

# Sistemas Tutores Inteligentes Multiagentes: Los Agentes Docentes en el Módulo Tutor

**Patricia Calvo, Fernando A. Salgueiro, Zulma Cataldi, Fernando J. Lage**  
pat\_calvo@yahoo.com; fsalgueiro@fi.uba.ar, liema@fi.uba.ar, flage@fi.uba.ar

*LIEMA. Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Bs. As. Paseo Colón 850 4º Piso. C1063ACV. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. ARGENTINA.*

## Abstract

The STI based on agents (MTS: Multiagent Tutorial Systems) require the definition of characteristics such as the kind of communication and sociability criteria. Although the paradigm of agents provides certain advantages like the great faults's tolerance, exist some aspects that are due to define and that are essential: communication, coordination, interaction and sociability. From a basic scheme for interaction of students with teachers, different options as the agents characteristics to carry out a "one to one" session, are presented. A model of educational agent in the tutorial module is set out, and is recognized the tool to use for the design of this system in the agents 's field, in order to continue the research.

**Keywords:** Intelligent tutoring systems, multiagent system, tutor module

## Resumen

Los STI basados en agentes (STM: Sistemas Tutores Multiagentes) requieren de la definición de características tales como la forma de comunicación y los criterios de sociabilidad. Si bien el paradigma de agentes proporciona ciertas ventajas tales como la gran tolerancia a fallas, existen aspectos que se deben definir y que son esenciales: la comunicación, la coordinación, la interacción y la sociabilidad.

A partir de un esquema básico para la interacción del alumno con el docente, se estudian las diferentes opciones en cuanto a características de los agentes para llevar a cabo una sesión de aprendizaje de tipo "uno a uno". Se propone un modelo de agente docente en el módulo tutor y se reconoce a la herramienta a utilizar para el diseño de este sistema en el campo de los agentes, a fin de continuar con la siguiente etapa en la investigación.

**Palabras clave:** Sistemas tutores inteligentes, sistemas multiagentes, módulo tutor

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde 2004, el grupo de investigación del *Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales* de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, ha venido realizado investigaciones tendientes a mejorar la enseñanza de la ingeniería y en particular de la Informática como una línea de trabajo propia que por otra parte, se consolida a través de desarrollos informáticos que han sido transferidos a la comunidad educativa. En este contexto surge el proyecto en el cual se inscribe la presente comunicación, como una línea de trabajo que busca consolidar los esfuerzos tendientes a la mejora de la educación superior desde el ingreso del estudiante a la universidad como así también durante el tiempo que demande su carrera universitaria.

La preocupación se centra en el alto número de estudiantes por cada docente en los cursos iniciales de Programación Básica y en la búsqueda de opciones alternativas para facilitar los aprendizajes a

fin de que el estudiante pueda obtener la retroalimentación necesaria para superar los requerimientos y permanecer en el nuevo ámbito educativo. En tal sentido, se han estudiado diferentes tipos de aproximaciones a la solución, siendo una de ellas, la que se presenta a continuación a partir del paradigma de agentes inteligentes.

Russell y Norvig [1] señalan que: "un agente es un sistema capaz de percibir a través de sensores la información que proviene del ambiente donde está insertado y reaccionar a través de efectores, por lo que se lo puede definir como una entidad de software que exhibe un comportamiento autónomo, situado en un ambiente en el cual es capaz de realizar acciones para alcanzar sus propios objetivos y a partir del cual percibe los cambios". Wooldridge y Jennings [2] expresan que: "Un agente es un sistema computacional que está situado en un ambiente y que es capaz de acciones autónomas en este medio para alcanzar sus objetivos de diseño".

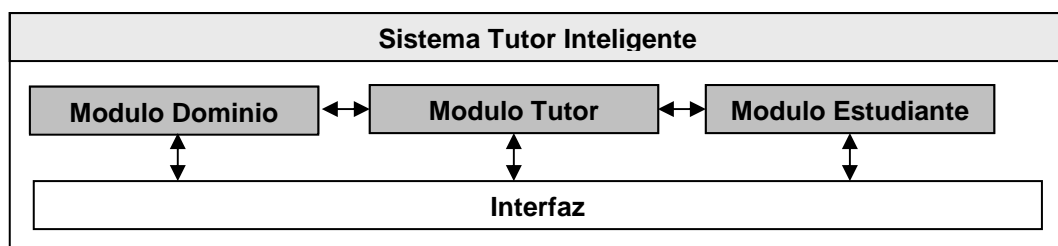
Un agente es inteligente cuando es capaz de actuar con *autonomía* y *flexibilidad*, basadas en cualidades de *reactividad* o capacidad para percibir su entorno y responder a tiempo a los cambios que ocurren en él, *proactividad* o capacidad de mostrar un comportamiento *dirigido por objetivos*, tomando la iniciativa para *planificar* su actuación a fin de lograr sus objetivos y *habilidad social* o capacidad para *interactuar* por decisión propia en los procesos de negociación o cooperación con otros agentes de software o personas. Existen otras cualidades *que incrementan la inteligencia del agente* tales como: las *actitudes mentales* y el *aprendizaje*, y se suponen *racionalidad*, la *veracidad* y *benevolencia* al aceptar las solicitudes de servicio, siempre que sea posible.

En esta investigación, se busca una metodología que propicie el diseño de los STI con la integración de entidades o agentes inteligentes asumiendo como punto de partida que la inteligencia genuina sólo es posible si se cuenta con un cuerpo situado dentro de un entorno (modelo biológico) y que para interactuar con el medio ambiente, el agente debe ser capaz de *percibir*, *razonar* y *actuar*, es decir debe poseer sensores que le permitan recolectar información, a fin de convertir esa información en conocimiento para alcanzar su objetivo razonando y actuando para modificar el propio entorno. En este enfoque inspirado en la sociología, se hace referencia también a conceptos como "comunicación", "cooperación", "coordinación" y "competencia".

Se trata pues, de obtener las bases teóricas conceptuales y metodológicas para la construcción de los STI donde la *importancia de un tutor inteligente* radica en que la captura de la experticia de los especialistas (uno o varios docentes expertos en el dominio), podrá ayudar a la formación de los estudiantes novatos, a través de la adecuación de la estrategia didáctica que mejor responda a las características de cada uno de ellos.

Por este motivo, se pensó que un grupo de agentes cooperando a través del enfoque sociológico, podría aportar una buena opción; procediendo con cautela, ya que en dominios complejos los sistemas multiagentes necesitan grandes cantidades de información acerca del mismo, por cuanto resulta muy difícil prever todas las situaciones posibles para que los agentes puedan evolucionar y adaptarse al entorno.

Se propone diseñar las componentes de un STI con un marco teórico pedagógico basado en la Teoría Uno [3], es decir, mediante la integración de los conceptos planteados por la Teoría Uno al diseño computacional [4,5].



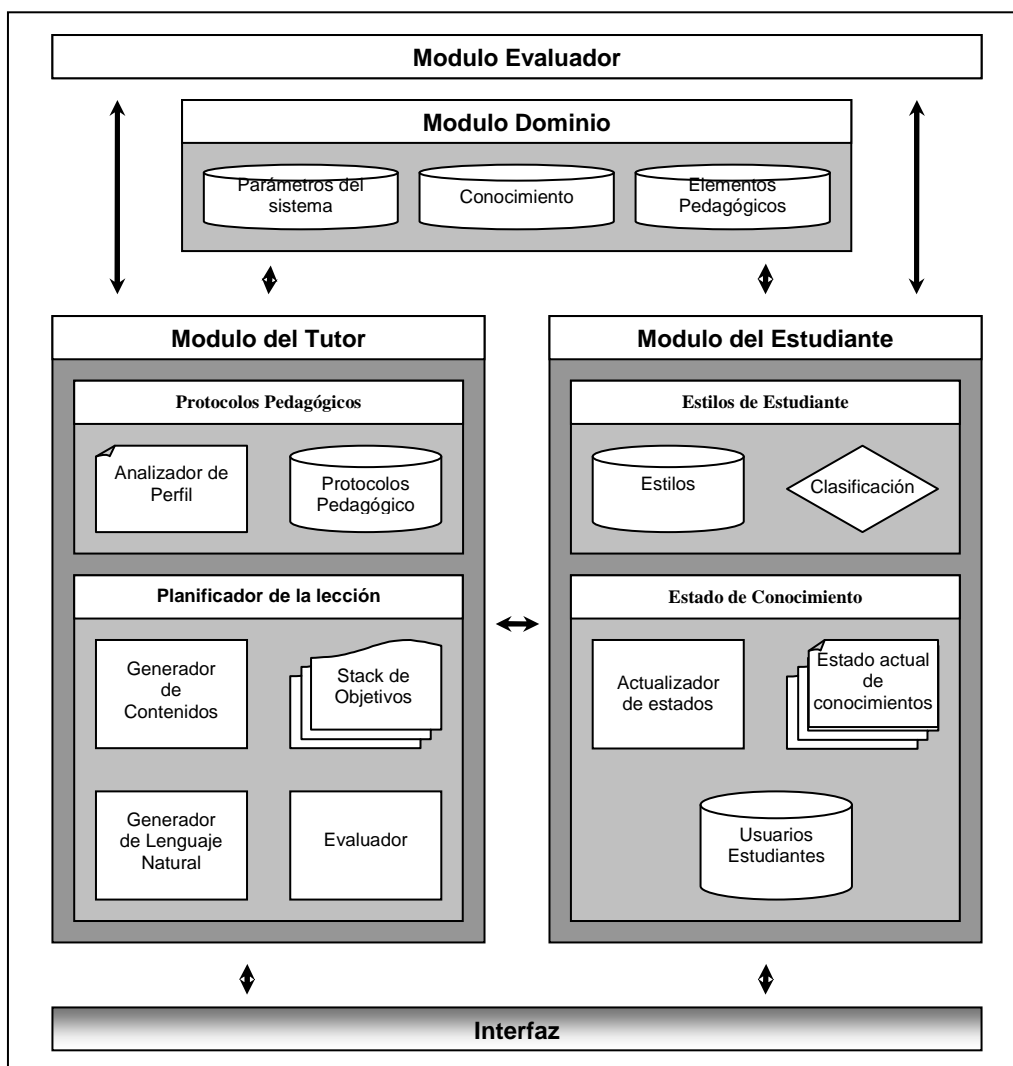
**Figura 1:** Arquitectura básica de Carbonell [6].

Siguiendo la idea de Carbonell [6], los STI, responden a una arquitectura trimodular sin solapamientos de funcionalidades y con interfaces bien definidas, a fin de obtener módulos independientes del dominio e intercambiables (ver Figura 1).

En comunicaciones previas, se han definido los requerimientos básicos de los *Módulos: Tutor* [7,8], *Estudiante* [9] y *el Módulo Dominio*, que ya sido estudiado en numerosas publicaciones [10, 11].

El *Modulo Tutor* del STI define y aplica una estrategia pedagógica de enseñanza, contiene los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. Selecciona los problemas, monitorea el desempeño, provee asistencia y selecciona el material de aprendizaje para el estudiante. Integra el conocimiento acerca del método de enseñanza, las técnicas didácticas y del dominio a ser enseñado.

Consta de:



**Figura 2:** Descripción de los módulos [7].

El *Modulo Tutor* del STI define y aplica una estrategia pedagógica de enseñanza, contiene los objetivos a ser alcanzados y los planes utilizados para alcanzarlos. Selecciona los problemas, monitorea el desempeño, provee asistencia y selecciona el material de aprendizaje para el estudiante. Integra el conocimiento acerca del método de enseñanza, las técnicas didácticas y del dominio a ser enseñado (ver Figura 2).

Consta de:

- *Protocolos Pedagógicos*: almacenados en una base de datos, con un gestor para la misma.
- *Planificador de Lección*: que organiza los contenidos de la misma.
- *Analizador de Perfil*: que analiza las características del alumno, seleccionando la estrategia pedagógica más conveniente.

El *Módulo Estudiante* del STI tiene por objetivo realizar el diagnóstico cognitivo del alumno, y el modelado del mismo para una adecuada retroalimentación del sistema.

Se han planteado para el Módulo estudiante los siguientes submódulos (ambos almacenan los datos en una Base de Datos del Estudiante, con un gestor para la misma) (ver Figura 2).

- *Estilos de aprendizaje*: compuesto por una base de datos con los estilos de aprendizajes disponibles en el sistema, los métodos de selección de estilos y las características de cada uno de ellos.
- *Estado de conocimientos*: contiene el mapa de conocimientos obtenido inicialmente a partir del módulo del dominio y que progresivamente el actualizador de conocimientos irá modificando a través de los resultados obtenidos en las evaluaciones efectuadas por el módulo del tutor quien le enviará dichos resultados procesados.

El *Módulo Dominio* tiene el objetivo global de almacenar todos los conocimientos dependientes e independientes del campo de aplicación del Sistema Tutor Inteligente (STI) (ver Figura 2).

Entre sus submódulos están los siguientes:

- *Parámetros Básicos del Sistema*: los cuales se almacenan en una base de datos.
- *Conocimientos*: son los contenidos que deben cargarse en el sistema, a través de los conceptos, las preguntas, los ejercicios, los problemas y las relaciones.
- *Elementos Didácticos*: Son las imágenes, videos, sonidos, es decir material multimedia que se requiere para facilitarle al alumno apropiarse de conocimiento en la sesión pedagógica.

Los temas relacionados con el almacenamiento de conocimiento han sido tratados ampliamente por [1,12,13].

## 2. VENTAJAS DEL PARADIGMA MULTIAGENTES

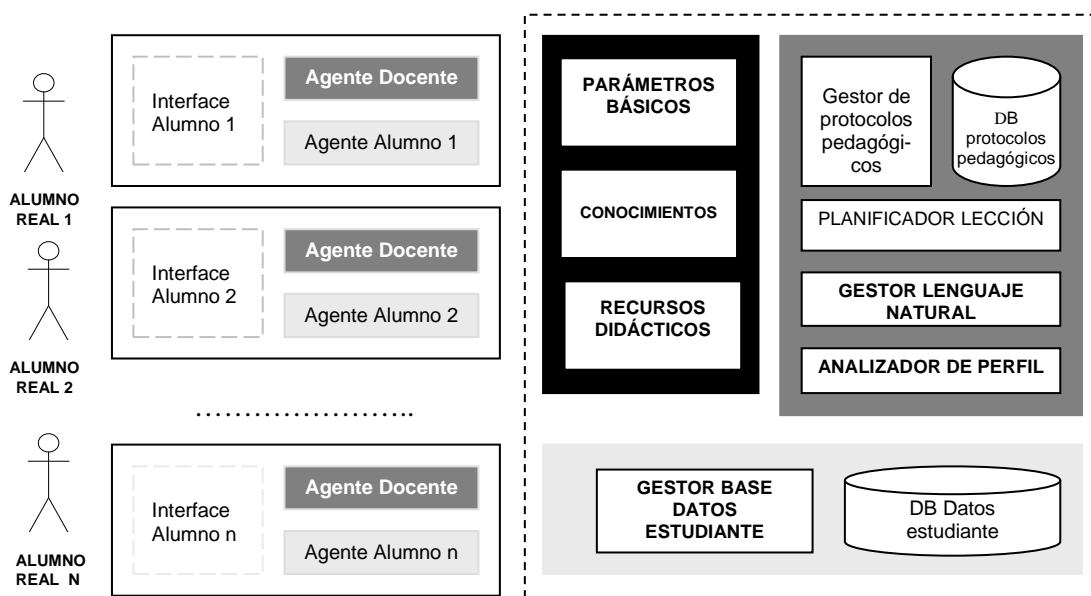
La Inteligencia Artificial Distribuida (IAD) se define como: “*aquella parte de la inteligencia artificial que se centra en comportamientos inteligentes colectivos que son producto de la cooperación de diversos agentes*” [14].

La aplicación del paradigma multiagentes al STI, supone el rediseño de la arquitectura para lograr mejores resultados. Entre las ventajas de la concepción multiagente se pueden citar:

- *Tolerancia a fallas* dado que un sistema creado por agentes autónomos no se colapsará cuando uno o más de sus componentes falle.
- *Facilidades en la corrección de errores y en la modificación del sistema* para proveer mejoras, dada la estructura modular del mismo basada en una estrategia “*Divide y Vencerás*”.
- *Fuerte especialización* de cada módulo del sistema.
- Posibilidad de *que el sistema aprenda* de las sucesivas evaluaciones que se realizan.
- *El sistema es extensible*, es decir que se le pueden agregar nuevas funcionalidades sin comprometer el funcionamiento previo del sistema.
- Es posible *integrar múltiples plataformas*, dada la estandarización de los mensajes entre agentes.

Como ya se señaló estas ventajas deben considerarse con mucha cautela, sobre todo en dominios complejos donde los volúmenes de información requeridos acerca del mismo son muy grandes, por lo que resulta muy dificultoso efectuar las revisiones de todas las situaciones posibles para que *los agentes puedan evolucionar y adaptarse al entorno*.

### 3. UNA ARQUITECTURA PROPUESTA PARA EL STI



**Figura 3:** Posible arquitectura de STI con agentes.

(Referencias: ■ módulo dominio, ■■ módulo Tutor, ■■■ módulo Estudiante)

En la Figura 3 se observa una arquitectura posible para el subsistema alumno–docente. En la misma se ha considerado que se genera un agente alumno a partir del registro del alumno real en el sistema y que modelará a este alumno real. También se genera un agente docente, que será el encargado de tutorizar a ese alumno particular, y un módulo individual de interface. Los agentes docentes y alumnos son conscientes de la aparición de nuevos agentes y por otra parte, todos los agentes docentes tienen el mismo *status* o nivel, y análogamente, para los agentes alumnos.

### 4. IMPLICANCIAS PEDAGÓGICAS. VENTAJAS DEL ENFOQUE ELEGIDO

El esquema de interacción planteado favorece el desarrollo de las competencias profesionales y fomenta las competencias sociales, respondiendo a los enfoques pedagógicos que sustentan el intercambio con los pares [15]. De este modo, se estimula la realización de actividades innovadoras, la creación de grupos de estudio, los trabajos en colaboración, permitiendo a cada agente docente poder acceder simultáneamente a una información clara y objetiva sobre las capacidades de cada estudiante.

Según la *Teoría del Ambiente de Aprendizaje* (Learning Environment Theory), de Engeström [16] y Wenger [17], los seres humanos necesitan construir sus identidades para motivarse a participar en actividades sociales de manera continua. En consecuencia, cada acción es significativa en términos de cómo la persona se reconoce a si misma y es reconocida por otros de acuerdo al concepto de

compromiso o “*engagement*” de Wenger [17]. La arquitectura planteada para el STI apunta a reforzar los roles y los valores cooperativos que refuerzan la identidad del alumno.

Por otro lado Bloom [18] considera que la estrategia usada por el sistema debería replicar un ambiente y las interacciones propias del trabajo “*one-to-one*”, dado que es el ambiente ideal para el aprendizaje y Sleeman y Brown [19] apoyan la idea que un STI debe llevar a cabo un proceso similar a aquel en el cual un alumno y un docente interactúan entre sí (“*one-to-one*”).

Chi, Siler *et al.* [20] realizaron investigaciones acerca de las características de las tutorías más eficaces y el uso de la retroalimentación tutorial. Sus trabajos indican que la eficacia se sustenta en las *habilidades pedagógicas del tutor*, la generación activa de los alumnos o el esfuerzo conjunto entre el tutor y los estudiantes. Desde este punto de vista, la retroalimentación es una forma de andamiaje colaborativo [15], que puede orientar la estrategia tutorial, para que el alumno construya su aprendizaje.

#### 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGENTES DEL STI

Un agente es *reactivo* si no incluye un modelo simbólico del mundo ni usa razonamiento simbólico complejo de ningún tipo. Puede construirse usando sistemas de producción, como propone Nilsson [21] es decir definiendo conjuntos de reglas de producción y de producciones que indiquen la acción a realizar cuando se verifican determinadas condiciones. No existe comunicación explícita entre estos agentes, sino que reaccionan a los cambios en el entorno generados por los otros agentes a medida que los perciben.

Los agentes son *deliberativos* sí usan un modelo del mundo, explícitamente representado y funcionan siguiendo el paradigma de los sistemas clásicos de planificación en IA (Inteligencia Artificial), basados en el ciclo *percepción-planificación-acción*. Las intenciones se corresponden con la estrategia de acción que sigue el agente, y pueden ser reconsideradas.

Según Rao y Georgeff [22], un agente deliberativo lleva a cabo un ciclo infinito que sensa sus creencias, considera sus deseos para establecer cuáles se pueden alcanzar y los no alcanzables se eliminan, transformándose en intenciones, estableciendo planes de acción para la ejecución de las mismas, lo cual modificará nuevamente el entorno percibido por el agente, y su conjunto de deseos, dado que los alcanzados se eliminarán del conjunto.

Un agente es *híbrido* si dispone de componentes deliberativos para llevar a cabo razonamientos complejos, desarrollar planes y decidir, y simultáneamente tiene componentes reactivos para reaccionar inmediatamente ante ciertos sucesos.

Se adopta para este trabajo que: *tanto los Agentes Docente como los Agentes Alumno son híbridos.*

Por otro lado, los agentes que trabajan de forma independiente con sus propios objetivos constituyen sistemas independientes. Si tienen objetivos sin correlación son *discretos*, y en caso contrario son de *cooperación emergente* (cuando poseen mecanismos explícitos de cooperación). Los SMA (sistema multiagente) puede considerarse como comunicativos cuando poseen y usan protocolos y procedimientos de cooperación.

*El STI planteado es un sistema cooperativo y comunicativo.*

Dadas las características del sistema, *el diseño puede imponer para cada agente un protocolo de interacción y una estrategia*, los cuales se construyen en función de los resultados sociales, puesto que los agentes están obligados a utilizar las estrategias impuestas.

Para los planes consensuados, existen varios enfoques posibles. Para el caso del STI, se podría aplicar un enfoque de *planeamiento multiagente*, en el cual se establecen tres etapas, cada una llevada a cabo por uno o más agentes: *elaboración de planes, coordinación y ejecución de los planes*. Otro mecanismo posible es el de *votación*, en donde se somete a la decisión de los agentes las acciones posibles.

## 5. LAS TAREAS DEL MÓDULO TUTOR

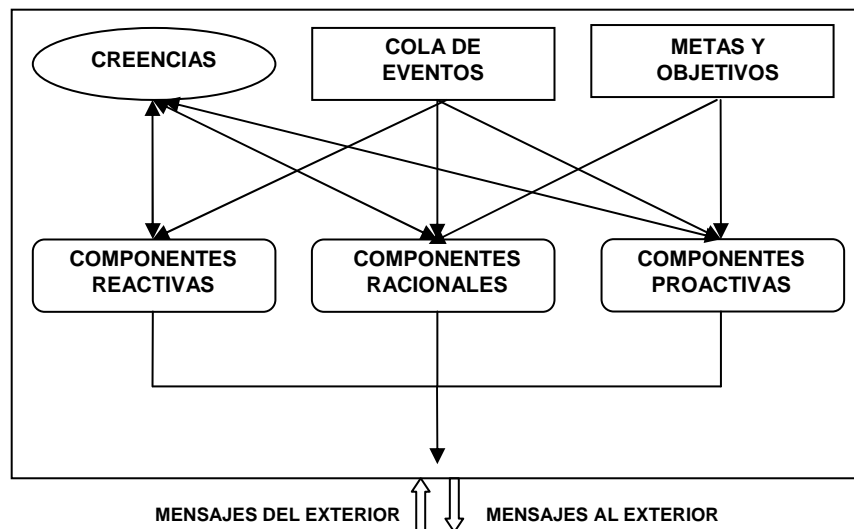
Dentro del conjunto de tareas que el módulo Tutor debe considerar se encuentra las siguientes:

- *Mantener una jerarquía de metas* que debe cumplir mientras traspasa los conocimientos al alumno quien cual producirá un resultado que el tutor no puede predecir de antemano.
- *Identificar los objetivos para los alumnos* (establecer cuál es el objetivo de la sesión pedagógica que se está llevando a cabo y qué es lo que se pretende obtener como resultado para los estudiantes una vez finalizada dicha sesión). Para esto el agente docente usará la información sobre el alumno proveniente del agente alumno.
- *Ser capaz de detectar las necesidades del alumno*, y, en base a estos requerimientos, modificar la estrategia de enseñanza
- *Supervisar y establecer el avance hacia los objetivos.*
- *Seleccionar los protocolos pedagógicos* más eficientes para cada una de las sesiones pedagógicas a fin de impartirla de tal manera de lograr los mejores resultados con los elementos disponibles

Por otra parte, puntualmente en cada sesión debe:

- *Presentar la explicación de un concepto* (si es necesario de diferentes maneras, para variar el modo de presentar un tema si el alumno no alcanza a comprender el concepto nuevo). Esta tarea se realiza en colaboración con el agente docente, el agente alumno, el Gestor de Estrategias, el Módulo de Dominio y el Generador de Lenguaje Natural.
- *Exponer numerosos ejemplos* sobre los conceptos analizados utilizando al agente docente y al Generador de Lenguaje Natural.
- *Recibir las respuestas* del agente alumno a las evaluaciones y las *eventuales consultas* del alumno.
- *Ordenar y actualizar el registro de los nuevos conceptos adquiridos por los alumnos.* Para esto el agente docente trabaja con el agente alumno.
- *Supervisar las tareas que el alumno realice en colaboración con otros alumnos*, como parte de su aprendizaje colaborativo.
- *Comunicarse con los otros agentes docentes*, por ejemplo, para acordar tareas a realizar por los alumnos.

Considerando la variedad de tareas a realizar se propone un esquema de capas para el agente Docente pensado como un agente híbrido como se muestra en la Figura 3.



**Figura 4:** Esquema de tres capas del agente docente

En el esquema de la Figura 4 se observa la arquitectura del agente docente, el cual por ser híbrido fue considerado con tres capas. Los comportamientos que deben llevarse a cabo de acuerdo con reglas situación-acción sin involucrar metas y objetivos se resuelven a nivel *reactivo* y las conductas dirigidas por objetivos (racionales o proactivas) se resuelven en los niveles superiores. En el nivel *proactivo* se implementan las conductas que permiten la cooperación con los otros agentes y la formulación de planes.

## 6. LA COMUNICACIÓN Y LA COORDINACIÓN ENTRE AGENTES

En este modelo, el alumno *real* en ocasiones tomará una clase para adquirir conocimientos que imparte el sistema Tutor por medio del agente docente que le corresponde, y en otras ocasiones realizará una tarea en colaboración con otros alumnos *reales*. Entonces, deberá recurrir mediante su *agente alumno* a otros alumnos *reales*. En este caso, los agentes alumno se comunican entre sí, para requerir colaboración en la realización de tareas en grupo. Se supone que los agentes alumno (y docente) son benevolentes, por lo que estarán predispuestos a colaborar con los otros y resolver los conflictos que pudieran surgir.

En algunos casos, es posible que un agente alumno sepa a qué otros agentes alumno debe recurrir; en otros casos, eventualmente requerirá de la ayuda de un agente mediador o facilitador de búsqueda para poder localizar a quien pueda cooperar con él para llevar cabo la tarea asignada.

El uso de agente mediador para el intercambio de mensajes resuelve el problema de la eventual saturación de mensajes entre agentes docente y también entre agentes alumno.

La comunicación por medio de mensajes permite implementar estrategias complejas de coordinación. Por lo general, se trata de un emisor y un receptor, pero existe también la posibilidad de utilizar el “*broadcasting*” como técnica para enviar un mensaje a un grupo de agentes, es decir un emisor y varios receptores. Otra forma posible es la pizarra que surge como un sistema de comunicación particularmente útil para el trabajo en colaboración. Se trata de una estructura de datos para la comunicación general gestionada por un controlador que se constituye en un área común de trabajo, permitiendo compartir la información, de modo tal que un grupo de agentes pueda “*leer*” y “*escribir*” en el área.



Por otro lado, la interfase con el alumno real puede recordar los hábitos y preferencias del usuario, y adaptarse a las características propias de cada alumno real, de modo de ofrecer una aproximación amigable al STI.

En cuanto a la *evaluación del mecanismo de interacción y sociabilidad*, en este sistema es posible realizar un análisis sobre el comportamiento emergente y la sociabilidad en base al test de Huhns y Singh [23], que permite evaluar el sistema en función de las relaciones entre los agentes. La regla del test enuncia: “*A system containing one or more reputed agents should change substantively if another of the reputed agents is added to the system*”. El test se basa en medición de la sociabilidad de los agentes puesta de manifiesto a través de cambios en su comportamiento. Aunque el test no es simple matemáticamente, se lo puede aplicar a través de las ideas clave que los autores señalan y discuten. Las condiciones especificadas para aplicar el test son: que el entorno del agente no sea estático, que sea suficientemente observable, y que los agentes sean del mismo tipo.

El criterio de evaluación del mecanismo de interacción establece el modo de medir tal interacción del sistema. Puede usarse como criterio el grado del beneficio global de los agentes (criterio de bienestar social), o bien determinar si un resultado es Pareto óptimo, es decir que no existe otro resultado en el que por lo menos un agente obtenga un beneficio mayor y además ningún otro agente obtiene un beneficio menor en otro resultado.

## **7. LAS ACTIVIDADES A REALIZAR EN LAS SESIONES DE APRENDIZAJE**

A fin de delimitar las posibles acciones requeridas por los componentes del sistema cuando un alumno *real* se conecta al STI para tener una sesión, ésta puede tener como objetivo una de las dos actividades siguientes:

- a) la adquisición de un concepto o habilidad nueva (*sesión de aprendizaje “uno a uno” con su docente*),
- b) la realización de un trabajo en colaboración con otros alumnos *reales*, eventualmente pendiente de una sesión anterior (*sesión de aprendizaje colaborativo*).

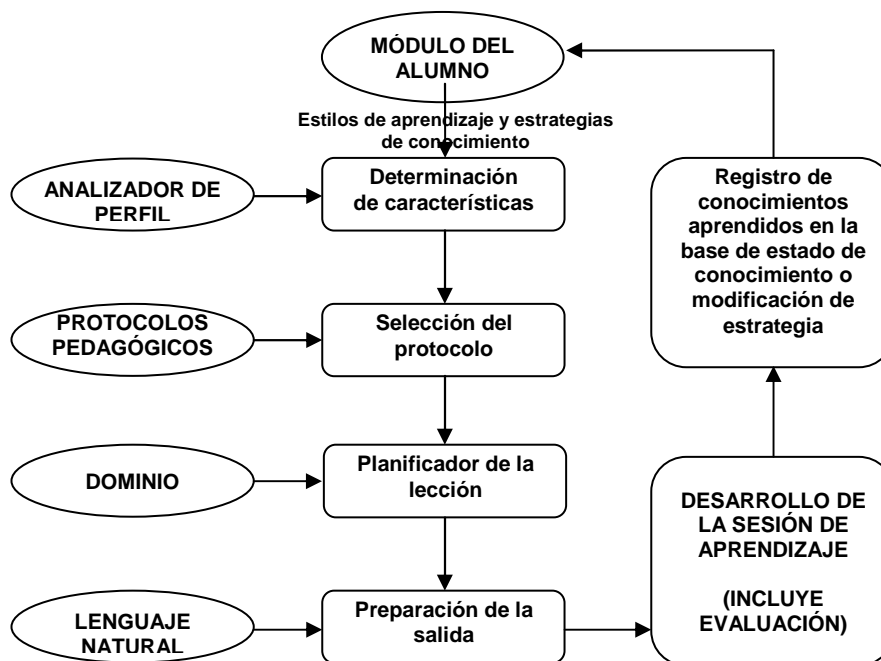
En el primer caso, el desarrollo de la sesión se centrará en una interacción con retroalimentación entre el docente y su alumno, con posterior evaluación. El segundo caso se da cuando un agente docente propone al alumno *real* realizar un trabajo en colaboración con otros alumnos reales y éste responde afirmativamente, el agente alumno registrará la elección del alumno *real* y se comunicará con otros agentes alumnos para proponer realizar dicho trabajo en colaboración. Cuando un agente alumno recibe una propuesta de trabajo en colaboración, y ya se encuentra comprometido en algún trabajo inconcluso, rechazará la solicitud. Si no es así, primero solicitará “*permiso*” a su agente docente, el cual, en base a los objetivos propuestos para ese alumno y el grado de avance en sus aprendizajes, otorgará o no el permiso. Si el agente docente aprueba el trabajo, el agente alumno consultará al alumno *real* para saber si desea realizar dicho trabajo y si el alumno *real* llega a un acuerdo, el agente alumno registrará su elección.

## **8. El Módulo Tutor y el armado de la sesión de aprendizaje “uno a uno”**

Se debe llevar a cabo el análisis del Módulo Tutor comenzando con el caso de armado de una sesión de aprendizaje. Es decir, una vez registrado en el sistema y “*logueado*” el alumno, el agente docente recibirá como entrada, las características del estilo de aprendizaje del alumno y el estado del conocimiento del mismo provenientes del Módulo Alumno. Se lleva a cabo el análisis de perfil del alumno, y se solicita al Gestor de Protocolos Pedagógicos el que se corresponda con las características del alumno. Luego se le solicita al Planificador de la Lección que construya la misma

utilizando los elementos del Módulo del Dominio, por lo que se genera la pila de objetivos de la lección y el procesador de lenguaje natural toma la información contenida en las estructuras internas y finalmente prepara la salida en lenguaje natural, que el Agente docente presenta al alumno utilizando la interfase.

A partir de la evaluación posterior y la comparación con los objetivos propuestos surgirán las modificaciones eventuales a la información del alumno, o a la selección de estrategias más convenientes para la continuación del proceso de aprendizaje, las cuales serán almacenadas en la base de datos del alumno, de acuerdo al ciclo de la Figura 5.



**Figura 5:** El agente docente en una sesión “uno a uno”

En la Figura 5 se presentan los pasos a seguir por el agente docente cuando se prepara y lleva a cabo una sesión “uno a uno” con un alumno. A partir de los datos recibidos del módulo Alumno y del análisis de su perfil, se selecciona el protocolo más adecuado, y se prepara la lección, tomando los contenidos del Módulo Dominio y con el auxilio del Procesador de Lenguaje Natural se prepara la salida. Una vez desarrollada la *Sesión de Aprendizaje*, se realizará una evaluación, a partir de la cual se registrarán los nuevos conocimientos del alumno si ésta ha sido superada; en caso contrario, se procederá a modificar la estrategia utilizada.

## 9. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LOS AGENTES

Para llevar a cabo este diseño, el AUML (Agent Unified Modelling Language) resulta una herramienta de gran utilidad, ya que toma herramientas del UML (Unified Modelling Language) y las utiliza en el campo de los agentes, es decir, extiende el UML permitiendo la especificación de protocolos de interacción de agentes y la representación de estructuras sociales y organizativas entre agentes.

Para esto, AUML agrega al UML los diagramas de protocolos, que son diagramas de secuencias UML para especificar una colección de mensajes, parcialmente ordenados, entre un agente emisor y un agente receptor. Bauer, Odell *et al.* [24] sugieren una representación en tres capas, denominada Agent Interaction Protocol (AIP), que representa los protocolos de comunicación que utiliza paquetes y los *templates* de UML para la especificación de estos protocolos.

## 10. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Se ha presentado un esquema del módulo tutor y cómo se gestiona el uso del sistema por los estudiantes en los casos en que la sesión se realiza para tutorizado “*uno a uno*” o a través el diálogo entre pares en colaboración. Se han analizado las características que deben tener los agentes que participarán en el subsistema Alumno-Docente delimitando el tipo de interacciones a considerar.

Se ha investigado el problema integrando distintas perspectivas: los sistemas inteligentes y las ciencias de la educación, a fin de obtener una base teórica consolidada, sobre la cual desarrollar un tutor inteligente. Se han tenido en cuenta particularmente el análisis de las teorías de aprendizaje, de enseñanza y las características de los sistemas multiagentes que pudieran aportar elementos a la propuesta.

La arquitectura presentada permite una forma efectiva de comunicación entre el usuario y el sistema, ya que considera el estilo de aprendizaje del estudiante como variable de entrada. Una vez determinado el marco teórico y los requerimientos de los módulos multiagentes, se seleccionarán las herramientas metodológicas y de desarrollo más adecuadas a fin de: a) Llevar a cabo el diseño del módulo de agentes docentes para la tarea de generación de estrategias de enseñanza en el *módulo del tutor*, que permita la adición de nuevos protocolos de enseñanza que se adapten a las necesidades de cada del alumno (a través de su perfiles) y b) Llevar a cabo el diseño de un agente (*modelo de estudiante*) que permita obtener los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes de acuerdo sus preferencias.

Estas etapas permitirán arribar a la metodología más apropiada para trabajar con sistemas multiagentes en el diseño de los sistemas para tutorizado inteligente.

## 11. REFERENCIAS

- [1]. Russell, S. J. y Norvig P. (2003). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd Edition). Prentice Hall.
- [2]. Wooldridge, M. J. y N. R. Jennings (1995). *Agent Theories, Architectures and Languages: A survey*. In M. J. Wooldridge and N. R. Jennings (Eds.), *Intelligent Agents*, Vol. 890 of LNAI. pp. 1–39. Springer-Verlag.
- [3]. Perkins, D. (1995) *La escuela inteligente*. Gedisa.
- [4]. Calvo, P., Cataldi, Z; Salgueiro, F.; Costa, G.; Méndez, P., Rendón Zander, J. y Lage, F. 2006. *Sistemas Tutores Inteligentes basados en agentes*. Anales del VIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Págs. 671-675. ISBN13: 978-950-9474-34-5, 1 y 2 de junio.
- [5]. Cataldi, Z.; Salgueiro, F. y Lage, F. 2006. *Sistemas tutores multiagentes con modelado del estudiante y del tutor*. Revista Edutec. ISSN: 1135-9250. Núm. 20. Enero. Pág.1-22.
- [6]. Carbonell, J. R. (1970). *AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer assisted instruction*. IEEE transaction on Man Machine System. V11 n.4, p 190-202.
- [7]. Salgueiro, F. A. (2005) Tesis de Grado en Ingeniería Informática: *Sistemas inteligentes para modelado del tutor*. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.
- [8]. Salgueiro, F. A., Costa, G., Cataldi, Z., García-Martínez, R. y Lage, F. J. (2005). *Sistemas inteligentes para el modelado del tutor*. Proc. GCETE'2005 CD, Global Congress on Engineering and Technology Education.Brasil. marzo 13-15.
- [9]. Costa, G.; Salgueiro, F. A., Cataldi, Z., García-Martínez, R. y Lage, F. J. 2005. *Sistemas inteligentes para el modelado del estudiante* Proc. GCETE'2005 CD, Global Congress on Engineering and Technology Education.Brasil. marzo 13-15.

- [10]. Pagés, C., Martínez, J.; Gutierrez, O., Diez T.(2005).*Sistema Inteligente de Tutorización Avanzada (SITA). Un caso de aplicación: GEKA*. Publicado en RED. Revista de Educación a Distancia Publicación en línea. Murcia (España). Año IV. Número monográfico II.
- [11]. Anderson, J.R.; Corbett, A.T.; Koedinger, K.R.; Pelletier, R. (1995). Cognitive tutors: Lessons learned. *Journal of the Learning Sciences*. 4(2), 167-207.
- [12]. Genesereth, M. and Nilsson, N. (1987) *Logical Foundations of Artificial Intelligence*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- [13]. Nilsson, N. (1998) *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. Morgan Kaufmann Publishers.
- [14]. Iglesias, C.A., Garijo, M., González, J.C., (1998) *Metodologías orientadas a agentes* Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, Numero 6, Volumen 2, Otoño.
- [15]. Vygotsky, L. (1978) *Mind in society. The Development of Higher Psychological Process*. Cambridge. N. A. Harvard University Press.
- [16]. Engström, Y. (1999) *Perspectives on activity theory*. London; New York: Cambridge University Press,
- [17]. Wenger, E. (2001) *Comunidades de práctica. Aprendizaje, significado e identidad*. Barcelona: Paidós, 2001.
- [18]. Bloom, B. S. (1984) *The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring*. *Educational Researcher*, 13, 4-16.
- [19]. Sleeman, D. H., & Brown, J. S.(1982) *Intelligent tutoring systems*. New York: Academic Press.
- [20]. Chi, M. T. H., Siler, S., Jeong, H., Yamauchi, T., y Hausmann, R. (2001) *Learning from human tutoring*. *Cognitive Science*,
- [21]. Nilsson, N.J. (1991) *Logic and Artificial Intelligence*. *Artificial Intelligence* 47: 31-56.
- [22]. Rao, A. S., y Georgeff, M. P. (1995) *BDI Agents: From Theory to Practice*, In *Proceedings of the First International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS 1995)*, São Francisco, MIT Press, pp. 312-319.
- [23]. Huhns,M. y Singh, M.P. (1999) *A Multiagent Treatment of Agenthood* *Applied Artificial Intelligence*, Volume 13, Numbers 1-2, 1 January
- [24]. Bauer, B. Muller, J.P. and Odell, J. (2001). *Agent UML: A Formalism for Specifying Multiagent Interaction*. P. Ciancarini and M. Wooldridge, editors, *Agent-Oriented Software Engineering*, pages 91-103. Springer-Verlag, Berlin, 2001.