

## TENDENCIAS EN EL DESARROLLO DE AGENTES INTELIGENTES APLICADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN AULA INTELIGENTE

*Adriana Rocío Lizcano,<sup>12</sup> Juan David Cardona García,<sup>13</sup>  
Rafael Pérez Holguín<sup>14</sup>*

### RESUMEN

Los agentes inteligentes o sistemas multiagente son una tendencia importante de investigación en Inteligencia Artificial. En esta línea de trabajo, el proyecto “Aula Inteligente”,<sup>15</sup> desarrollado en colaboración con varios grupos de investigación, busca su aplicación en el apoyo a procesos de aprendizaje autónomo, en un aula digital. Aquí se presentan las conclusiones obtenidas en una de las primeras actividades de desarrollo del proyecto Aula Inteligente, que consistió en realizar un proceso de consulta bibliográfica sistemática que ha permitido identificar las tendencias, utilidad y tecnologías de agentes y sistemas multiagente, en el ámbito de procesos de aprendizaje de agentes naturales y artificiales. El artículo muestra la conceptualización fundamental sobre agentes inteligentes, la metodología utilizada para adelantar la revisión, los hallazgos obtenidos en el proceso y la aplicación de los mismos en diferentes aspectos del proyecto Aula Inteligente.

**Palabras clave:** agentes inteligentes, sistema multiagente, *e-learning*, aprendizaje autónomo, aulas digitales.

---

12 Adriana Rocío Lizcano Dallos. Líder del Grupo de Investigación en Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación GIDSAW y Docente del Área de Programación y algorítmica de la Universitaria de Investigación y Desarrollo en diferentes programas de Ingeniería. Ingeniera de sistemas de la Universidad Industrial de Santander y Candidata a Magister en Tecnologías de la Información aplicadas a la Educación con el Grupo TECNICE, ha centrado su actividad académica en el estudio de la inclusión de herramientas tecnológicas en procesos de aprendizaje, desde desarrollos tipo tutorial hasta el uso de aulas digitales. Correo electrónico: alizcano@udi.edu.co. País: Colombia.

13 Juan David Cardona García. Joven Investigador de la Red Almamater Eje Cafetero, Ingeniero de sistemas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Ha centrado su perfil académico en la vinculación de las TIC al ser Humano como ser humano y no como fuente del utilitarismo de las tecnologías, proponiendo siempre aporte Tecnológico - Social desde las TIC para la construcción de sociedad. Correo electrónico: juancardona45@hotmail.com. País: Colombia.

14 Rafael Pérez Holguín, Ingeniero de Sistemas, Especialista en Pedagogía para la virtualidad, actualmente cursa el Máster en Dirección Estratégica de Tecnologías de la Información. Tutor Tiempo Completo de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnológicas e Ingeniería (ECBTI) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, es coordinador local del programa académico de sistemas en el ciclo tecnológico y profesional, en el CEAD de Yopal, Casanare. Entre sus labores académicas está la de participar en la adecuación de aulas virtuales de las asignaturas bajo ambiente Moodle, mediante las redes de tutores. Correo Electrónico ingrafaph@unad.edu.co. País Colombia.

15 Proyecto financiado por Colciencias y UNAD Contrato 503 de 2008.

## ABSTRACT

Intelligent agents or multiagent systems are a major trend of research in Artificial Intelligence. In this way of work, the “Aula Inteligente” project (Smart Classroom), developed in collaboration between several research groups, are seeking their support in the implementation processes of autonomous learning in a digital classroom. This paper presents the findings at an early project development activities, which has conducted a consultation process that the literature has identified systematic trends of development and use of agents and multiagent systems in learning processes of natural and artificial agents. This paper presents the fundamental concept of intelligent agents, the methodology used to advance the literature review, the findings obtained in the process and applying it in different aspects of the “Aula Inteligente” project.

**Key words:** intelligent agent, multiagent system, e-learning, autonomous learning, digital classroom.

Recibido: 11 de mayo de 2009

Aceptado: 23 de octubre de 2009

## INTRODUCCIÓN

El vertiginoso avance de la ciencia y la tecnología ha involucrado, en el marco de la educación, el uso de *software* inteligente capaz de realizar procesos similares al de un ser inteligente natural, proceso conocido como Inteligencia Artificial (Newell, 1993). Se parte de la idea de un agente inteligente que internamente realiza tareas de procesamiento a partir de entradas o percepciones y las convierte, después del proceso, en salidas o acciones. La intervención de dos o más agentes inteligentes en un sistema conforman un sistema multiagente. Los diseñadores de agentes precursores de la idea y los contemporáneos, se han centrado en los últimos años en fortalecer los ambientes virtuales *e-learning* mediante la incorporación de agentes o sistemas multiagente, con el fin de ofrecer un mayor aprovechamiento de los recursos tecnológicos que hoy están al alcance de la investigación científica en este campo.

Dentro del procesamiento realizado por los sistemas multiagentes, la representación de conocimiento es un aspecto fundamental pues facilita el procesamiento sistematizado del mismo por parte de los agentes inteligentes artificiales. La selección de métodos adecuados de representación de conocimiento, puede favorecer la intervención de agentes en comunidades virtuales orientadas a la educación, colaborando en la identificación de patrones, conformación de planes de estudio y ofreciendo orientaciones que faciliten la formulación y logro de metas de aprendizaje. Esta representación se ha venido dando a través de redes semánticas y ontologías basadas en grafos conceptuales (Sowa, 1992) y dada su importancia, se considera un rasgo fundamental para observar en esta revisión.

Los aportes de diversas investigaciones realizadas en el ámbito de los agentes inteligentes artificiales, sirvieron de apoyo para identificar tendencias en el uso e implementación de

metodologías, arquitecturas, plataformas y otras variables de desarrollo, que favorezcan la construcción de nuevos agentes de *software* para fortalecer los procesos de cognición y meta cognición de personas en ambientes virtuales y continuar en la transformación socio-cultural del aprendizaje autónomo.

### **Conceptualización sobre agentes**

Cuando se habla de agentes se puede hacer referencia a un individuo biológico (agente natural) o bien a un programa de *software* o dispositivo electrónico (Agente Artificial) que realiza algún tipo de acción impulsada por una entrada que es transformada mediante un proceso. A continuación se presentan algunos conceptos de agente inteligente, con el fin de ampliar el panorama acerca de su definición:

Un sistema de Agente Inteligente en el ámbito de la educación se define como un sistema computarizado que trabaja autónomamente y puede desempeñarse en un ambiente dinámico (Wooldridge y Jennings, 1995).

“Un agente inteligente se refiere a cualquier cosa capaz de percibir su medio ambiente con la ayuda de sensores y actuar en ese medio utilizando actuadores. Un agente racional es aquel que hace lo más adecuado en un momento determinado, dependiendo de cuatro factores: la medida de rendimiento que define el criterio de éxito, el conocimiento del medio en el que habita acumulado por el agente, las acciones que el agente puede llevar a cabo, la secuencia de percepciones del agente hasta este momento. Se adopta el criterio de que la inteligencia tiene que ver principalmente con las acciones racionales” (Russell y Norvig 2003).

Los agentes inteligentes pueden ser utilizados para apoyar el aprendizaje virtual, en especial el autónomo, de forma que éstos pueden hacer entrega del contenido apropiado del curso, supervisando la evolución del estudiante y reafirmando su proceso de aprendizaje en caso de ser necesario (Lai, Wang, He y Wang, 2008). Esto implicaría que el agente se diseña bajo características que permitan tener la capacidad de tomar decisiones sin intervención humana y con la habilidad de aprender, de forma que él mismo se vuelve más efectivo a medida que es utilizado (Millman, 1998).

Un agente inteligente tiene la capacidad de aprender y está diseñado para tener la capacidad de aumentar y mejorar su nivel de percepción comparando los datos de mediciones actuales con un modelo almacenado de la situación (Nilsson, 2001).

Los últimos avances encontrados se caracterizan por diseñar agentes inteligentes dentro de ambientes interactivos, con lo cual se mejora notablemente la eficacia (Furtado y Vasconcelos, 2006).

Las definiciones encontradas conducen a la misma concepción: un agente inteligente percibe, procesa y responde en consecuencia con su objetivo.

Algunas de las propiedades de los agentes se muestran en Quesenbery (2002), mediante la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Propiedades atribuidas a los agentes (Adaptadas de Franklin y Graesser, 1996 por Quesenbery, 2002)

PROPIEDAD	SIGNIFICADO
Reactivo	Responde en un corto tiempo a los cambios en el ambiente
Autónomo	Ejerce control sobre sus propias acciones
Orientado a objetivos	Actúa con un sentido, no solo como respuesta al ambiente
Continuo	Está continuamente corriendo sus procesos
Comunicativo	Es sociable, puede comunicarse con otros agentes, inclusive agentes humanos
Aprendizaje adaptativo	Cambia su comportamiento basado en experiencias previas
Móvil	Tiene la posibilidad de transportarse por si mismo, de una máquina a otra
Flexible	No tiene un guión predeterminado
Carácter	Demuestra una personalidad y un estado emocional

## METODOLOGÍA

Para encontrar las tendencias de desarrollo alrededor de los agentes inteligentes se realizó una búsqueda en la base de datos *ProQuest*, que permitiera ubicar artículos a texto completo cuya fecha de publicación fuera superior al 1 de enero de 2000, donde se mostraran experiencias sobre la implementación de agentes inteligentes o sistemas multiagentes. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda de artículos fueron: Intelligent And Agent And Education, Multiagent And System And Education, Intelligent And Agent And Learning. Aunque se intentó que la búsqueda fuera intensiva sobre el trabajo en agentes inteligentes en procesos de aprendizaje o en educación y que en lo posible hicieran referencia a diseños experimentales donde probaran la efectividad de la incorporación de los agentes en el proceso de aprendizaje, fueron insuficientes los resultados obtenidos, por tanto se redujeron los términos de búsqueda a Intelligent And Agent y Multiagent And System. Adicionalmente, se consultaron artículos producidos en el ámbito nacional, y se encontraron muy pocas publicaciones en el área, la mayoría de ellas del Grupo TECNICE de la Universidad Pedagógica Nacional.

Una vez realizado el proceso de selección, se diseñó una matriz de análisis de los mismos (Anexo 1), que permitiera seleccionar los rasgos básicos de cada uno de los artículos, para facilitar su posterior estudio y la redacción de conclusiones. En total se aplicó el análisis a 30 artículos a texto completo, 29 de entidades internacionales y 1 nacional, de

los cuales se generaron conclusiones en 5 aspectos fundamentales: Áreas de conocimiento, Arquitectura, Algoritmos de aprendizaje, Representación de Conocimiento y Tecnologías de implementación, las que se presentan en la siguiente sección.

### **Tendencias encontradas**

La selección de aspectos a considerar en el análisis de las tendencias se relacionan con aquellos que aparecen con frecuencia en los artículos seleccionados, que se dedican especialmente a mostrar la arquitectura del agente y algunos procesos básicos de la construcción del mismo, como algoritmos o técnicas de representación, aprendizaje o comunicación de los agentes, normalmente presentados como reseñas de casos.

Dentro de los pocos estudios comparativos en experiencias de aprendizaje se encuentran los resultados entre la versión 1 y 2 de un sistema multiagente en el dominio de protocolos de entrenamiento (Cao, *et al.*, 2004) y en la realimentación de documentos producidos en una tarea colaborativa (Kutay y Ho, 2005). Por otra parte, se estudia el impacto de un agente activador de juicios de metamemoria en el aprendizaje de un tema de geografía económica (Maldonado *et al.*, 2001), y la evolución de un grupo de policías que interactúan con un simulador de crímenes que utiliza un agente pedagógico (Furtado y Vasconcelos, 2006), estos dos últimos con un enfoque hacia el estudio del desarrollo de aprendizaje más que a aspectos técnicos de implementación del sistema. A continuación presentamos cada una de estas experiencias con mayor detalle.

Cao *et al.*, (2004) muestran los resultados obtenidos mediante el mejoramiento de los algoritmos de un agente que permite el entrenamiento en protocolos de trabajo en equipo, a través de un juego multijugador denominado *Revised Space Fortress* (RSF). La nueva versión evalúa las posibilidades de flexibilidad y configuración de SF, las necesidades de registro de datos y de un ambiente distribuido multiplataforma que no resulte costoso, obteniendo un sistema multiagente que facilita la interacción en múltiples intentos asignando diferentes roles al usuario, de manera que los roles restantes para el entrenamiento son asumidos por agentes. Adicionalmente, los agentes pueden servir como tutores, monitoreando el comportamiento del usuario y guiándolo a tomar mejores decisiones, para lo cual almacena múltiples detalles de los diferentes intentos y las acciones tomadas por el usuario, siendo posible incluso la revisión de un intento completo.

Kutay y Ho (2005) describen la construcción y prueba de un agente que produce realimentación al estudiante, a partir del seguimiento del trabajo realizado en colaboración con su grupo, para el desarrollo de un proyecto conjunto que consistió en la elaboración de un documento de requerimientos y diseño de un algoritmo computacional. Los agentes están diseñados e implementados usando una estructura patrón (ontología) para analizar el proceso de aprendizaje realizado por el grupo (en comunicaciones sincrónicas y asincrónicas), la ontología usada en esta investigación está basada en la estructura proporcionada por la Teoría de la actividad (Nardi, 1996), donde la tecnología juega el rol de mediador en el contexto de las acciones del estudiante. El agente evalúa el proceso de producción de los materiales

solicitados al grupo, en un *software* construido y probado con anterioridad, denominado Intertac-I (Kutay, 2003). De acuerdo con este desempeño presenta una realimentación que guía al estudiante para culminar a satisfacción su trabajo con el consecuente alcance de las competencias requeridas. Al analizar las diferencias entre grupos usando Intertac-I e Intertac-II, no se aprecian diferencias significativas en el alcance de dichas competencias.

Maldonado *et al.* (2001) muestran los resultados obtenidos con el desarrollo de un agente *software* que actúa como activador de juicios de metamemoria, realizando preguntas a los usuarios (estudiantes de educación media), a partir de la estructura de un hipertexto estructurado mediante el sistema de marcos, en el dominio de la geografía. El estudio compara el efecto producido en el desarrollo de la competencia cognitiva definida como “hacer inferencias”, de los sujetos que estudian un hipertexto diseñado con base en una estructura ontológica (que usa 3 niveles jerárquicos) y otros que estudian el mismo hipertexto con el generador de preguntas que opera en 4 configuraciones: generación de preguntas de primero, segundo o tercer nivel y configurable a voluntad del usuario. Plantea que la generación de preguntas sirve al agente natural para que identifique lo que necesita aprender. Los resultados sugieren que un sistema de activador de juicios de metamemoria (agente) controlado por el usuario y con sugerencia de estrategia fija al inicio de la sesión genera mejores resultados en un proceso de aprendizaje complejo como es el de construir una red semántica sobre un tema, encontrándose que el número de respuestas correctas a las preguntas formuladas por el sistema es un predictor de los resultados en la prueba de comprensión. Además, el entrenamiento en preguntas de alto nivel en la jerarquía del hipertexto no presenta diferencias significativas con respecto al entrenamiento con preguntas de más bajo nivel.

Furtado y Vasconcelos (2006) presentan un sistema multiagente para la localización de equipos policivos con componente pedagógico (*ExpertCop*) que funciona como un simulador de crímenes en regiones urbanas. En *ExpertCop*, los estudiantes (oficiales de policía) configuran y localizan una fuerza de policía disponible de acuerdo con las regiones geográficas seleccionadas e interactúan con la simulación. El estudiante interpreta los resultados con la ayuda de un tutor inteligente (agente pedagógico) que ha observado el comportamiento del crimen con la presencia de la fuerza preventiva de la policía. El agente pedagógico usa un algoritmo de aprendizaje para identificar patrones en los datos de las simulaciones y formula preguntas a los estudiantes, acerca de estos patrones. El sistema utiliza información georreferenciada para la generación y seguimiento de las simulaciones (geosimulación), lo que permite observar los fenómenos como el resultado de la interacción dinámica colectiva entre entidades animadas e inanimadas que componen el ambiente. El estudio arrojó que los estudiantes con mayor número de accesos obtuvieron mejores resultados en las pruebas, el promedio después del uso del agente fue mayor con respecto al inicial, de manera que los usuarios presentaban una mayor capacidad de reflexión de la situaciones, lo cual se manifestaba en un mayor tiempo para la toma de decisiones y finalmente, los usuarios continúan usando el sistema aún después de terminada la capacitación.

## Áreas de desarrollo

El desarrollo de agentes y sistemas multiagente ha generado aplicaciones en muy diversas áreas del conocimiento. En la exploración realizada, que se enfocó especialmente a apreciar su utilidad en procesos de formación o entrenamiento de agentes naturales o artificiales, se encuentran igualmente múltiples facetas, que se han agrupado en 5 áreas de desarrollo: aprendizaje basado en *web* o *e-learning*, entrenamiento o ejercitación, solución de problemas, juegos y procesos organizacionales.

La primera área de desarrollo se enfoca en el aprendizaje basado en *web*, también denominado *e-learning*. Vasilakos, *et. al.*, (2004) discuten algunos aspectos importantes de la *Web Intelligence* (WI) en el contexto de aplicaciones educativas, se mencionan algunos de los componentes claves de WI que ya han atraído a los desarrolladores de sistemas educativos basados en *web* durante bastante tiempo: la capacidad de representación de conocimiento, mediante el manejo de ontologías, su adaptabilidad y personalización. Algunos de los ejemplos encontrados en la revisión propia son: Mowlds, Roche y Mangina (2005) que presentan una arquitectura de agentes dentro de un sistema tutor inteligente con tres componentes: Agente Estudiante, Agente Curso y Agente Lector. Rosic, Glavinic y Stankov (2006) presentan un trabajo sobre sistemas inteligentes de tutorías aplicadas al aprendizaje a distancia, mediante la simulación de docentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje y el intercambio de conocimientos con los estudiantes. Lai, Wang, He y Wang (2008) muestra el desarrollo de un ambiente de aprendizaje electrónico, donde los agentes inteligentes fueron utilizados para entregar el contenido de curso apropiado, supervisar el funcionamiento del estudiante y reafirmar su proceso de aprendizaje en caso de ser necesario. Metaxiotis, Psarras y Papastefanatos (2002) presentan una arquitectura con modelos de agentes que actúan cooperadamente, para administrar metadatos de objetos de aprendizaje y modelos de usuario que funcionan sobre aulas electrónicas. Yau, Ngai y Cheng (2005) presentan una arquitectura para el desarrollo de un sistema *e-learning* orientado a agentes y soportado por procesos de administración de conocimiento (*Knowledge Management*) para proporcionar un ambiente flexible y de aprendizaje colaborativo, constituido por tres niveles: Nivel de usuario, nivel de dominio y nivel *web*. Yau *et al.* (2005:53), también proporcionan una lista de algunas otras aplicaciones en el área de educación, publicadas entre 1997 y 2000. Finalmente, Huang (2009), describe la conformación y construcción de dos agentes cooperativos, uno para diagnosticar los errores de los estudiantes a partir de sus respuestas, y otro que aprende inteligentemente a partir de las mismas. El objetivo de los agentes es detectar y reducir los comportamientos inconsistentes generados a partir de conceptos erróneos.

Por otra parte, Gregg (2007) propone un ambiente que puede usarse para proporcionar aprendizaje personalizado, usando un conjunto de agentes interactivos que personalizan la instrucción basados en el conocimiento previo individual así como las necesidades cognitivas y de aprendizaje del estudiante, y en esta misma tendencia, Sun, Joy y Griffiths (2007) desarrollan un sistema de educación multiagente que incorpora objetos del aprendizaje básicos y alternos, asignándolos de acuerdo con el estilo de aprendizaje del estudiante.



Dentro de los beneficios que se mencionan en los sistemas *e-learning* basados en agentes, se plantea que es posible recuperar continuamente la información más actualizada disponible y personalizar los planes de lecciones de los estudiantes de acuerdo con los resultados de las búsquedas. Otra ventaja de los sistemas *e-learning* basados en agentes es que pueden asistir al instructor en el monitoreo del procesos de aprendizaje y facilitar las interacciones entre el instructor y los estudiantes.

La segunda área identificada corresponde al uso de agentes inteligentes en procesos de entrenamiento o ejercitación en diversos ambientes, en la mayoría de los casos mediante el uso de simuladores. En esta área se ubican trabajos como: Cao *et al.* (2004) con el agente para juegos multijugador que facilita el entrenamiento en protocolos de trabajo en equipo (*Revised Space Fortress*); Furtado y Vasconcelos (2006) con el agente para la localización de equipos policivos con componente pedagógico (*ExpertCop*); Buche, Querrec, De Lor y Chevaillier (2004) con la arquitectura para sistemas de entrenamiento por computador, probado en el desarrollo de un agente para entrenamiento de bomberos (*Mascaret*).

Los sistemas multiagente aportan flexibilidad al replantear sus sugerencias de acuerdo con el contexto del entrenamiento y la historia de soluciones que ha planteado el usuario, además de permitir la simulación de diferentes actores, asumiendo roles diversos.

En la tercera área de desarrollo, que muestra el uso de agentes inteligentes para apoyar o guiar a agentes naturales en la solución de problemas, se pueden ubicar los trabajos realizados por Ferguson y Allen (2007) con la creación de un asistente para la solución de problemas colaborativos, basado en la teoría formal de la actividad conjunta y la representación declarativa de tareas; el artículo presentado por Sauders y Gero (2004) sobre la incorporación de agentes curiosos para facilitar la evaluación de ambientes que están siendo diseñados para estimular la exploración; la experiencia documentada por Lhotska y Stepankova (2004) en el desarrollo de un sistema multiagente que ejecuta tareas específicas en el proceso de diagnóstico médico. Eliassi-Rad y Shavlik (2003) presentan una arquitectura de agentes que aprenden y facilitan la labor de recuperar y extraer información. Finalmente, Chira, Roche, Tormey y Brennan (2006) aportan el diseño de un sistema multiagente que busca optimizar el proceso de diseño de soluciones y soporta el diálogo entre los actores de múltiples disciplinas, que se encuentran distribuidos geográficamente.

En la cuarta área de desarrollo se encuentran los artículos que se enfocan en agentes que aprenden a jugar en ambientes específicos. La mayoría de estos casos son ilustrativos de algunos algoritmos que implementan capacidades de aprendizaje. Entre los ejemplos se encuentra un agente que aprende a minimizar el número de movimientos en el juego cazador-presa (Senkul y Polat 2002), otro agente inteligente para el seguimiento de un objetivo, aprende adaptativamente a controlar sus acciones basadas en los gránulos de la información que reflejan conocimiento sobre patrones de comportamiento aceptables (Lockery y Peters, 2008), además, se encuentra el desarrollo de un agente que aprende a jugar, partiendo del total desconocimiento del juego y sus co-protagonistas, de manera que se limita a tratar de aprovechar al máximo mediante la recopilación de información sobre



las consecuencias de sus acciones, este agente utiliza el algoritmo de Pareto Beast Nash y trabaja con un sistema de refuerzo simple (Kimbrough y Lu, 2005).

La quinta área identificada proporciona casos de incorporación de agentes o sistemas multiagente en algunos procesos de las organizaciones, como toma de decisiones. Monitoreo, producción, etc. Dentro de esta área se identificaron los aportes realizados por Malheiro, Vale, Ramos, Cordeiro, Marques y Couto (2007) en la construcción de un sistema eléctrico que cuenta con un Centro de Control (CC) y un control de supervisión y adquisición de datos (SCADA), que en conjunto hacen monitoreo a las redes eléctricas, arrojando resultados en tiempo real de la operación mediante gráficas, diagramas y listas de eventos. Igualmente, el trabajo realizado por Jiang, Mair y Feng (2007) que permite la identificación de posibles candidatos para realizar alianzas productivas, de acuerdo con las características de las necesidades actuales de la organización. Rodríguez, Zalewski y Kirche (2007) presentan un nuevo concepto de apoyo a la colaboración electrónica, las operaciones, y las relaciones entre los socios comerciales en la cadena de valor sin obstaculizar la autonomía humanos, mediante agentes autónomos inteligentes. Yoon, *et al.*, (2004) presentan la arquitectura multiagente y las mejoras adicionadas a un sistema de contratación, mediante la incorporación de una interfaz que procesa lenguaje natural. Igualmente, dentro de esta área se considera la experiencia mostrada por Lohani y Jeevan (2007) como parte de los procesos organizativos en bibliotecas. Para finalizar, Oprea (2008) trata el diseño de un sistema multiagente que maneja una empresa virtual a la que están vinculadas varias empresas con objetivos comunes y un límite de periodo de tiempo.

## Arquitectura

El análisis de la arquitectura permite identificar los diferentes elementos involucrados en el diseño de agentes inteligentes o sistemas multiagente, así como la estandarización en los modelos propuestos por las diferentes experiencias encontradas, con el fin de aportar lineamientos útiles al diseño de los agentes propios.

En este sentido, se encuentra que la gran mayoría de estudios definen una arquitectura propia del agente, de acuerdo con las características del problema o contexto sobre el cual actuará el mismo, solo 3 experiencias utilizan una arquitectura estandarizada para apoyarse en el diseño del sistema, ellas son: Lhotska y Stepankova (2004), Mowlds, Roche y Mangina (2005), Yoon, *et al.* (2004).

Lhotska y Stepankova (2004) desarrollan una arquitectura denominada ADAM (*Agent Architecture for Diagnostics and Monitoring*) partiendo de un modelo de arquitectura denominada 3bA (*Tri-base acquaintance*), que formaliza el comportamiento social del agente y la cooperación de conocimiento enfocándose en asegurar una percepción compleja y holística del problema. En el modelo 3bA cada agente tiene 3 bases de conocimiento con toda la información relevante para el resto de la comunidad de agentes, denominadas la base de cooperadores, base de tareas y base de estados. La base de tareas a su vez contiene la sección de problema y la sección de plan.

Mowlds, Roche y Mangina (2005) presenta una arquitectura para un ABITS (*Agent based intelligent tutoring system*) tomando como marco el modelo BDI (*Beliefs, Desires and Intentions*), de manera que los agentes muestren comportamiento reactivo y deliberativo. La arquitectura del sistema multiagente planteado está compuesta por 3 agentes: Agente estudiante, Agente curso, Agente lector.

Yoon, *et al.*, (2004) desarrolla la arquitectura de MACS (*Multi-agent contacting system*) basada en una arquitectura para agentes *software* denominada OAA desarrollada por el *Artificial Intelligence Laboratory of the Stanford Research Institute*. La arquitectura de MACS incluye: Agente facilitador, Agente especializados (uno para cada regla base: Formas, Tipo de contrato, Evaluación, Sinopsis y Justificación) y Agente de procesamiento del lenguaje natural.

A continuación se organizan algunas de las arquitecturas planteadas por los autores, para los sistemas multiagentes, seleccionadas del área de desarrollo de educación basada en *web* que está fuertemente relacionada con las investigaciones que dan origen a este trabajo:

**Tabla 2.** Comparación de arquitecturas

FUENTE	COMPONENTES
Gregg, 2007	Agente de instrucción
	Agente planeador de lecciones
	Agente localizador de recursos
	Agente centrado en el aprendiz
	Agente de personalización
	Agentes de colaboración
Yau, Ngai y Cheng, 2005	Nivel de usuario
	Nivel de dominio
	Nivel <i>web</i>
Metaxiotis, Psarras y Papastefanatos, 2002	Agente de usuario
	Administrador de contenido
	Objetos de aprendizaje
	Modelos de <i>e-learning</i>
Lai, Wang, He y Wang, 2008	Agente de gestión del proceso
	Agente de supervisión de la actividad del estudiante
	Agente de la evaluación
Mowlds, Roche y Mangina, 2005	Agente estudiante
	Agente curso
	Agente lector

Yoon, Rubenstein, Wilson, Lowry y Liebowitz, 2004	Agente facilitador
	Agente especializados uno para cada regla base
	Agente de procesamiento del lenguaje natural

Tanta variedad en la conformación de las arquitecturas pese a los esfuerzos por crear modelos de arquitectura (3bA, BDI, OAA) podría tener explicación en la variedad de las funciones que pueden ejecutar los agentes y los contextos a los cuales deben responder. Otra posible razón es que la formulación de los mismos ha sido reciente y, por tanto, no ha tenido la suficiente difusión en la comunidad de desarrolladores, se espera que en corto tiempo el uso de estos modelos sea aún más generalizado.

### Algoritmos de Aprendizaje

El análisis de este componente pretende brindar elementos teóricos y de implementación que faciliten el desarrollo de los agentes, incorporando el aprendizaje como una función primordial del agente. Dentro de las experiencias que documentan sus algoritmos de aprendizaje, que se enfocan al área de desarrollo de juegos, se identifica un algoritmo fundamental: el *Q-learning* que se basa en el aprendizaje por refuerzo simple (Kimbrough y Lu, 2005; Lockery y Peters, 2008; Senkul y Polat, 2002), adicionalmente Lockery y Peters (2008) muestran otros algoritmos de aprendizaje por refuerzo (el algoritmo Actor-Critico, el algoritmo sarsa, el algoritmo de espacios de aproximación) que proporcionan una base para el aprendizaje adaptativo, aplicados específicamente a un agente que realiza seguimiento a un objetivo.

Las experiencias gratificantes son aprendidas por el agente a partir de experiencias de prueba y error a los cuales se les asocian valores de gratificación o castigo por cada acción tomada. Un beneficio de esta técnica es que estos valores pueden ser tomados sin necesitar una definición específica de cómo se están cumpliendo los objetivos o tareas.

Otra técnica utilizada para el aprendizaje adaptativo de los agentes son las redes neuronales, de manera que permiten guardar y modificar la información del agente (Eliassi-Rad y Shavlik, 2003).

### Representación de conocimiento

Los agentes inteligentes se diseñan con la capacidad de administrar la planificación de las actividades de aprendizaje de los estudiantes en las que se encuentran metas a alcanzar y dominio de conocimiento, normalmente este conocimiento se representa mediante técnicas que hacen posible su automatización, dentro de ellas se identifican especialmente las redes semánticas y ontologías (Chira *et al.*, 2006; Kutay y Ho, 2005; Maldonado *et al.*, 2003; Jiang, Mair y Feng, 2007; Rosic, Glavinic y Stankov, 2006), aspecto resaltado igualmente

por Vasilakos, Devedzic, Kinshuk, Predrycz (2004). El procesamiento y búsquedas sobre esta información representada se realiza mediante técnicas de minería de datos (Lhotska y Stepankova, 2004).

La representación del conocimiento se vincula a los agentes inteligentes que han sido diseñados para el *E-Learning* como carta de navegación de los estudiantes; las ontologías son un aspecto importante que define objetivamente el conocimiento a brindarse en el curso; dado que se configuran como especificaciones explícitas de una conceptualización compartida (Studer, Benjamins y Fensel, 1998).

Las ontologías se han tomado en el campo de la educación como un vocabulario de términos comunes y significados aprobados por un grupo de personas ya que constituyen una solución para establecer la comunicación y poder compartir el conocimiento (Bayardo y Macías, 2006), de esta manera, las ontologías permitirán organizar los conceptos de un dominio de conocimiento en categorías para integrarlas generando así un aprendizaje progresivo y orientado relacionando las categorías del dominio (Rosic, Glavinic y Stankov, 2006), es decir, una ontología que sirve como base de ordenación (Maldonado, 2006).

Otro aspecto importante son las redes semánticas que se desenvuelven en un rol importante para la representación de conocimiento (Gregg, 2007); es a través de estas que se generan los grafos conceptuales que dan apertura a la notación gráfica y en la automatización del enlace del lenguaje natural (Sowa, 1992), haciéndolo de manera lógica y precisa para fortalecer los procesos de cognición en el estudiante.

## **Tecnologías**

Aunque muy pocas experiencias mencionan las tecnologías de implementación de los agentes, este es un aporte fundamental para orientar su construcción en los nuevos proyectos de investigación. Chira *et al.*, (2006) documenta la implementación utilizando JADE como *framework* para el sistema multiagente y JENA como *framework* para *web* semántica, y otros componente de control y comunicación entre agentes. Por su parte Yoon *et al.*, 2004 documenta la segunda versión de MACS usando *Reticula Systems AgentBuilder* y aplicando *servlets* Java para facilitar la comunicación con AgentBuilder, además menciona el uso de XML, para facilitar modificaciones a las reglas.

Adicionalmente, se documenta el uso de ambientes de realidad virtual para hacer más realista las interfaces con el usuario, especialmente en los sistemas para el entrenamiento (Furtado y Vasconcelos, 2006; Buche *et al.*, 2004), así como el manejo de información utilizando sistemas de información geográfica (Furtado y Vasconcelos, 2006).

## CONCLUSIONES PRELIMINARES

Esta revisión de artículos ha permitido identificar una serie de aspectos clave relacionados con el desarrollo y documentación de agentes inteligentes. El primer aspecto hace referencia a la poca presencia de estudios comparativos en experiencias de aprendizaje. Por otro lado, se encontró una gran cantidad de trabajos que se dedican a mostrar la arquitectura del agente y algunos procesos básicos de la construcción del mismo, como algoritmos o técnicas de representación, aprendizaje o comunicación de los agentes, normalmente presentados como reseñas de tipo estudio de caso.

Un segundo aspecto se enfoca en las áreas de conocimiento en las cuales se documenta el desarrollo de agentes y sistemas multiagente, con especial interés en los procesos de formación o entrenamiento de agentes naturales o artificiales. Se encuentran múltiples trabajos que se propone agrupar en 5 áreas de desarrollo: aprendizaje basado en *web* o *e-learning*, entrenamiento o ejercitación, solución de problemas, juegos y procesos organizacionales. Se mencionan algunos beneficios con el uso de agentes en estas áreas como: la posibilidad de recuperar la información más actualizada disponible, personalizar los planes de lecciones de los estudiantes de acuerdo con los resultados de las búsquedas, asistir al instructor en el monitoreo del aprendizaje, facilitar la interacción instructor-estudiante, replantear sugerencias de acuerdo con el contexto de entrenamiento y el historial de soluciones ejecutadas por el usuario, la posibilidad de asumir roles diversos y el apoyo a procesos de toma de decisiones.

En el tercer aspecto se identifican las tendencias alrededor del diseño de arquitecturas para agentes, encontrándose en la mayoría de los casos el diseño de arquitecturas particulares de acuerdo con los requerimientos de funcionalidad del mismo, con algunas experiencias que documentan el uso de modelos de arquitectura como: 3bA, BDI y OOA.

Con respecto a técnicas de representación de conocimiento se identifican las redes semánticas y las ontologías como las más utilizadas en los trabajos seleccionados, combinados con procesamiento y búsquedas utilizando minería de datos.

Finalmente, en el aspecto técnico se distingue el uso de *frameworks* para la implementación de los agentes y su procesamiento, entre ellos JADE, JENA, Reticula Systems Agent Builder, y el uso de realidad virtual para mejorar la interactividad y presentación de la información del agente.

### Proyecciones

Las experiencias consultadas permiten observar algunas proyecciones de la investigación en el ámbito de agentes inteligentes y sistemas multiagente, entre ellas se encuentran la personalización y ubicación de recursos *e-learning* (empaquetados en objetos virtuales) de acuerdo con características cognitivas, sociales y de aprendizaje del estudiante, como los estilos de aprendizaje, formas de comunicación preferidas y conocimientos previos. De la misma forma, la utilización de diferentes técnicas que permitan procesar la información de registro y

actividades de los estudiantes, con el fin de identificar patrones, estilos, etc., de manera que se pueda ajustar la instrucción y comunicación de acuerdo con estos parámetros.

Es igualmente importante el interés por facilitar interfaces que comprendan el lenguaje natural, con el fin de mejorar la comunicación entre el agente y el usuario.

### **APORTES A LA INVESTIGACIÓN AULA INTELIGENTE**

El proyecto mencionado “Aula Inteligente” es un proyecto desarrollado de manera colaborativa entre grupos de investigación de diferentes universidades nacionales que se propone: 1) diseñar e implementar un aula virtual inteligente modular que incorpore: a) un modelo de usuario; b) un agente gestor de metas que oriente al estudiante en la comprensión de objetivos, selección de metas de aprendizaje, programación de actividades, y organización de tiempo y disposición de re-cursos para cumplir estas metas; y c) un agente gestor de contenidos que permita identificar la estructura ontológica de conceptos básicos requerida para el desarrollo de competencias, de acuerdo con cada meta de aprendizaje seleccionada; 2) evaluar: a) el efecto global del aula inteligente en el desarrollo autónomo de competencias cognitivas; b) el efecto diferencial de los módulos gestor de metas y gestor de contenidos, sobre el desarrollo de competencias cognitivas.

Muchos de los aportes de esta primera etapa de la investigación están relacionados con la validación de la estructura propuesta para el Aula Inteligente, el uso de ontologías en la representación de conocimiento del agente, las características abordadas en el diseño de los mismos, orientaciones para la definición de la arquitectura del Aula Inteligente y algunos elementos tecnológicos que son cruciales para facilitar el proceso de implementación. Además, estas ejemplificaciones facilitaron la especificación de los creencias, deseos e intenciones de los agentes, así como las acciones de monitoreo, notificación y administración del aprendizaje.

El proyecto Aula Inteligente, por su parte, presenta un componente bastante escaso en la literatura existente: el estudio comparativo entre el comportamiento del desarrollo cognitivo del estudiante en el Aula con los agentes activos e inactivos.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ENGINEERING DESIGN, ANALYSIS AND MANUFACTURING. 18, 153–161. Cambridge University Press.

BUCHE; RONAN QUERREC; PIERRE DE LOOR; PIERRE CHEVAILLIER (2004). MASCARET: A Pedagogical Multi-Agent System for Virtual Environment for Training Cédric.

CAO, S., VOLZ, R., JOHNSON, J., NANJANATH, K., *et al.* (2005). Development of a distributed multi-player computer game for scientific experimentation of team training

- protocols. The Electronic Library. Vol. 22, Iss. 1, p. 43-54. Consultado Marzo 31 de 2007 desde ProQuest (Document ID: 610881551).
- CHIRA O.; CHIRA O.; ROCHE T.; TORMEY D. Y BRENNAN A. (2006) An agent-based approach to knowledge management in distributed design. *Journal of Intelligent Manufacturing* 17:737–750.
- ELIASSI-RAD, T; SHAVLIK, J.(2003) A System for Building Intelligent Agents that Learn to Retrieve and Extract Information. *User Modeling and User - Adapted Interaction*; Feb-May 2003; 13, 1; *ABI/INFORM Global* pg. 35.
- FERGUSON, GEORGE; ALLEN, JAMES. (2007) Mixed-Initiative Systems for Collaborative Problem Solving. *AI Magazine. La Canada:Summer 2007. Vol. 28, Iss. 2, p. 23-32 (10 pp.)*.
- FURTADO V. Y VASCONCELOS E. (2006) A Multiagent Simulator for Teaching Police Allocation; *AI Magazine*; Fall 2006; 27, 3; *ProQuest Computing*; pg 63.
- GREGG, DAWN G.(2007) E-learning agents. *The Learning Organization* Vol. 14 No. 4, 2007, pp. 300-312. Emerald Group Publishing Limited.
- HUANG M. (1999) Intelligent diagnosing and learning agents for intelligent tutoring systems. *The Journal of Computer Information Systems*; Fall 1999; 40,1; *ABI/INFORM Global* pag. 45.
- INTERNATIONAL JOURNAL OF DISTANCE EDUCATION TECHNOLOGIES; Oct-Dec 2004; 2, 4; *ABI/INFORM Global* pg. 4.
- INTERNATIONAL JOURNAL OF E-COLLABORATION. Hershey:Apr-Jun 2007. Vol. 3, Iss. 2, p. 1-15 (15 pp.).
- JIANG, PING; MAIR, QUENTIN; FENG, ZU-REN. (2007) Agent alliance formation using ART-networks as agent belief models.. *Journal of Intelligent Manufacturing. London:Jun 2007. Vol. 18, Iss. 3, p. 433-448 (16 pp.)*.
- KIMBROUGH, STEVEN O. ; LU, MING. (2005) Simple reinforcement learning agents: Pareto beats Nash in an algorithmic game theory study. *ISEB (2005) 3:1–19*.
- KUTAY, C. (2003). *Intertac. Software architecture*, technical Report No. 0318. Computer Science and Engineering, University of New South Wales. Retrieved from <http://www.cse.unsw.edu.au/~ckutay/Intertac/IntertacArchitecture.pdf>, 2003.
- KUTAY C. Y PETER H.(2005) Designing Agents for Feed Back Using de Documents Produced in Learning; *International Journal on ELearning* 2006 4,1; *ProQuest Education Journals*; University of new south Wales, Sydney, Australia.



- LAI, HOKYIN; WANG, MINHONG; HE, JINGWEN; WANG, HUIQING.(2008) An Agent-Based Approach to Process Management in E-Learning Environments. *International Journal of Intelligent Information Technologies*. Hershey:Oct-Dec 2008. Vol. 4, Iss. 4, p. 18-30 (13 pp.)
- LHOTSKA L. Y STEPANKOVA O. (2004) Agent architecture for smart adaptive systems. *Transactions of the Institute of Measurement and Control* 26, 3 pp. 245-260.
- LOCKERY, DANIEL Y PETERS, JAMES F. (2008) Adaptive learning by a target-tracking system. *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics* Vol. 1 No. 1, 2008 pp. 46-68. Emerald Group Publishing Limited.
- LOHANI, MINOO; JEEVAN, V.K.J. (2007) Intelligent *software* agents for library applications. *Library Management*. Bradford:2007. Vol. 28, Iss. 3, p. 139-151.
- MALDONADO, L. F., SARMIENTO V., L. C., SANABRIA, L. B., ORTEGA DEL CASTILLO, N., & MACIAS, D. (2001). *Ontología y aprendizaje de la Geografía. Software para representar y software para comprender*. Universidad Pedagógica Nacional.
- METAXIOTIS, K; PSARRAS, J; PAPA STEFANATOS S. (2002). Knowledge and information management in e-learning environments: The user agent architecture. *Information Management & Computer Security*; p. 10, 4; ProQuest.
- MILLMAN, H. (1998) Agents at your service. *Information World*. 20:7, pg 77-80.
- MOWLDS, FRANCES; ROCHE, BERNARD-JOSEPH; MANGINA, ELENI. (2005) ABITS: learning more about students through intelligent educational *software*. *Campus - Wide Information Systems*. Bradford:2005. Vol. 22, Iss. 3, p. 131-139 (9 pp.).
- NARDI, B. A. (Ed.) (1996). *Context and consciousness. Activity theory and human-computer interactions*. Cambridge, MA:MIT Press.
- NEWELL, A. (1993). Reflections on the knowledge level. *Artificial Intelligence* , 59(1-2):31-38.
- NILSSON, N. J. (2001). *Inteligencia Artificial. Una nueva visión*. McGraw Hill. 576 pp.
- OPREA, M. (2008) Modelling A Virtual Enterprise As A Multi-Agent System. *International Journal of Modelling & Simulation*. Calgary:2008. Vol. 28, Iss. 4, p. 394-402 (9 pp.).
- PIAGET, J. (1976). *Sociological studies*. Routledge.
- QUESENBERY, W. (2002). Who is control? The logic undelying the intelligent technologies used in Performance support. *Technical Communication*. Vol. 49, Iss. 4, p. 449-457 (9 pp.) Consultado Marzo 31 de 2007 desde ProQuest Humanities. (Document ID: 235932521)

- RODRÍGUEZ, WALTER; ZALEWSKI, JANUSZ; KIRCHE, ELIAS.(2007) Beyond Intelligent Agents: E-Sensors for Supporting Supply Chain Collaboration and Preventing the Bullwhip Effect.
- ROSIC, MARKO; GLAVINIC, VLADO; STANKOV, SLAVOMIR. (2006) Intelligent tutoring interoperability for the new web. Telecommunication Systems. Base:Jul 2006. Vol. 32, Iss. 2-3, p. 193-207.
- RUSELL, S. Y NORVING, P. (2003) Inteligencia Artificial, un enfoque moderno. México: Prentice-Hall, 1996 . 2ª edición. pp 979.
- SAUNDERS, R AND GERO, J. S. (2004) Curious agents and situated design evaluations.
- SENKUL, SELÇUK; POLAT, FARUK. (2002) Learning Intelligent Behavior in a Non-stationary and Partially Observable Environment. The Artificial Intelligence Review. Dordrecht:2002. Vol. 18, Iss. 2, p. 97-115
- SOWA, JOHN F. (1992) Conceptual Graphs Summary, T. E. Nagle and J. A. Nagle and L. L. Gerholz and P. W. Eklund (Eds.), Conceptual Structures: Current Research and Practice, Ellis Horwood, p. 3-51.
- STUDER, R., BENJAMINS, V. R., & FENSEL, D. (1998). Knowledge engineering: Principles and methods. Data and Knowledge Engineering, 25(1-2), 161-197.
- SUN S.; JOY M. Y GRIFFITHS N. (2007). The Use of Learning Objects and Learning Styles in a Multi-Agent Education System. Journal of Interactive Learning Research; 2007; 18, 3; ProQuest Education Journals. pg. 381
- VASILAKOS, THANOS; DEVEDZIC, VLADAN; KINSHUK; PEDRYCZ, WITOLD. (2004) Computational Intelligence in Web-Based Education: A Tutorial. Journal of Interactive Learning Research; 2004; 15, 4; ProQuest Education Journals pg. 299
- WOOLDRIDGE, M. Y JENNINGS, N. R. (1995) Intelligent Agents: Theory and Practice. En Knowledge Engineering Review 10(2).
- YAU, H K ; NGAI, E W T ; CHENG, T C E. (2005) Conceptual Framework & Architecture for Agent-Oriented Knowledge Management Supported E-learning Systems. International Journal of Distance Education Technologies; Apr-Jun 2005; 3, 2; ABI/INFORM Global pg. 48
- YOON, V.; RUBENSTEIN, B.; WILSON, T.; LOWRY, S.; LIEBOWITZ, J. (2004) Natural language interface for multi-agent contracting system (MACS) Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management; Jul-Sep 2004; 12, 3; ABI/INFORM Global pg. 153

ANEXO 1.

Tabla de análisis de artículos

CODIGO	RESPONSABLE DE REVISIÓN	AUTORES-AÑO	REFERENCIA COMPLETA	AGENTE	DESCRIPCIÓN	METODOLOGÍA	VARIABLES	RESULTADOS
001	Rafael Pérez	CAO y Otros - 2004	Sen Cao; Richard A.Volz; Jamison Johnson; Maitreyi Nanjath; et al.  Development of a distributed multi-player computer game for scientific experi... The Electronic Library, 2004; 22, 1; Research Library Core;pg-43	Agente para juegos multijugador en entrenamiento de protocolos de trabajo en equipo	Es una investigación que está estudiando el uso de agentes inteligentes en una variedad de formas para reforzar el entrenamiento de equipos	Se basa en poner en juego las habilidades cognoscitivas y motoras complejas dentro de situaciones reales	VI-Versión del software  VD-Desarrollo de habilidades grupales y conocimiento de protocolos	No se observaron diferencias significativas entre los resultados obtenidos en las dos versiones.  La versión 2 realizó un refinamiento de los algoritmos.  Presenta la conformación del agente software y los procesos de refinamiento
002	Rafael Pérez	MALDONADO Y OTROS - 2003	La comprensión y la inferencia en el estudio de hipertextos con apoyo de un agente generador de preguntas. Luis Pacundo Maldonado G., Luis Carlos Sarmento V., Luis Boyardo Sambrina R., Nerey Ortega del y David Macías M.	Agente software que realiza preguntas a los usuarios a partir de la estructura de un hipertexto	Agentes de software generadores de preguntas y el desarrollo de la competencia cognitiva de hacer inferencias: la comprensión y la inferencia en diferentes niveles de profundidad en ambientes hipertextuales", desarrollado por el Grupo TECNICE de la Universidad Nacional Pedagógica Nacional de Colombia.	Se basa en la generación de preguntas por un agente artificial, para aplicarlo a un agente natural de acuerdo con lo que necesita aprender.	VI-Tipo de agente  VD-Comprensión y competencia para hacer inferencias	Los resultados sugieren que un sistema de activador de juicios de metac memoria (preguntas) controlado por el usuario y con sugerencia de estrategia fija al inicio de la sesión genera mejores resultados en un proceso de aprendizaje complejo como es el de construir una red semántica sobre un tema.  El número de respuestas correctas a las preguntas formuladas por el sistema es un predictor de los resultados de la prueba de comprensión
003	Juan David Cardona	KUTAY Y HO - 2005	Kutay C. y Peter H.(2005) Designing Agents for Feed Back Using de Documents Produced in Learning International Journal on ELearning, 2006 4,1; ProQuest Education Journals; University of new south Wales, Sydney Australia	Agente que produce realimentación a la producción de documentos (Interact y II)	Es un agente que se basa en la retroalimentación, analizando los documentos de las actividades de los estudiantes utiliz ando la metodología Human - Computer-Humano. Desde Hence (La primera computadora soportada para el aprendizaje de sistemas), se ha expandido o ramificado para soportar aprendizaje en más sistemas abiertos. La	Implementación de estructura Desde la actividad teórica se diseñan ontologías para describir los modelos de estructuras utilizando aspectos que vienen fuera del análisis y utilizan esta secuencia. Actividad o tarea, reglas, fuente de información y temporal. (Ver página #31 del artículo).	Estudio de caso  VI- Uso del agente (pregunta - respuesta)  VD-Trabajo colaborativo	No se presentaron diferencias significativas entre las habilidades desarrolladas por la primera y segunda versión.  Muestra una síntesis de las tareas y procesos usados en su aprendizaje y las acciones significativas en el proceso.  Además afirma que hacia la tercera versión, cada modelo puede tener alteraciones ejecutadas por el usuario sobre el modelo de agentes.(Kutay, 31)