

Bachillerato en Línea en Matemática utilizando un Sistema Tutor Inteligente

Ismael Morales Garay, Maynor Jiménez Castro

Julio 2008

Resumen

Se presentan las características de los Sistemas Tutores Inteligentes, su definición y los distintos componentes: Módulo del Tutor, Modelo de Dominio, Módulo del Estudiante y las interrelaciones que existen entre ellas. Se presenta también el rol de los Agentes Informáticos en el desarrollo de herramientas en educación a distancia mediante la Web. Al final se hace la propuesta de un sistema tutor inteligente aplicado a la prueba de bachillerato en matemática.

Palabras Clave: Sistemas Tutores Inteligentes, STI, Sistemas basados en Agentes, Aprendizaje en Línea, Prueba de Bachillerato.

1. Antecedentes

A finales de la década de los 60 y primeros años de la década de los 70, los investigadores sobre usos educativos del computador, se sintieron esperanzados de ver los primeros desarrollos de la Inteligencia Artificial (IA)[7]. Esto debido a que anteriormente, el uso del computador en la educación se limitó a una forma determinística de estímulo-respuesta, mediante los sistemas llamados de Instrucción Asistida por el Computador (IAC); los cuales presentaban grandes limitaciones en el campo pedagógico, como por ejemplo: incapacidad para aceptar preguntas no anticipadas, falta de comprensión de los errores de los estudiantes, incapacidad de aprendizaje, etc.

Desde sus inicios, el uso de la computadora en la educación llamó la atención desde dos puntos de vista: el psicológico y el pedagógico; en el primero se trata de identificar qué elementos de conocimiento intervienen en la enseñanza y cuáles son las condiciones bajo las que es posible el aprendizaje efectivo. En este sentido, y haciendo un resumen histórico de las teorías cognitivas, se pueden apreciar principalmente tres tendencias educativas que han tenido vigencia por periodos a lo largo de la educación: La educación social, la educación liberal y la educación progresista [8]

1.1. Teorías de Aprendizaje

Desde sus inicios, el uso del computador en la educación ha interesado a la comunidad científica por identificar qué elementos de conocimiento intervienen en la enseñanza y cuáles son las condiciones bajo las que es posible el aprendizaje efectivo. En este sentido, los avances en la psicología y las teorías instruccionales han venido a proponer una serie de elementos que justifican la adquisición del conocimiento y el aprendizaje, a través de la identificación de los mecanismos que intervienen en los procesos mentales que hacen posible un aprendizaje efectivo.

Históricamente, las teorías de aprendizaje desarrolladas a través de los tiempos han enfatizado en el método pedagógico y los estímulos con los que se lleva a cabo el aprendizaje. Es así como a través de los tiempos se puede identificar básicamente tres tendencias educativas que han tenido vigencia por periodos a lo largo de la educación: la educación social, la educación liberal y la educación progresista [8]. La educación social es aquella considerara incluso antes de la existencia de la instituciones educativas; ella es llevada a cabo principalmente de forma oral dentro del núcleo familiar, de esta manera el aprendizaje es trasmitido por la interacción del individuo en la comunidad en un proceso continuo durante toda su vida.

La educación liberal contempla la forma de educación clásica que conocemos y que está basada en La República de Platón, donde la educación se plantea como un proceso disciplinario y exigente, en el que el aprendizaje se da mediante el seguimiento de un currículo estricto, en donde las materias son presentadas en una secuencia lógica haciendo más coherente el aprendizaje. Contraria a las anteriores, el modelo de educación progresista plantea el proceso educativo como un proceso natural de aprendizaje donde se ayuda

al estudiante sin que éste lo perciba como un proceso formal. Este modelo tiene origen en las ideas sociales de Rousseau y han sido considerablemente influenciadas por John Dewey y Jean Piaget. Desde el punto de vista de la psicología educativa, estas corrientes pedagógicas han influido considerablemente en los elementos del diseño instruccional y cómo estos pueden ser apoyados por ambientes tecnológicos, generándose así al menos dos enfoques: el conductivista y el cognitivista.

1.1.1. Enfoque Conductivista

Desde esta perspectiva, el conocimiento se percibe a través de la conducta y el proceso de aprendizaje, a través de la efectividad en términos de resultados obtenidos o del comportamiento final; es decir, el aprendizaje está condicionado por el estímulo inmediato ante un resultado del estudiante.

El conductismo es fuertemente criticado por el hecho de que determinados tipos de aprendizaje solo proporcionan una descripción cuantitativa de la conducta y no permiten conocer el estado interno en el que se encuentra el individuo ni los procesos mentales que podrían facilitar o mejorar el aprendizaje.

1.1.2. Enfoque Cognitivo

Su principal exponente es el constructivismo en donde el aprendizaje es visto como un proceso de construcción individual interno de dicho conocimiento, el cual es la representación interna de una realidad externa. [9] Otra teoría cognitivista es el conexionismo, para los cuales, la mente es una máquina natural con una estructura de red donde el conocimiento reside en forma de patrones y relaciones entre neuronas y que se construye mediante la experiencia. Acá la representación interna de la mente no guarda relación alguna con el conocimiento externo, pues la representación no es simbólica sino basada en el reforzamiento de la conexiones debido a la experiencia en una determinada situación. Por último, dentro de este mismo de enfoque se tiene el postmodernismo, para el cual el pensamiento es una actividad interpretativa, de esta forma, para estos dos últimos enfoques cognitivos comentados anteriormente: el postmoderno y el conexionista, la realidad no es modelizable, sino interpretada. Tanto una teoría como la otra son no representacionales y ambos sugieren métodos instruccionales basados en las situaciones sociales o coopera-

tivas. De cierta manera, las diversas posiciones, tanto del enfoque conductista como del enfoque cognitivista, permiten la integración de elementos de uno u otro, en propuestas instruccionales que se han visto enriquecidas a partir del uso del computador en el sector educativo.

Así por ejemplo con el advenimiento de los sistemas hipermedios o multimediales, se ha cambiado la forma de acceder a la información; los procesos educativos de aprender y de enseñar han venido cambiando, y las alternativas para la implementación de ambientes educativos apoyados por las nuevas tecnologías, dónde se efectúe un aprendizaje significativo está en aumento. Toda actividad educativa debe ser considerada según el escenario que tengamos, por eso, desde la educación universitaria a distancia, es particularmente interesante la implementación y ejecución de ambientes de aprendizaje en la que la combinación de aspectos metodológicos constituyan un valor agregado al medio y no una distorsión al proceso de enseñanza-aprendizaje.

1.2. Escenario para la Educación Universitaria a Distancia

El objetivo primordial de este tipo de educación ha sido llevar el proceso educativo adecuado a poblaciones y lugares distantes. Las primeras experiencias en este campo se llevaron a cabo bajo la metodología de envío de textos escritos por vía postal, pero a pesar de esta situación, siempre ha existido una preocupación e interés por adaptar el material a las características especiales del alumnado, de forma que se le proporcionen aquellas actividades complementarias que aumenten la interacción con el estudiante y sirvan de guía para los estudios. La educación a distancia en el ámbito universitario constituye una nueva forma de educación debido a las circunstancias especiales que concurren en el alumno y en el profesor. Según [9], los cuatro factores que definen la educación a distancia son los siguientes:

- Separación del estudiante y del profesor durante la mayor parte del proceso educativo
- La influencia de una organización de apoyo a la educación que se compromete a la evaluación del alumno
- El uso de medios que permiten la comunicación entre alumno y profesor y el intercambio de material educativo

- Disponibilidad de comunicación entre el profesor/tutor con el alumno y con la institución educativa

Como consecuencia de lo anterior, la situación del alumno en una institución de enseñanza a distancia tiene como características la de ser autoexigente en el aprendizaje, ser fundamentalmente un aprendizaje individual y el de no disponer de comunicación fluida con el profesor [10]. En consecuencia, el tipo de material que se proporciona al alumno debe ser adaptado a las circunstancias y características de aprendizaje de él mismo, no tanto por la falta de medios de comunicación, que pueden estar resueltos desde el punto de vista tecnológico, sino porque la comprensión de la materia se facilita en un tipo de material escrito que carece de adaptabilidad e interactividad con el alumno. En este sentido, de acuerdo con el análisis de [11] acerca de las características que un material escrito para el uso en enseñanza a distancia, éste debe tener las siguientes:

- Incluir en cada uno de los materiales los objetivos educativos que se pretenden alcanzar
- El uso de test, cuestiones y actividades como forma de proporcionar interacción con el material
- Mejorar la adaptabilidad mediante la incorporación de textos suplementarios para aquellos alumnos que quieran profundizar en algún aspecto
- Proporcionar cuestiones de autoevaluación para ayudar al estudiante a comprobar sus propios conocimientos Los documentos que usualmente incorporan alguna de las características descritas son más adecuados para una educación a distancia y se fortalecen con la diversificación del tipo de material educativo que se proporcione y del enfoque instruccional que se le de al contenido por aprender.

Con el desarrollo tecnológico que hemos experimentado en los últimos años, la educación a distancia vuelve a ser un escenario fundamental para los procesos de aprendizaje formales y no formales. Más aún, las limitantes tecnológicas van desapareciendo y cada día que pasa vemos nuevas formas de enseñar y de aprender.

Bajo este escenario, en este artículo se propone una alternativa para facilitar los procesos de enseñanza - aprendizaje a distancia en un tema que ha sido controversial en los

últimos años de la educación costarricense: la enseñanza de la matemática y específicamente los procesos implementados para la consecución del bachillerato en secundaria. Se propone así, la utilización de técnicas de inteligencia artificial para desarrollar una herramienta capaz de dar seguimiento e instrucción individual a cada estudiante, utilizando para ello un Sistema Tutor Inteligente(STI) y Agentes Inteligentes para facilitar la instrucción oportuna y adecuada a cada individuo. Este es un proyecto que se ha retomado desde mediados de este año dentro de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Estatal a Distancia y que tiene por objetivo la investigación y el posterior desarrollo de aplicaciones informáticas que permitan mejorar la atención, seguimiento y retroalimentación de los estudiantes que tiene pendiente la aprobación del examen de bachillerato en el área de matemática.

Nuestra propuesta conlleva el desarrollo de un modelo de Bachillerato en Línea, pues creemos que éste constituye una extraordinaria alternativa para transformar las posibilidades educativas de miles de jóvenes costarricenses, ya que se promueven espacios de enseñanza-aprendizaje innovadores para el trabajo independiente-colaborativo y la apropiación de tecnologías, abriendo así, posibilidades de flexibilidad horaria y de alternativas para combinar el estudio con otras actividades productivas.

La filosofía de trabajo en la que se enmarca el proyecto, favorece los diálogos virtuales, el trabajo independiente autónomo en colaboración con sus homólogos y especialistas en contenido, el interés y compromiso con el aprendizaje y la oferta de una nueva oportunidad para cursar y terminar los estudios secundarios.

Con el desarrollo del proyecto, no solo se propone una mejora en el rendimiento académico de las y los estudiantes, sino que se busca una transformación global en la dinámica de vida de los núcleos familiares, pues las posibilidades de mejores condiciones laborales se determinan en gran medida por las facilidades en el acceso a la educación. Bajo esta concepción, se describen los elementos fundamentales que caracterizan a los STI, elemento primordial de la propuesta de Bachillerato en Línea.

2. Modelo de un STI

Para la creación de un STI, es necesario describir tres tipos de conocimiento y experiencia para la solución de problemas que deben estar programados en un buen ambiente instruccional: conocimiento del experto, conocimiento de diagnóstico del estudiante y el

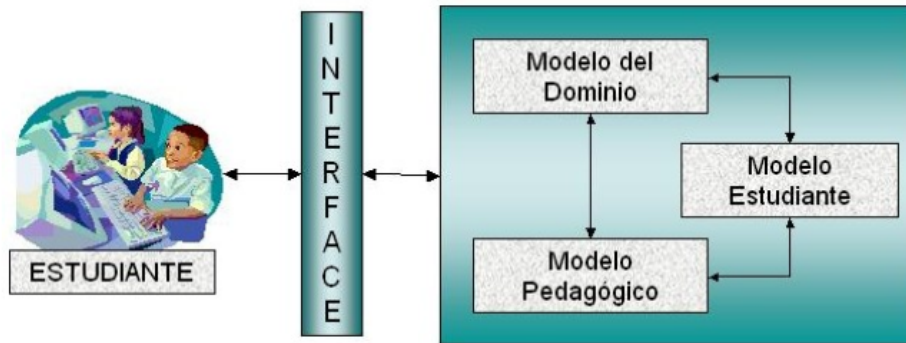


Figura 1: Modelo de un STI

conocimiento instruccional o curricular. Los cuales están ubicados en la parte superior del esquema del STI mostrado en la siguiente figura.

2.1. Módulo Dominio o Experto

En la transición de los CAI a los STI, el conocimiento del dominio de la aplicación es el primer aspecto de la experticia del docente que tiene que ser explícitamente representado en el sistema. En los CAI tradicionales la experticia a ser transmitida está contenida en bloques de representación preestablecidos, llamados “frames”, los cuales son diseñados por un docente experto y son simplemente desplegados a los estudiantes.

En los sistemas de comunicación del conocimiento existe un módulo especial, llamado el experto, que contiene la representación del conocimiento por ser comunicado. En muchos casos, ésta representación de la materia no sólo es una descripción de conceptos y habilidades que el estudiante debe adquirir como parte de un curriculum, sino que además, el modelo actual puede generarse en el dominio, dando así una forma dinámica de experticia al sistema.

2.1.1. Las funciones del módulo experto

El módulo experto cumple una doble función:

1. Actúa como fuente para el conocimiento a ser representado: éste incluye generación de explicaciones y respuestas a las tareas y preguntas que haga el estudiante.
2. Sirve como estándar para evaluar el progreso del estudiante: Para esta función, se generan soluciones al problema en el mismo contexto como lo harían el estudiante de manera que sus respectivas respuestas puedan ser comparadas.

Si el sistema tutor debe guiar al estudiante en la solución de problemas, el módulo experto debe generar pasos o rutas de solución sensibles, de modo que los pasos intermedios puedan ser comparados. Quizás lo más importante es que éste sea capaz de generar varios caminos de solución y no sólo uno como sucede en modelos de experticia construidos únicamente para cierto propósito.

Además, el módulo experto también puede ser usado para sopesar el progreso global del estudiante. Esto requiere del establecimiento de una métrica que nos permita comparar el conocimiento. Cuando este tipo de comparación global es posible, se puede decir que el módulo experto alcanzó una representación explícita de la meta de enseñanza. Según los especialistas que trabajan en la IA, todo módulo experto debe tener una base abundante de conocimiento específico y detallado derivado de personas que tienen años de experiencia en un campo de conocimiento particular. La enorme cantidad de conocimiento en dominios complejos, además de las interrelaciones entre los componentes del conocimiento, ha hecho que el diseño y el desarrollo del módulo experto demande mucho trabajo en el momento de construir un STI. Así, el problema del desarrollo de un módulo experto es investigar cómo codificar conocimiento y cómo representar tal experticia en un sistema. Para codificar el conocimiento existen tres enfoques comunes, cada uno buscando una mejor representación del contenido del experto: El primero se considera una forma para codificar el conocimiento sin que necesariamente se codifique la inteligencia humana.

La literatura se refiere a menudo a esto como un sistema experto o caja negra. La simple entrada y salida de información en una caja negra no es conveniente para la instrucción. Sin embargo, una forma de enriquecer ese modelo, es ligar instrucciones a un problema específico, observando tanto la conducta del módulo experto como la del estudiante dentro de un ambiente de aprendizaje. Así cuando un estudiante tome un comportamiento (dentro de algunos posibles), recibirá retroalimentación acerca el comportamiento particular.

El segundo enfoque involucra la construcción de un modelo transparente ("glass box model"), que influye en los mecanismos tutoriales del sistema. Un ingeniero de conocimiento entrevista a un experto y diseña una representación del conocimiento para implementar el conocimiento, generalmente en reglas de producción.

2.1.2. Aspectos de la comunicación

La mera experticia no será suficiente para dar apoyo a las decisiones pedagógicas; es necesario también, tomar en cuenta los aspectos de la comunicación. De manera distinta al desarrollo, el proceso de comunicación está organizado alrededor del aprendizaje: que es la exitosa integración de nuevo material y experiencias dentro del cuerpo de conocimiento del estudiante. Con respecto al aprendizaje, la naturaleza del modelo experto en sí, es crucial. Cuando el experto es un módulo distinto capaz de reproducir la experticia, su estructura interna será más o menos abierta a inspección, y más o menos capaz de apoyar explicaciones de sus acciones y conclusiones.

El módulo experto por necesidad incluye una visión específica del dominio. El lenguaje de representación que usa y los conceptos tomados como primitivos son escogidos por el diseñador lo cual influye en toda la representación. Si el estudiante no tiene o no domina puntos básicos de la visión del diseñador, la comunicación puede ser comprometida, ya sea porque el estudiante no entiende la instrucción o porque el sistema no pudo interpretar el comportamiento del estudiante en términos de su conocimiento. Aunque los docentes también tienen su propia visión de su dominio, tienen una habilidad especial para percibir la posición del estudiante, adaptándose adecuadamente a él. Es por éste problema que la IA dedica muchas investigaciones a la forma de representación del conocimiento.

2.2. Módulo Estudiante

Lo ideal es que el modelo constituya todos los aspectos del comportamiento y del conocimiento del estudiante que tiene repercusiones en su desempeño y aprendizaje. Sin embargo, la tarea de la construcción de tal modelo, obviamente no es muy simple de llevar a un computador. De hecho, un modelo con estas características, es difícil de construir aún para personas que tienen mucho en común con su propio profesor. Una de las lim-

itaciones de las computadoras consiste en lo restringido de su canal de comunicación, el cual usualmente se limita al teclado y una pantalla, en cambio las personas combinan una amplia variedad de formas: efectos de voz , expresiones faciales, etc. Afortunadamente, un modelo perfectamente preciso del estudiante en todas dimensiones no es condición esencial para decisiones pedagógicas razonables, pero aún el construir un modelo parcial de la información que se requiere, constituye un reto para ser llevado al computador. El modelo de estudiante lo podemos ver desde tres puntos de vista: la información contenida en él, su representación y su diagnóstico.

2.2.1. Información

La adaptabilidad de un sistema instruccional está ampliamente determinada por la cobertura y exactitud de la información contenida en su modelo de estudiante. Este modelo de estudiante hace posible aspectos inobservables en el comportamiento del estudiante para producir una interpretación de sus acciones y reconstruir el conocimiento que ha dado lugar a esas acciones. Estos dos tipos de información permiten decisiones pedagógicas detalladas para guiar al estudiante en la solución de problemas y en la organización de experiencias y su aprendizaje, respectivamente. En el modelo de estudiante, se incluyen distintas evaluaciones de cada elemento del conocimiento a ser adquirido en contraste con una medida global de desempeño usada en los CAI tradicionales. El estado del conocimiento del estudiante puede ser comparado con el conocimiento del módulo experto; en términos de esas evaluaciones se adaptan instrucciones para ejercitar las partes que mostraron estar más débiles. Sin embargo, el comportamiento incorrecto o no óptimo, no siempre procede de conocimiento incompleto. Este puede ser dado por versiones incorrectas del objeto de conocimiento. Por lo tanto, un modelo de estudiante más informativo, debe ser capaz de proveer una representación explícita de las versiones incorrectas del objetivo de experticia del estudiante, de modo que las acciones correctivas puedan ser tomadas. Además, un modelo de estudiante debe contener información explicativa acerca de la génesis de esos conceptos de conocimiento incorrecto. Para este fin, el conocimiento incorrecto debe ser representado de manera que reflejen los procesos por los cuales los errores surgen.

2.2.2. Representación

El lenguaje que se usa para la representación del conocimiento del módulo estudiante es fundamental, pero a menudo resulta insuficiente. Esto porque en él se debe representar tanto el conocimiento correcto, como el incorrecto de un estudiante y éste no es tarea fácil. Una solución es construir un modelo de estudiante con base en primitivas de un lenguaje del dominio, que abarque tanto el conocimiento correcto como el incorrecto. Lo ideal es que la granularidad de esas primitivas sea tan finas que todos los errores y las versiones correctas puedan ser modeladas por las combinaciones (apropiadas de ellas), de esta forma el lenguaje en sí no debe traer información adicional acerca de la corrección del conocimiento. Sin embargo, en la práctica es muy difícil definir un lenguaje que tome en cuenta todos los errores observados con un conjunto de primitivas lo suficientemente pequeño. Otra solución consiste en juntar una gran cantidad de información acerca de los errores más frecuentes para un dominio dado y una población de estudiantes dada e incluirlos como parte de las primitivas. Así, el sistema selecciona de su modelo, los elementos del conocimiento correcto o incorrecto que se toman en cuenta en el comportamiento del estudiante. Este enfoque tiene la ventaja práctica de que el conocimiento acerca de la posibilidad de esos errores, puede ser derivada empíricamente por los profesores expertos.

2.2.3. Diagnóstico

Muchos STI's infieren un modelo sobre el conocimiento actual del estudiante en una materia particular y con éste adaptan la instrucción a las necesidades particulares del estudiante. La estructura de conocimiento que describe el estado actual del estudiante es llamado el modelo de estudiante; mientras que los procesos que conllevan a su formación y actualización a través del análisis de datos brindados por el sistema, es llamado diagnóstico. Las salidas de este módulo, pueden ser usadas para varios propósitos, como: seleccionar nuevos temas, generar nuevos problemas, dar explicaciones, etc. Existen tres fuentes de inconsistencias que complican el diagnóstico:

- El lenguaje es una simplificación de los procesos de razonamiento humano y toma de decisiones.
- El estudiante no es perfectamente consistente; se comporta de una manera y a veces de otra.

- El aprendizaje mismo conlleva errores.

2.3. Módulo Tutor o de Instrucción

Henry Halff describe cómo el módulo instruccional y curricular da forma y significado a la investigación de STI's y los desarrolla como sistemas instruccionales. Un STI debe tener tres características de tutor:

- Control sobre la representación del conocimiento instruccional por selección y secuencia de los temas del dominio.
- Capacidad para responder las preguntas de los estudiantes sobre los objetivos y contenidos instruccionales.
- Estrategias para determinar cuándo un estudiante necesita ayuda.

El objetivo del módulo instruccional es circunscribir la forma de ser del docente e implementarlo como una solución al problema de comunicación en la enseñanza.

2.3.1. El Ambiente Instruccional

El ambiente instruccional consiste en aquellos elementos de un STI que ayudan al aprendiz en lo que está haciendo: situaciones, actividades y herramientas dadas por el sistema para facilitar el aprendizaje. Entre las consideraciones pertenecientes al ambiente instruccional están :

Niveles de abstracción: Se refiere a qué características del mundo real están representadas en el diseño del ambiente instruccional.

Fidelidad: Qué tan cercano es el ambiente simulado al mundo real. Hay fidelidad de varios tipos; fidelidad física, despliegue, mecánica y cognoscitiva.

Secuencia: Se refiere al esquema que construye un diseñador para el aprendizaje de una destreza compleja. Un aprendiz progresa a través de micromundos secuenciales incrementando su complejidad. Cada uno proporcionando nuevos retos y nuevos conjuntos de metas factibles de alcanzar.

Rutinas de ayuda: Para permitir las rutinas de ayuda, el diseñador toma una cierta cantidad de información que podría ser necesitada por el aprendiz para la generación del STI. Pero hay diferentes grados de ayuda, por ejemplo la que le indica al aprendiz qué debe hacer, apoyando o activando ayuda para hacer la tarea del educando. Asiste y activa guías que habilitan herramientas, sistemas de ayuda reactiva, modelaje y tutor en sí.

Pero el éxito en la construcción de estos ambientes, depende ampliamente de qué tan bien diseñada esté la interface humano-computador.

2.4. Interfaces Humano-Computador

Los aprendices que trabajan con STI's, generalmente tienen dos problemas:

1. El estudiante debe aprender algunos conceptos de la materia que podrían no entender.
2. El aprendiz debe usar la tecnología para aprender y no es un experto.

Si la interacción humano-computador es pobremente diseñada, la sesión de entrenamiento será, probablemente, ineficiente. Si el aprendiz debe gastar enormes cantidades de energía en el manejo de la computadora, tendrá poca energía emocional e intelectual para aprender. El objetivo del diseño de interfaces, es hacer la interfaz transparente. Los investigadores ven la interacción humano-computador como un problema de comunicación, por lo que se debe diseñar esta interacción como una serie de procesos semánticos y conceptuales construidos en un modelo conceptual sólido. En el campo de la investigación de interfaces, James Miller sugiere dos estilos básicos del diseño de interfaces: el primero; permite a los usuarios convertirse en participantes directos en el dominio; el segundo estilo, les permite controlar el dominio para enseñar al sistema a llevar a cabo las acciones deseadas. En el primer estilo de interfaz, el alma de ella es el icono, lo cual representa una ventaja ya que el estudiante no tiene que recordar nombres de documentos, comandos, etc, puesto que toda la información está implícita en la estructura del icono. En el segundo, un TI usa comandos del sistema. Los lenguajes de comandos son fácilmente entendidos y pueden brindar una poderosa interacción con el sistema.

2.5. Evaluación de Tutores Inteligentes

En la evaluación de STI's, David Littman y Elliot Soloway proponen dos tipos de evaluación: Formativa y Sumativa. Ambas, son importantes para la evaluación de productos instruccionales. El impacto instruccional de un STI cuya evaluación es sumativa, va a depender de cómo fue diseñado y construido. Littman y Soloway le dan especial énfasis a la evaluación formativa y a la estrategia para la evaluación formativa de un STI. La primera parte es la evaluación externa, la cual centra su atención en el impacto del STI en los procesos de solución de problemas del estudiante y está basado en modelos explícitos de cómo el estudiante resuelve los problemas. Las técnicas de modelaje del estudiante son usadas para identificar los tipos de problemas que podrían ser fáciles o difíciles de resolver. Un STI puede ser evaluado de acuerdo a cómo enseña al estudiante las estrategias específicas que se necesitan para resolver los problemas. La efectividad de un sistema es determinada por la medición de fenómenos observables que ocurren durante el proceso de aprendizaje. La evaluación interna, involucra el análisis de los componentes de la arquitectura de un STI y de la forma en que esos componentes responden a valores de entrada. Littman y Soloway recomiendan que su evaluación interna conteste tres preguntas: ¿Qué conoce el STI?, ¿Cómo hace el STI lo que hace? ¿Qué haría el STI?.

3. Agentes Inteligentes

Los *Agentes inteligentes* como un concepto han existido por más de una década y han ganado popularidad como un producto de comercio en los últimos tiempos. Estos son programas que aplican un justo grado de inteligencia y que son capaces de llevar a cabo tareas de forma independiente sin ningún tipo de supervisión caen en la categoría de ser *Agentes Inteligentes*. La inteligencia necesaria puede ser trivial pero que requiere un cierto aprendizaje de las experiencias pasadas. Por ejemplo, el agente que hace las búsquedas por Internet de materiales útiles para cierto usuario, puede ser informado por el usuario en cuestión si el material es útil o no. Esto podría ayudar el agente en futuras búsquedas.[5].

Dentro de la características que presentan los agentes inteligentes a diferencia de los software tradicionales están:

Autónomos: El agente va más allá de un simple software donde se considera la fun-

cionalidad. Cuenta con un grado de control sobre sus acciones y no tiene que esperar siempre órdenes. Se puede tomar decisiones de forma independiente.

Persistentes: Los agentes tienen la capacidad de correr continuamente. Ellos persisten en el tiempo, es decir la salida de una etapa afecta a la siguiente fase.

Reactivos: Los agentes pueden percibir cambios en el medio ambiente y adaptar su comportamiento en respuesta a la evolución del medio circundante.

Proactivos: Los agentes están orientados por objetivos y toman iniciativas proactivas para que se cumplan los objetivos establecidos para ellos.

Personalizada: Agentes aprenden a lo largo del tiempo y también puede ser enseñados a qué hacer en una situación particular.

Comportamiento Social: Los agentes pueden interactuar y colaborar con otros usuarios a fin de ayudarlos a lograr sus objetivos.

Existen tres tipos de agentes especializados en medio de aprendizaje para seres humanos. El primero es el *agente pedagógico*, el *agente de aprendizaje* y el *agente demostrativo*. [13]

3.1. Agente Pedagógico

Estos son agentes son asistentes personalizados que interactúan directamente con el aprendiz y explícitamente lo guían a través de los conceptos y las sesiones de aprendizaje. Muy parecido a un narrador de un documental, que explica cada escena del programa pero sin embargo nunca aparece en el mismo. Hay tres métodos básicos de como este agente puede aparecer: mediante llamada directa del estudiante, indirectamente si el sistema detecta que se necesita ayuda, o una alternativa mixta de las dos anteriores.

Un ejemplo de un agente pedagógico de ayuda puede ser una calculadora, la cual puede ser requerida por el aprendiz o si es considerado por el programa que se necesita simplemente se presenta sin ninguna solicitud.

3.2. Agentes de Aprendizaje

Es el uso de agentes como compañeros interactivos en el proceso de aprendizaje en sí. Estos agentes son creados dentro de la interfase del usuario y de igual forma que los agentes pedagógicos tienen el conocimiento del usuario o estudiante. Aunque estos agentes pueden tener talentos para enseñar, son típicamente menos ingeniosos para esta tarea. [13]

Este tipo de agente es menos intrusivo que un agente pedagógico. Por ejemplo, los aprendices o usuarios pueden establecer alianzas con este tipo de agentes, como se hace cotidianamente en los juegos por computadora, en donde el usuario puede tener agentes como compañeros o como oponentes.

Indiscutiblemente, este tipo de agente puede ser de gran utilidad para el proceso de aprendizaje de un estudiante en donde se requiera que el agente esté en constante competencia con el usuario o contrariamente como un ayudante o compañero en el proceso de aprendizaje. Como se desprende, estos agentes no “enseñan” directamente sino que son coadyuvantes en el proceso.

3.3. Agente de Demostración

Este tipo de agentes son en sí interactivos medios de aprendizaje. Un ejemplo clásico de este tipo de agente, en la robótica educativa, en donde los ejemplares por sí mismos establecen una sesión de aprendizaje demostrando alguna destreza o conducta.

Estos agentes encarnan el dominio del conocimiento y se retiran de los otros componentes del sistema de aprendizaje.

La robótica se refiere al uso de robots en clase para enseñar una amplia variedad de temas, no necesariamente la robótica en particular. Se han reportado excelentes avances en el aprendizaje de niños pequeños que suelen hacer lecciones con el uso de la robótica. [13]

4. STI aplicado a la prueba de bachillerato en matemática

4.1. Justificación

Los STI se presentan como una herramienta que contiene elementos que pueden ayudar a cambiar la realidad de muchos de nuestros estudiantes que se han retrasado en sus estudios porque no han ganado el examen de bachillerato en matemática. Aunque no hay que verlo de una manera simplista, podemos suponer que los modelos que presuponen un estudiante en el aula y con pesados libros en el brazo son los que pasaran el examen de matemática, sin embargo, podemos pensar que efectivamente aquellos que encuentren el método que mejor se adapte a su forma de aprender serán los que superen la prueba. Los que verdaderamente tengan una manera diferente de ver la materia y las relaciones que existen entre ella, serán los que puedan triunfar en el proceso. La pregunta frecuente de los estudiantes ¿‘Y ahora que hago?’’, es la pregunta que debemos responder y por la cual se debe trabajar intensamente para que mas bien surja la pregunta “¿Y ahora que más puedo hacer?”.

No podemos pensar en que este tipo de estudiante se presente en las aulas, puesto que un gran porcentaje de ellos tiene responsabilidades propias de los adultos y tendrá que acceder a un sistema de educación a distancia en el mejor de los casos. De manera que, las bondades de los STI podrían responder eficientemente a este atenuante. No es casualidad que muchos programas instruccionales a nivel mundial se estén dando por el sistema a distancia puesto que el tiempo requerido por los estudiantes para asimilar o entender ciertos contenidos varían considerablemente de uno a otro y en este sistema se atiende primariamente al estudiante dándole la flexibilidad necesaria para que, paso a paso pueda llegar al conocimiento deseado. Esto le da un carácter formal a la educación desde un punto de vista constructivista, pero sin ensancharse en la libertad absoluta.

Los STI’s bien elaborados fomentan el estudio individualizado y contienen elementos únicos que permiten al estudiante interactuar con el contenido y al mismo tiempo poder ser evaluado en forma instantánea. Este tipo de sistemas poseen la propiedad de que el camino para la respuesta de un problema planteado no es pautada, sino que el estudiante puede tener una respuesta aunque incompleta casi correcta. Por ejemplo, si se responde una pregunta de forma incompleta, el sistema no indicaría que esta incorrecta sino que

da “pistas” para completarla de manera que el estudiante tenga siempre la posibilidad de mejorar su respuesta. A partir de cada tipo de respuesta que el estudiante pueda suministrar al sistema, el tutor toma la decisión de que pistas mostrar. El tutor debe mantener la jerarquía de metas que debe cumplir mientras imparte el conocimiento y debe explicar un mismo concepto de manera diferente, así si el alumno no entiende el concepto, el tutor puede suministrarle otro acercamiento del mismo concepto.

El perfil de los alumnos que deberían utilizar un STI para ganar la prueba de matemática, deben ser bien clara de manera que el modelo pedagógico sea el más adecuado. Las redes neuronales pueden ser una salida atractiva para modelar tipos de estudiantes que poseen características similares. Las RN poseen un primer momento de “entrenamiento.^{en} donde la red neuronal se organiza a si misma por medio de un proceso competitivo, la neuronas de la capa de salida compiten por la activación y solo una de ellas permanece activa al final. Luego en la etapa de funcionamiento, las neuronas una vez entrenadas clasifican según las características “aprendidas”. Un tipo de redes neuronales que se pueden utilizar en esta clasificación son las llamadas mapas de Kohonen (1988), las cuales realizan una clusterización.^o agrupamientos a partir del conjunto de individuos que originalmente se utilizó para la etapa de entrenamiento de las mismas.

4.2. Propuesta Modular del STI aplicado al PBL

El Sistema Tutorial Inteligente, se compondría entonces de tres módulos básicos: Módulo del Estudiante, Módulo de Dominio y Módulo Tutor. Estos tres módulos aunque parecen ser independientes, sin embargo poseen relaciones que los estrechan fuertemente.

4.2.1. Módulo Estudiante

Este módulo está encargado y guiado por un agente que posee la capacidad de modelar al estudiante mediante el uso de instrumentos para conocer sobre la forma de aprender el individuo. Además posee la cualidad o función de poder establecer el avance del estudiante en la adquisición del conocimiento y al mismo tiempo puede decidir si un estudiante ha completado un objetivo específico de su curriculum.

Al inicio el estudiante es indagado por el sistema, tal y como lo haría un tutor humano y eventualmente podría hacerle preguntas o “testearlo” de manera que pueda establecer en que profundidad conoce ciertos contenidos y/o maneja ciertas capacidades matemáticas. Paralelamente el STI, construiría un perfil de estudiante basado en las respuestas o las preguntas del estudiante. Note que el Módulo Estudiante, posee un Agente Inteligente que utiliza la Inteligencia Artificial para responder de manera “inteligente” las preguntas que pueda hacer el estudiante durante toda la experiencia educativa de estudiante con la herramienta.

Entonces la principal tarea de este Agente, que lo podemos bautizar con el nombre de “Agente Ayuda”, es la de proporcionar ayudas al estudiante durante todo el proceso de aprendizaje. Es importante indicar, que este agente no es la usual ayuda que podemos encontrar en un programa, o sea no es un texto largo y complejo para leer sino que el ayudante posee la capacidad dar explicaciones por sí solo por medio de lenguaje natural o de algún medio para presentar la ayuda.

El Modulo Estudiante es en sí también una base de datos, la cual posee la información de avance de cada estudiante y un histórico de sus sesiones de trabajo de manera que el estudiante pueda volver atrás en cualquier momento, puesto que en la realidad observamos que muchos estudiantes necesitan retroalimentación en algunos conocimientos, inclusive de aquellos que han estudiado recientemente.

Existe dentro de este módulo, entonces otro agente inteligente que permitiría hacer las evaluaciones de los perfiles y establecer el tipo de estudiante.

El módulo estudiante debe poseer una gran cantidad de conocimiento de psicopedagogía para poder modelar a cada estudiante individualmente en su forma de aprender, se podría hablar aquí entonces de *estilos de estudiante* y su clasificación, que sería la parte encargada de modelar al estudiante; y de otra parte de *estado del conocimiento del estudiantes* que guardaría, como se indicó antes, todo lo relacionado a las sesiones de aprendizaje de estudiante.

4.2.2. Módulo de Dominio

En este módulo, se presentaría la base de datos del conocimiento que se desea que el estudiante adquiriera en el proceso de aprendizaje mediante el uso de la herramienta. Aquí se encontrarían todos los contenidos desarrollados y clasificados de manera precisa.

Todos los contenidos se organizan en un macro matriz de relaciones, que contienen todos los contenidos previos y la relaciones entre los contenidos individuales. Esta parte posee el material de donde se construyen las sesiones de aprendizaje, de manera que, que dado el contenido específico A, se tienen suficientes instancias del contenido A, presentado en diversas formas, esto quiere decir que un contenido puede tener distintas forma de presentación, basadas y ligadas directamente con el tipo de estudiante al cual se le vayan a presentar. Básicamente el módulo de dominio es quien posee toda la estructura de contenidos y relaciones entre ellas.

Este módulo es, en sencillo, la base de datos de conocimiento matemático y lógico que posee el STI. Los contenidos se configuran en *esquemas de metadatos*, los cuales poseen toda la información de ese objeto contenido particular.

Las relaciones entre los contenidos se establecen por medio de gráficos conceptuales. Se pueden ver como estructuras de conceptos y relaciones, donde las aristas del gráfico poseen el tipo de relación que se establece entre cada concepto celular. Existen algunas relaciones básicas entre éstas células de conceptos, como son: “*es-requerido-por*”, “*requiere-de*”, “*es-parte-de*”, entre otras. Veamos el siguiente Gráfico conceptual:

Note que las relaciones se abrevian con la iniciales, por ejemplo, “*es-requerido-por*” se indica en la figura 2 como **ERP**.

Asimismo los contenidos se le conocen varias propiedades, de forma que cada concepto celular, pueda ser caracterizado de forma completa. Por ejemplo cada concepto celular, poseería un identificado único, una versión de construcción, tipo pedagógico, entre otros.

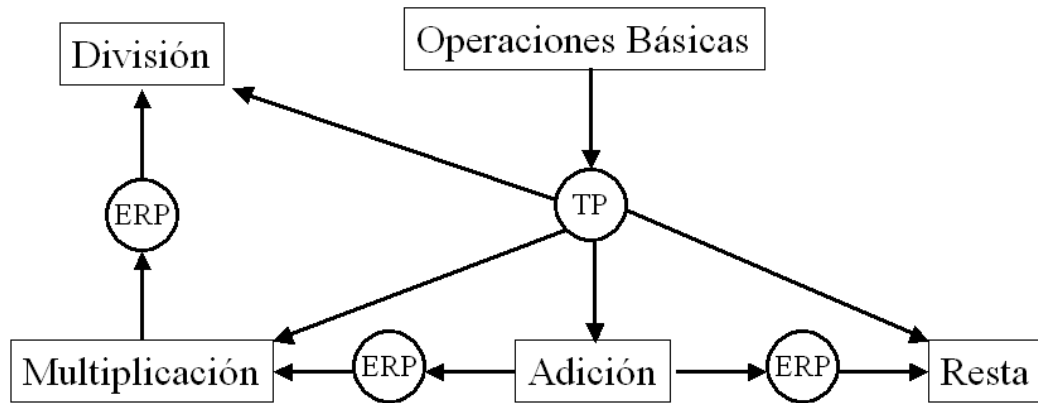


Figura 2: Ejemplo de un Gráfico Conceptual

4.2.3. Módulo Tutor

Este módulo quizá es el que va administrar todos los demás, porque se interrelaciona directamente con los otros dos y depende directamente de los otros dos. El módulo tutor posee varios agentes inteligentes, y su principal tarea es la producir las sesiones de aprendizaje, basado en el perfil de estudiante que ya conoce el Módulo Estudiante y utilizando el material que posee en el Módulo de Dominio.

El STI con este módulo es capaz de “pensar” la manera apropiada de construcción de las sesiones de aprendizaje. Posee estas sesiones, de características que dependen, como se indicó antes, de la clasificación del estudiante y del material que se tenga en la base de datos de conocimiento. Es decir, que el MT posee el agente especializado en construir las sesiones con los componentes indicados para el estilo de aprendizaje del estudiante. Por ejemplo, algunas características de una sesión de aprendizaje, puede estar basada en un *formato* específico ya sea: texto, imágenes, videos, simulaciones; el *enfoque*: inductivo, deductivo, explorativo; el *nivel*: muy bajo, bajo, medio, alto, etc.

El módulo tutor es el guionista del proceso que se basa en todos los elementos previamente configurados y parametrizados para su propósito.

5. Conclusiones

- A pesar de algunas limitaciones en cuanto al costo de desarrollo y la incipiente virtualización de algunos elementos de la educación en Costa Rica, los STI han demostrado su efectividad en otras latitudes y su potencial educativo para nuestro medio.
- Los STI por su naturaleza se constituyen en un medio importante de enseñanza-aprendizaje que permite no solo la atención personalizada, sino la colaboración real para solventar las deficiencias encontradas en los estudiantes.
- Con la propuesta de desarrollo del Bachillerato en Línea de la UNED (PBL-UNED), se puede ofrecer una novedosa oportunidad de aprendizaje en entornos virtuales y semipresenciales a todas aquellas personas que por razones socioeconómicas, geográficas, o de algún tipo de discapacidad, no han logrado concluir con su bachillerato en secundaria.
- La Universidad Estatal a Distancia por sus características se convierte en un escenario fundamental para implementar y llevar a cabo una innovación educativa, en donde la aplicación de un STI pueda estar a disposición de una población muy necesitada de medios y recursos para superarse académica y socialmente.

Referencias

- [1] Salgueiro et al. *Nuevo Enfoque metodológico para el diseño de los sistemas tutores inteligentes a partir de un acercamiento distribuido*, Buenos Aires, Argentina 2005.
- [2] Feng Wang, Hexiao Huang *Agent-Based Model of Web-Learning*, Shagai, China 2005.
- [3] Tozicka Jan et al *A Framework for Agent-Based Distributed Machine Learning and Data Mining*, Czech Republic 2007.
- [4] Leen-Kiat Soh, Hong Jiang, Charles Ansoorge *Agent-Based Cooperative Learning: A Proof-of-Concept Experiment*, Virginia, USA 2004.
- [5] Rakesh Agarwal et al *Intelligent Agent in E-Learning*, India 2004.
- [6] Baylor, Amy *The Impact of Three Pedagogical Agent Roles*, Florida, US 2003.

- [7] Corredor, Martha Vitalia. *Sistemas Tutoriales Inteligentes*. Boletín de Informática Educativa. Vol 2, N. 1. Proyecto SIIE, Colombia. 1989.
- [8] Holmes, N. *The myth of the educational computer*. IEEE Computer, 32(8):36-42. 1999.
- [9] Duffy, T. y Jonassen, D. *Constructivism and the Technology of Instruction*. Laurence Erlbaum Associates, Hillsdale, Ney Jersey.1992.
- [10] Keegan, D. *The Foundations of distance eduaction*. Croom Helm, London.1986.
- [11] *Educación a Distancia: situación y perspectivas*. Kape Lusz, Buenos Aires.1985.
- [12] Laurillard, D. Rethinking University. *Teaching: a framework for the effective use of educational technology*. Routledge, London.1993.
- [13] Sklar, Elizabeth. and Richards, Debbie. Brooklyn College. *The use of Agents in Human Learning System* New York, USA. 2006.