

Sistemas Basados en Casos & Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes

Natalia Martínez Sánchez¹, María Matilde García Lorenzo², Zoila Zenaida García Valdivia²

¹Universidad de las Ciencias Informáticas
natalia@uci.cu

²Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Departamento de Ciencia de la Computación
mmgarcia@uclv.edu.cu ; zgarcia@uclv.edu.cu

Resumen: No todos los paradigmas para crear sistemas basados en el conocimiento facilitan la concepción de un Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Inteligente, donde lo fundamental para su desarrollo es determinar cómo representar el conocimiento requerido para sus módulos y a partir de dicho conocimiento realizar un diagnóstico del estudiante para que el sistema se adapte a sus características.

En particular resulta claro que el desarrollo de un Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Inteligente requiere, además de conocimiento en el dominio de aplicación, de conocimientos de programación e Inteligencia Artificial. En este artículo se expone un modelo general para ser implementado en una herramienta de autor que facilita a profesores no necesariamente expertos en el campo informático diseñar sus propios Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes en cualquier dominio de aplicación.

Palabras claves: Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes, Sistemas Basados en el Conocimiento, Sistemas Basados en Casos, Modelado del Estudiante

Abstract: Not all paradigms to create knowledge-based systems facilitate the design of a Teaching-Learning System Intelligent, where the key to their development is determining how to represent the knowledge required for their modules and from this knowledge to diagnose the student to the system to suit your features.

In particular it is clear that the development of a Teaching-Learning System Intelligent also requires knowledge in the application domain, programming knowledge and Artificial Intelligence. This article presents a general model to be implemented in an authoring tool that provides teachers do not necessarily experts in the field of information design their own Teaching-Learning System Intelligent in any application domain.

Keywords: Teaching-Learning Systems Intelligent, Knowledge Based Systems, Case Based Systems, Modeling Student.

1. Introducción

Características propias de la Enseñanza Asistida por Computadora en lo que se refiere a la consideración de las características individuales del estudiante, el diagnóstico

de las causas de sus errores y al tratamiento de los mismos en el proceso de enseñanza-aprendizaje han conllevado a que los lenguajes y sistemas de autor estén evolucionando en conexión con los avances sobre Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes (SEAI), denominados también Sistemas Tutoriales Inteligentes (Arias, Jiménez et al. 2007), (Ovalle and al. 2007), (Ricucci 2008), que incorporan técnicas de Inteligencia Artificial (IA) (Rich 1988), (Bello 2002) mejorando las posibilidades de interacción del alumno con los programas, el acceso a la información, la presentación de contenidos y el diseño de actividades de aprendizaje (Macias and Castell 2001).

Un SEAI lo componen tres módulos fundamentales. El Módulo del Estudiante que almacena la información relacionada con el alumno, a través de él se determina ¿Qué conoce el estudiante? y a partir de la respuesta a esta interrogante se infiere ¿Qué enseñar? y ¿Cómo enseñar?, informaciones representadas en el Módulo del Dominio y Módulo Pedagógico respectivamente.

Los sistemas basados en el conocimiento (Guida and Tasso 1994), (Bello 2002) constituyen técnicas de la IA válidas para enfrentar la construcción de SEAI dado por sus aspectos afines. Éstos utilizan conocimiento sobre un dominio específico. La solución que se obtiene es similar a la obtenida por una persona experimentada en el dominio del problema. Por su parte los SEAI utilizan la información almacenada sobre las características del estudiante para adaptar el proceso de enseñanza-aprendizaje del mismo a la materia a enseñar.

Una característica distintiva de los sistemas basados en el conocimiento es la separación del conocimiento (base de conocimiento) del método de solución del problema (máquina de inferencia).

La construcción de la base de conocimiento lleva implícito un arduo proceso de adquisición del conocimiento y es particular para cada sistema, por lo que será necesario construirla para cada aplicación. Sin embargo, la máquina de inferencia puede reusarse en la construcción de varios sistemas basados en el conocimiento siempre que el tipo de conocimiento y el tipo del razonamiento sea similar.

Diferentes tipos de conocimiento dan lugar a diferentes tipos de sistemas basados en el conocimiento, entre ellos los sistemas basados en reglas (Hand 1997), (Rich 1988), los sistemas basados en probabilidades (Pearl 1988), (Castillo, Gutiérrez et al. 1997), (Minka 2001), (Lerner 2002), los sistemas expertos conexionistas o redes expertas (Hilera and Martínez 1995) y los sistemas basados en casos (Kolodner 1992), (García and Bello 1997), (Gutiérrez and Bello 2003).

La máquina de inferencia es el método implementado que utiliza el conocimiento de la base para resolver los problemas del dominio. El tipo de conocimiento determina qué método de solución de problemas es posible utilizar.

No todos los paradigmas para crear sistemas basados en el conocimiento facilitan la concepción de un SEAI, donde lo

fundamental para su desarrollo es determinar cómo representar el conocimiento requerido para sus módulos y a partir de dicho conocimiento realizar un diagnóstico del estudiante para que el sistema se adapte a sus características. Sin embargo, similitudes de los SEAI y los Sistemas Basados en Casos son factores a estudiar para concebir todos los módulos de los SEAI y un diagnóstico adecuado del qué y cómo enseñar dependiendo del estudiante.

El objetivo general del presente trabajo es exponer un modelo que integra el Razonamiento Basado en Casos y los SEAI para facilitar a profesores, no necesariamente expertos en el campo informático, el desarrollo de este tipo de Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje en cualquier área del saber.

2. Referentes Teóricos de los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes y los Sistemas Basados en el Conocimiento

2.1 Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes

Los SEAI son programas que portan conocimientos sobre cierta materia y cuyo propósito es transmitir este conocimiento a los alumnos mediante un proceso interactivo individualizado, intentando simular la forma en que un tutor o profesor guiaría al alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Shneiderman 2006), (Sierra 2006).

El término inteligente se refiere a la habilidad del sistema sobre qué enseñar, cuándo enseñar y cómo enseñar, simulando la actividad de un profesor real. Para lograrlo, un SEAI debe encontrar la información relevante sobre el proceso de aprendizaje de ese estudiante y aplicar el mejor medio de instrucción según sus necesidades individuales (Huapaya, Arona et al. 2005), (Trella 2006), (Jiménez and Ovalle 2008), (Gómez 2008).

La arquitectura descrita en (Ovalle and al. 2007) reúne los elementos más comúnmente encontrados en la literatura consultada y se resumen en el criterio que plantea que un SEAI está compuesto por un módulo del dominio, un módulo del alumno y el módulo pedagógico, que operan de forma interactiva y se comunican a través de un módulo central que suele denominarse módulo entorno, véase figura 1.

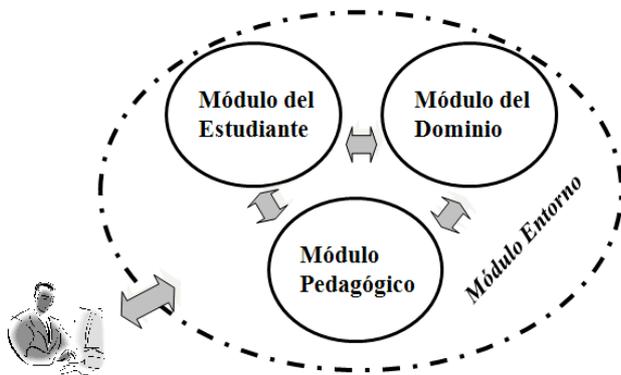


Figura 1. Arquitectura general de un SEAI

a. Módulo del Estudiante

El módulo del estudiante está presente en todos los trabajos en los que se describe la arquitectura básica de un SEAI. Generalmente solo se diferencian entre sí por las características a incluir para representar el modelo del estudiante.

Puede afirmarse que el modelo del estudiante es un problema de investigación que debe enfocarse desde todas sus aristas con el fin de obtener una representación de las características del estudiante completa y precisa. Algunos autores como se referencia a continuación toman en consideración características tales como: el estilo de aprendizaje, el nivel de conocimiento, la información personal o la combinación de algunas de ellas:

Estilos de aprendizaje: conjunto de características psicológicas, rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que suelen expresarse conjuntamente cuando una persona debe enfrentar una situación de aprendizaje. Los rasgos cognitivos tienen que ver con la forma en que los estudiantes estructuran los contenidos, forman y utilizan conceptos, interpretan la información, resuelven los problemas, etc. Los rasgos afectivos se vinculan con las motivaciones y expectativas que influyen en el aprendizaje, mientras que los rasgos fisiológicos están relacionados con el biotipo y el biorritmo del estudiante (Carmona and Castillo 2007), (Duque 2007).

Nivel de conocimiento: características propias de cada estudiante referente al grado de conocimiento que posee acerca de conceptos, temas y asignaturas (González, Duque et al. 2008).

Información personal: datos como la edad, género, idioma, y otras informaciones que pueda ser de interés (Durán 2006), (Duque 2007).

b. Módulo del Dominio

El módulo del dominio, denominado también por muchos autores como módulo experto, proporciona los conocimientos del dominio. Satisface dos propósitos diferentes. En primer lugar, presentar la materia de la forma adecuada para que el alumno adquiera las

habilidades y conceptos, lo que incluye la capacidad de generar preguntas, explicaciones, respuestas y tareas para el alumno. En segundo lugar, el módulo del dominio debe ser capaz de resolver los problemas generados, corregir las soluciones presentadas y aceptar aquellas soluciones válidas que han sido obtenidas por medios distintos.

En este módulo, el conocimiento a ser enseñado por el SEAI debe organizarse pedagógicamente para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Ming and Quek 2007).

c. Módulo Pedagógico

Decide qué, cómo y cuándo enseñar los contenidos del tutor, adaptando sus decisiones pedagógicas a las necesidades del estudiante (Jiménez and Ovalle 2004). Algunos autores le denominan módulo tutor, ya que es el encargado de comparar las características de los estudiantes con el contenido a enseñar y elegir la mejor forma de tomar las decisiones pedagógicas oportunas, adaptándose en cada momento al estudiante.

d. Módulo Entorno

El módulo entorno gestiona la interacción de las otras componentes del sistema y controla la interfaz persona-computadora.

Especifica y da soporte a las actividades del estudiante y a los métodos que se usan para realizar dichas actividades. Los entornos deben ser fáciles de utilizar y atractivos, de forma que el alumno pierda el mínimo tiempo posible en aprender a utilizar el entorno y pueda centrar toda su atención en el proceso de enseñanza-aprendizaje del contenido.

La necesidad de crear ambientes computacionales capaces de mantener el interés de sus usuarios, implica el desarrollo de interfaces personalizadas para ofrecer un servicio que las decisiones acertadas en la interacción con el usuario permita un trato individualizado al usuario en particular, adaptando su interacción con el sistema a sus necesidades e intereses personales (Medina, Acosta et al. 2007).

2.2 Modelado del estudiante en los SEAI

El modelado del alumno es un problema central en el diseño y desarrollo de los SEAI. En efecto, si la característica que distingue a los SEAI de los Sistema de Enseñanza-Aprendizaje es su capacidad de adaptación al alumno; entonces un SEAI debe ser capaz de determinar con la mayor precisión y rapidez posible cuál es el estado cognitivo y afectivo-motivacional del estudiante; para poder personalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El problema del modelado del alumno está en seleccionar la estructura de datos para representar toda la información relativa al alumno y elegir el procedimiento que se utiliza para realizar el diagnóstico. Evidentemente ambas componentes están estrechamente relacionadas, y por tanto se diseñan y desarrollan simultáneamente.

Técnicas de Inteligencia Artificial en el desarrollo de los SEAI

La IA, es una rama de la Ciencia de la Computación dedicada a la creación de hardware y software que intenta producir resultados similares a los expresados por los humanos. Le conciernen dos ideas básicas: la primera es que esta involucra el estudio de los procesos del pensamiento de los humanos y la segunda que trata de representar estos procesos en una computadora. Conceptualizar estas ideas básicas condujo al desarrollo de los llamados sistemas basados en el conocimiento.

Un sistema basado en el conocimiento se puede definir como: "un sistema computacional capaz de soportar la representación explícita del conocimiento de un dominio específico y de explotarlo a través de los mecanismos apropiados de razonamiento para proporcionar un comportamiento de alto nivel en la resolución de problemas" (Guida and Tasso 1994).

En otras palabras los sistemas basados en el conocimiento tratan con problemas poco estructurados en los que se pueden encontrar requisitos subjetivos, entradas inconsistentes, incompletas o con incertidumbre y que no pueden ser resueltos aplicando los algoritmos clásicos (Alonso, Gallego et al. 1994). Además se caracterizan por tener un revolving de problemas capaz de manejar conocimiento específico del dominio de aplicación siendo independiente un módulo del otro.

Por esta razón los sistemas basados en el conocimiento se componen de 3 módulos fundamentales: la base de conocimiento, la máquina de inferencia y la interfaz usuario.

La base de conocimiento es la componente más importante y la máquina de inferencia es el intérprete del conocimiento almacenado en la base de conocimiento (Bello 2002). El conocimiento puede almacenarse de diferentes formas entre las que se encuentran: símbolos (reglas de producción, marcos, redes semánticas, etc.), probabilidades o frecuencias, pesos de una red neuronal, casos o ejemplos de problemas del dominio.

Diferentes formas de conocimiento y diferentes mecanismos de inferencias en los sistemas basados en el conocimiento propiciaron el desarrollo de diferentes tipos de sistemas basados en el conocimiento, entre ellos los sistemas basados en reglas, los sistemas basados en probabilidades, sistemas expertos conexionistas o redes expertas y los sistemas basados en casos.

2.3 El Razonamiento Basado en Casos

El Razonamiento Basado en Casos (RBC) (López de Mántaras 2005), es un enfoque que aborda nuevos problemas tomando como referencia problemas similares resueltos en el pasado. De modo que problemas similares tienen soluciones similares, y la similitud juega un rol

esencial (Rodríguez and García 2007). Sus componentes fundamentales son la base de casos, el módulo de recuperación de casos y el módulo de adaptación de las soluciones, véase figura 2.

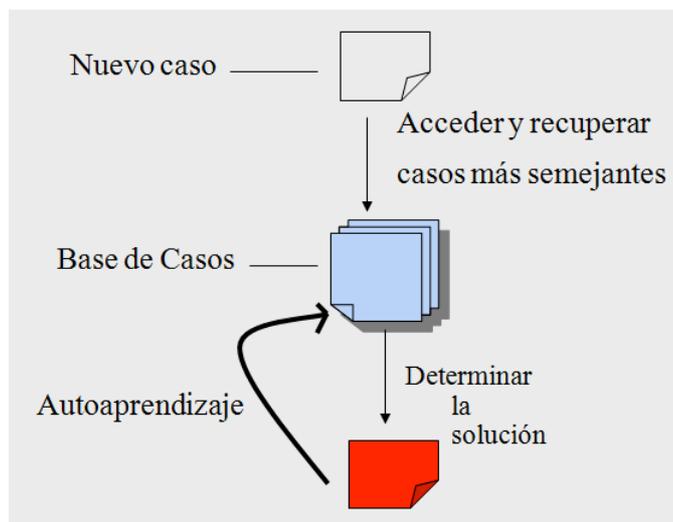


Figura 2. Ciclo de vida de los Sistemas Basados en Casos.

a. Base de Casos (BC)

La BC contiene las experiencias, ejemplos o casos a partir de los cuales el sistema hace sus inferencias. Esta base puede ser generada a partir de casos o ejemplos resultantes del trabajo de expertos humanos o por un procedimiento automático o semiautomático que construye los casos desde datos existentes registrados, por ejemplo, en una base de datos.

b. Módulo de Recuperación

En este módulo se recuperan de la Base de Casos los casos más semejantes al problema.

No existe una medida de semejanza única, general, para cualquier dominio, de ahí que la eficiencia del sistema radica en la función de semejanza que se defina.

c. Módulo de Adaptación

Después de la determinación de los casos más semejantes, las soluciones contenidas en dichos casos pueden usarse directamente como solución al nuevo problema, pero comúnmente necesitan ser modificadas. En (Kolodner 1993), (Bonzano 1998) y (Mitra and Basak 2005) aparecen métodos y reglas de adaptación para realizar dicha modificación.

3. Los Sistemas Basados en Casos una perspectiva para los SEAI

La Ingeniería del Conocimiento (IC) surge como consecuencia de la necesidad de establecer principios metodológicos y científicos que permitan desarrollar sistemas basados en el conocimiento a partir de los fundamentos de la informática en general y de la inteligencia computacional en particular. En este aspecto puede vérsela como la especialización de Ingeniería de Software en su aplicación al desarrollo de Sistemas Inteligentes.

La IC se enfoca al desarrollo de sistemas basados en el conocimiento, destacándose la necesidad de la adquisición del conocimiento así como su especificación, verificación, validación, diseño e implementación en sistemas informáticos o lenguajes apropiados para la construcción de bases de conocimiento para la toma de decisiones.

Para la creación de la base de conocimiento es necesario realizar un arduo proceso de revisión del conocimiento público existente, así como el conocimiento que poseen los expertos en el dominio, conocimiento privado.

La envergadura del proceso de adquisición del conocimiento depende del tipo de conocimiento. En los sistemas basados en reglas se desarrolla un proceso complejo y prolongado pues la extracción se refiere a la formalización de reglas y el pensamiento humano no siempre está regido conscientemente por las reglas de la lógica; en ocasiones es básicamente un procesamiento de información recuperada con el tiempo.

En los sistemas basados en probabilidades la adquisición del conocimiento consiste en coleccionar muestras y realizar un procesamiento estadístico que produzca las probabilidades o frecuencias que forman la base de conocimiento. No son factibles para todo tipo de dominio, pues se dificulta construir las redes con ayuda de expertos humanos cuando existen carencias de conocimiento. No son viables para explicar el razonamiento, ya que los métodos y modelos que utiliza están aún lejos de ofrecer explicaciones comprensibles.

En las redes expertas la adquisición del conocimiento incluye la selección de los ejemplos, el diseño de su topología y el entrenamiento de la red para hallar el conjunto de pesos. Facilitan el trabajo con información incompleta y brindan algoritmos poderosos de aprendizaje para crear la base de conocimiento; pero requieren de muchos ejemplos y son cajas negras que no explican como la solución se alcanza.

En los sistemas basados en casos la adquisición del conocimiento se reduce a la selección de un conjunto de ejemplos o casos resueltos y su organización en la base de casos. Argumenta una solución mediante los casos que son relevantes al nuevo problema.

Cada caso es la experiencia anterior almacenada. Su dificultad radica en la definición adecuada de la función de semejanza, al no existir una función de semejanza general apropiada para cualquier problema.

Ventajas y Desventajas de los Sistemas Basados en Casos

El enfoque que utilizan los Sistemas Basado en Casos (SBC) para la adquisición de conocimiento es una de las ventajas que se le acreditan a este tipo de sistemas; pues razonan desde episodios específicos, lo cual evita el problema de descomponer el conocimiento del dominio y generalizarlo en reglas.

Otras de las ventajas de los SBC están fundamentadas; en la flexibilidad para representar el conocimiento a través de los casos, la organización de la BC y de las estrategias de recuperación y adaptación de los casos y que el usuario puede ser capaz de agregar nuevos casos a la BC sin la intervención experta.

Ventajas lo son también, el reuso de las soluciones previas al resolver un problema, y el almacenar casos que resultó un fracaso, lo que permite advertir sobre problemas potenciales a evitar. Así como también poder fundamentar las soluciones derivadas a partir de casos reales.

Las limitantes de los SBC están en la definición de la función de semejanza y en lo difícil que resulta encontrar una estructura apropiada para describir el contenido de un caso y decidir cómo la memoria de casos debe ser organizada e indexada para un almacenamiento, recuperación y reuso efectivo.

4. Modelo para diseñar SEAI utilizando el Razonamiento Basado en Casos

La figura 3 muestra un esquema de un SEAI diseñado como un Sistema Basado en Casos (Martínez, García et al. 2009).

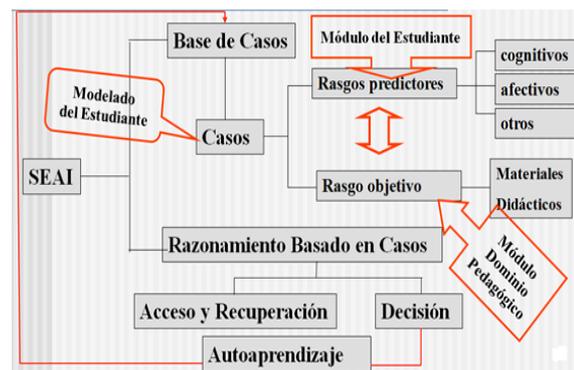


Figura 3. Modelo para diseñar SEAI utilizando el Razonamiento Basado en Casos

Los casos en la BC representan el estado del conocimiento y comportamiento del estudiante, así como el entrenador o material didáctico más adecuado. Cada caso es un ejemplo de modelado de estudiante, el cual se divide en modelo del estudiante (rasgos predictores), materiales didácticos más adecuados para ese modelo (rasgo objetivo) (figura 4).

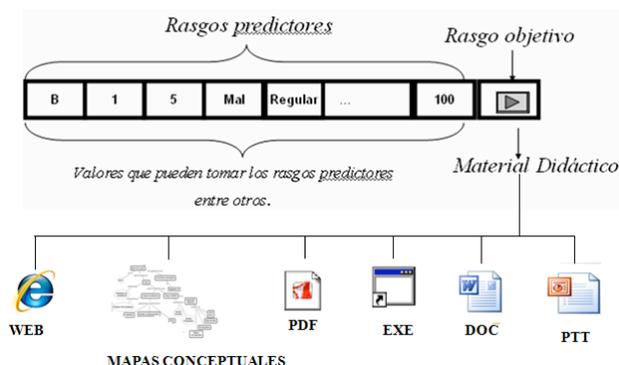


Figura 4. Un caso & modelado del estudiante

Dado un nuevo estudiante se diagnostica usando el paradigma del RBC los entrenadores sugeridos para el mismo, adaptados a sus conocimientos y comportamientos. Los rasgos predictores reflejan el estado cognitivo, el estado afectivo y otros elementos de interés sobre el estudiante. No se limita el número de rasgos para caracterizar el estado cognitivo y afectivo del estudiante. Cada rasgo tiene un valor asociado y una medida de certeza. El rasgo objetivo es un rasgo multievaluado, los valores del mismo se corresponden con los materiales didácticos propuestos para ese modelo de estudiante, sugiriendo un orden.

Los rasgos predictores, contienen los datos de entrada, o sea la información a partir de la cual el sistema infiere el estado del estudiante, ya sea cognitivo, afectivo-motivacional u otras características que se consideren importantes a tener en cuenta en el SEAI que se desarrolla. El dominio del rasgo objetivo es el conjunto de entrenadores diseñados por los profesores que se adecuan a las características de los estudiantes. La propuesta de estos entrenadores puede estar dada usando criterios de expertos o utilizando algún método de clasificación no supervisada para determinar el número de grupos en que están asociados los modelos de estudiantes descritos en la base de casos y proponer para cada grupo un conjunto de entrenadores.

5. Realización Computacional del Modelo propuesto

El modelo descrito constituye el fundamento para el diseño y la implementación de la herramienta computacional HESEI (Herramienta para elaborar SEAI).

Como filosofía de trabajo de este software se definen dos fases bien delimitadas: diseño del SEAI y trabajo con la herramienta computacional HESEI.

La fase de diseño del SEAI se refiere al trabajo metodológico implícito o ingeniería del conocimiento en la elaboración de este. En esta fase se selecciona el tema, se estructura el mismo, se definen los objetivos que se

persiguen, así como los estilos de aprendizaje, particularidades en las que se basa la caracterización de los estudiantes, los entrenadores o materiales adecuados a cada modelo de estudiante, entre otros.

En la fase anterior quedó concebida la base de casos estructuralmente, sin embargo es en la fase de trabajo donde se edita la BC y por tanto quedan completados los rasgos predictores que caracterizan modelos de estudiante y el rasgo objetivo que describe el material didáctico necesario a ese modelo. Por tanto un caso, representa un modelado del estudiante sin prever otros factores.

Con estas dos fases se logra eliminar el intermediario (ingeniero del conocimiento) entre el experto y el sistema que se desea construir. Esto facilita al experto en la materia representar a plenitud su saber humano, lo que resulta un trabajo muy engorroso para un ingeniero del conocimiento debido a la disimilitud de materias y a la complejidad de poder asimilar la experiencia humana.

5.1. Guía de orientación para la IC en el diseño de SEAI utilizando HESEI

El paso previo a la utilización de HESEI, está determinado por tres etapas fundamentales, estrechamente relacionadas y con un orden de precedencia establecido, que facilitan definir los modelos de estudiantes y materiales didácticos que se incorporarán posteriormente a este software.

Se sugiere transitar por el siguiente conjunto de etapas:

Etapa I: Diagnóstico del contexto.

Objetivo: Justificar la necesidad de elaborar el SEAI.

Aspectos a examinar:

1. Análisis de las necesidades educativas.
2. Disponibilidad de recursos tecnológicos.
3. Implicación de la introducción de un SEAI en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
4. Estudio de los aspectos teóricos y metodológicos de la asignatura.

5. Determinación de los objetivos, contenidos, sistema de habilidades, entre otros, de la asignatura según plan de estudio de la carrera.

Etapa II: Definir la estructura del modelado del estudiante.

Objetivo: Decidir qué enseñar y cómo enseñar según la caracterización individual del estudiante

Aspectos a examinar:

1. Determinación de los aspectos cognitivos (tópicos). Organización de los tópicos según precedencia y nivel de complejidad. Estos deben avalarse por expertos en el dominio del conocimiento en el que se elabora el SEAI

2. Definición de los estilos de aprendizajes²⁶ que se tendrán en cuenta.
3. Determinación de los aspectos afectivos-motivacionales que se introducirán.
4. Determinación de otros aspectos a incluir (datos personales, edad, género, idioma, datos de interés, otros).
5. Determinación de los modelados de estudiantes a utilizar.

Con este paso se concretan ejemplos de casos.

Etapa III. Edición del modelado del estudiante.

Objetivo: Obtener un prototipo no computarizado del sistema, para editarlo en la herramienta computacional HESEI.

Aspectos a examinar:

1. Edición de rasgos cognitivos:

Para cada tópico definido en la etapa anterior describir:

- nombre
- definir las medidas cualitativas o cuantitativas a utilizar para evaluar cada tópico
- confección de los módulos de preguntas
 - ✓ número de preguntas a realizar (se sugiere que no excedan de cinco)
 - ✓ orden en que se van a realizar las preguntas (se sugiere complejidad incremental)
 - ✓ para cada pregunta definir el tipo de evaluación (1/0; 2/3/4/5; B/R/M; etc.)
 - ✓ para cada pregunta definir el formato (tipo) de la pregunta (selección
 - ✓ múltiple, relacionar columnas, verdadero o falso, marcar la respuesta correcta, etc.)
 - ✓ elaborar las preguntas definidas atendiendo a las

características decididas anteriormente.

2. Edición de rasgos afectivos-motivacionales. Se recomienda auxiliarse de cuestionarios diseñados por especialistas en procesos afectivos-motivacionales, capaces de extraer esa información de un individuo (León et al. 2008b).
3. Edición de otros rasgos tales como: edad, resultado de una asignatura que antecede el contenido a enseñar, procedencia escolar, entre otros. Se obtienen estos datos a través de bases de datos o en interacción con los estudiantes.
4. Recuperación de materiales didácticos relacionados con el dominio del SEAI.
 - a. definir el número de materiales didácticos a elaborar por cada modelo inicial del estudiante.
 - b. elaborar o recuperar materiales didácticos con las estrategias pedagógicas adecuadas para adaptarse a los modelos de estudiantes (se realiza en base al resultado de los tópicos evaluados).
 - c. decidir los medios de enseñanza para mostrar la información a utilizar en cada material didáctico (mapas conceptuales, documentos en Word, documentos en pdf, páginas Web, presentaciones en PowerPoint, entre otras).

Transitado los aspectos a examinar de cada etapa, desde la visión del ingeniero del conocimiento se ha definido la BC, describiendo los casos a través de los rasgos predictores y objetivo, su dominio y las funciones de comparación asociadas. Desde la visión del

usuario final se define el modelo del estudiante y los tutoriales que se adecuan a cada modelo de estudiante previsto.

5.2. Consideraciones sobre la influencia de los aspectos afectivos-motivacionales en el proceso de enseñanza-aprendizaje

Consecuente con el creciente interés en estudiar la influencia de los aspectos cognitivos y los afectivo-motivacionales en el proceso de enseñanza-aprendizaje se orienta a los usuarios del modelo que se propone, en la necesidad de introducir rasgos afectivos-motivacionales en los procesos de enseñanza-aprendizaje; sin pretender implementar SEAI emocionalmente activos, ni formular métodos para obtener información sobre aspectos afectivos-motivacionales.

El concepto de estilo de aprendizaje resulta útil para entender la forma en que los estudiantes se relacionan con las materias y logran comprenderlas o no. Respecto a la clasificación de los estilos de aprendizaje, existe una gama versátil de clasificaciones de los sujetos respecto a sus formas preferidas de aprender, sustentadas básicamente en la consideración de dos criterios fundamentales: las formas de percibir la información y las formas de procesarla (Cabrera y Fariñas 1997). En (Grinder 1991) se definen tres estilos básicos de aprendizaje: visual, auditivo y kinestésico. En (Kolb 1976) basado en las características propias de cada tipo de estudiante lo define como: activo, teórico, reflexivo y pragmático; en (Hupaya and Lizarralde 2009) se definen como: participativo/esquivo, colaborativo/competitivo e Independiente / dependiente.

En aras de superar la visión eminentemente cognitivista que prevalece entre las diferentes teorías de los estilos de aprendizaje en (Cabrera and Fariñas 1997) se propone conceptualizar los estilos desde un enfoque más holístico, asumiendo estos no solo en relación con las formas preferidas de las personas para percibir y procesar la información, sino también de orientarse en el cumplimiento de sus metas y en

la comunicación interpersonal: visualverbal auditivo, global-analítico, planificado-espontáneo y cooperativo-individual.

5.3. Aspectos sobre la filosofía de trabajo con HESEI.

La herramienta computacional HESEI tiene dos actores fundamentales: profesor y estudiante.

Las funcionalidades del profesor se corresponden con la obtención de un prototipo computarizado del diseño realizado en la etapa 3 de la guía de orientación a la IC y las correspondientes al estudiante se fundamentan en el diagnóstico del conocimiento del estudiante implementando el RBC como método de solución de problema.

5.4. Aspectos de la implementación computacional de HESEI.

El sistema se desarrolla en Borland Delphi 7.0. Su ejecutable ocupa 400 KB y requiere, que junto con este, se encuentre los ficheros txt elaborados con el sistema correspondientes a las bases de casos donde está almacenada la información sobre los SEAI y los ficheros asociados a los materiales didácticos que serán utilizados, según se observa en la figura 5. Es posible ejecutar HESEI en cualquier versión de Windows.

El software HESEI adicionalmente se provee de otras implementaciones: Un Sistema para la aplicación de Test (SAT), para la captación del estado afectivo-motivacional a través de test psicométricos usando procesamiento del lenguaje natural y un módulo para la modelación de la evaluación de preguntas utilizando la lógica difusa (León, Martínez et al. 2007).

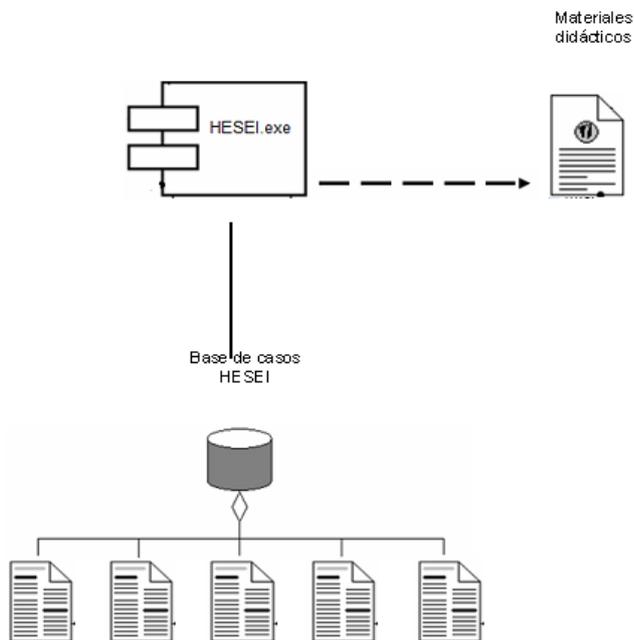


Figura 5. Diagrama de componentes de HESEI.

La herramienta computacional ofrece la posibilidad de elegir el estilo de ventana de la aplicación a través de la componente Velskin, disponible para Delphi, por lo que el usuario puede predeterminedir la configuración que le acompañe en su interacción con el sistema.

Para esta finalidad se cuenta con una colección de ficheros de configuración de estilos llamados skins, disponibles en Internet, de los cuales puede seleccionarse el deseado según el interés del software y a quién esté destinado.

Si el usuario desea incorporar algún nuevo estilo de su preferencia, solo debe copiarlo en la carpeta que contiene los demás estilos y posteriormente seleccionarlo para que la herramienta tome esa configuración en su interfaz visual.

El trabajo con la herramienta computacional HESEI se ha extendido a diferentes centros de educación e investigación. Desarrollándose SEAI en áreas como: Humedales (Laboratorio de Propagación Masiva de Plantas del Instituto de Biotecnología de las Plantas, de la UCLV), Teoría de Grafos, Análisis y Diseño de Sistemas y Estructura de Datos (Facultad de Matemática Física y Computación de la UCLV), Contabilidad y Finanzas (SUM de Santa Clara) y

Carreteras (Facultad de Construcciones de la UCLV).

Las aplicaciones anteriores se encuentran en diferentes estados de desarrollo.

6. Análisis de la conformidad de los usuarios con el modelo.

La evaluación del modelo y su implementación computacional se realiza teniendo en consideración las facilidades que brinda al usuario el transitar por la guía de orientación a la IC para desarrollar un SEAI.

Se seleccionó una muestra de expertos (Sampieri and al. 1998) y se desarrolló una encuesta para recolectar los datos que permitieron evaluar las facilidades que brinda la guía de orientación a la IC para el desarrollo de los SEAI.

Para evaluar la factibilidad de la guía de orientación a la IC en función de los criterios de los usuarios se definieron nueve variables que aparecen formalizadas en la Tabla 3.1. Se utiliza una escala valorativa (escalonamiento tipo Likert) definiéndose los siguientes valores: 5: muchísima, 4: mucha, 3: regular, 2: un poco y 1: casi nada.

Tabla 1. Descripción de las variables utilizadas en la investigación.

Variables	Descripción de las variables.
V1	Comodidad al transitar por las etapas establecidas en la guía metodológica.
V2	Correspondencia entre la guía metodología para el diseño de materiales educativos utilizando HESEI y su habitual metodología de trabajo para elaborar este tipo de materiales.
V3	Probabilidad de obtener un Sistema de Enseñanza - Aprendizaje Inteligente a su gusto siguiendo la guía metodológica.
V4	Factibilidad de la utilización de la guía metodológica para la elaboración de Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes en cualquier dominio de aplicación.
V5	Utilidad de la selección de los tópicos para describir el estado cognitivo del estudiante.
V6	Importancia de la sugerencia de introducir elementos afectivos-motivacionales en la descripción del modelo del estudiante.
V7	Validez teórica de la guía metodológica para elaborar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes con la herramienta HESEI.
V8	Validez práctica de la guía metodológica para elaborar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes con la herramienta HESEI.
V9	Satisfacción al terminar de transitar por todos los pasos de la guía metodológica.

Las variables fueron ponderadas considerando la frecuencia de utilización de la guía de

orientación a la IC (frecuentemente, algunas veces o casi nunca) y se realizó el análisis descriptivo de los datos utilizando el paquete estadístico SPSS. Estos resultados aparecen resumidos en porcentajes en la Tabla 2.

Los expertos manifestaron sentirse cómodos al seguir los pasos de la guía de orientación a la IC para el desarrollo de un SEAI. 79.4% reflejó sentir muchísima comodidad y 20.6% mucha, lo que corrobora la correspondencia que existe entre la guía de orientación a la IC y la habitual metodología de trabajo de los usuarios para elaborar materiales diferenciados para el estudio independiente de sus estudiantes.

El cálculo de la escala final que dio como resultado **4.63** (en una escala de 1 a 5), demuestra el grado de aceptación de la guía de orientación a la IC por parte de sus usuarios.

Tabla 2. Resultados en % de la encuesta aplicada

Escala valorativa	Variables								
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
<i>Casi nada</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Un poco</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Regular</i>	0	0	0	0	0	11.8	8.8	8.8	0
<i>Mucha</i>	20.6	52.9	38.2	8.8	38.2	38.2	32.4	47.1	8.8
<i>Muchísima</i>	79.4	47.1	61.8	91.2	61.8	50.0	58.8	44.1	91.2

6.1. Evaluación del efecto de la guía de orientación a la IC para concebir SEAI con un enfoque basado en casos.

Para este estudio se aplicó la técnica multivariada de componentes principales con el objetivo de encontrar grupos homogéneos de nuevas variables o factores e interpretarlas (Marques de Sá 2007).

Primeramente se realizó el análisis de la correlación que existe entre cada una de las variables de la encuesta (Tabla 1).

Para determinar si el análisis de correlación resulta adecuado, se aplicó el test de esfericidad de Bartlett, (Marques de Sá 2007). Su resultado fue significativo, lo que demuestra su correcta utilización.

La Tabla 3 ilustra la relación que se establece entre las variables y los factores determinados.

El factor 1 se corresponde con la factibilidad del uso del RBC pues muestra correlaciones altas con las variables V1, V2 y V5, que reflejan la naturalidad de la guía de orientación a la IC en correspondencia con la metodología habitual de trabajo de los docentes, así como los aspectos a tener en cuenta para realizar un trabajo personalizado con los estudiantes.

El factor 2, por su parte, puede interpretarse como la utilidad de la guía de orientación a la IC para elaborar el modelo del estudiante pues muestra correlaciones más elevadas con las variables V5, V6 y V8, fundamentado en la orientación práctica que brinda la guía de orientación a la IC acerca de cómo captar el estado cognitivo y afectivo de los estudiantes.

Tabla 3: Matriz de las componentes rotadas.

Variables	Factores			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
V1	.717			
V2	.801			
V3				.936
V4	-.369		.802	
V5	-.682	.627		
V6		.687	.502	
V7	-.350		-.724	
V8		.912		
V9	-.464	.568	-.362	.425

Al factor 3 se relaciona la factibilidad y la validez teórica de la guía propuesta, tributan en mayor medida las variables V4 y V7.

El último factor mide las expectativas del usuario mediante las variables V3 y V9, que correlacionan los intereses del usuario cuando comienza la elaboración del sistema y la obtención de un SEAI final a su medida.

Dichos factores constituyen conceptos subyacentes no observables directamente, pero que tienen una interpretación clara en función del problema, como se mostró anteriormente.

7. Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir que:

1. Un modelo que integre el Razonamiento Basado en Casos y los SEAI favorece la implementación de las componentes fundamentales de este tipo de Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje en cualquier área del saber. En cada caso se describe el modelo del estudiante y su modelado. El RBC determina la decisión a tomar para lograr el aprendizaje interactivo-individualizado atendiendo a las características del estudiante sobre la base de una selección adecuada de las mismas.

2. La utilización de una función de semejanza adaptada al modelo del estudiante permite la recuperación de los k modelos de estudiante más similares a la descripción del estudiante presentado. Se ponderan, atendiendo a su importancia, sus rasgos cognitivos y afectivos-motivacionales considerando a su vez la certeza de los valores.

3. La implementación computacional de la herramienta de autor HESEI facilita el desarrollo de SEAI en aplicaciones específicas a la medida del usuario final, fundamentándose esta afirmación en la satisfacción mostrada por los usuarios al trabajar con la herramienta, reflejada en las evaluaciones obtenidas para medir el grado de usabilidad de la misma.

4. La guía de orientación a la IC definida, orienta a los docentes en el proceso de ingeniería del conocimiento implícito en el desarrollo de un SEAI, con la herramienta computacional HESEI, dado por su naturalidad y correspondencia con la habitual metodología de trabajo de los

profesores.

Referencias

- Alonso, C. M., D. J. Gallego, et al. (1994). "Los Estilos de Aprendizaje: Procedimientos de Diagnóstico y Mejora." Bilbao: Ediciones Mensajero.
- Arias, F. J., J. Jiménez, et al. (2007). "Una Aproximación Metodológica para la Construcción de Sistemas Tutoriales Adaptativos MultiAgente con Énfasis en el Modelo Pedagógico." Revista Avances en Sistemas e Informática, Vol.4 No. 3, Medellín, 78. ISSN 16577663.
- Bello, R. (2002). "Aplicaciones de la Inteligencia Artificial." Ediciones de la Noche, Guadalajara, Jalisco, México. ISBN: 970-27-0177-5.
- Bonzano, A. (1998). "ISAC: a Case-Based Reasoning System for Aircraft Conflict Resolution." A thesis submitted to the University of Dublin, Trinity College, for the degree of Doctor in Philosophy.
- Cabrera, J. S. and G. Fariñas (1997). "El estudio de los estilos de aprendizaje desde una perspectiva vigostkiana: una aproximación conceptual. ." Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653).
- Carmona, M. E. and G. Castillo (2007). " Discovering student preferences in e-learning."
- Castillo, E., J. M. Gutiérrez, et al. (1997). "Expert Systems and Probabilistic Network Models." Springer, New York. Versión Española editada por la Academia Española de Ingeniería.
- Duque, N. (2007). "Prpuesta de Doctorado en Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia. Sede en Medellín. pp. 34. ."
- Durán, E. B. (2006). ""MODELO DEL ALUMNO EN SISTEMAS DE APRENDIZAJE COLABORATIVO." " WAIFE - 2006.
- García, M. and R. Bello (1997). " El empleo del razonamiento basado en casos en el desarrollo de Sistemas basados en el conocimiento para el diagnóstico." Trabajo de Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas., UCLV.
- Gómez, H. (2008). "COBBER: Un Enfoque Sistémico, Afectivo y Ontológico para el Razonamiento Basado en Casos Conversacional." Memoria que presenta para optar al grado de Doctor en Informática. Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial. Facultad de Informática. Universidad Complutense de Madrid.
- González, H., N. Duque, et al. (2008). "Modelo del estudiante para sistemas adaptativos de educación virtual." Revista de Avances en Sistemas e Informática, Vol. 5 No. 1, Edición especial

- Medellin, Mayo 2008, ISSN 1657-7663. III Congreso Colombiano de Computación -3CCC 2008.
- Grinder, M. (1991). "Righting the Educational Conveyor Belt." Metamorphous Press.
- Guida, G. and C. Tasso (1994). "Design and Development of Knowledge- Based Systems. From Life Cycle to Methodology." John Wiley and Sons Ltd., Basing Lane, Chichester, England.
- Gutiérrez, I. and R. Bello (2003). "Modelo para la Toma de Decisiones usando Razonamiento Basado en Casos en condiciones de Incertidumbre." Trabajo de Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.UCLV.
- Hand, D. J. (1997). "Construction and Assessment of Classification Rules. ." John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Hilera, J. and V. Martínez (1995). "Redes Neuronales Artificiales: Fundamentos, modelos y aplicaciones." Addison-Wesley.
- Huapaya, C. R., G. M. Arona, et al. (2005). "Sistemas Tutoriales Inteligentes Aplicados a Dominios de la Ingeniería." JEITICS 2005 - Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICS en Argentina.
- Huapaya, C. and F. Lizarralde (2009). "Un enfoque de la formación en ingeniería basada en computadora." Revista Iberoamericana de Educación. ISSN: 1681-5653. n.º 48/4 – 10 de febrero de 2009. EDITA: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- Jiménez, J. and D. Ovalle (2004). "Entorno Integrado de Enseñanza/Aprendizaje basado en ITS & CSCL." Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática, USA, 1(1).
- Jiménez, J. A. and D. A. Ovalle (2008). "Uso de técnicas de Inteligencia Artificial en ambientes distribuidos de enseñanza/aprendizaje." Revista Educación en Ingeniería. ISSN 1900-8260. no. 5. Pp 98-106.
- Kolb, D. (1976). "Learning Style Inventory, Self-Scoring Test and Interpretation Booklet." Boston MA: McBer and Company.
- Kolodner, J. L. (1992). "An Introduction to Case-Based Reasoning." Artificial Intelligence Review 6, pp. 3-34.
- Kolodner, J. L. (1993). "Case-Based Reasoning." Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Mateo, CA, 1993.
- León, M., N. Martínez, et al. (2007). "Generating Intelligent Teaching-Learning Systems using Concept Maps and Case-Based Reasoning." Revista Colombiana en AVANCES EN SISTEMAS E INFORMÁTICA. Medellín, Colombia. Vol.4 No. 1. ISSN 1657-7663.
- Referenciada en Latindex.
- Lerner, U. (2002). "Hybrid Bayesian Networks for Reasoning about Complex Systems." url: citeseer.nj.nec.com/lerner02hybrid.html.
- López de Mántaras, R. (2005). "Retrieval, reuse, revision, and retention in case based reasoning." The Knowledge Engineering Review, Vol. 00:0, 1–2, 2005, Cambridge University Press DOI: 10.1017/S0000000000000000 Printed in the United Kingdom.
- Macias, J. A. and P. Castell (2001). "An Authoring Tool for Building Adaptive Learning Guidance Systems on the Web. ." Lecture Notes in Computer Science: Active Media Technology-AMT. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Marques de Sá, J. P. (2007). "Applied Statistics Using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R." Library of Congress Control Number: 2007926024. I SBN 978-3-540-71971-7 Springer Berlin Heidelberg New York.
- Martínez, N., Z. García, et al. (2009). "Modelo para diseñar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes utilizando el Razonamiento Basado en Casos." Tesis presentada en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central de Las Villas. Cuba.
- Medina, D., A. Acosta, et al. (2007). "MacBay: Herramienta para construir Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes con un enfoque bayesiano. ." Presentado en COMPUMAT 2007.
- Ming, G. and C. Quek (2007). "EpiList: An Intelligent Tutoring System Shell for Implicit Development of Generic Cognitive Skills That Support Bottom-Up Knowledge Construction." IEEE Transactions on Systems, Man & Cybernetics: Part A, 37(1), .
- Minka, T. P. (2001). "Expectation propagation for approximate Bayesian inference. ." In Proceedings of the 17th Annual Conference on Uncertainty in AI (UAI), pp. 362-369.
- Mitra, R. and J. Basak (2005). "Methods of Case Adaptation. ." A Survey. INTERNATIONAL JOURNAL OF INTELLIGENT SYSTEMS, VOL. 20, 627-645. .
- Ovalle, D. and e. al. (2007). "Análisis funcional de la estrategia de aprendizaje individualizado adaptativo." Proyecto de investigación - DIME - Vicerrectoría de Investigación. Modelo de sistema multiagente de cursos adaptativos integrados con ambientes colaborativos de aprendizaje.
- Pearl, J. (1988). "Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems. ." Palo Alto: Morgan Kaufmann.
- Riccucci, S. (2008). "Knowledge Management in Intelligent Tutoring Systems." Dottorato di Ricerca in Informatica Universit'a di Bologna.

- Padova December 2007, Technical Report
UBLCS-2008-6 March 2008, Department of
Computer Science University of Bologna, Mura
Anteo Zamboni 7, 40127 Bologna (Italy).
- Rich, E. (1988). "Inteligencia Artificial." Edit. Gustavo
Gili, S.A., Barcelona, 1988.
- Rodríguez, Y. and M. García (2007). "Generalización de la
métrica basada en la diferencia de valores (VDM)
para variables lingüísticas y su aplicación en
sistemas basados en el conocimiento." Tesis
presentada en opción del grado científico de
Doctor en Ciencias Técnicas. UCLV.
- Sampieri, R. and e. al. (1998). "METODOLOGIA DE LA
INVESTIGACION. ." McGRAW-HILL
INTERAMERICANA EDITORES, S. A. de C. V.
Una División de The McGraw-Hill Companies,
Inc. Cedro Núm. 5 12, Col. Atlampa Delegación
Cuauhtémoc 06450 México, D. F. Miembro de la
Cámara Nacional de la Industria Editorial
Mexicana, Reg. Núm. 736, ISBN 970-10-1899-0
(ISBN 968-422-93 1-3 primera edición).
- Shneiderman, B. (2006). "Diseño de interfaces de usuario.
Estrategias para una interacción
personacomputadora efectiva. ." Mexico: Addison
Wesley.
- Sierra, E., García-Martínez, R., Hossian, A., Britos, P. y
Balbuena, E. (2006). "Providing Intelligent User-
Adapted Control Strategies in Building
Environments." Research in Computing Science
Journal. ISSN 1665-9899. Volumen 19. Pág. 235-
241.
- Trella, M. (2006). "MEDEA: METodologías y herramientas
para el Desarrollo de entornos inteligentes de
Enseñanza y Aprendizaje." Inteligencia Artificial,
Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial,
No.32 (2006), pp. 77-80. ISSN: 1137-3601.
(<http://www.aepia.org/revista>).