métricas directas e indirectas, y que representa la existencia de un conjunto de funciones y comportamientos de un sistema, que satisfacen los requisitos de un dominio determinado y de un perfil de usuario. Luego, Olsina, Lafuente y Rossi (2001), plantean como sub-factores de la funcionalidad la capacidad de recuperación y de búsqueda de información, los servicios de búsqueda y navegación, y, por último, los servicios relacionados con el dominio de la aplicación.

El estándar ISO/IEC FDIS 9126-1 en Serco Ltd. (2001), según publica Serco Usability Services, establece para la funcionalidad los factores de exactitud, idoneidad, interoperabilidad y seguridad de las tareas realizadas por el usuario con el sistema. Su definición está dada como “la capacidad del software de proveer funciones establecidas que responden a las necesidades del usuario cuando el software es usado bajo condiciones específicas”.

2.3. Fiabilidad

El estándar ISO/IEC FDIS 9126-1 en Serco Ltd. (2001), ya mencionado más arriba, define la fiabilidad como “la capacidad del software de mantener los niveles de rendimiento cuando éste es usado bajo condiciones específicas”, basándose en cuatro factores relacionados directamente con el sistema; éstos son la madurez, la tolerancia a fallos, la capacidad de recuperación y la disponibilidad.

En Olsina et al. (2001), se consideran tres características para la fiabilidad, el proceso correcto de enlace, la recuperación de errores y la validación y recuperación de la entrada del usuario.

2.4. Eficiencia

El estándar ISO/IEC FDIS 9126-1 en Serco Ltd. (2001), establece que la eficiencia depende de tres aspectos, el comportamiento en el tiempo, los recursos de que dispone y de la utilización de los mismos. Su definición exacta es “la capacidad del software de proveer las funciones necesarias en relación a la cantidad de recursos usados bajo condiciones establecidas”.

Para Olsina et al. (2001), la eficiencia responde a tres características, éstas son, el rendimiento del tiempo de respuesta, la velocidad de generación de páginas y la velocidad de generación de gráficos.

2.5. *Mantenibilidad*

La mantenibilidad del sistema, para el estándar ISO/IEC FDIS 9126-1 en Serco Ltd. (2001), se define como “la capacidad del software para ser modificado. Las modificaciones pueden incluir correcciones, mejoras o adaptaciones del software a cambios en el ambiente y en requisitos y especificaciones funcionales”, que corresponde a la conjunción de cuatro aspectos a saber, la característica de que sea analizable, que pueda ser modificable, con características de estabilidad y capacidad de prueba.

Para Olsina et al. (2001) el atributo de mantenibilidad está definido por tres factores, la facilidad de corrección, la adaptabilidad y la extensibilidad del sistema.

2.6. *Portabilidad*

Este atributo es considerado por el estándar ISO/IEC FDIS 9126-1 en Serco Ltd. (2001), definiéndola como “la capacidad del software de poder ser transferido desde un ambiente a otro”. Esto es, la capacidad de adaptabilidad, las características de instalación, su capacidad de coexistencia y de sustitución. En esta definición del estándar puede verse que algunas características que son consideradas por Olsina en mantenibilidad, además de no considerar éste último la portabilidad.

Así, existe sólo una diferencia entre los atributos de la calidad de artefactos Web, como se aprecia en la Tabla 2. También existe una diferencia de enfoques que se verá en la sección 3 sobre modelos de calidad.

Atributo de calidad	(Olsina et al., 2001)	Estándar ISO/IEC FDIS 9126-1 (2000)
Usabilidad	√	√
Funcionalidad	√	√
Fiabilidad	√	√
Eficiencia	√	√
Mantenibilidad	√	√
Portabilidad		√

Tabla 2: Comparación de atributos de calidad

3. Modelos de Calidad

Bevan (1999) establece tres tipos de calidad en el desarrollo de software, que bien se podrían extrapolar a las aplicaciones Web. La calidad interna, la externa y la calidad en uso, ver Figura 1, donde en el mismo orden, cada una apoya la calidad del nivel superior.

Por calidad interna se entiende la medida de las propiedades estáticas del código, realizado esto por la inspección del mismo.

En cambio, por calidad externa, se entiende la medida de las propiedades dinámicas del código, cuando éste se está ejecutando. Dentro de este punto, los resultados son la combinación de los comportamientos de la aplicación y del sistema donde éste se encuentra inmerso, y que

sirven para validar la calidad de tipo externa.

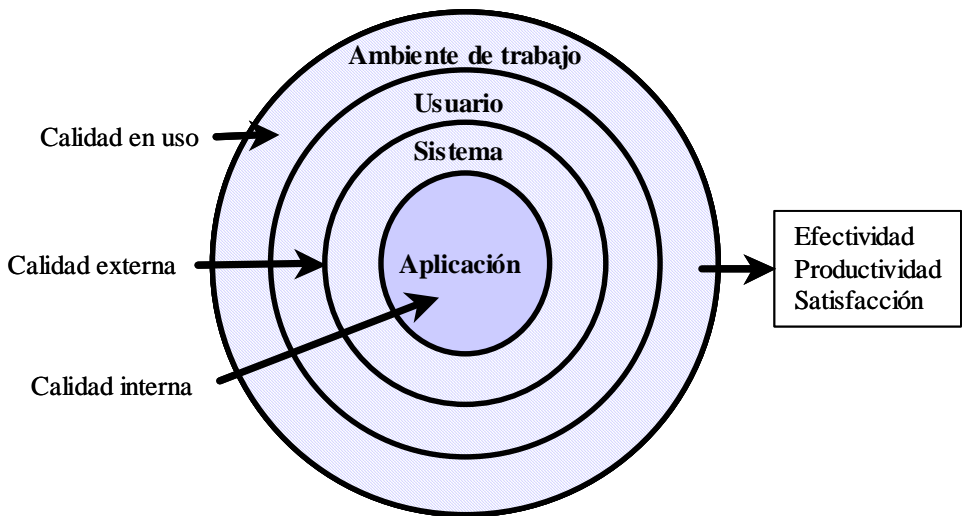


Figura 1: Modelo de Calidad (Bevan, 1999)

Olsina et al. (2001) plantean un modelo de calidad Web denominado WebQEM, ver Figura 2, donde para llevar a cabo esta medición de calidad los autores proponen y prueban un modelo basado en la inspección, con sistemas manuales y automáticos de cada uno de los cinco aspectos que considera para ella, usabilidad, funcionalidad, fiabilidad, eficiencia y capacidad de mantenimiento, ver Figura 3. Los atributos mencionados han sido explicados en la sección 2 de este documento.

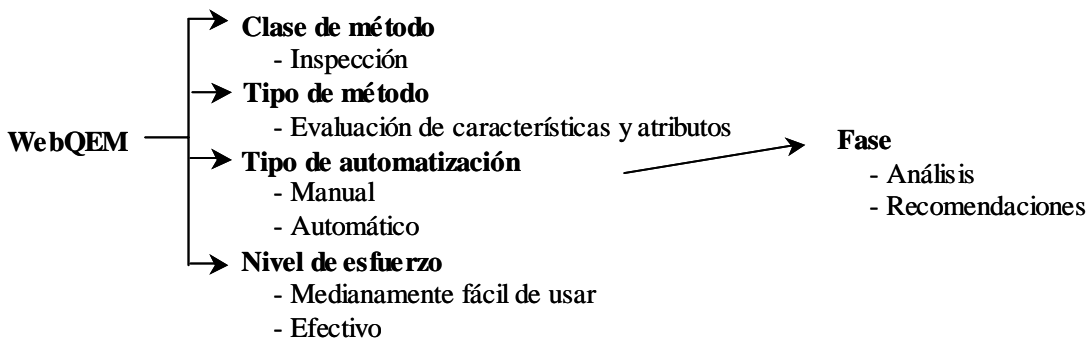


Figura 2: Modelo de Calidad (Olsina, 2002)

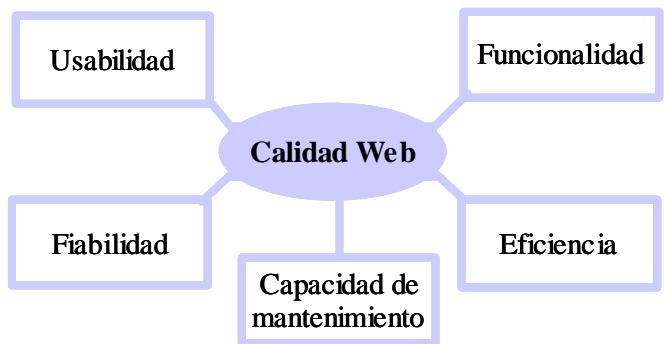


Figura 3: Atributos de la calidad Web. (Olsina et al., 2001)

Por otro lado, la ya referenciada norma ISO/IEC FDIS 9126-1 de Ingeniería de Software – producto de calidad – Parte 1: modelo de calidad, establece un modelo de calidad que se basa en la usabilidad. Para ello define la usabilidad como la capacidad de un producto de software de ser

entendible, ser fácil de aprender, útil y atractivo para el usuario, cuando este producto es usado bajo condiciones específicas.

Por otro lado, esta norma define la calidad en uso como la capacidad del software de estar disponible para que usuarios específicos puedan lograr sus objetivos específicos con efectividad, productividad, seguridad y satisfacción, en un contexto de uso específico. Así, pasa a utilizar “contexto de uso” en vez de “condiciones específicas”.

De esta forma, la calidad en el uso, presentada en la Figura 4, se destacan aquellos aspectos relativos al contexto de uso y los relativos al soporte al usuario.

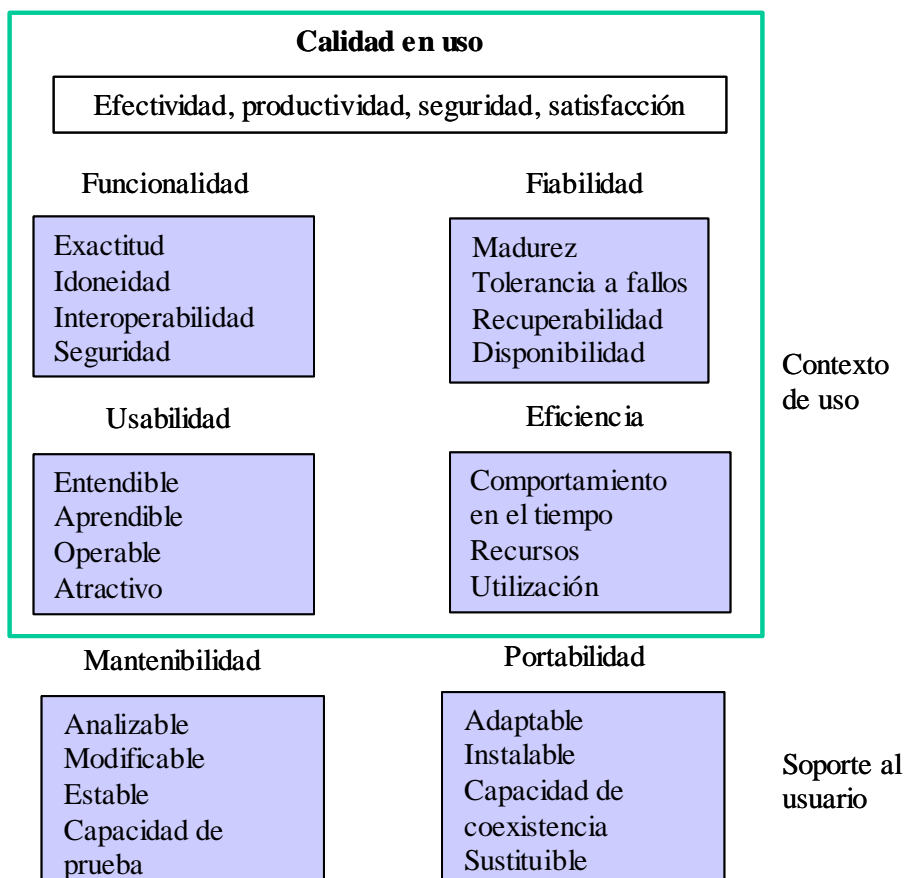


Figura 4: ISO/IEC 9126-1 – Ing. Software – Parte 1: Software de Calidad (2000). (Sercio Ltd., 2001)

4. Cómo medir la Calidad Web

4.1. Métodos de evaluación

Para medir la calidad Web existen diversos métodos y técnicas para llevarlas a cabo, algunas más precisas, otras más difíciles de aplicar, etc. Según Olsina (2002), los métodos para medir la calidad Web se pueden presentar en una taxonomía, ver Figura 5, determinada por la clase de método, tipo de método, tipo de automatización del proceso de medición, incluyendo algunas características de resultados, y nivel de esfuerzo que éste implica.

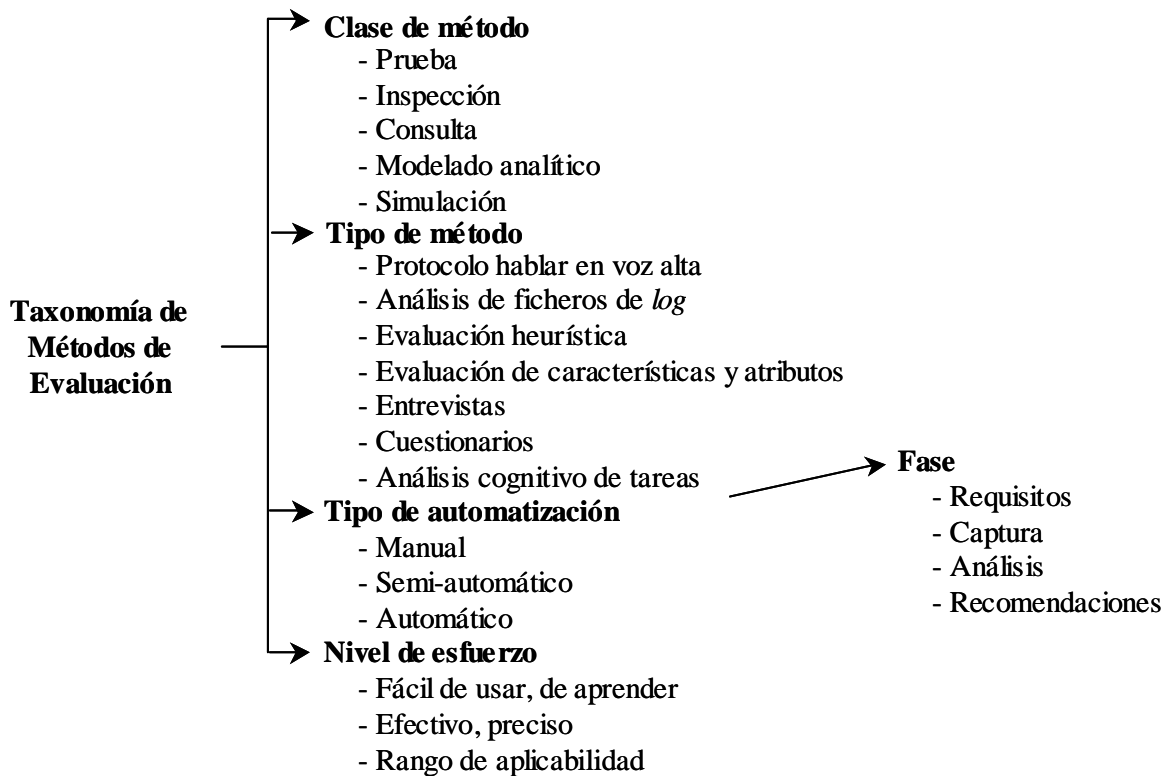


Figura 5: Taxonomía de métodos de evaluación

De esta forma, puede establecerse un procedimiento de medición de la calidad Web que no sea excluyente en cuanto a su tipología, sino que éstas pueden utilizarse dependiendo de los atributos y características a medir del ente. Así, en la clase “Prueba” pueden concurrir los métodos de hablar en voz alta, realizar preguntas, rendimiento del sistema, análisis de ficheros de registro o *log*, test remoto, de contenido, etc. Para “Inspección” puede utilizarse la revisión de expertos, heurísticas, inspección formal, de características y estándares. En la clase “Consulta” caben la observación de campo, la entrevista contextual, entrevista, cuestionarios, realimentación del usuario y grupos focalizados.

4.2. Heurísticas de usabilidad

El primer intento de medición de la calidad Web viene desde el enfoque exclusivo de la usabilidad, es decir, referida al comportamiento del usuario con la herramienta y de las prestaciones que ésta le da.

Un enfoque para esta medición son las llamadas heurísticas, según McKenzie (2000), Jakob Nielsen y Rolf Molich desarrollaron un conjunto de heurísticas para examinar la usabilidad de las interfaces y que fueron revisadas por ellos mismos en 1994. En estas heurísticas establecen 10 guías para su medición:

- *Visibilidad del estado del sistema*, que plantea la necesidad de que el sistema mantenga informado al usuario del estado en que se encuentra el sistema por medio de una realimentación adecuada en tiempos razonables. En el caso de la Web, el sistema debiera siempre decir al usuario lo que está haciendo el sistema y dónde se encuentra el usuario, esto se puede realizar a través de subtítulos o diversa funcionalidad que despliegue pequeñas ventanas de ayuda en este sentido.
- *Similitud entre el sistema y la realidad*, donde se considera que el sistema “hable” el mismo lenguaje del usuario, con palabras, frases y conceptos familiares para él,

entregando también la información en un orden natural y lógico para el usuario, es decir, con convenciones del mundo real. Esto es importante en aquellos sitios con más de un idioma, donde el idioma inicial debe ser el del usuario que lo visita o de la audiencia primaria. Por otro lado, la utilización de términos familiares para el usuario se refiere a que es común ver en sitios Web muchos términos técnicos que pierden al usuario.

- *Control por parte del usuario y libertad*, a menudo los usuarios cometen errores y necesitarán claramente una salida de emergencia, por tanto se requiere de la opción de deshacer aunque no exista o no esté a la vista la barra de herramientas, de esta forma el usuario podrá volver al estado anterior a cometer el error.
- *Consistencia y estándares*, los usuarios no tienen por qué preguntarse si palabras distintas o situaciones distintas o acciones diferentes significan lo mismo. Para ello, se deben utilizar las convenciones admitidas como norma en las demás aplicaciones. Además, implica la conveniencia de hojas de estilo para mantener la consistencia, lo que lleva consigo la definición previa de los elementos y su distribución.
- *Prevención de errores*, la idea que aquí se plantea es que es mejor llevar a cabo un diseño cuidadoso, que evite la ocurrencia de errores, a desarrollar buenos sistemas de mensajes de error. Para ello se plantea que la aplicación debe asegurar que el usuario conoce exactamente lo que se requiere.
- *Preferencia al reconocimiento más que a la memorización*, para ello se requiere que los objetos, acciones y opciones sean visibles. El usuario no debería estar recordando para qué es cada una de las opciones, ni a dónde lo puede llevar.
- *Flexibilidad y eficiencia en el uso*, aquí se recomienda el uso de aceleradores para los usuarios expertos. Además, el sistema debe tratar eficientemente tanto a los usuarios inexpertos como expertos, recomendando la personalización de ciertas acciones frecuentes, y hacer que el sitio pueda cargarse rápidamente.
- *Estética y diseño minimalista*, si se van a utilizar diálogos, éstos no deben contener información irrelevante o que se use en muy pocas oportunidades, esto es debido a que cada información extra entra en competencia con la información importante de la aplicación Web, y lo importante para el usuario es esa información.
- *Ayuda para que el usuario reconozca, diagnostique y se recupere de los errores*, esto implica que los mensajes de error deben ser sumamente claros, indicando claramente cuál es el problema y cuál es la solución. Esto es debido a que un buen mensaje de error puede devolver o mejorar la confianza del usuario al sistema, por ejemplo, que no aparezca “mensaje de error 404”.
- *Ayuda y documentación*, aunque lo ideal es que una aplicación Web no requiera de documentación alguna, provea de ésta, así como también de ayuda en línea. Esta información debe ser fácil de buscar y estar orientada a las acciones del usuario, de tal forma de entregar una ayuda relevante al usuario cuando éste la requiera.

4.3. Métricas de usabilidad

Una aproximación del diseño centrado en el usuario, es el comienzo para establecer métricas de usabilidad, según plantean Dix, Finlay, Abowd y Beale (1998), pudiéndose definir qué porcentaje o mejor grado de usabilidad tiene el sistema comprobado, pero ha de tenerse en cuenta que estas mediciones no son representativas cuando son realizadas por los mismos ingenieros de desarrollo en ambientes no naturales al sistema, es decir, en laboratorios. Teniendo presente este aspecto, los autores plantean 22 criterios para medir la usabilidad:

- Tiempo *para* completar una tarea.
- *Porcentaje* de tareas completadas.
- *Porcentaje* de tareas completadas por unidad de tiempo.
- Tasa de éxitos frente a fallos.
- Tiempo invertido a causa de errores.
- Porcentaje o números de errores.
- Porcentaje o número de competencias más que errores.
- Número de órdenes usadas.
- Frecuencia de ayuda y documentación usada.
- Tiempo que el usuario invierte en el uso de la ayuda y/o documentación.
- Porcentaje de comentarios favorables y desfavorables emitidos por los usuarios.
- Número de repeticiones de órdenes fallidas.
- Número de procesos exitosos y de fallos.
- Número de veces que la interfaz engaña al usuario.
- Número de buenas y malas características recordadas por los usuarios.
- Número de órdenes disponibles no usados.
- Número de veces en que el usuario debe retroceder.
- Número de usuarios que prefieren su sistema.
- Número de veces que los usuarios necesitan trabajar alrededor de un problema.
- Número de veces que un usuario se ve interrumpido al realizar una tarea.
- Número de veces que el usuario pierde el control del sistema.
- Número de veces que el usuario expresa frustración o satisfacción.

Antes de realizar cualquier medición, Rhodes (2000) plantea la necesidad de tener bien claro qué se pretende medir de la aplicación software o aplicación Web, además, estas observaciones siempre deben ir hacia la aplicación y no hacia el usuario, de lo contrario las mediciones pueden verse afectadas al poder el observador emitir algún juicio de valor sobre los usuarios, cuando lo que está en juicio es la aplicación y no las destrezas o habilidades de éstos.

Rhodes también plantea una serie de criterios equivalentes a los ya mencionados pero en base a que la usabilidad implica efectividad, eficiencia y satisfacción del usuario. Así, categoriza los criterios de la siguiente forma:

- Efectividad.
 - Porcentaje de tareas completadas.
 - Tasa de éxito versus fallos.
 - Cantidad de trabajo.
 - Número de elementos u órdenes usados.
- Eficiencia.
 - Tiempo para completar la tarea.

- Tiempo de aprendizaje.
- Tiempo ocupado en errores.
- Porcentaje o número de errores.
- Frecuencia del uso de ayudas o documentos.
- Número de repeticiones u órdenes fallidas.
- Satisfacción.
 - Escala de utilidad del producto o servicio.
 - Escala de satisfacción con respecto a las funciones y elementos.
 - Número de veces que el usuario expresa frustración o enfado.
 - Escala de usuario versus tecnología en el control de la tarea.
 - Percepción acerca del soporte de la tecnología a las tareas, así como a las necesidades del usuario.

En este sentido, en Dix et al. (1998) se plantean los criterios referidos a la taxonomía de efectividad, eficiencia y satisfacción, en conjunción con el tipo de objetivos, presentando algunos ejemplos según lo establecido en la ISO 9241-11.2, mencionada por los mismos autores, y que se aprecia en la Tabla 3.

Objetivo de la usabilidad	Medidas de efectividad	Medidas de eficiencia	Medidas de satisfacción
Idoneidad para la tarea	Porcentaje de objetivos logrados	Tiempo de para completar la tarea	Escala de tasa de satisfacción
Adecuado para el entrenamiento de los usuarios	Número de características poderosas utilizadas	Eficiencia relativa en comparación con la experticia del usuario	Escala de tasa de satisfacción con respecto a características poderosas de la aplicación
Capacidad de aprender	Porcentaje de funciones aprendidas	Tiempo para aprender criterios	Escala de tasa de facilidad de aprendizaje
Tolerancia a errores	Porcentaje de errores correctamente superados	Tiempo invertido en la corrección de errores	Escala de tasas de manejo de errores

Tabla 3: Ejemplos de métricas de usabilidad en ISO 9241 (Dix et al., 1998)

4.4. Métrica general

Para comenzar a hablar de métricas, se deben tener claros algunos conceptos, a saber:

- **Entidad.** Objeto o evento del mundo real, tangible o intangible, pudiendo ser un recurso (personas, software, hardware, oficina, etc.), proceso (requisito, diseño detallado, mantenimiento, etc.), producto (sitio o aplicación Web, páginas, multimedia, programas, especificaciones, diseño, etc.) o producto en uso (aplicación Web o componente Web en uso).
- **Atributo.** Característica o propiedad de una entidad de tipo directo o indirecto, interno o externo. Por ejemplo, disponibilidad de tabla de contenidos, cantidad de enlaces rotos, mantenimientos de color en los enlaces, etc.
- **Métrica.** Correspondencia de un mundo empírico (mundo real) a un mundo formal,

matemático. Por tanto, una métrica es un valor numérico o nominal asignado al atributo de un ente.

Dhyani, Kleong y Bhowmick (2002) recopilan una serie de métricas para la Web, incluyendo el desarrollo matemático de cada una de ellas. En primer lugar, definen los términos medición, magnitud y medida, a saber:

- **Medición**, es el término más general y se puede considerar como la asignación de un número a un objeto, sea éste también un evento o situación, de acuerdo a una regla que es la función de la medida.
- **Magnitud**, es el atributo medible, propiedad de los objetos que determinan una asignación acordada.
- **Medida**, es el número asignado a un objeto en particular, es la cantidad o grado de la magnitud.

Lo anterior indica, por tanto, que la regla es la que define tanto la magnitud como la medida.

Para los autores, el estudio de las métricas conocidas de la Web, realizado en base a sus atributos y medidas, se clasifican en:

- **Propiedades del grafo Web** (*Web graph properties*), la Web puede ser representada como una estructura de grafos donde las páginas Web constan de nodos e hiperenlaces. Este grupo de métricas cuantifica las propiedades estructurales de la Web en una escala macro y microscópica.
- **Significación de la página Web** (*Web page significance*), esta métrica formaliza las notaciones de calidad y relevancia de las páginas Web con respecto a las necesidades de información del usuario. Las métricas de significación son utilizadas para tasar páginas en comparación, y que corresponden a búsquedas y tienen un impacto sobre la calidad de la búsqueda y recuperación en la Web.
- **Características del uso** (*Usage characterization*), que son patrones y regularidades en la forma en que los usuarios navegan por los recursos de la Web, y que proveen de invaluable pistas para mejorar el contenido, su organización y presentación del sitio Web. Esta métrica mide el comportamiento del usuario para estos propósitos.
- **Similitud de páginas Web** (*Web page similarity*), métrica que cuantifica la extensión de parentescos entre páginas Web.
- **Búsqueda y recuperación en la página Web** (*Web page search and retrieval*), éstas son métricas que capturan propiedades relacionadas con las necesidades de información, producción y consumo. Aquí los autores consideran las relaciones entre un número de regularidades observadas en la generación de información en la Web.

En la Figura 6 se observa un esquema de la taxonomía de métricas que se explican a continuación.

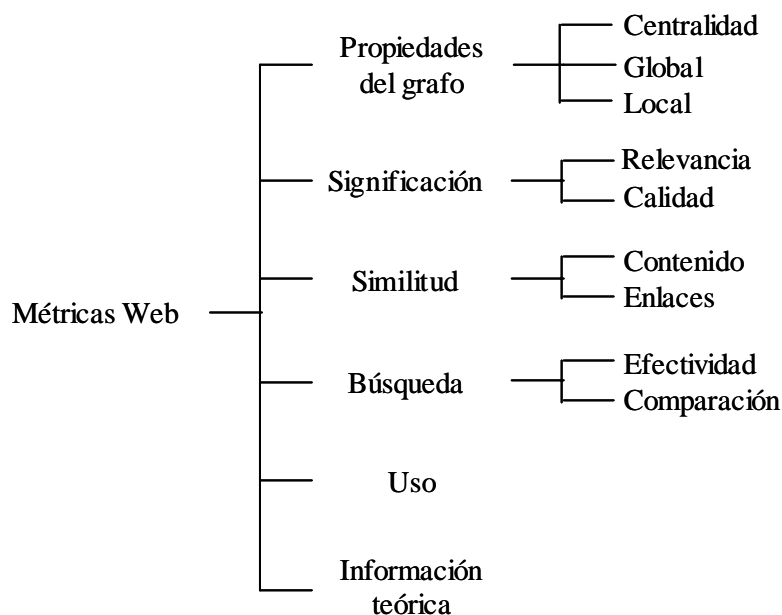


Figura 6: Taxonomía de las métricas Web

4.4.1 Propiedades del grafo Web (Web graph properties)

- **Centralidad.** Este tipo de medida refleja la extensión de las conexiones de un nodo con respecto de otros en un grafo. Estas métricas sirven para definir jerarquías en un hipertexto con el nodo más central como raíz. Dentro de las métricas de centralidad destacan la **Distancia de Salida** (*Out Distance – OD*) y la **Distancia de Entrada** (*In Distance – ID*). La primera, OD de un nodo i , se define como la suma de las distancias a todos los otros nodos, es decir, las sumas de todas las entradas en la fila i de la matriz de distancia. Del mismo modo, la ID de un nodo i es la suma de las distancias de los otros nodos al nodo i , esto es, la suma de la columna j de la matriz de distancia.
- **Métricas globales.** Expresan la relación con el hipertexto completo y los nodos individuales. Éstos están definidos en un hipertexto organizado jerárquicamente donde la jerarquía y los enlaces con referencias cruzadas se pueden distinguir. Dos métricas destacan dentro de las globales, la **Compactación** (*Compacteness*), que indica la extensión de las referencias cruzadas, donde una alta compactación indica que cada nodo puede ser fácilmente alcanzado desde los otros nodos. Los valores de esta métrica varían entre 0 y 1, donde el valor 0 indica una desconexión completa, y el valor 1, por el contrario, una conexión total, donde de cada nodo es posible acceder a cada uno de los nodos restantes. La otra métrica, denominada **Estrato** (*Stratum*), captura la linealidad en el grafo de la estructura. Una linealidad alta indica una simplicidad en la estructura, lo que en términos de navegación es tedioso de hacer, por el contrario, una baja linealidad indica una estructura compleja que puede tornarse difícil de manejar.
- **Métricas locales.** Esta métrica mide la característica de individualidad de los nodos en el grafo del hipertexto, sus dos métricas principales son:
 - **Profundidad** (*Depth*), que indica la distancia a la raíz, en otras palabras, cómo de fácil de alcanzar es el nodo y, por tanto, de ser leído. A mayor distancia de la raíz menor posibilidad de ser leído, por tanto, la distancia debería estar estrechamente relacionada con la importancia del nodo dentro de la jerarquía del sitio.
 - **Desequilibrio** (*Imbalance*), indica los nodos que están en la raíz del árbol de

desequilibrio, entregando información a los diseñadores sobre estos desequilibrios del sitio Web. Hay que hacer notar que el desequilibrio en un hipertexto no implica necesariamente un hipertexto pobre en cuanto a diseño.

- **Modelos de grafo aleatorio** (*Random Graph Models*). Modelos que indican la probabilidad de alcanzar un nodo en estructuras muy grandes e intrincadas, que además tienen una evolución en aumento, donde los vértices del grafo son muchos. Estos modelos fueron planteados por Barabasi et al. (1999).

4.4.2 Significación de la página Web (Web page significance)

Quizás las métricas Web más conocidas corresponden a las de significación, y entre ellas destacan las de relevancia y calidad, cuyos usos se utilizan generalmente en motores de búsqueda Web y que utiliza, por ejemplo Google

- **Relevancia**, las técnicas de recuperación de información han sido adaptadas a la Web para determinar la relevancia de las páginas Web requeridas por el usuario. Dentro de estas métricas existen una serie de algoritmos que permiten establecer una escala de las páginas basadas en: activación *Booleana* de difusión; las más citadas; TFxIDF (frecuencia de término x frecuencia inversa de documento); y, la activación de vectores de difusión. Las dos primeras actúan sobre la estructura de los hiperenlaces y no sobre la frecuencia de términos a buscar, las dos últimas están basadas en el modelo de espacio vectorial, los que representan documentos y preguntas de los usuarios como vectores para calcular la similitud.

Estrictamente hablando, la relevancia es totalmente subjetiva, puesto que en la propuesta *booleana* el resultado de la relevancia no es nada más que el número de términos de la búsqueda que aparecen en el documento, extendiendo este modelo a la ocurrencia de los términos buscados a todas las páginas vecinas al primer documento. En el caso de las más citadas, el resultado de la búsqueda es asignado por el número de palabras de la búsqueda que se encuentran en otras páginas Web y que tienen referencia a la primera página. El cálculo del peso TFxIDF, basada en el modelo de espacio vectorial, utiliza el resultado de la relevancia de un documento como la suma de los pesos de los términos de búsqueda que aparecen en el documento normalizado por el largo del vector euclidiano del documento; el peso es determinado por la frecuencia de ocurrencia del término (TF). El último método, de activación de vectores de difusión, incorpora el resultado de propagación cuando termina el sistema *booleano*.

- **Calidad**, en base a que las últimas investigaciones sobre búsqueda Web han demostrado que la calidad de las páginas Web dependen de la estructura de hiperenlaces que contienen, (Dhyani et al. 2002), se juzga como positivo páginas que son avaladas o endosadas por otras. Para ello, se utilizan dos importantes técnicas basadas en esquemas, las de cocitación y las de camino aleatorio (*random-walk*). Distintos métodos son utilizados, como: el contenido de la hiperinformación, el factor de impacto, la aproximación por refuerzos mutuos, la clasificación de página o *PageRank* (Brin y Page, 1998), las aproximaciones de Rafiei y Mendelzon (2000), SALSA (Lempel y Moran, 2000), (Borodin et al., 2001) y PicASHOW (Lempel y Soffer, 2001).

4.4.3 Similitud de páginas Web (Web page similarity)

Este tipo de medida está referida a la relación entre páginas, para ello utiliza varias técnicas.

- **Similitud basada en contenidos**, donde se miden las subsecuencias que cumplen con la búsqueda o la ocurrencia estadística de las palabras. Este documento es relacionado con los otros encontrados produciendo una superposición de los documentos.

- **Similitud basada en enlaces**, que es una técnica basada en el análisis de citación, de esta manera la noción de hiperenlace provee mecanismos para conexión y transversalidad de la información.
- **Similitud basada en el uso**, que obtiene información desde la interacción de los usuarios con los documentos Web.

4.4.4 Búsqueda y recuperación en la página Web (Web page search and retrieval)

Estas métricas establecen la relación con rendimientos de servicios Web de búsqueda y recuperación, para ello considera dos aspectos, la efectividad y la comparación.

- **Efectividad**, este método empleado ampliamente por los motores de búsqueda, se basan principalmente en la precisión (*precision*) y la cobertura (*recall*). Si **N** es el número de respuestas al término de búsqueda, **N'** es el número de respuestas relevantes a ése término y **R** es el número de páginas relevantes de todas las existentes, entonces, la precisión proporciona información del número de páginas retornadas que son relevantes, esto es, N'/N ; y la cobertura, proporciona información del número de páginas relevantes recuperadas del total de relevantes, esto es, N'/R .
- **Comparación de máquinas de búsqueda**, basado en la comparación de servicios de búsqueda de dominio público. Para ello establece medidas de:
 - **Cobertura**, que mide el número de resultados encontrados por cada uno de los servicios de búsqueda sobre un promedio medido como el porcentaje de la configuración máxima permitida por cada máquina de búsqueda, donde la singularidad de cobertura puede ser medida como el porcentaje de referencias no retornadas por los otros buscadores.
 - **Relevancia**, que utiliza dos métricas, la proporción de éxito encontrada por cada motor que es seguido por el usuario o su precisión, la segunda métrica, corresponde a la proporción de todos los éxitos seguidos por el usuario por motor de búsqueda.
 - **Rendimiento**, es una medida del promedio de tiempo de respuesta de cada servicio de búsqueda de los requerimientos del usuario. Otra métrica es la evaluación de las indexaciones de los motores de búsqueda y son tamaño, solapamiento y calidad.

4.4.5 Características del uso (usage characterization)

Esta categoría de métrica corresponde a los problemas de modelado y predicciones de accesos a páginas Web.

- **Problema de la predicción de acceso**, ha llegado a ser básico para la mejora del acceso a información de calidad. En el ambiente Web, lo atractivo puede estar de lado del cliente o del lado del servidor: en el caso del cliente responde a patrones específicos de un usuario y, del lado del servidor, responde a una unidad de población de usuarios considerada. La predicción de acceso se dirige dentro del marco de trabajo de un modelado de problema más general, agregándosele algunos beneficios del uso del modelo en otros contextos. Así, es posible realizar estudios de tendencias de los registros de accesos a las páginas e identificar patrones de navegación, mejorar la organización del sitio y analizar los efectos de los cambios de esos sitios. Esta importancia de mejorar el acceso a información de calidad, se ve afectado por los diferentes cambios que se producen en la Web; la heterogeneidad y el gran dinamismo hacen que éste sea un gran desafío y para ello existen distintas aproximaciones para la

predicción.

- **Predicción estadística**, una aproximación obvia es el tiempo hasta el próximo acceso esperado a un documento, la duración puede ser derivada de la distribución de intervalos de tiempo entre accesos sucesivos. Este tipo de predicción del acceso da cuenta de una variable predictora o un conjunto de ellas para determinar la probabilidad de acceso, asumiendo, en este caso, ser representativo de un gran número de la población. Los futuros accesos pueden predecirse con una distribución de probabilidad de las mediciones realizadas. Este tipo de predicción espera responder a las siguientes preguntas: ¿cuál es la probabilidad de que exactamente N documentos serán accedidos?, ¿cuál es la probabilidad que N o más documentos serán accedidos?, y, por último, ¿cuántos documentos esperan ser accedidos? Para este tipo de predicción se utilizan los modelos de Markov y las predicciones de cadenas de Markov.
- **Modelo de memoria humana**, basado en las investigaciones en psicología sobre la exactitud de recordar un ítem en particular de nuestra memoria, y ésta depende de la frecuencia en que ese ítem se ha visto o recordado. Para ello, utiliza como método el análisis de frecuencia de accesos a los documentos en un tiempo particular y la probabilidad de accesos durante períodos marginales subsecuentes. Otro método de análisis es el *Recency Analysis*, similar al de probabilidad de acceso pero condicionado sobre cómo fue accedido el último documento.
- **Sitios Web Adaptativos**, esta métrica de caracterización de uso responde a modelos y medidas del comportamiento humano en sus navegaciones por la Web recogidos de los ficheros de *log* de los servidores. La idea de estas métricas es la de mejorar la organización de los sitios, en cuanto a su disposición y presentación, mediante el aprendizaje a partir de los patrones de los visitantes que acceden.

Una de las métricas referida a este aspecto es la “frecuencia de co-ocurrencia” y que busca aquellas páginas que son visitadas en sesiones conjuntas. De esta forma, si se obtiene información de accesos de grupos de personas a determinadas páginas en un sitio, esas páginas visitadas pasan a formar un conjunto determinado que, si algún otro usuario ingresa a alguna de ellas, existe entonces la probabilidad que visite también todas las que conforman el conjunto. Así, ese conjunto de páginas forman un conjunto de páginas de calidad.

- **Técnica de activación de propagación o difusión**, esta técnica identifica páginas relacionadas en un conjunto de páginas “fuentes” sobre la base de la topología de enlaces, similitud en el texto y caminos usados. Así, cuando se comienza una navegación, se realiza un análisis de los pesos de acuerdo a los criterios ya mencionados. El proceso de análisis lleva a la construcción de estructuras que contienen los nodos que representan las páginas Web, estableciendo finalmente árboles para cada uno de los criterios, que finalmente son representados por matrices.

4.4.6 Información teórica (information theoretic)

La última métrica de la taxonomía, que comprende métricas que miden propiedades relacionadas con las necesidades de información, producción y consumo.

- **Conveniencia** (*desirability*), que se define como la probabilidad que esa información será necesitada en un intervalo de tiempo dado, y que por la frecuencia de accesos a las páginas, que reflejan un comportamiento especial, se utilizan como herramientas de modelado basadas en parámetros de *Poisson*.
- **Supervivencia** (*survival*), que establece la probabilidad que un ítem particular sea borrado o eliminado en un tiempo determinado, es decir, que el ítem o página

sobreviva al menos un tiempo t . Esto mediante funciones de distribución $F(t)$ y la correspondiente densidad de $f(t)$. La tasa de riesgo indica la probabilidad que la página sea borrada en un espacio de tiempo próximo.

5. Web en Educación

5.1. Taxonomía de sitios Web

Se debe establecer una diferencia entre sitios Web educativos y sitios Web de interés educativo según plantean Majó y Marqués (2002), diferenciándolos por los objetivos que estos sitios tienen. Para ello, los autores plantean en primer lugar lo que se define como espacio Web, ver Figura 7, un conjunto de páginas Web interrelacionadas mediante enlaces hipertextuales como un supraconjunto. En este nivel se encuentran un sinfín de información contenida en las diferentes páginas y que pueden ser utilizadas en algún momento como medio para llevar a cabo ciertos aprendizajes, pero que este posible uso con fines educativos no hacen del sitio un espacio educativo como tal. Luego, definen la existencia de sitios Web de interés educativo como aquellos espacios Web con una clara utilidad en este sentido y, por último, los lugares Web educativos, o material didáctico multimedia en línea, a aquellos espacios diseñados con el propósito específico de facilitar aprendizajes o recursos didácticos para tal efecto.

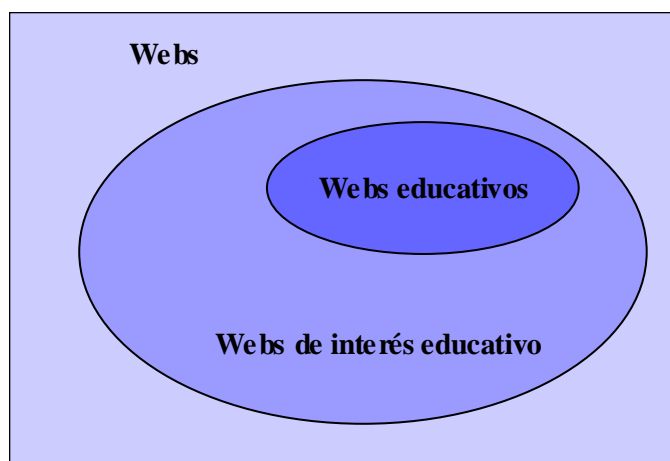


Figura 7: Sitios Web de interés educativo y sitios Web educativos. (Majó y Marqués, 2002)

En este sentido, Majó y Marqués (2002) definen como páginas de interés educativo a:

- **Tiendas virtuales**, que ofrecen todo tipo de materiales didácticos y recursos complementarios, ya sea como punto de venta o de distribución gratuita.
- **Entornos tutorizados de teleformación**, con asesoramientos, clases tutorizadas, cursos en línea. Son sitios que cuentan con un sistema de teleformación permitiendo el desarrollo de una amplia gama de actividades de enseñanza y aprendizaje.
- **Publicaciones electrónicas**, que suponen la edición de un material sobre un tema determinado o de publicación periódica.
 - Materiales didácticos en línea, diseñados específicamente para Internet con una intencionalidad instructiva, como son los documentos formativos, ejercicios y entornos específicos de aprendizaje.
- **Sitios Web temáticos**, cuya intencionalidad no es instructiva pero sí proporcionan información sobre determinadas temáticas que pueden resultar valiosas y de interés para docentes y/o discentes.

- Prensa electrónica, incluyendo revistas de información general y especializadas.
- **Sitios Web de presentación**, que generalmente presenta información del trabajo de los autores del sitio y de sus actividades.
 - Webs de profesores, que agrupan a profesores por nivel o asignaturas que imparten y aportan materiales útiles para sus clases. También incluyen líneas y trabajos de investigación.
 - Webs de centros educativos, que incluyen información general de la institución, sobre su funcionamiento y actividades entre otra información de interés que la institución desea dar a conocer.
 - Redes de centros educativos, que son una Intranet para un conjunto de centros o instituciones educativas, en la que la participación puede estar dada tanto a nivel de profesores y/o investigadores como de los alumnos.
- **Centros de recursos**, incluyendo bibliotecas y buscadores, como espacios que facilitan la localización de libros, artículos, documentos y otros materiales multimedia, que pueden ser usados desde la misma Web, o bajados mediante FTP para ser utilizados posteriormente de manera local.
- **Entornos de comunicación interpersonal**, con el propósito de contactar a personas que tengan determinados intereses, para sí intercambiar información y realizar debates. Dentro de estos entornos se incluyen las listas de distribución, los *chats*, servicios de transmisión de ficheros, etc.
- **Portales**, cuyo objetivo es ofrecer todo tipo de servicios, éstos pueden ser sólo educativos si éste es el objetivo del portal.

Una taxonomía de usos pedagógicos de Internet, y en especial de la Web, definida por Sánchez (2001), establece seis áreas de acción como se muestra en la Figura 8.

- **Como recurso de información**, haciendo referencia a accesos a sitios educativos, a material de consulta y a enciclopedias globales abiertas. Esto es, lugares donde los usuarios pueden acceder en busca de información de acuerdo a sus necesidades de aprendizaje.
- **Como recurso metodológico**, donde se incluyen apuntes de asignatura, material de aprendizaje de aula en línea, herramientas de trabajo colaborativo, sitios de proyectos en sus diversas modalidades. Es decir, sitios que apoyen la metodología de enseñanza para lograr ciertos tipos de aprendizaje en los alumnos.
- **Como medio de difusión**, siendo en este sentido los casos de diarios murales, boletines, imagen corporativa y centro de alumnos entre otros.
- **Como herramienta pedagógica**, utilizando diversas aplicaciones Web como herramienta para desarrollar habilidades y/o tareas curriculares específicas.
- **Como medio de construcción**, considerando en este caso la elaboración de material Web o publicable en la Web, como son las páginas personales, de proyectos y actividades, de resultados, etc.
- **Como administrador curricular**, esto es, en la gestión de programas y/o asignaturas, la estructura curricular, información relativa al currículo del programa y/o de la institución, a información de evaluación, etc.

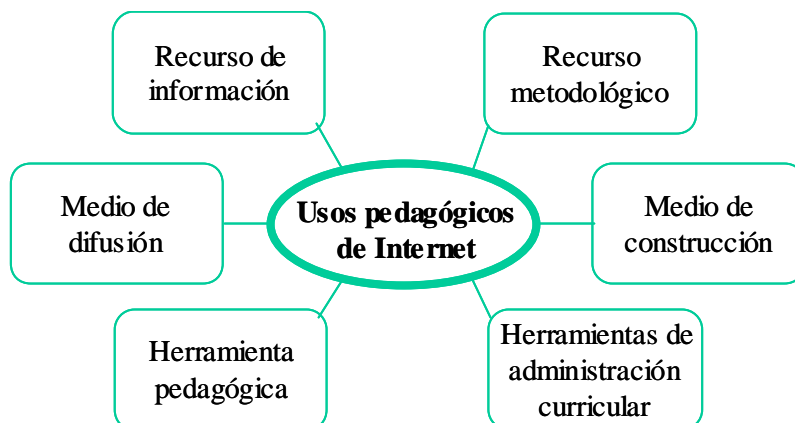


Figura 8: Internet-Web y áreas de acción en educación

Sin embargo, Sánchez (2001) plantea que en el trabajo pedagógico basado en la Web se dan ciertas etapas a considerar, ver Figura 9, tanto por parte del docente como del discente, para alcanzar niveles de calidad y mayor complejidad, partiendo desde un simple inicio en el uso de la Web hasta lograr procesos de creación para y/o con la misma.



Figura 9: Etapas del trabajo pedagógico basado en Web

Sánchez (2001) menciona además otra clasificación de Web educativo:

- Web como herramienta de comunicación.
- Web como tutor.
- Web como recurso.
- Web como herramienta de colaboración.
- Web como herramienta de investigación.
- Web como herramienta de acción social.
- Web como herramienta de conexión comunitaria.
- Web como herramienta de simulación.
- Web como herramienta de publicación.
- Web como herramienta multimedia.
- Web como herramienta de proyectos.

Esto implica que cualquier planificación educativa debe necesariamente especificar qué uso se hará de la Web, así, se tendrá un diseño más claro, una mejor implementación y posterior evaluación de las actividades de aprendizaje basadas en Web.

5.2. Aspectos fundamentales en sitios Web educativos

En la bibliografía especializada se plantean dos aspectos fundamentales para el diseño, desarrollo e implementación de sitios Web educativos (Khan, 2001) y (Jonassen, 1995), un aspecto relativo a cuestiones generales a considerar en el sitio y el otro relativo a factores a considerar en la interacción del estudiante con el sistema.



Figura 10: Mapa conceptual de aprendizaje basado en Web (Khan, 2001)

En la propuesta de Khan (2001) se establecen 8 elementos o componentes que deben ser considerados en el diseño y desarrollo del sitio Web, ver Figura 10. Estos componentes están relacionados tanto con aspectos técnicos, pedagógicos, culturales y de administración, a saber:

- **Componente pedagógico**, basada en una serie de análisis referidas a:
 - Análisis de contenido, respondiendo a la actualización de ellos en el tiempo.
 - Análisis de audiencia, respondiendo a la pregunta ¿quiénes son nuestros estudiantes?, y a ¿cómo la institución adecua la información para esos estudiantes a la distancia?
 - Análisis de objetivos, tomando en cuenta la claridad de éstos en cuanto a expectativas de los estudiantes y de qué se requiere que ellos realicen.
 - Análisis de medios, correspondiendo en este caso a un análisis de los atributos de los multimedia sobre Internet y de la tecnología digital.
 - Aproximación de diseño, que defina el rol de los instructores, esto es, por ejemplo, más didáctico que facilitador, a la inversa o una combinación de ellos.
 - Organización, donde se analizan los diferentes cursos y sus unidades, permitiendo definir unidades independientes de aprendizaje o una serie de unidades donde una es prerrequisito de la otra.
 - Métodos y estrategias, estableciendo el cómo se llevarán a cabo las actividades de los estudiantes, como por ejemplo, trabajo colaborativo, sistema de preguntas y respuestas, sugerencias de recursos a utilizar, trabajo en base a una metodología de proyectos individuales y/o grupales, etc.

- **Componente tecnológico:**
 - Planificación de infraestructura, referida al personal que asista a los estudiantes en el comienzo del curso en el uso de la plataforma Web.
 - Hardware, análisis que responde a los requisitos de hardware necesario para que el sistema sea estable, tanto desde la institución, los estudiantes y el sistema de comunicación entre ambos.
 - Software, referido a la capacidad del curso de proveer todo el software necesario que pueden ser de utilidad para los alumnos.
- **Componente del diseño de interfaz:**
 - Diseño del sitio Web y sus páginas, que está relacionado no sólo con la presentación de las páginas, sino que también con el despliegue en los distintos navegadores y sus diferentes versiones.
 - Diseño de contenido, considerando la presentación de éstos, por ejemplo, el establecimiento de reglas para las presentaciones de las distintas ideas que pueden ser por párrafo, cuadro, página, etc.
 - Navegación, en cuanto a la estructura del sitio y de las ayudas que éste ofrecerá a los estudiantes, como un mapa de navegación, por ejemplo.
 - Accesibilidad, en el sentido de ser accesible por una gran parte de la posible población estudiantil.
 - Prueba de usabilidad, entendida en cómo los alumnos encontrarán respuestas de manera rápida en cuanto al curso en sí como al sitio.
- **Componente de evaluación:**
 - Valoración del estudiante, que corresponde a los mecanismos del sistema por el cual los estudiantes son realmente evaluados.
 - Evaluación de la instrucción y del entorno de aprendizaje, considerando sistemas de evaluación en línea del estudiante para: los contenidos, instructores, entorno de aprendizaje, recursos de aprendizaje, diseño del curso y soporte técnico.
- **Componente de administración:**
 - Desarrollo de contenido, relacionado con el soporte que ofrece el sitio para la producción de unidades de aprendizaje y/o cursos en equipo.
 - Mantenimiento, con sistemas de notificación a los estudiantes acerca de modificaciones de fechas u otras materias relevantes. Para ello puede utilizarse el correo electrónico, páginas de anuncio, cajas de alerta, etc.
- **Componente de Recursos de soporte:**
 - Soporte en línea, en cuanto qué tipo de soporte o asistencia en línea provee el sistema para la resolución de problemas técnicos de los estudiantes.
 - Recursos, estableciendo qué tipo de recursos se ofrecerán a los alumnos como por ejemplo, trabajos realizados por otros estudiantes en base al sistema. Debe entenderse que este tipo de recursos son siempre de tipo soporte para los estudiantes.

- **Componente ético:**
 - Influencia político-social, que sugiere la aprobación de entidades externas para la implementación del sistema de aprendizaje basado en Web, de tal forma de eliminar cualquier tipo de barrera política o social.
 - Diversidad cultural, con formas que mejoren el cruce cultural en la comunicación verbal y evitar los malos entendidos, los esfuerzos para evitar el uso de jergas, idiomas locales, ambigüedades, etc.
 - Parcialidad, en cuanto a si el curso presenta más de un punto de vista sobre algún hecho controversial.
 - Diversidad geográfica, relacionado con la sensibilidad para con los alumnos de distintos puntos geográficos en cuanto a comunicaciones síncronas, horarios de tiempo razonables para todas las zonas representadas, etc.
 - Diversidad de estudiantes, considerando el diseño del curso para las características diferentes de cada estudiante, como su propio ambiente de aprendizaje o ritmo de éste.
 - Brecha digital (*digital divide*), en cuanto a la posibilidad de acceso a la información, ésta debe ser expresada en términos de “se tiene” y “no se tiene”.
 - Etiqueta, relacionado con las guías que ofrece el sitio para el comportamiento de los estudiantes en el envío de mensajes, discusiones en línea, etc.
 - Aspectos legales, considerando por ejemplo, si los estudiantes tienen autorización para recibir y enviar mensajes, para navegar por el sitio, para publicar sus fotos, sus proyectos, etc.

- **Componente institucional:**
 - Asuntos administrativos, correspondiendo en este caso a que si la institución está preparada para ofrecer cursos en línea.
 - Asuntos académicos, en cuanto a que si la calidad de los docentes son de la calidad esperada como si fuera un curso o programa tradicional.
 - Servicios estudiantiles, analizando los distintos servicios que provee el sistema como un equipo de instructores disponible en línea, así como también algún equipo de orientadores.

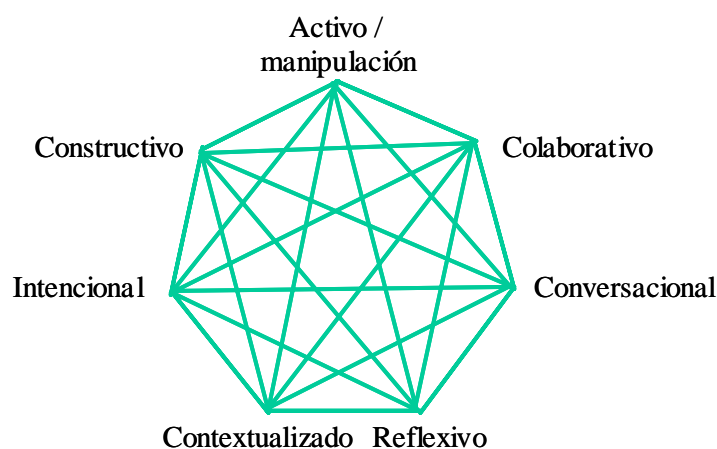


Figura 11: Cualidades del ambiente de aprendizaje (Jonassen, 1995)

La segunda propuesta, perteneciente a Jonassen (1995), es relativa a consideraciones puramente pedagógicas para el aprendizaje basado en artefactos informáticos, sean estas aplicaciones software o aplicaciones Web, estableciendo un modelo claro que puede incluir varias estrategias, ver Figura 11, no así en los planteamientos de Alessi y Trollip (2001) en que analizan cada aspecto por separado.

El modelo, que se explicará más adelante, se fundamenta en varios supuestos sobre el proceso educativo de acuerdo a las necesidades que plantea el siglo XXI. Estos fundamentos que plantea Jonassen (1995) establecen el rol de la tecnología como una necesidad para estimular contextos del mundo real, esto es, comunicar comunidades de estudiantes con sus instituciones educativas y a la inversa, y comunicar a estas comunidades con comunidades de aquéllos que ya practican en el mundo real permitiendo mejorar los aprendizajes de los estudiantes. Estos aspectos que sustentan el modelo son:

- cuatro áreas de enseñanza, esto es, el dominio cognitivo, el conocimiento heurístico, estrategias metacognitivas y estrategias de aprendizaje,
- enseñar conocimientos y destrezas en la vida real que sean realmente útiles en los distintos contextos,
- enseñar en múltiples contextos y generalizar ideas que crucen esos contextos,
- desarrollar modelos de procesamiento y de razonamiento que permitan una información más explícita, ayudando así a los estudiantes a desarrollar conocimiento acerca de cuándo y dónde aplicar la información,
- controlar el progreso de los estudiantes, como una forma de soporte, permitiendo reflexionar sobre sus características y concepciones,
- articular las acciones de los estudiantes, sus decisiones y estrategias, haciendo más explícito su conocimiento,
- incluir reflexiones y análisis del rendimiento y características de los estudiantes,
- permitir a los estudiantes explorar diferentes estrategias e hipótesis experimentando sus resultados; y por último,
- secuenciar el proceso desde lo más simple a lo más complejo utilizando una variedad de ejemplos y prácticas en contextos, presentando generalidades antes de las particularidades.

Teniendo presente estos fundamentos, el autor plantea el modelo en la creencia que tanto las escuelas como universidades deberían enfatizar en el significado y calidad del aprendizaje que involucra cada elemento de su modelo:

- **Activo/manipulación**, los estudiantes son comprometidos por el proceso de aprendizaje, conscientes del procesamiento de la información, siendo ellos responsables de sus resultados, permitiendo la construcción de conocimientos dentro de un aprendizaje activo de manera independiente del conocimiento del estudiante.
- **Constructivo**, los alumnos acomodan las nuevas ideas en el conocimiento anterior, produciendo un equilibrio que permite dar sentido o significado a las discrepancias, curiosidades y a las nuevas estructuras de conocimiento que va formando. Esto es posible mediante la estrategia de preguntas socráticas, de esta forma el estudiante va elaborando ideas y estructurando conceptos a partir de su propia experiencia y conocimientos previos.
- **Colaboración**, los estudiantes trabajan aprendiendo, construyendo comunidades de conocimiento, explotando las destrezas de los demás mientras éstos les provean de

soporte social, modelando y observando las contribuciones de cada uno de los miembros. Esto significa que el aprendizaje se produce al resolver problemas de manera grupal, así como también el proceso de crear y descubrir.

- **Intencional**, los alumnos son completamente activos en su quehacer, obstinándose en lograr sus objetivos cognitivos. Este aspecto es esencial en las teorías del comportamiento como un factor externo y en las cognitivas como un factor interno, así, para que el aprendizaje tenga lugar debe existir la intención del estudiante por su aprendizaje y por el control del mismo.
- **Conversacional**, el aprendizaje es social, un proceso de diálogo, donde los estudiantes obtienen más beneficios comenzando a construir comunidades de conocimientos fuera y dentro de la institución. Este factor social es crítico en el proceso de enseñanza-aprendizaje, facilitando la interacción con sus pares y profesores, el intercambio de ideas, la construcción de conocimientos, la reflexión crítica y la clarificación de puntos o conceptos contradictorios.

Aprendizaje	Actividad	Tecnología
Activo	- Pensamiento consciente - Representación del conocimiento - Comunicación con otros	- Herramientas de productividad - Herramientas cognitivas - Ambientes de aprendizaje
Constructivo	- Acceso a información - Construcción personal de representación	- Herramientas cognitivas - Estudiantes productores de media
Colaborativo	- Negociación social - Formación de comunidades de estudiantes - Comunicación con otros	- Videoconferencia - Trabajo colaborativo soportado por computador
Intencional	- Articulación de objetivos - Éxito deliberado - Esfuerzo consciente	- Ambiente intencional de aprendizaje soportado por computador - Actividades organizadas
Conversacional	- Comunicación con otros - Negociación social - Construcción de comunidades de conocimiento - Comunidades de estudiantes/practicantes	- Videoconferencia - Red de noticias - Trabajo colaborativo soportado por computador
Contextualizado	- Resolución de tareas en el mundo real - Resoluciones significativas, problemas complejos - Construcción de esquemas en situaciones específicas - Definición e interacción con el espacio problema	- Ambientes de aprendizaje basado en casos - Video escenarios - Micromundos
Reflexivo	- Articulación con el conocimiento - Negociación interna - Reflexión acerca de qué es conocer y cómo	- Herramientas cognitivas

Tabla 4: Tecnologías que soportan actividades de compromiso del estudiante con el aprendizaje significativo (Jonassen, 1995)

- **Contextualizado**, las tareas de aprendizaje están situadas en algún significado del mundo real o son simuladas por medio de casos de estudio o ambientes de aprendizaje basados en problemas. Así, el estudiante toma un lugar central en el contexto del dominio y de su propia cultura, logrando comprender de manera significativa tanto su entorno como también la manera de enfrentarlo.
- **Reflexivo**, los propios estudiantes articulan qué han aprendido y reflexionan sobre el proceso y las decisiones que han tomado. Este proceso de reflexión se logra por medio de la lectura según las teorías del comportamiento, pero en las teorías más modernas como la constructivista se plantea como fundamental, puesto que de esta manera los estudiantes pueden criticar, realizar generalizaciones, encontrar relaciones. Además, estas actividades promueven la metacognición, esto es, que el estudiante tenga un mayor conocimiento de sí mismo.

Estas características están interrelacionadas, son interactivas e interdependientes dando la combinación de ellas resultados de calidad mayores al uso de cada una de ellas de manera independiente. En este sentido, Jonassen (1995) sugiere una serie de actividades y la forma de usar la tecnología para cada una de las características, como se aprecia en la Tabla 4. De esta forma, se pretende que la tecnología aplicada a la educación dé énfasis a la construcción de conocimientos y no a la reproducción; a la conversación y no a la recepción; a la articulación y no a la repetición; a la colaboración y no a la competición; y a la reflexión en vez de la prescripción.

6. Calidad en Web Educativos Adaptativos

6.1. *Sistemas Hipermedia Adaptativos*

Los sistemas hipermedia adaptativos (SHA) son la última propuesta en la evolución de los sistemas hipermedia, siendo su objetivo considerar diversas características del usuario de este tipo de herramientas. Aunque esta idea es aplicable tanto a aplicaciones software como aplicaciones Web, últimamente los esfuerzos por su aplicación están en estos últimos. De esta manera se pasa de una aplicación estática a una flexible.

Una primera diferencia entre el concepto de adaptatividad y adaptabilidad la establece De Bra (1998), que plantea claramente que si la adaptación de la aplicación es establecida de manera directa por el usuario, entonces esa aplicación es adaptable. Por el contrario, si el sistema es capaz de producir la adaptación de sí mismo, por medio de mecanismos de reconocimiento del usuario que la está utilizando, entonces se está hablando de adaptatividad.

En la bibliografía referente al tema se encuentran diferentes enfoques de la adaptatividad, así, De Bra y Brusilovsky (1998) y Delestre et al. (1999) sugieren dos propósitos básicos; por un lado consideran adaptar la forma de proporcionar conocimientos dependiendo del orden en que son usados y, por otro, entregar una guía en la navegación a manera de orientación pero de acuerdo a los contenidos que va visitando el usuario. Para ello, Brusilovsky (2001) plantea que lo susceptible de adaptar son los niveles de contenidos o presentación, y los enlaces que se van presentando en esos contenidos o las ayudas que correspondan a la navegación de acuerdo al nivel.

Gutiérrez y Pérez (2001) establecen como métodos para la adaptación de los contenidos:

- **La generación de nodos completos**, que considera la predefinición de la información pero sin estar asignada a ningún nodo concreto, de esta forma, la información de los nodos dependerá de las características del usuario, y que está en relación con qué conceptos el usuario ya ha visitado.

- **Ajuste del texto incluido en los nodos**, es un método que permite realizar ciertos cambios en la información de los nodos ya predefinidos, de esta forma, el sistema puede ajustar el nodo agregando información en caso de requisitos de profundidad o quitando algunos contenidos que se puedan considerar superfluos, esto se presenta en el caso de Metadoc de Boyle, C. & A.O. Encarnación, según se plantea en (Gutiérrez y Pérez, 2001).
- **Adaptación de la disposición de los contenidos de un nodo**, que implica la posibilidad de que el usuario pueda elegir ciertas formas de presentación de los contenidos, así, la información del nodo no cambia, sino que sólo lo hace su disposición y el formato. Según plantean Gutiérrez y Pérez (2001), esta característica se aprecia en el sistema Hynecos (Vassileva, 1994).
- **Adaptación de los medios audiovisuales**, esta adaptación considera algunos aspectos de modificación de los medios a utilizar dependiendo, por ejemplo, de características personales del usuario, como en el caso de problemas auditivos y visuales.

Por otra parte, los mismos autores plantean cuatro métodos para la adaptación del soporte a la navegación, consistentes en la modificación de las posibilidades de navegación de acuerdo a las características del usuario:

- **Recomendación de enlaces a seguir**, que no hace otra cosa que recomendar al usuario enlaces a seguir, esto se puede realizar simplemente indicándole al usuario el enlace siguiente o estableciendo un orden jerárquico de relevancia de los enlaces que debiera seleccionar.
- **Ocultación de enlaces**, al igual que parte del contenido puede ser ocultado, aquí la propuesta consiste en mostrar o no determinados enlaces al usuario, dependiendo de su nivel de dominio, de tal forma, que se evita que el usuario se pierda en el sistema y/o tenga acceso a nodos que, por su contenido, dificulten su entendimiento al no contar con los prerrequisitos.
- **Etiquetado de enlaces**, es una forma de ocultamiento de enlaces, el usuario no puede acceder a ellos, pero sabe que existen puesto que éstos están etiquetados de manera diferente, como, por ejemplo, distinto color o algún icono que represente que ese enlace aún no es posible de ejecutar.
- **Utilización de herramientas de navegación adicionales**, los autores plantean tres tipos de ayudas adicionales,
 - Ayudas puntuales, que permitan entender mejor el contenido de los nodos del hiperespacio, como por ejemplo un resumen breve del contenido de un nodo.
 - Ayudas especiales y estructurales, que proporcionan información sobre los contenidos del hiperespacio y su organización, para ello, se puede hacer uso de las vistas generales, las vistas locales, las vistas con gran angular como una mezcla de los dos anteriores, los filtros y, por último, las guías.
 - Ayudas históricas, que proporcionan una visión temporal del acceso a la aplicación.

Para llevar a cabo esta adaptación, el sistema debería ser capaz de establecer un modelo del usuario, esto es, establecer el perfil de aquél que se encuentra haciendo uso del sistema. En este sentido Brusilovsky (1996) establece que para determinar el modelo del usuario, el sistema debiera recabar determinada información del usuario como los objetivos de éste, su experiencia, las preferencias que demuestra y los conocimientos que posee. Frente a esta propuesta, Gutiérrez y Pérez (2001) añaden dos aspectos para establecer el modelo de usuario y que son el registro de navegación del usuario en el sistema y su comportamiento. Así también, en (Kobsa

et al., 2001) se agregan dos aspectos a lo planteado por Brusilovsky; el primero es establecer de alguna forma los intereses del usuario en el plazo inmediato, así como el establecimiento de los mismos en el mediano y largo plazo. El otro aspecto que consideran en la formación del modelo de usuario es el establecimiento de rasgos personales que lo hacen único, diferente a los demás, y se refieren, por ejemplo, a estilos de aprendizaje, rasgos de personalidad y factores cognitivos.

Si bien se ha visto que algunos autores consideran, por ejemplo, la interacción del usuario con el sistema como uno de los aspectos a considerar en el modelo de usuario (Kobsa et al., 2001; Toppano, 2002), la discusión hace plantear a otros una diferencia entre el modelo de usuario y el modelo de interacción usuario (Brusilovsky, 1996; De Bra et al., 1999; Gutiérrez y Pérez, 2001), en el sentido de modelos diferentes, pero que en el momento de su utilización ambos se conjugan en un conjunto de datos que cruzados dan una importante información acerca del usuario y, por ende, de cómo el sistema debiera comportarse para su adaptación automática.

Otro tipo de adaptación que se plantea en el área, es mediante el establecimiento de un modelo del entorno o ambiente, lo que en ingeniería de software se denomina la ubicuidad, esto es, que el sistema sea capaz de reconocer las características y capacidades del equipamiento computacional que utiliza el usuario para usar el sistema, de tal forma que el sistema pueda adaptar la forma de presentar los contenidos, especialmente cuando éstos consideran recursos multimedia que el equipo del usuario no puede soportar o también de la velocidad de conexión en caso de una aplicación Web.

Otro modelo importante de adaptación es el modelo del dominio, Gutiérrez y Pérez (2001) plantean representar los contenidos del SHA que recorrerá el estudiante al interactuar con él; lo que tiene la particularidad de describir cómo se estructura la información y cuáles son las relaciones que se establecen en un nivel conceptual. En (De Bra et al., 1999) se distinguen, además, entre distintos tipos de conceptos y relaciones que se establecen entre ellos, para formar una red semántica. Buendía y Díaz (2002) consideran claramente en éste un componente didáctico para el diseño de sistemas instruccionales, que (De Bra et al., 1999) consideran de forma independiente en un modelo aparte, el modelo de enseñanza.

En suma, la adaptación puede darse mediante la construcción de diferentes modelos que plantean los distintos autores, así se tienen modelos de usuario, de interacción, de dominio, de entorno o ambiente físico, y de enseñanza, como se puede apreciar en la Tabla 5.

Modelo	Autor	Característica general
Usuario	(Brusilovsky, 1996) (Kobsa et al., 2001) (Gutiérrez y Pérez, 2001)	Obtiene y registra diversas características del usuario
Interacción	(Kobsa et al., 2001) (Toppano, 2002)	Registra las interacciones del usuario con el sistema y su frecuencia
Dominio	(De Bra et al., 1999) (Gutiérrez y Pérez, 2001) (Buendía y Díaz, 2002)	Define la estructura de los contenidos y las relaciones conceptuales
Entorno	(Kobsa et al., 2001) (Gutiérrez y Pérez, 2001)	Obtiene las características técnicas del ordenador y herramientas de navegación
Enseñanza o adaptación	(De Bra et al., 1999)	Establece las estrategias de adaptación basándose en el modelo de usuario y el modelo de dominio

Tabla 5: Cuadro comparativo modelo-autor-característica

	Modelo / Autor	Características específicas
Usuario	(Brusilovsky, 1996)	Objetivos del usuario, experiencias en navegación, preferencias, conocimientos, experiencias previas
	(Kobsa et al., 2001)	Datos personales, objetivos, conocimientos, destrezas y capacidades, intereses Rasgos: de personalidad, factores cognitivos y estilos de aprendizaje
	(Gutiérrez y Pérez, 2001)	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
Interacción	(Kobsa et al, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> Utilización o interacción observable: Acciones selectivas, como intereses, falta de costumbre y preferencias; comportamiento visible temporal; clasificaciones; acciones confirmatorias y no confirmatorias Regularidad en la utilización: Frecuencia de utilización, correlación entre situación y acción, y, por último, secuencia de acciones
	(Toppano, 2002)	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)
Dominio	(De Bra et al., 1999)	Define la estructura del sistema estableciendo relaciones entre los conceptos a través de una red semántica: conceptos atómicos y compuestos Tipos de relaciones entre conceptos en: enlaces, relación de prerrequisito, relación de inhibición
	(Gutiérrez y Pérez, 2001)	Información inherente del dominio que se representa Información general adicional incluida en la representación del dominio
	(Buendía y Díaz, 2002)	Describe cómo los contenidos de la aplicación están estructurados, basados en un modelo didáctico: Objetos instruccionales y estructuras didácticas, las que a su vez pueden ser tareas instruccionales o escenarios de aprendizaje
Entorno	(Kobsa et al., 2001)	Software: tipo y versión del navegador y/o sistema operativo, disponibilidad de <i>Plug-ins</i> , disponibilidad para <i>Java</i> o <i>JavaScripts</i> (páginas dinámicas, páginas interactivas) Hardware: tipo de conexión a la red, velocidad del procesador, dispositivos de despliegue, dispositivos de entrada Ubicación: ubicación geográfica del usuario, características de uso local
	(Gutiérrez y Pérez, 2001)	Información que permite regular la funcionalidad multimedia que utiliza el usuario
Enseñanza	(De Bra et al., 1999)	Reglas pedagógicas que establecen cómo combinar los modelos de usuario y de dominio para realizar la adaptación

Tabla 6: Características específicas por modelo y autor

Aunque los distintos autores ya referidos se refieran a un mismo modelo, existen algunas diferencias entre ellos en cuanto a las características que les atribuyen, donde bien éstas pueden ser complementarias, o en otros casos específicos existe un solapamiento entre el modelo de usuario y el de interacción. Un detalle clasificatorio de las características específicas que asignan cada autor a cada modelo se aprecia en la Tabla 6.

En (Wu, et al., 2000) se plantea que un SHA está formado por tres componentes: el Modelo del Dominio, el Modelo del Usuario, y el Modelo de Adaptación, ver Figura 12, donde se define para cada uno de ellos lo siguiente:

- **Modelo del Dominio**, cuyo objetivo es estructurar el conocimiento que se desea transmitir. Almacena la información por conceptos, las relaciones de éstos con otros conceptos, y sus atributos, donde los conceptos pueden ser por tanto del tipo atómico, compuesto o de relación.
- **Modelo del Usuario**, que tiene como finalidad la representación de la relación de cada sujeto con el conocimiento que se le desea transmitir. Para ello, almacena y estructura aspectos relevantes de cada usuario, como por ejemplo, sus preferencias, conocimientos, intereses, o los recorridos e interacción que realiza éste con el sistema. Todos estos aspectos, llamados atributos, son almacenados en entidades tipo tabla que relacionan a cada usuario con sus características y con los conceptos del Modelo del Dominio.
- **Modelo de Adaptación**, ambos tipos de adaptación, la de contenido y la de navegación, ejecutan reglas que especifican qué y cómo se deben mostrar y comportar los elementos del sistema considerando el modelo de usuario.

Sistema Hipermedia Adaptativo

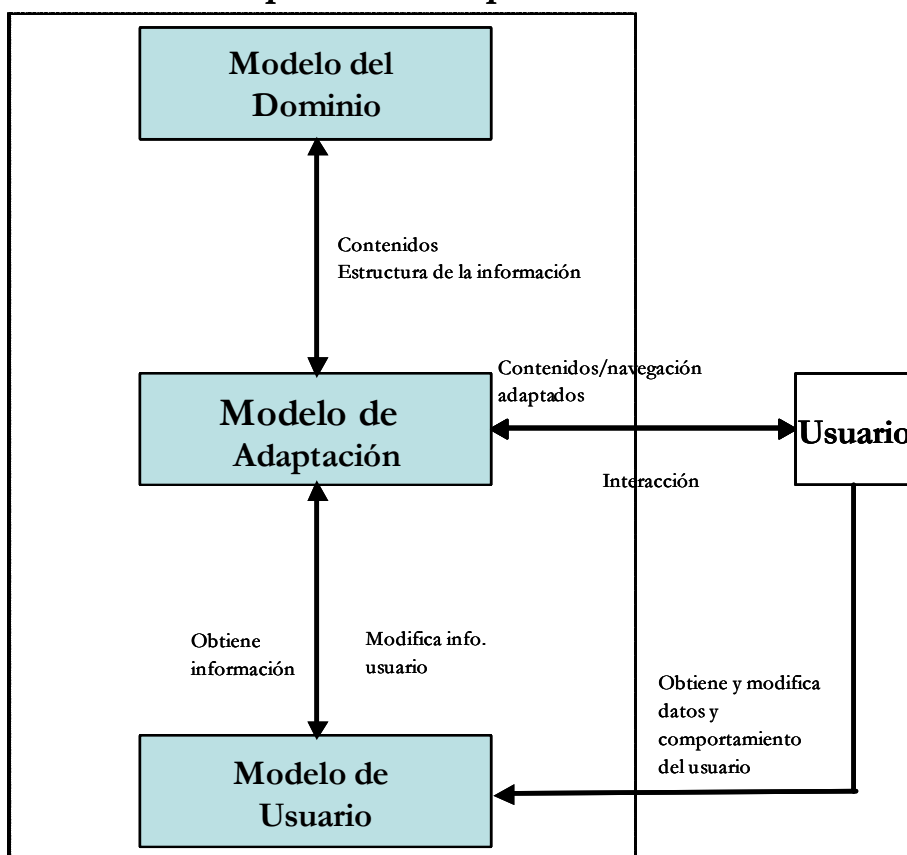


Figura 12: Diagrama de los componentes de un SHA (Leighton et al., 2003)

6.2. Adaptación a la Educación

En el ámbito de la educación distintos autores, como se verá a continuación, realizan diversas propuestas sobre los SHA en educación, en adelante Sistema Hipermedia Educativo Adaptativo (SHEA).

En este sentido, Bork (2001) plantea un tipo de aprendizaje apoyado por este tipo de herramienta basado en la colaboración entre pares, por medio de círculos de aprendizaje, un alto nivel de interacción, que responda a las diferencias individuales de los alumnos usuarios y personalizada en cuanto a los estilos de aprendizaje.

Por su parte, Chen y Macredie (2002) plantean que un SHEA eficiente debe basarse en modelos de aprendizaje donde las interfaces se adapten a cada alumno usuario atendiendo a sus diferencias individuales. Además, estos autores proponen que uno de los aspectos importantes del modelo y diseño del SHEA es el estilo cognitivo, siendo éste el que responde a la diferencia individual del estudiante reflejado en la forma en que se aproxima a la organización y la representa.

Desarrollar SHEAs que utilicen como forma de adaptación distintos métodos de enseñanza es el planteamiento de Okamoto, Cristea, y Kayama (2001), esta adaptación del método respondería a las características del estudiante y aseguraría una mayor rapidez y comprensión de los objetivos de aprendizaje del estudiante.

En (Okamoto et al., 2001) se formula la adaptación de estrategias de aprendizaje, lo que significa definir un modelo de estudiante en base a el nivel de conocimientos, estilos de aprendizaje, habilidades metacognitivas y tipo de realimentación preferido por el alumno.

Una propuesta de adaptación basada en el nivel de conocimientos y el estilo de aprendizaje es la que realizan Papanikolaou, Grigoriadou, Magoulas y Kornilakis (2002), para ello reutilizan los módulos de contenidos en las diferentes estrategias instruccionales, modificando la secuencia de las actividades. En este sentido, las estrategias pedagógicas consideradas en relación a los distintos estilos de aprendizaje pueden apreciarse en la Tabla 7.

Estilo	Secuencia	Uso
Activista	Pregunta, ejemplo, teoría	Basado en actividades (actividad, ejemplo, teoría, ejercicio)
Reflexivo	Teoría, ejemplo, pregunta	Basado en ejemplos (ejemplo, teoría, ejercicio, actividad)
Teórico	Pregunta, teoría, ejemplo	Basado en teoría (teoría, ejemplo, ejercicio, actividad)
Pragmático	Ejemplo, teoría, pregunta	Basado en ejercicios (ejercicio, ejemplo, teoría, actividad)

Tabla 7: Adaptación de estilo por secuencia (Papanikolaou et al., 2002)

Reigeluth y Moore (1999) realizan una descripción de las taxonomías de Bloom, Gagné, Ausubel, Anderson y Merrill, estableciendo una comparación de ellas a partir de las numerosas semejanzas que éstas tienen, ver Tabla 8, para ello se agrega la última columna con un lenguaje propio que define la semejanza de cada una de las taxonomías. Así, dando una lectura horizontal y de acuerdo a cada fila, se establece que la información memorística es parecida al conocimiento de Bloom, al aprendizaje por repetición de Ausubel y al recuerdo verbal de Merrill. Además, realizando una combinación con la categoría comprensión, el entendimiento de relaciones es parecida a la información verbal de Gagné y al conocimiento declarativo de Anderson, y el entendimiento de relaciones es semejante al recuerdo parafraseado de Merrill y al aprendizaje significativo de Ausubel.

La aplicación de destrezas y/o habilidades es semejante a la aplicación de Bloom, las destrezas intelectuales de Gagné, al conocimiento de procedimientos de Anderson y el uso de generalidades de Merrill.

Finalmente, la aplicación genérica de destrezas es semejante a el análisis, síntesis y evaluación de Bloom, a las estrategias cognitivas de Gagné y a encontrar una generalidad de Merrill.

Taxonomías					
Bloom	Gagné	Ausubel	Anderson	Merril	Reigeluth
Conocimiento	Información verbal	Aprendizaje por repetición	Conocimiento declarativo	Recuerdo verbal	Información memorística
Comprensión		Aprendizaje significativo		Recuerdo parafraseado	Entendimiento de relaciones
Aplicación	Destrezas intelectuales		Conocimiento de procedimientos	Uso de generalidades	Aplicación de destrezas y/o habilidades
Análisis Síntesis Evaluación	Estrategias cognitivas			Encontrar una generalidad	Aplicación genérica de destrezas

Tabla 8: Taxonomías educativas (Reigeluth et al., 1999)

Cada una de estas taxonomías ofrece diversas estrategias instruccionales, que ayudan al aprendizaje y que deben ser consideradas en cualquier herramienta informática, más aún en un SHEA, ofreciendo más posibilidades de adaptación, estas estrategias son:

- **Tipo de aprendizaje**, donde las estrategias se mueven dependiendo de los propósitos de la actividad de aprendizaje y de los tipos de aprendizaje involucrados. Así, esa dependencia establecerá qué cuadrante, ver Figura 13, con el tipo de aprendizaje serán o deberán ser considerados, pudiendo ser uno o más de ellos, pero generalmente se parte con un sentido gradual de complejidad cognitiva.

Información memorizada	Aplicación de destrezas
Entendimientos de relaciones	Aplicación de destrezas generales

Figura 13: Tipo de aprendizaje

- **Control del aprendizaje**, correspondiendo en este punto definir quién tendrá el control del aprendizaje, suponiendo ese control como un continuo que tiene como extremos al docente por un lado y al discente por el otro. Para determinar de manera más fehaciente dónde se encuentra este control. En (Reigeluth et al., 1999) se proponen una serie de preguntas como:
 - ¿Quién determina los objetivos educativos?

- ¿Quién determina el cómo los objetivos serán alcanzados?
- ¿Quién selecciona el contenido?
- ¿Quién selecciona los tipos y niveles de soporte y recursos?
- ¿Quién elige cuándo los soportes y recursos deben o pueden ser utilizados?
- ¿Quién decide qué actividades deberán ser realizadas y en qué orden?
- ¿Quién evalúa el aprendizaje?

Sin duda alguna, diferentes situaciones requerirán de diferentes posiciones sobre el continuo que representa cada una de las preguntas ya mencionadas.

- **Foco del aprendizaje**, donde se establecen cuatro cuadrantes, ver Figura 14, pudiendo el foco estar situado en más de un cuadrante dependiendo de la situación. Así, se podría estar situado en el IV cuadrante si se trata de un proceso de enseñanza-aprendizaje centrado en el entendimiento, o los cuadrantes II y III si se orienta a la resolución de problemas basados en dominios específicos y de una manera multidisciplinaria.

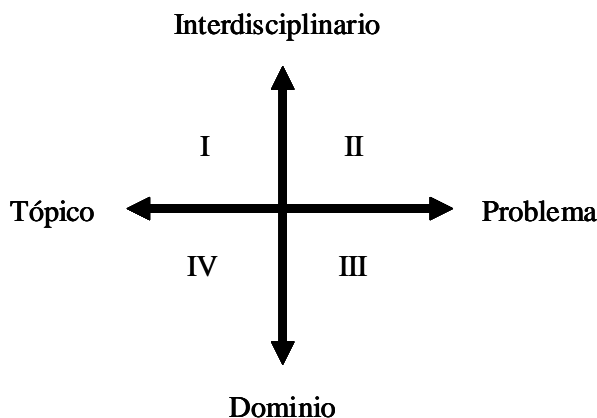


Figura 14: Foco del aprendizaje

- **Agrupación para el aprendizaje**, que indica el tipo de agrupación, si la hay. Esta agrupación también dependerá de los objetivos educacionales y de la temática. Esta estrategia permite no sólo trabajar con grupos de forma independiente sino que, además, realizar un trabajo colaborativo tanto dentro del grupo como entre cada grupo. Para ello, se establece como categorías de agrupación el trabajo individual, por pares, por equipos cuando se trata de 3 a 6 miembros, y por grupos cuando la cantidad de miembros es de 7 ó más.
- **Interacción para el aprendizaje**, donde se plantea la interacción entre personas y personas con artefactos, ver Tabla 9. En este sentido, las interacciones que se pueden establecer son múltiples y no excluyentes, la idea es crear una comunidad de aprendizaje que permita encontrar el conocimiento, cuyas relaciones variarán en el tiempo, así, éstas pueden darse de manera horizontal, vertical y de manera individual o grupal con artefactos.

Humanos			No humanos			
Alumno-Profesor	Alumno-Alumno	Otros	Alumno-Herramientas	Alumno-Información	Alumno-Ambiente/Manipulación	Otros

Tabla 9: Interacción para el aprendizaje

- **Soporte al aprendizaje**, que consta de dos variables, soporte cognitivo y soporte emocional. Este grado de soporte dependerá tanto de los objetivos que se pretenden que los estudiantes logren como también de sus carencias, ya sean cognitivas o emocionales. Esto implica que es posible, y de hecho siempre lo es, que exista una mezcla de estrategias para producir el aprendizaje, por tanto, se puede requerir de un mayor soporte emocional y para ello utilizar el trabajo en equipo.

Por otro lado, Alessi y Trollip (2001) plantean que en toda herramienta informática orientada a la educación deben darse una serie de interacciones entre el usuario-alumno y la interfaz como un refuerzo a la interacción pedagógica, potenciando las posibilidades de aprendizaje, estos variados factores son:

- **Percepción y atención**, el aprendizaje comienza con la atención y percepción de la información en el ambiente del estudiante.
- **Codificación**, los estímulos que los alumnos atienden y perciben deben codificarlos para con ello transformarlos y almacenarlos en su cerebro.
- **Memoria**, donde el alumno que percibe y codifica, debe hacerlo de tal forma que le sea fácil poder recuperar esa información para utilizarla en tiempos posteriores a su procesamiento de codificación.
- **Comprensión**, donde el estudiante debe de alguna manera interpretar e integrar aquello que percibe a su propio conocimiento del mundo. Esto implica que no sólo es codificar, almacenar y recuperar información, sino poder clasificarla.
- **Aprendizaje activo**, que indica que si el estudiante participa de una manera activa dentro del proceso aprenderá haciendo y no sólo observando.
- **Motivación**, que incluye diversos factores según distintos autores, entre estos factores se encuentran:
 - *Teoría de la Motivación de Malone*, que incluye cuatro aspectos, desafíos, curiosidad, control y fantasía.
 - *Motivación intrínseca y extrínseca*, donde la interacción dependerá de si la motivación está en el propio estudiante o se debe motivar externamente para el proceso.
 - *Teoría de motivación ARCS*, que incluye aspectos de atención, relevancia, confianza y satisfacción.
- **Locus de control**, que indica en quién reside el control del proceso.
- **Modelos mentales**, que influye en la interacción dependiendo de qué modelos mentales tiene el estudiante, que determinan su entendimiento, su forma de resolver problemas y/o de predecir eventos o resultados.
- **Metacognición**, que se relaciona con lo que el estudiante conoce de sí mismo, de sus conocimientos y de sus capacidades. En este punto se da una relación muy interesante entre cognición y Metacognición, ver Figura 15, puesto que dependiendo del grado de cada una de ellas presente en el estudiante, dependerá el tipo de interacción y la estrategia a seguir para su aprendizaje. De esta forma, en el primer cuadrante se ubican alumnos que tienen poco conocimiento de sí mismos y además un bajo nivel de conocimientos, lo que se puede definir como alumnos “pobres” educativamente hablando; en el segundo cuadrante se encuentran aquellos estudiantes que tienen un alto nivel de conocimiento pero un bajo nivel de metacognición, lo que los transforma en estudiantes inseguros; en el tercer cuadrante están los alumnos que educativamente se denominan “modelos”, que con un alto nivel de cognición y metacognición los

transforma en independientes; y, por último, en el cuarto cuadrante se sitúan aquellos alumnos definidos como “problema”, puesto que conocen lo poco que conocen, es decir, son conscientes de lo que son, de sus capacidades y sobre todo de sus carencias, lo que los arrastra generalmente a un nivel muy bajo de autoestima.

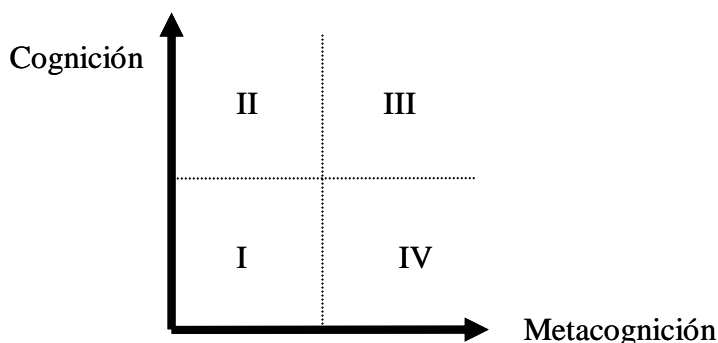


Figura 15: Relación Cognición - Metacognición

- **Diferencias individuales**, que explica las diferencias entre los estudiantes en cuanto a ritmos de aprendizaje y métodos de aprendizaje que más les acomodan.

Reflexionando sobre los SHEA y las teorías educativas, como así mismo sobre las estrategias pedagógicas, Leighton et al. (2003) plantean la importancia de considerar estos aspectos en el diseño de sistemas de este tipo, puesto que un SHA por sí mismo no garantiza un éxito de aprendizajes, y que, por tanto, las adaptaciones deben estar referidas a las teorías educativas en el sentido de cómo enfocar el proceso educativo y a las estrategias pedagógicas en la interacción directa del sistema con el estudiante.

Atributos de los SHA	Interacción pedagógica
Provee de contenidos y alternativas de navegación relevantes y comprensibles para cada alumno	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción y atención • Modelos mentales • Codificación • Comprensión
Ofrece cierta libertad a los estudiantes en la secuencia de estudio	<ul style="list-style-type: none"> • Locus de control
Presenta información de acuerdo con el nivel de dificultad, estilo de presentación y medio adecuado a cada usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Codificación • Diferencias individuales • Interacción del alumno con herramientas e información
Brinda a los usuarios recorridos a través de información relevante y “lista” para consultarse	<ul style="list-style-type: none"> • Metacognición • Diferencias individuales • Soporte cognitivo
Adapta los hipertextos a un modelo de usuario que es capaz de evolucionar y comportarse en consecuencia	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos mentales • Metacognición • Diferencias individuales • Soporte cognitivo

Tabla 10: Interacción pedagógica en el diseño de un SHA

En este sentido, el siguiente paso es detallar factores generales de interacción que tendrá un SHA como las herramientas, la información, el ambiente, y el control que llevará a cabo el sistema sobre el aprendizaje; y delinear cuestiones pedagógicas específicas de la interacción como la manera en que se capturará la atención, la codificación de los contenidos, los factores de motivación que se tomarán en cuenta, los patrones de modelos mentales sobre el

entendimiento, la resolución de problemas y la predicción de eventos y resultados. Es importante, también, definir el locus de control: qué tanto controlará el sistema y qué tan flexible será en su relación con el alumno. Finalmente, es necesario especificar qué diferencias individuales se considerarán, en qué medida y cómo se comportará el sistema ante ellas, ver Tabla 10.

Sin embargo, Leighton et al. (2003) resaltan cuatro aspectos que el diseño de un SHEA debe evitar, a saber:

- **Relación consumidor-productor**, un SHEA no puede, ni debe, ser considerado un simple repositorio de contenido, en donde el papel único de los alumnos es actuar como consumidores de información, mientras que los profesores se dedican a producirlos, más aún, cuando la tecnología actual permite y motiva a los alumnos a crear sus propios productos y a los profesores a participar como guías del proceso.
- **Individualización**, una de las principales características de un SHEA es contar con un modelo de usuario que corresponde exactamente a cada uno de los alumnos. Esta individualización presenta problemas en las actividades de aprendizaje en grupo cuando se utiliza el ordenador. Aunque la naturaleza de este tipo de sistemas requiere de un modelo de usuario, es necesario apartarse de la excesiva individualización del proceso de aprendizaje a que el sistema puede llevar.
- **Linealidad del hipertexto**, un SHEA proporciona al estudiante de aquello que necesita, separándolo del objeto para darle prioridad a la estructuración del conocimiento, y dejando a un lado la posibilidad de que éste llegue a conocimientos nuevos. Ello no ocurre cuando se ve la realidad desde la perspectiva de que la combinación de elementos no busca expresar la verdad, sino llegar a nuevos conocimientos. Este hecho es importante ya que podría llevar a una linealidad presentada como un falso hipertexto, provocando que el estudiante no tenga libertad de acción.
- **Linealidad del proceso**, el concepto de alumno consumidor aunado a la linealidad del hipertexto y a la secuenciación de las actividades de aprendizaje, provocará que el propio proceso de aprendizaje sea hasta cierto punto inflexible.

6.3. Modelo de Calidad en la Adaptación

Establecer un modelo de calidad en la adaptación es una tarea amplia y compleja si no se tiene claro cuál es el objetivo de la herramienta adaptativa que se quiere evaluar. Esto implica que, como plantea Olsina (1999), la medición de calidad debe estar referida tanto al producto como al proceso de su desarrollo, en cuanto a lo que sus autores y/o diseñadores definan como características del mismo, esto es, la calidad debe medirse en relación a lo que se afirma son los objetivos, características y rendimientos del producto. De esta forma, un producto o proceso no puede ser mal evaluado en algún aspecto que éste no dice poseer, distinto es una evaluación que incluya dentro de su resultado final algunas características deseables para el producto en cuestión.

Por otro lado, de acuerdo a las discusiones planteadas en nuestro caso, el proceso educativo basado en SHA, podría ser posible establecer parámetros generales mínimos para medir la adaptación del sistema y la calidad de ésta.

Otro punto importante a considerar es la plataforma en la que se basa el sistema, esto es, se hace referencia a una aplicación software o a una aplicación Web, o si la aplicación es de acceso local o remoto, dentro de otras características específicas.

Lo anterior implica que un modelo de calidad en la adaptación debe ser un modelo escalable y/o configurable de acuerdo al tipo de producto que se tiene en frente y a lo que éste dice

cumplir y satisfacer. Este modelo debería estar compuesto, entonces, por tres áreas de enfoque, a saber: área de evaluación de la calidad Web, área de evaluación de adaptación (con módulos optativos) y área de usabilidad frente al alumno.

Bajo esta óptica, el modelo propuesto en el contexto de las aplicaciones Web, que va a denominarse ASE-QEM (*Adaptive Site for Education - Quality Evaluation Method*), se observa en la Figura 16.

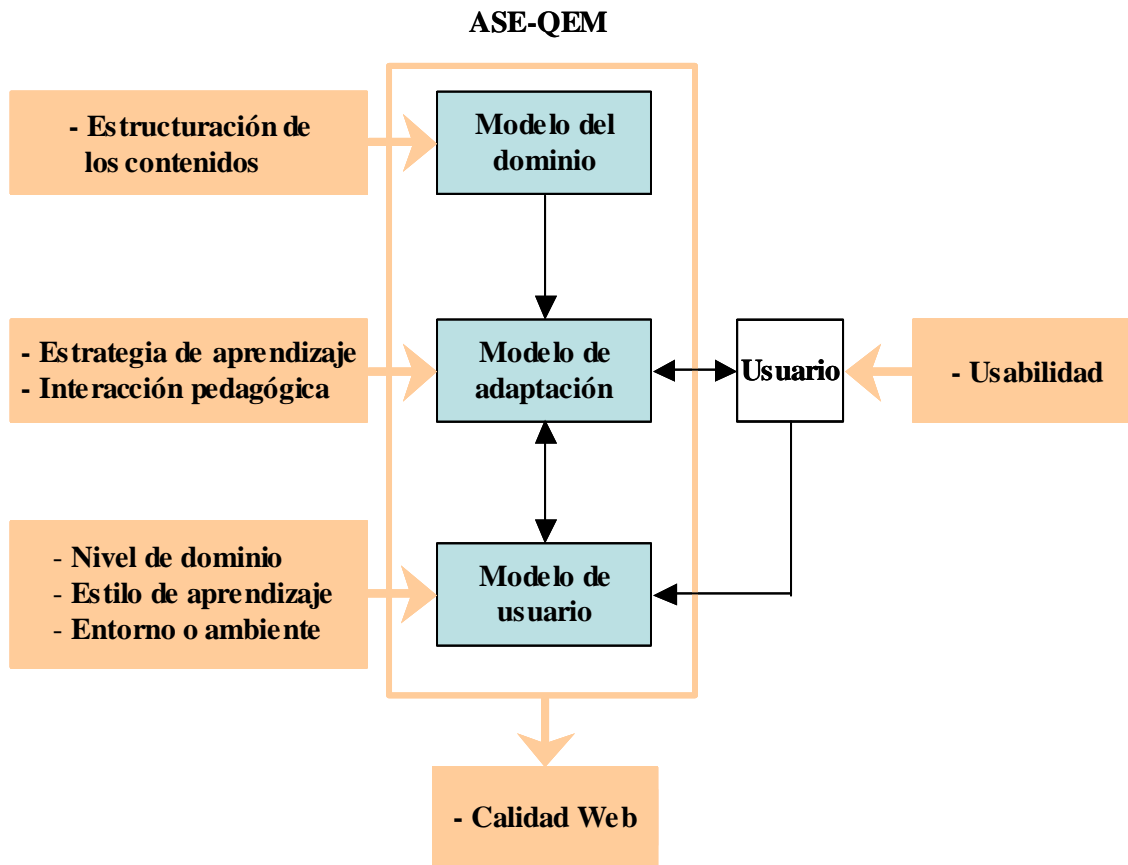


Figura 16: Modelo de evaluación de SHEA

En el área calidad Web, es válido el modelo ya explicado en la Figura 4 y los aspectos específicos planteados por Olsina (1999), referidos a los aspectos generales de contexto de uso y soporte al usuario, cuya especificidad fue tratada en el punto 3.

Para el área de evaluación de usabilidad, corresponde considerar los aspectos mencionados en el punto 2, debiéndose clarificar más en este punto lo relativo sólo a usabilidad de lo concerniente a calidad Web.

La tercera área, correspondiente a la adaptatividad, considera como módulo obligatorio lo relativo al modelo del dominio, esto es, la estructuración de los contenidos. Pero, además, se incluyen en esta área los módulos optativos referidos al modelo del usuario y al de adaptación. Son optativos en el sentido que son considerados dependiendo del tipo de adaptación que dice tener el sistema hipermedia, de esta forma, para el modelo de usuario se establecen los módulos de nivel de dominio, estilo de aprendizaje y entorno o ambiente, siempre considerado como sistema de captura de las características propias del estudiante. Con respecto al modelo de adaptación o enseñanza se consideran los módulos de estrategias de enseñanza y de interacción pedagógica.

En este último punto, las características para el módulo de estrategias de aprendizaje están, entre otras, la activa, reflexiva, teórica, pragmática, colaborativa, tipo de aprendizaje, foco de aprendizaje. En cuanto a la interacción pedagógica se consideran características como percepción y atención, codificación, memoria, comprensión, locus de control, diferencias individuales, soporte cognitivo, motivación, modelos mentales, metacognición.

7. Conclusiones

La bibliografía referente a los temas del uso de las tecnologías de la información y comunicación en la educación, refleja la concordancia entre los distintos autores sobre la necesidad de desarrollar nuevas aplicaciones informáticas para el desarrollo del proceso educativo, que permitan al estudiante desarrollar todas sus capacidades y destrezas de aprendizaje de acuerdo a sus propias características. En este sentido, en las nuevas investigaciones se abandona la idea de los sistemas hipermedia estáticos para dar paso a aquéllos que posean la capacidad de adaptarse, esto es, la investigación en diseños de SHA en general y de SHEA en particular en nuestro caso.

Definir si un SHEA es de calidad implica determinar en primer lugar qué características y/o atributos lo hacen adaptable o adaptativo, y en segundo lugar qué características y/o atributos específicos lo hacen educativo, no en cuanto a sus contenidos, sino en cuanto a la adaptación que realiza el sistema para provocar el aprendizaje en los estudiantes de acuerdo a sus características individuales.

Diversos autores ya analizados, plantean diversas consideraciones sobre la calidad en aplicaciones Web, sus características y atributos, como también las métricas asociadas a cada uno de ellos.

Otros autores, también descritos anteriormente, caracterizan los SHA, cada uno de sus componentes y sus correspondientes atributos, avanzando en menor medida en aquellos SHA orientados exclusivamente al proceso de enseñanza aprendizaje.

En este sentido, este trabajo realiza un análisis, entre otros propios de los SHA, de aquellas características propias del proceso educativo, sus teorías de aprendizaje y de las estrategias pedagógicas posibles de utilizar en el sistema educativo tradicional y su adopción por los SHA. Así, se establecen relaciones entre los atributos de los SHA y las estrategias pedagógicas, como también con la interacción pedagógica, proponiendo de esta manera características y atributos de un SHEA, para a partir de ese punto, en un trabajo posterior, establecer en detalle características y atributos, establecer sus métricas y proceder a la medición de su calidad.

De ahí el modelo propuesto, ASE-QEM, que diferencie claramente lo correspondiente a la herramienta en sí, a su adaptación y la usabilidad frente al estudiante.

Se establece entonces como pasos a seguir lo siguiente:

- La determinación de las características y atributos, con su correspondiente métrica, de calidad de un sitio Web.
- El establecimiento de las características y atributos, con sus métricas específicas, para establecer la calidad de los factores que considera el sistema para la adaptación.
- Determinar las características y atributos, con sus formas de medición, de la adaptación realizada por el sistema.
- Establecer los parámetros que permitan medir la usabilidad del sistema en cuanto a herramienta en sí como en usabilidad para el proceso de aprendizaje.

8. Bibliografía

- Alessi, S., Trollip, S. (2001). *Multimedia for Learning. Methods and Development*. Boston: Allyn and Bacon.
- Barabasi, A., Albert, R., y Jeong, A. (1999). Mean-field Theory for Scale Free Random Networks. *Physica A*. 272, 173–187.
- Bevan, N. (1999). Quality in Use: Meeting User Needs for Quality. *Journal of System and Software*, 49, 89-96.
- Bevan, N., Kirakowski, J. y Maissel, J. (1991). What is Usability. *Proceedings of the 4th International Conference on HCI, Stuttgart*, September 1991.
- Bork, A. (2001). Tutorial Learning for the New Century. *Journal of Science Education and Technology*, 10(1), 57-71. También en línea: http://www.ics.uci.edu/~bork/tutorial_learning.pdf. [última vez consultado: 30-agosto-2003]
- Borodin, A., Roberts, G., Rosenthal, J. S. y Tsaparas, P. (2001). Finding Authorities and Hubs from Link Structures on the World Wide Web. In *Proceedings of the 10th International World Wide Web Conference* (Hong Kong).
- Brin, S. y Page, L. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine. In *Proceedings of the 7th World Wide Web Conference*.
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6(2-3), 87 – 129. También en línea: <http://www2.sis.pitt.edu/~peterb/papers.html>. [última vez consultado: 30-agosto-2003]
- Brusilovsky, P. (2001). Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 87 – 110. También en línea: <http://www2.sis.pitt.edu/~peterb/papers.html>. [última vez consultado: 30-agosto-2003]
- Buendía, F. y Díaz, P. (2002). A Framework for Educational Adaptive Hipermedia Applications. 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, 476-479. Springer Verlag.
- Chen, S., y 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.
- De Bra, P. (1998). Adaptive Hipermedia on the Web: Methods, Technology and Applications. *Proceedings de AACE WebNet'98 Conference*, Orlando, Florida, USA. 220-225. También en línea: <http://www.wis.win.tue.nl/~debra/public.html>. [última vez consultado: 30-agosto-2003]
- De Bra, P. y Brusilovsky, P. (1998). Using Adaptive Hipermedia for Web-based Education. Tutorial at the AACE WebNet'98 Conference, Orlando, Florida, USA. En línea <http://www.wis.win.tue.nl/~debra/public.html>. [última vez consultado: 30-agosto-2003]
- De Bra, P., Houben, G. y Wu, H. (1999). AHAM: A Dexter –based Reference Model for Adaptive Hipermedia. *Proceedings "Zesde Interdisciplinaire Conferentie Informatiewetenschap"*, 77-88. También en línea: <http://www.wis.win.tue.nl/~debra/public.html>. [última vez consultado: 30-agosto-2003]
- Delestre, N., Pécuchet, J. y Barry-Gréboval, C. (1999). Why to Use a Dynamic Adaptive Hypermedia for Teaching, and How to Design it? *Web Net*, 1, 277-282. También en línea:

- <http://asi.insa-rouen.fr/~delestre/papiers/Webnet99.pdf>. [última vez consultado: 30-agosto-2003]
- Dhyani, D., Kleong, W, y Bhowmick, S. (2002). A Survey of Web Metrics. *ACM Computing Surveys*, 34(4), 469-503. December 2002.
- Dix, A., Finlay, J., Abows, G. y Beale, R. (1998). *Human-Computer Interaction*. London: Prentice-Hall Europe.
- Gutiérrez, J. y Pérez, T. (2001). Sistemas de Interacción Persona – Computador. En M. Ortega y J. Bravo (Ed.), *Sistemas Hipermedia adaptativos*. 159 – 179. España: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- Jonassen, D. (1995). Supporting Communities of Learners with Technology: A Vision for Integrating Technology with Learning in Schools. *Educational Technology*, 35(4), 60-63. July-August 1995.
- Khan, B. H. (2001). A Framework for Web-based Learning. En B. H. Khan (Ed.), *Web-based training*. 75-98. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Kobsa, A., Koenemann, J. y Pohl, W. (2001). Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships. *The Knowledge Engineering Review*, 16(2), 111-155. También en línea: <http://www.ics.uci.edu/~kobsa/papers/2001-KER-kobsa.pdf>. [última vez consultado: 30-agosto-2003]
- Leighton, H., Berlanga, A. y García, F. (2003). La Interacción en los Sistemas Hipermedia Adaptativos: Un Enfoque Cognitivo. En *Actas de Challenges 2003, III Conferencia Internacional de Tecnologías de Informação e Comunicação na Educação, 5º Simpósio Internacional em Informática Educativa*. Braga, Portugal. p.609-619.
- Lempel, R. y Moran, S. (2000). The stochastic approach for link structure analysis (SALSA) and the TKC effect. In *Proceedings of the 9th World Wide Web Conference*.
- Lempel, R. y Soffer, A. (2001). PicASHOW: Pictorial Authority Search by Hyperlinks on the Web. In *Proceedings of the 10th International World Wide Web Conference*.
- Majó, J. y Marqués, P. (2002). *La Revolución Educativa en la Era Internet*. Barcelona: Praxis.
- McKenzie, K. (2000). 10 Usability Heuristic. En línea: <http://www.studiowhiz.com/publications/10heuristics.php>. [última vez consultado: 18-enero-2003]
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. New York: Academic Press Professional.
- Okamoto, T., Cristea, A. y Kayama, M. (2001). Future Integrated Learning Environments with Multimedia. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17, 4-12.
- Olsina, L. (1999). Metodología Cuantitativa para la Evaluación y Comparación de la Calidad de Sitios Web. PhD.Thesis, Universidad Nacional de La Plata-Argentina.
- Olsina, L. (2002). Métricas, Criterios y Estrategias para Evaluar Calidad Web. En Jornadas de Actualización en Informática de la Facultad de Ingeniería, JAIFI'02. En línea: <http://www.ing.unlpam.edu.ar/jaifi2002/Jaifi2002.pdf>. [última vez consultado: 20-enero-2003]
- Olsina, L., Lafuente, G. y Rossi, G. (2001). Specifying Quality Characteristic and Attributes for Web Sites. En S. Murugesan y Y. Deshpande (Eds): *Web Engineering. Managing Diversity and Complexity of Web Application Development*. Lecture Notes in Computer Science. LNCS 2016. 266-278. Springer Verlag.
- Papanikolaou, K. A., Grigoriadou, M., Magoulas, G. D. y Kornilakis, H. (2002). Towards New Forms of Knowledge Communication: The Adaptive Dimension of a Web-based Learning Environment. *Computers & Education*, 39, 333-360.

- Rafiei, D. y Mendelzon, A. (2000). What is this Page Known for? Computing Web Page Reputations. In *Proceedings of the 9th World Wide Web Conference*.
- Reigeluth, C. M. y Moore, J. (1999). Cognitive Education and the Cognitive Domain. En Reigeluth, C. M. (Eds) *A New Paradigm of Instructional Theory – Volume II*, 51-68. USA: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, Publishers (LEA).
- Rhodes, J. (2000). Usability Metrics. En línea: <http://webword.com/moving/metrics.html> [última vez consultado: 30-agosto-2003]
- Rivera, C. (2002). Usabilidad en la Web. Tutorial del Centro de investigación en la Web. En línea: <http://www.dcc.uchile.cl/~crivera/CCBOL-martes.pdf>. [última vez consultado: 30-agosto-2003]
- Sánchez, J. (2001). *Aprendizaje Visible, Tecnología Invisible*. Santiago de Chile: Dolmen ediciones.
- Serco Ltd. (2001). User Centred Design Standards. Estándares ISO e ISO/IEEE. En línea: <http://www.usability.serco.com/trump/resources/standards.htm>. [última vez consultado: 30-agosto-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, 576-579. Springer Verlag.
- Vassileva, J. (1994). A Practical Architecture for User Modeling in a Hypermedia-Based Information System. In *Proceedings of the 4th International Conference on User Modeling*, Cape Cod, MA, 14-19 August 1994, 115-120.
- Wu, H., De Bra, P., Aerts, A. y Houben, G. (2000). Adaptation Control in Adaptive Hypermedia Systems. In *Proceedings of the International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, AH2000*. Trento, Italy. Lecture Notes in Computer Science, LNCS 1892, 250-259. Springer-Verlag.
- Zurita, G., Sánchez, J. y Nussbaum, M. (1999). Usabilidad de Juegos Educativos. *Memorias del Taller Internacional de Software Educativo 1999*. [Versión Cd-rom]