
APOLONIO 1+: SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE PARA LA SOLUCION DE PROBLEMAS EN MATEMATICAS

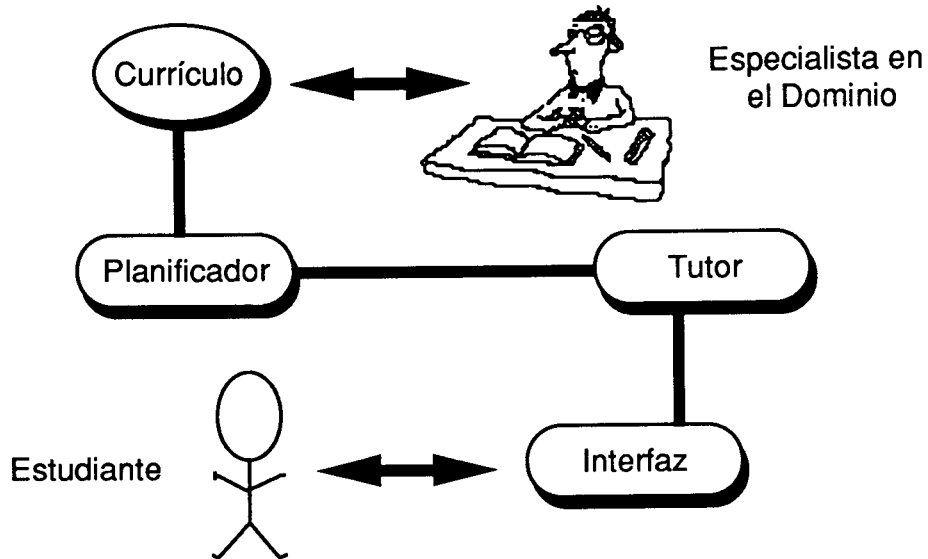
**CLAUDIA MARIA ZEA RESTREPO
BERTHA ALICIA SOLORZANO CHACON**

Línea de Investigación y Desarrollo en Informática
Educativa Universidad EAFIT

1. INTRODUCCION

APOLONIO 1+ es un Sistema Tutorial Inteligente - STI - que tiene por objetivo propiciar el desarrollo de la habilidad de solución de problemas en el estudiante. Está integrado por cuatro componentes, módulos o actores para realizar todas las

funciones aquí descritas. Estos componentes son: Currículo, Planificador, Tutor e Interfaz los cuales son presentados con algún grado de detalle en la evolución de este artículo. Esta arquitectura está basada en el modelo teórico del grupo Heron de la Universidad de Québec en Montreal. (Imbeau, 1990).



2. ANTECEDENTES

Durante años la informática ha sido una disciplina destinada a servir de apoyo y prestar servicio a todas las áreas de la organización donde los procedimientos sean repetitivos, exactos, casi mecánicos y en muchas ocasiones extenuantes. Esta participación se vuelve día a día menos atractiva pues solucionan un mínimo porcentaje de los problemas de una empresa ya que los procesos neurálgicos de toda organización son muy poco determinísticos y muy poco estables, se comportan de alguna manera como lo haría un ser humano, inexplicable y sorprendentemente.

Esto, unido a la velocidad con que viaja la información, gracias a las telecomunicaciones, ha impulsado un cambio de orientación, causando que la informática se ramifique y penetre en nuevos campos como lo es La Inteligencia Artificial. El hombre trata de alcanzar su sueño "crear una máquina a su imagen y semejanza" donde el ser "inteligente" la distinguiría de las demás, la haría valiosísima y necesaria, hoy cuando el tiempo es oro. Tendría la combinación perfecta, capacidad de manejo de un gran volumen de datos y "conocimientos", y la capacidad de discernir sobre ellos.

El avance tecnológico de los últimos años ha abierto puertas que dejan entrever un resplandor al final del camino que convierte el campo de la Inteligencia Artificial en uno de los que ofrece mayores posibilidades de investigación.

Otro factor que se ha puesto al descubierto es que el profesional de hoy debe mantenerse en un proceso continuo de actualización y capacitación pues los avances teóricos, filosóficos y tecnológicos se dan a una gran velocidad. Y he aquí donde entran a jugar un papel importante los Sistemas Tutoriales Inteligentes - STIs -.

Sistemas, porque involucran una serie de componentes básicos que se integran para lograr objetivos que en nuestro caso son de carácter pedagógico. Tutoriales, pues los objetivos que se espera lograr van orientados a alcanzar los resultados que podría obtener un tutor con su alumno, por tanto los componentes del sistema simulan los procesos que éste realiza de manera interna o externa. Inteligentes porque son capaces de adaptar la estrategia de instrucción y el contenido de ésta a las particularidades o características y expectativas de cada estudiante.

Lo que implica que para que un STI sea un crítico efectivo, debe ser capaz de conocer la línea de pensamiento seguida por el estudiante y detectar si ésta diverge de las normas que constituyen un razonamiento competente en un dominio dado. Para esto, el sistema debe ser capaz de construir y actualizar el modelo de las habilidades del estudiante.

Dirigido por este modelo, el sistema puede atacar el problema utilizando un régimen comprensible por el estudiante, contestar preguntas en términos conocidos y ser capaz de decidir cuándo el estudiante ha acumulado suficiente entendimiento del problema para poder continuar con la nueva estrategia.

Si la línea del pensamiento del estudiante difiere mucho de la línea de un solucionador de problemas competente, entonces el sistema debe decidir si el estudiante está en capacidad de continuar o si su manera de enfrentar el problema debe ser mejorada, y si es así, cómo. Si no existe una diferencia, el sistema debe asegurarse que no sea una mera casualidad y que realmente el estudiante sabe lo que está haciendo.

Con los STIs se prevee disminuir el tiempo y los costos de capacitación y aumentar la efectividad del aprendizaje ya que se entrenaría a la persona particular aprovechando sus conocimientos previos en el tema a tratar y ofreciéndole una forma agradable para él de adquirir los nuevos conocimientos sin que esto implique un aumento significativo de tiempo.

Como es de esperar el lugar donde confluyen las fuentes de información para la investigación en esta área son las universidades ya que su objetivo primordial es lograr en el discente un aprendizaje significativo.

3. ADAPTACION DE TEORIAS DE APRENDIZAJE

Todo STI como medio que imparte instrucción o entrenamiento, debe basarse en una teoría de aprendizaje que se adecúe fácilmente para ponerla en acción en el computador.

EL STI está enmarcado dentro de las teorías de aprendizaje cognoscitivistas ya que el cognoscitvismo tiene en cuenta las estructuras y procesos de aprendizaje dentro del entorno psicológico y social del aprendiz. El cognoscitvismo ha sido fundamental en el reconocimiento de elementos que subyacen al aprendizaje y en la potenciación del

acto educativo a partir de las propias capacidades del individuo.

Los cognoscitivistas enfatizan el concepto de significancia en el aprendizaje, la importancia del descubrimiento, el proceso de autofijación de hipótesis y la búsqueda de maneras de probar o rechazar tales hipótesis. Bajo esta concepción el STI debe hacer significativo el aprendizaje, como una manera de estimular al estudiante, al tiempo que debe proveerle ambientes para explorar.

Las diferencias individuales son importantes en el terreno cognoscitivo, por cuanto cada alumno posee su propia estructura cognoscitiva, su propia percepción, su interacción mutua y simultánea con su ambiente, su nivel de internalización, su experiencia del mundo inmersa dentro de una cultura. Bajo las perspectivas del cognoscitvismo podríamos concebir aprender como el proceso de incorporar a la estructura de la memoria nuevos aprendizajes y ser capaz de accederlos y usarlos cuando se necesita. Y el enseñar como el procurar que el estudiante llene los vacíos que existen en dicha estructura de la memoria (Bruner, 1986).

Para el desarrollo del STI se pone en acción la estrategia de aprendizaje por descubrimiento, ya que ésta es un desafío constante a la inteligencia del aprendiz que lo impulsa a resolver problemas y a lograr el fin último de la instrucción, es decir, la transferencia del aprendizaje (Bruner, 1986). El aprendizaje por descubrimiento es fundamental en aquellos dominios donde lo que importa es que la persona cree sus propios modelos de pensamiento (por ejemplo a nivel de análisis, síntesis y evaluación según la taxonomía de Bloom, 1971). La única forma de aprender a pensar es pensando y de aprender a resolver problemas es solucionándolos. Si se enseña a pensar o a resolver problemas por imitación o dentro de moldes dados, se puede llegar a usar bien la regla dada pero difícilmente se va a desarrollar un criterio propio que permita enfrentar y resolver nuevas situaciones. Se impone usar estrategias que ayuden a generar modelos propios de pensamiento.

Dado que la teoría de aprendizaje de Gagné es bastante más elaborada que la de Bruner, que le aplica el enfoque sistémico al aprendizaje y trabaja específicamente dentro de un cuadro de referencias donde lo más importante son las condiciones antecedentes, los procesos internos y los productos resultantes de la situación de aprendizaje nos hemos basado en él para el diseños estructurales del STI.

Gagné presenta un modelo de actividad interna que es básicamente un modelo de procesamiento de información y al utilizar ese modelo, habla sobre clases de productos de aprendizaje y relaciona tales productos con las condiciones necesarias para que él se dé (Gagné, 1974).

Puesto que las capacidades previamente adquiridas por el alumno son de fundamental importancia, y que los tipos de aprendizaje descritos por Gagné ilustran la secuencia del aprendizaje, éste sostiene que el aprendizaje de cualquier capacidad supone la adquisición previa de habilidades o capacidades subordinadas. Insiste en que las capacidades intelectuales relevantes ya existen en el individuo - y que se relacionan entre sí para dar lugar al nuevo aprendizaje - deben ser recordadas y estar disponibles en el proceso intelectual del individuo, en el momento de un nuevo aprendizaje.

Para establecer el nivel potencial de logro de un objetivo y el nivel real del estudiante en relación con ese objetivo, se han establecido cinco niveles haciendo una adaptación de las taxonomías de Gagné y de Bloom de la siguiente forma:

Nivel 1	Conceptualización
Nivel 2	Aplicación
Nivel 3	Análisis
Nivel 4	Síntesis
Nivel 5	Evaluación

Teniendo en cuenta la teoría de Gagné de que los procesos de aprendizaje están constituidos por las propias actividades internas, se adaptan las ocho fases de aprendizaje por él propuestas:

Fase 1:	Motivación
Fase 2:	Aprehensión
Fase 3:	Adquisición
Fase 4:	Retención
Fase 5:	Recuerdo
Fase 6:	Generalización
Fase 7:	Desempeño
Fase 8:	Retroalimentación

4. MODULO CURRÍCULO

Es el componente del STI donde se almacenan los contenidos a enseñar debidamente jerarquizados con sus respectivos objetivos de aprendizaje, las estrategias de enseñanza para el logro de dichos objetivos y los criterios de evaluación de los mismos.

Para el caso concreto de APOLONIO 1⁺ se define como contenido temático general el análisis de trazado de curvas (unidad de materia 1) que corresponde a un módulo dentro del curso de Matemáticas 1. Esta unidad está compuesta por unidades de enseñanza como son dominio, interceptos, simetrías, asíntotas, concavidades, puntos de inflexión, crecimientos y decrecimientos (unidades del módulo de todo el curso). Cada una de estas unidades tiene asociadas otras subunidades de enseñanza (lecciones) en las cuales se desagrega cada tema hasta llegar a un tópico específico.

Paralelo a esta estructura y como una imagen de ella se guarda el nivel de desempeño en el que se encuentra el estudiante con respecto a cada una de las unidades de enseñanza medido según los niveles definidos en las taxonomías de Gagné y Bloom. A esta estructura es a la que hemos denominado Modelo Pedagógico para el Estudiante.

Adicionalmente, el currículo define el intervalo entre un nivel de desarrollo real y el nivel de desarrollo potencial con la guía de un experto para cada uno de los tópicos, lo que constituye la llamada zona de desarrollo próximo definida por Vigotsky (Bruner, 1986) Esta zona se define teniendo en cuenta los prerrequisitos y unidades de enseñanza que el estudiante ha superado.

5. MODELO SICOLOGICO DEL ESTUDIANTE

Partiendo de la premisa de que la enseñanza pueda ser impartida a nivel grupal, en cambio el aprendizaje se realiza a nivel individual, se ve la necesidad de involucrar en APOLONIO 1⁺ un modelo psicológico del estudiante que contenga algunas características individuales relacionadas con el aprendizaje pero independientes del contenido y, de alguna manera, de los conocimientos previos. Sobre este modelo se basa la relación que APOLONIO 1⁺ tendrá con el estudiante particular en el proceso de interacción, para lograr llegarle de una mejor manera.

Desde el punto de vista meramente psicológico podemos encontrar innumerables variables que afecten el proceso de aprendizaje pero no todas son posibles de medir con la tecnología actual o no han sido lo suficientemente bien explicadas.

Ejemplo de este tipo de variables son factores de la personalidad como "motivación", "ansiedad", "neurosis", que dependen de la situación específica a la

que se enfrente el individuo. Estos factores son altamente variantes y con manifestaciones difíciles de ser captadas como para poder determinar el tipo de interacción para un sistema con las características de APOLONIO 1*.

En contraposición a esto sí podemos medir si los "hábitos de estudio" del aprendiz son mayoritariamente dependientes o independientes, es decir, si depende de una enseñanza altamente dirigida o ha desarrollado hábitos de investigación que complementen su proceso de aprendizaje.

Podemos conocer también, utilizando tests de Coeficiente Intelectual estandarizados, si capta mejor la información verbal, simbólica o gráficamente, lo que se puede asociar a las etapas de desarrollo intelectual Enactiva, Icónica y Simbólica definidas por Bruner o Sensorial, de Operaciones Concretas y de Operaciones Formales definidas por Piaget (Araujo, Chadwick, 1988).

La intersección del conjunto de valores de las tendencias de un individuo tipo nos dará suficiente información para definir la forma de interacción más conveniente para todo estudiante que se encuentre en esta "categoría", por así llamarla. Si nos imagináramos el conjunto de categorías más representativas en una forma gráfica veríamos una "malla" donde cada punto indicará una categoría específica. Un estudiante sólo puede pertenecer a una y sólo una de estas categorías esto gracias a que los factores que están involucrados en ellas son factores que normalmente cambian en el Largo Plazo.

6. MODULO PLANIFICADOR

Este componente elabora el plan de instrucción para cada estudiante en particular con base en el modelo psicológico y la zona de desarrollo próximo que le entrega el componente Currículo. Este plan contiene todas las actividades que debe realizar el estudiante en un tiempo determinado.

El componente planificador también genera una serie de planes alternos que permite al sistema ayudar al estudiante a sortear dificultades que se le presenten en el proceso de logro del objetivo a alcanzar.

7. MODULO EXPERTO EN EL DOMINIO

El componente módulo experto en el dominio es el que tiene el conocimiento del análisis de trazado

de curvas con los que puede resolver todos los ejercicios planteados al estudiante o planteados por él, conoce todos los conceptos y puede resolver las inquietudes que conceptualmente se le presenten al estudiante y para ello cuenta con ejemplos y ejercicios que guían al estudiante en la solución del problema.

8. MODULO TUTOR

Las funciones que realiza el componente Tutor dentro del STI se pueden definir como supervisión, ejecución del plan de instrucción y evaluación del estudiante.

Otra función fundamental del tutor es la administración de la interacción con el estudiante ya sea para solucionar un problema propuesto por este último o para activar las herramientas que él solicite para la solución haciendo uso de la interfaz y del sistema experto en el trazado de curvas.

9. INTERFAZ

La Interfaz es el componente que permite la interacción física del estudiante con el STI, suministrando los métodos por los cuales se hace efectiva dicha interacción. Para realizar esto el estudiante cuenta con dispositivos de entrada como mouse o ratón y teclado, y con unos métodos o procedimientos que producen unas manifestaciones del sistema o salidas en forma de texto y gráficos.

Nuestra interfaz utiliza un Micromundo donde el estudiante puede manejar y hasta cierto punto controlar, su ambiente de aprendizaje usando para ello los dispositivos de entrada. Es por esto entonces, que se catalogaría como una interfaz de manipulación directa. La Interfaz cumple con nuestro propósito de construirla de manera que su uso no interfiera con el aprendizaje del dominio: solución general de problemas.

El ambiente de aprendizaje de solución de problemas representado en el Micromundo debe cumplir con el objetivo básico de facilitar al estudiante todas y cada una de las herramientas necesarias para desarrollar la habilidad de solución de problemas. Es por este motivo por el cual ofrece al estudiante la posibilidad de utilizar unas herramientas acordes con el tipo de dominio con el que está interactuando, y que por lo tanto permitan cumplir todas y cada una de las etapas que incluye la metodología de solución de problemas.

Esto es, permite al estudiante interactuar con:

- Un enunciado del problema.
- Un glosario, donde se definen cada uno de los términos que componen el enunciado.
- Un objetivo, representado por la pregunta que se desea responder.
- Unos datos, que pueden ser o no dados (constantes o variables) en el enunciado y que sirvan para llegar a obtener el objetivo.
- Unos conceptos, involucrados en el problema.
- Las reglas o fórmulas, que involucren los datos y que sirven para hacer cálculos.
- Una figura, que represente gráficamente el problema.
- Y por último, un plan de la solución el cual será dado en término de reglas según su orden de evaluación.

Todos estos elementos apoyan las etapas del método de solución de problemas y el estudiante las tiene a su disposición para ingresar información, según sea el caso, por medio de botones que activan las ventanas correspondientes.

10. CONCLUSIONES

La arquitectura diseñada para APOLONIO 1+ trata de simular a través de sus componentes las diferentes actividades que lleva a cabo un tutor humano cuando interactúa con el estudiante.

Esta simulación del proceso de tutoría está sujeta a las restricciones impuestas por la técnica y a las dificultades inherentes al proceso de adquisición del conocimiento, realizado con los expertos.

BIBLIOGRAFIA

- ARAUJO, Joao and Chadwick, Clifton B. *Tecnología Educativa: Teorías de instrucción*. Barcelona: Paidós Educador. 1988. 205p.
- BLOOM, Benjamin. *Taxonomía de objetivos de la Educación*. New York: Editorial David McKay Company. 1971. 364p.
- BRUNER, Jerome. *Realidad Mental y Mundos Posibles*. Barcelona: Gedisa editorial. 1988. 182p.
- GAGNE, Robert M. *The Conditions of Learning*. 2 Ed. New York: Holt Rinehart Winston. 1970. 400p.
- GAGNE Robert M. *Essentials of Learning for Instruction*. Illinois: Dryden Press. 1974. 145p.
- GILHOOLY, K. J. *Human and Machine Problem Solving*. New York: Plenum Press, 1989. 382p.
- IMBEAU, Guilles. *Modélisation et réalisation d'un système tutoriel Intelligent*. Montreal, 1990. 211p: il. Tesis Philosophiae Doctor (Ph. D) en informatique). Université de Montréal. Faculté des arts et des sciences.
- POLSON, Martha and RICHARDSON, Jeffry. *Foundations of Intelligence tutoring System*. Hillsdale: Lawrence Earlbaum Associates, 1988. 280p.
- PSOTKA, Joseph and other. *Intelligent Tutoring System -Lesson Learned*. New Jersey: Lawrence Earlbaum Associates, 1988.
- RANDOLPH, Gary L. *Expert systems as cognitive models for intelligent tutors*. *Journal of computers in mathematics and science teaching*. 1988. v.7 pp 16-20.