

Diseño de la Arquitectura para un Sistema Tutor Inteligente Basado en Competencias (STI-C)

Autores

Badaracco Miguel¹, Martínez Luís²

¹ Facultad de Administración Economía y Negocios-Universidad Nacional de Formosa. Formosa, Rep. Argentina. Av. Gutnisky 3200. e-mail: itfor@arnet.com.ar, Tel.: 54 03717 451702.

² Universidad de Jaén. Jaén España. Dep. Ciencias de la Computación. Campus Las Lagunillas, s/n. e-mail: martin@ujaen.es. Web: <http://www.di.ujaen.es/~martin>
Tel.: 34 953 211902.

Resumen

Un STI es una aplicación cuyo objetivo se centra en la enseñanza personalizada y su principal característica es la adaptación dinámica de la instrucción de acuerdo al perfil y actividad del alumno, para lo cual incorpora técnicas de inteligencia artificial (IA). La arquitectura general de un STI define sus componentes, la manera en que se estructuran e interaccionan dichos componentes depende en gran medida del modelo pedagógico de referencia utilizado por el diseñador. En STI de dominios genéricos ésta estructuración y el modelo pedagógico elegido puede ocasionar problemas de comprensión del modelo y problemas de implementación.

Nuestro trabajo intenta solventar estos problemas proponiendo una arquitectura STI derivada del modelo pedagógico Enseñanza Basada en Competencia (EBC). Planteamos innovaciones en la representación del modelo de dominio, modelo del alumno y el proceso de diagnóstico acorde con la EBC.

Abstract

A Intelligent Tutor Systems (ITS) is an application which is aimed to a personalized tuition and its main characteristic is the dynamic adaptation of the instruction according to the student's activity and profile,

therefore it adds techniques of artificial intelligence (AI).

The general architecture of the ITS defines its components. The way that they structure and interact those components depend mainly on the pedagogic model of de reference used by the designer.

On a ITS of generics domains this structuration and the chosen pedagogic model may cause understanding troubles of the model and implement.

Our task tries to settle these troubles suggesting an architecture ITS derived from the pedagogic model Competency-Based Education (CBE).

We set out innovations on the model representation of domain, model of the student and the diagnostics process according with CBE.

1. Introducción

Un STI utiliza técnicas basadas en la inteligencia artificial (IA), principalmente para representar el conocimiento, y dirigir una estrategia de enseñanza capaz de comportarse como un experto, tanto en el dominio de conocimiento que enseña, como en el dominio pedagógico, donde puede diagnosticar la situación en la que se encuentra el estudiante. De esta forma puede ofrecer una acción o solución que le permita progresar en su aprendizaje, Wenger (1987).

Un STI conjuga una propuesta formativa sobre un determinado dominio de conocimiento que podrá ser una asignatura, curso, perfil profesional, etc., junto con unos criterios pedagógicos (Badaracco, 2008).

Los STI pueden desarrollarse en un dominio específico o en uno genérico. En el primer caso el sistema asume criterios pedagógicos adecuados al dominio y que utilizará en los modelos y procesos educativos que cubren las necesidades formativas. Estos STI tienen un uso limitado a un único dominio. Sin embargo, los STI genéricos debido a su visión multi-dominio deben ser capaces de adaptar sus componentes a las especificaciones generales para abordar varios dominios de estudio y facilitar la adquisición de conocimiento y su uso al alumno.

Vemos que los STI genéricos aunque más flexibles son más complejos, lo que origina la aparición de problemas Badaracco (op. cit.), tales como:

- a) Comprensión del modelo: es difícil construir un sistema que integre distintos marcos teóricos, sentido y criterios de evaluación, representación del conocimiento, heurísticas ad hoc.
- b) Implementación: la interpretación de parámetros, configuración de modelo no es simple.

En este trabajo se propone una nueva arquitectura STI cuyo modelo pedagógico será la Enseñanza Basada en Competencias (EBC) Zalba (2006). En ella nos centraremos en la representación del modelo de dominio y del modelo del alumno, así como en el proceso de diagnóstico acorde con la EBC. Una arquitectura de este tipo proveerá al docente de una plataforma que facilite la implementación de una propuesta formativa más transparente desde la EBC al Sistema Tutor Inteligente Basado en Competencias (STI-C).

El trabajo se organiza como sigue, en la sección 2 caracterizamos la arquitectura de los STI. En la sección 3 abordamos los conceptos y principios de la enseñanza basada en competencias (EBC). En la sección 4 presentamos el modelo de STI para el

desarrollo de competencias (STI-C). En la Sección 5 exponemos el proceso de diagnóstico. En la sección 6 se presenta un estudio evaluativo de la propuesta. Finalmente exponemos conclusiones y futuras líneas de trabajo de la propuesta realizada.

2. Caracterización de un STI

Un STI es un sistema adaptativo y dinámico para la enseñanza personalizada en función de las características y comportamiento del alumno. Para alcanzar los cometidos anteriores en un STI, ha de planificarse su construcción definiendo su arquitectura y los procesos asociados. En esta sección nos centramos en la arquitectura de componentes de un STI para la representación del conocimiento y cómo se estructura dicho conocimiento en el sistema.

2.1 Arquitectura de un STI

Autores como Sleeman y Brown (1982), Polson y Richarson (1988), definen la arquitectura general de un STI conformada por cuatro componentes a) modelo de dominio, b) modelo del alumno, c) modelo instruccional y d) modelo de interfaz, esquemáticamente se muestra en la *figura 1*. Cada uno de estos componentes asume distintas funciones interactuando entre si. Basados en Millán (2000) y Guzmán (2005) describimos los componentes de interés para nuestra investigación:

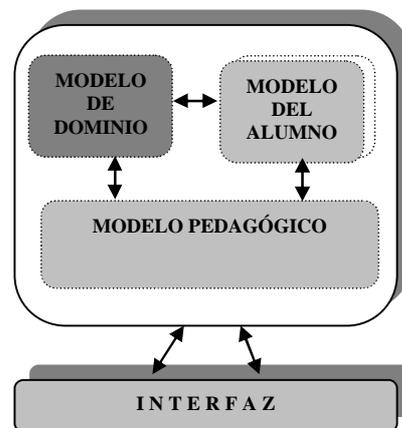


figura 1 – esquema de la arquitectura de un STI

- *Modelo del dominio*: Corresponde a la respuesta sobre el *qué se enseña*. Contiene el conocimiento sobre la materia/asignatura que debe ser aprendida. El primer paso en la implementación de un STI, es la representación explícita por parte del experto del conocimiento existente sobre el dominio. Anderson (1988) afirma que un modelo del dominio será más potente cuanto más conocimiento tenga.

- *Modelo del alumno*: Representa el *a quién se enseña*, lo que el alumno conoce y lo que no conoce del dominio. Un gran número de STI infieren este modelo a partir de los conocimientos y carencias del alumno sobre el modelo del dominio, y a partir de esta información, que generalmente es imprecisa (Mayo y Mitrovic, 2001) adaptan el proceso de instrucción a sus necesidades. La estructura que almacena el estado de conocimiento del alumno es propiamente *su modelo*, mientras que el proceso de razonamiento que actualiza este modelo se denomina *diagnóstico del alumno*.

- *Modelo de instrucción*: Corresponde al *cómo se enseña*. Constituye por tanto, las estrategias de enseñanza o estrategias tutoriales.

- *Interfaz*: A través de ella se lleva a cabo la interacción hombre-máquina. Es necesario un esfuerzo adicional en el desarrollo de esta parte de la arquitectura, haciéndola intuitiva y transparente al usuario alumno.

El desarrollo de un STI implica la conjunción de diversos campos de conocimiento como la IA (sistemas expertos, redes bayesianas, lógica difusa, etc.), psicología cognitiva e investigación educativa.

2.2 Estructura

Un STI conjuga una propuesta formativa orientada por unos criterios pedagógicos. Estos criterios condicionan el modo de representación del conocimiento en el modelo de dominio, modelo del alumno y su proceso de actualización.

La mayoría de STI representan el conocimiento como una red de estructura jerárquica en donde los nodos son conceptos y

los conceptos relacionados están unidos mediante arcos. Genéricamente, esta estructura puede asumir la forma de red semántica, mapa conceptual o red bayesiana, la relación entre los nodos pueden ser de diversa naturaleza, de agregación, parte-de, etc., (Guzmán 2005, Millán 2003). Una representación esquemática genérica se muestra en la *figura 2*.

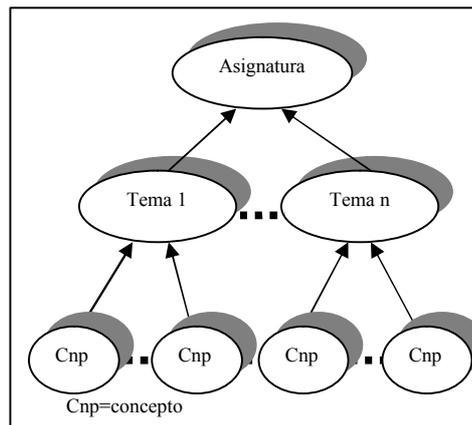


figura 2- Representación de un dominio

3. EBC - Enseñanza Basada en Competencias

La EBC es un modelo curricular emergente que busca dar repuesta a las demandas del contexto, implica articular tales demandas con el desarrollo de competencias, que posibilite al alumno desenvolverse en un mundo complejo y en permanente transformación, Zalba (2006). En esta sección revisamos conceptos de la EBC, ya que será el modelo pedagógico que utilizaremos para el diseño de nuestra propuesta de STI.

3.1 Diseño Curricular Basado en Competencias (DCBC)

La competencia es la capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo de situación, y que se apoya en conocimientos pero no se reduce a ellos (Perrenoud, 1999).

Las competencias constituyen un saber y saber hacer complejo que integran conocimientos

conceptuales, procedimentales y actitudinales, Zalba (op. cit.).

El Diseño Curricular Basado en Competencias (DCBC) es el proceso que permite cristalizar la EBC en una propuesta formativa concreta. Una propuesta formativa EBC se organiza en función de normas de competencias. La norma de competencia contiene una serie de descriptores que reflejan las buenas prácticas profesionales, que orientaran las capacidades que desarrollará el alumno, la validez de los mismos debe ser acordada entre los actores sociales como Gobierno, Industria, Sistema Educativo, etc. (Catalano, Avolio de Cols, Sladogna 2004).

Los descriptores constituyen una base importante en la representación de los modelos de dominio y del alumno presentado en este trabajo, en el siguiente apartado los definimos.

3.2 Descriptores del DCBC

Unidad de competencia (uc): función que describe el conjunto de las actividades diferenciadas que serán cumplidas desde el rol o perfil seleccionado.

Elemento de competencia (ec): desagregación de la función principal que pretende especificar algunas de las actividades claves o la actividad crítica de la función. Una función (*uc*), según su complejidad o su variedad, puede especificarse en uno o en varios elementos de competencia (*ec*).

Criterios de desempeño: descriptor de las reglas o juicios técnicos y éticos que orientan desempeño profesional.

Evidencias de desempeño (evd): descriptor de los signos que sirven para controlar que un determinado proceso está siendo realizado de acuerdo a "buenas prácticas".

Evidencias de producto (evp): descriptor de los signos de evidencia tangibles en el nivel de los resultados o del producto, cuando se ha actuado a partir de consagrar las "buenas prácticas".

Evidencias de conocimiento (evc): descriptor del conocimiento científico - tecnológico que

permite al ejecutor comprender, reflexionar y justificar los desempeños competentes.

4. Una Arquitectura para un STI-C

En esta sección presentamos la estructura del Sistema Tutor Inteligente basado en Competencias (STI-C). Dado los objetivos del presente trabajo, nos centramos en la representación del conocimiento (competencias en nuestra propuesta) del modelo de dominio y del modelo del alumno, así como en el proceso de diagnóstico que lo actualiza. En la *figura 3* se esquematiza la arquitectura general propuesta.

De forma general describimos los componentes de la arquitectura STI-C como sigue:

- *El modelo de dominio*: Contiene el perfil de competencias del experto en un dominio de conocimiento. Se compone de cuatro componentes:

a) Un modelo de dominio de competencia (MDCo), derivado del mapa funcional de las normas de competencias, se representa mediante una red semántica que incluye unidades de competencia, elementos de competencia, descriptores y las relaciones entre estos.

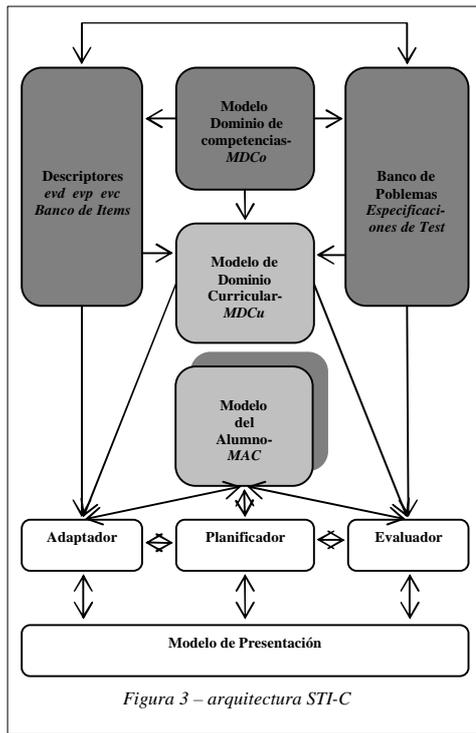
b) Un modelo de dominio curricular (MDCu) organizado en módulos didácticos que elabora el profesor en base al DCBC sobre el MDCo.

c) Un conjunto de descriptores que incluyen las *evp*, *evd* y *evc*, los dos últimos tienen asociado un banco de ítems.

d) Un banco de problemas relacionados con cada módulo del MDCu y de especificaciones de test, ambos definidos por el docente.

- *El modelo del alumno*, en nuestro caso *modelo del alumno de competencia (MAC)*: Se encarga de almacenar la información referente al alumno y su representación dentro del modelo de diagnóstico.

A continuación describimos en mayor detalle los elementos más importantes de los modelos anteriores.



4.1 Modelo de dominio

Una novedad fundamental de nuestra propuesta de arquitectura STI-C consiste en cómo se estructura el modelo de dominio, a saber: el MDCu reorganiza el MDCo siguiendo la lógica del proceso de enseñanza-aprendizaje.

El proceso formativo apunta al desarrollo de las capacidades que permitan desempeños competentes del perfil en diversidad de situaciones. Cada capacidad a desarrollar se infiere del análisis del mapa funcional y agrega (siguiendo la lógica del proceso formativo) uno o más elementos de competencias (*ec*).

En virtud de la relación anterior y mediante los descriptores del *ec* tendremos los elementos para determinar, a) el grado de desarrollo de la capacidad, b) las situaciones problemáticas, c) el banco de ítems, d) los conocimientos (contenidos) relacionados.

El MDCu tendrá una estructura modular, donde cada módulo didáctico (M_i) es la unidad que permite estructurar los objetivos, los contenidos y las actividades en torno a un

problema de la práctica profesional y de las capacidades que se pretenden desarrollar, las cuales, son inferidas a partir de los elementos de competencia *ec*.

El MDCu se puede construir en forma simple y casi transparente desde el DCBC de una propuesta formativa a implementar, lo cual simplifica la comprensión por parte del profesor al momento de su implementación. En la figura 4 se esquematiza el MDCu.

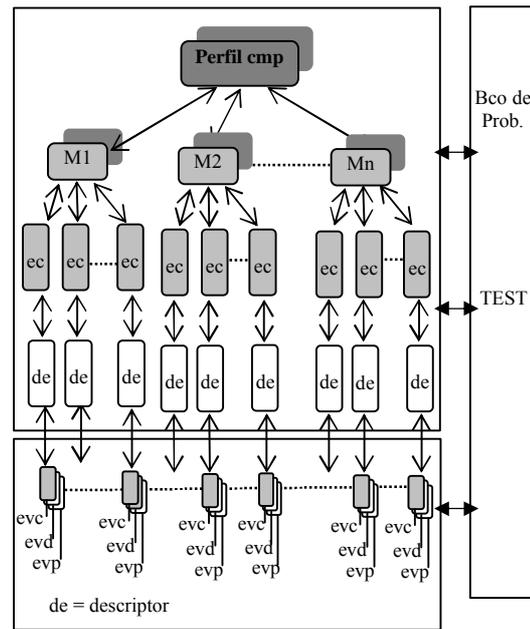


figura 4 - estructura del MDCu

4.2 Modelo del alumno basado en competencias - MAC

El MAC almacena la información referente al alumno, para ello utiliza un modelo de superposición sobre el MDCu, lo que permite acreditar las competencias asociadas al módulo didáctico.

Cada nodo de la red MAC relativos a las *evc* y *evd* almacena una distribución de probabilidades discreta $P(\vec{q}_i | u_i)$ correspondiente al nivel de conocimiento técnico-científico (q_i) del alumno sobre el descriptor dado un patrón de respuesta (u_i), la cual se infiere de las respuestas a los ítems que el alumno resuelve y componen un test T_s . Tal como se indicó anteriormente en el momento

de definir los componentes del MDCu, se determinan los elementos intervinientes en el diagnóstico, a saber: a) el banco de ítems asociado a los evd y evc de cada ec , b) el banco de problemas asociado al Mi , y c) los $Test$ asociados a los ec y a los Mi , d) especificaciones de Test donde se determinan los métodos para selección de ítem, criterios de finalización, etc.

Cada nodo ec almacena una distribución de probabilidades correspondiente al conocimiento técnico-científico $P(\mathbf{q} | \vec{evu}_i)$ del alumno sobre el mismo y estará en función de los evc_i y evd_i que agrega, este valor se obtendrá promediando los valores de las distribuciones de sus agregados (evc_i y evd_i). Por cada ítem respondido el algoritmo actualizará las $P(\mathbf{q}_i | u_i)$ de evc_i y evd_i y verificará si se cumple el criterio de finalización, en caso afirmativo se calculará y actualizará la distribución $P(\mathbf{q} | \vec{evu}_i)$ del ec_i , de no cumplirse el criterio de finalización, se seleccionará el siguiente ítem (en base al criterio de selección de ítems establecido en las especificaciones de test) para mostrar en el test, repitiéndose el proceso hasta alcanzar el criterio de finalización.

De acuerdo con la estructura modular del MDCu, cada módulo didáctico (Mi) es la unidad que estructura los objetivos, los contenidos y las actividades en torno a un problema de la práctica profesional y de las capacidades que se pretenden desarrollar, las cuales, son inferidas a partir de los elementos de competencia ec .

Los nodos de módulos didácticos M_i almacenan una distribución de probabilidades correspondiente al nivel de competencias del alumno sobre las capacidades abordadas en el módulo, esta se infiere de las resoluciones de los problemas asociados y de los ec que agrega.

El proceso de diagnóstico se expone en mayor detalle en la sección siguiente.

5. Proceso de Diagnóstico

Para el proceso del diagnóstico en el STI-C utilizaremos una adaptación del Test Adaptativo Informatizado (TAI cognitivo) en base a Guzmán (2005), esta propuesta utiliza un modelo de respuesta basado en la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI) que tiene las siguientes características: discreto, no paramétrico y es capaz de evaluar ítems con múltiples respuestas.

En este modelo de respuesta cada ítem tiene asociado una Curva Característica de Opción (CCO) de las cuáles se infieren sus Curvas Características de Respuesta (CCR) y Curvas Características de Ítem (CCI). Las CCO se determinan mediante un proceso de calibración basado en el algoritmo de Ramsay (1991).

Durante la administración de un test, el conocimiento del alumno se estima cada vez que éste responde a un determinado ítem. La actualización de la distribución del conocimiento del alumno se lleva a cabo utilizando una adaptación del método bayesiano propuesto por Owen (1969, 1975).

Nos interesa fundamentalmente la evaluación del tipo agregada que actualiza las distribuciones de conocimiento de la siguiente manera:

$$P(\mathbf{q}_t | u_1, \dots, u_i) = \begin{cases} P(\mathbf{q}_t | u_1, \dots, u_{i-1}) P_{\vec{u}_i}(u_i | \mathbf{q}_t) & \text{si } Q_i \\ \text{evalúa } evc_i \text{ o } evd_i & \\ P(\mathbf{q}_t | u_1, \dots, u_{i-1}) & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (4.1)$$

Donde $P(\mathbf{q}_t | u_1, \dots, u_{i-1})$ es la estimación de conocimiento a priori del alumno en ev_t ;

y $P_{\vec{u}_i}(u_i | \mathbf{q}_t)$ la CCO para la opción del patrón de respuesta.

Una vez actualizadas las distribuciones en los nodos evc y evd del alumno, se puede estimar su nivel empleando las dos formas utilizadas en los TAI; esto es:

- Esperanza a posterior (EAP), donde el valor correspondiente al nivel de conocimiento es la media (o valor

esperado) de la distribución de probabilidades. Formalmente:

$$EAP(P(\mathbf{q}_t | \vec{u}_n)) = \sum_{k=0}^{k-1} kP(\mathbf{q}_t = k | \vec{u}_n) \quad (4.2)$$

- Máximo a posterior (MAP), donde el valor correspondiente al nivel de conocimiento es aquél con mayor probabilidad asignada, esto es, la moda de la distribución. Formalmente:

$$MAP(P(\mathbf{q}_t | \vec{u}_n)) = \underset{0 \leq k \leq K}{\text{máx}} P(\mathbf{q}_t = k | \vec{u}_n) \quad (4.3)$$

En la siguiente sección exponemos algunos resultados del estudio evaluativo parcial del modelo.

6. Estudio evaluativo parcial del modelo

En función de los objetivos de esta investigación, el estudio evaluativo del modelo puede realizarse desde distintas perspectivas (Mcmillan y Schumacher 2005, Guzmán 2005, Millán 2003), a saber: a) Criterio de expertos, b) Evaluación simulada de la arquitectura, c) Evaluación formativa y sumativa de implementaciones pilotos.

En este trabajo solo nos centraremos en el estudio evaluativo en base a criterios de expertos para valorar las representaciones de los modelos de dominio y del alumno en función de la equivalencia, adecuación y transposición con la EBC, claridad de interpretación, fortaleza del marco teórico, factibilidad práctica y facilidad de implementación.

Se utilizó un protocolo de criterio de experto (PCT) donde se requirió a los expertos que ponderen la cualidad mediante una escala tipo Likert con valores de 1 a 5, 1 (Ausencia), 2 (Regular), 3 (Buena), 4 (Muy buena), 5 (Excelente).

Se ha recurrido a un grupo de experto en EBC de diversos niveles educativos, 3 pertenecientes al nivel superior y 3 a nivel medio. La *tabla 1* siguiente muestra la parte relevante del PCT con los valores promedios de las ponderaciones obtenidas.

El puntaje máximo posible es de 140, los valores obtenidos se acercan al 81% de este total por lo tanto la valoración del modelo puede ser considerada aceptable.

PONDERACIONES PROMEDIOS 6 EXPERTOS		MOD. DOM. DE COMPETENCIA	MOD. DE DOM. CURRICULAR	MOD. DEL ALUMNO	DIAGNOSTICO	VALORACION SUMATIVA
D I M E N S I O N E S	EQUIVALENCIA CON EBC	4	4,5	4	4	16,5
	ADECUACION CON EL DCBC	4	5	4	4	17
	CLARIDAD DE INTERPRETACION	4	4	4,5	4	16,5
	TRANSPOSICIÓN EBC-STIC	3,5	4	4,5	4	16
	FORTALEZA DEL MARCO TEORICO	4	4	4,5	4	16,5
	FACTIBILIDAD PRÁCTICA	3,5	4	4,5	4	16
	FACILIDAD DE IMPLEMENTACION	3,5	4	3,5	4	15
	VALORACION SUMATIVA	26,5	29,5	29,5	28	113,5

Tabla 1 – valoraciones de expertos

7. Conclusiones y trabajos futuros

Las valoraciones de los expertos respecto a las dimensiones de la arquitectura propuesta en este trabajo resultan alentadoras, indican claramente que es un modelo comprensible, equivalente con la EBC y con un sólido y aceptado marco teórico.

Un estudio evaluativo complementario de nuestra propuesta orienta las siguientes líneas futuras de investigación:

- Validación simulada de la arquitectura mediante un estudio empírico controlado del modelo del alumno y de diagnóstico.
- Implementación piloto y posterior validación del modelo.
- Ajuste de TAI para evaluar competencias mediante casos - problemas.
- Estudio de los modelos pedagógico y de interfaz en el marco STI-C.
- Adaptación de contenidos e itinerarios en base sistemas de orientación adaptativos (Castellano, E., Martínez, L., 2007).

8. Bibliografía

Anderson, J. R. (1988). The Expert Module. En M. C. Polson & J. J. Richardson (eds.), *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Badaracco, M. (2008). Enfoque para el Desarrollo de un Sistema Tutor Inteligente Basado en Competencias. DEA Doctorado en Ingeniería de Sistemas y Computación, no publicado. Universidad de Málaga. España.

Catalano, Ana, Avolio de Cols, Susana, Sladogna, Mónica. (2004). Diseño Curricular basado en normas de competencia laboral. Conceptos y orientaciones metodológicas. CINTERFOR OIT Buenos Aires.

Guzmán de los Riscos, E. (2005). Un modelo de evaluación cognitiva basado en TAI para el diagnóstico en STI. Tesis Doctoral no publicada, Universidad de Málaga.

McMillan, J., Schumacher, S. (2005). *Investigación Educativa. Una Introducción Conceptual*. Ed. Pearson, Alhambra.

Mayo, M. y Mitrovic, A. (2001). Optimising its behaviour with bayesian networks and decision theory. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12, 124-153.

Murray, T. (1993). Formative qualitative evaluation for 'exploratory' its research. *International Journal of Artificial Intelligence in Education: Special Issue on Evaluation*, 4 (2/3), 179-207.

Perrenoud, Ph. (1999) *Construir las Competencias desde la Escuela*. Dolmen Ediciones.

Polson, M. C., & Richardson, J. J. (1988). *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Ramsay, J. O. (1991). Kernel smoothing approaches to nonparametric item characteristic curve estimation. *Psychometrika*, 56, 611-630.

Sleeman, D. y Brown, J. S. (1982). *Intelligent tutoring systems*. Academic Press, Inc.
Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc.

Wenger, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems*. Morgan Kaufmann Publishers, Inc.

Zalba, E y Gutierrez,N (2006) . Una aproximación a la educación basada en competencias- Universidad Nacional de Cuyo. http://www.me.gov.ar/spu/guia_tematica/CPR ES/cpres-comision.html, acceso 20/02/2008.