

CONCEPTOS BASICOS DE TUTORES INTELIGENTES

Felipe Ovarés Barquero

Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

(Recibido: julio 23, 1993 / Aceptado: mayo 15, 1994)

RESUMEN

Los Tutores Inteligentes representan la última respuesta en la evolución del uso de las computadoras en la educación, no como un medio, sino más bien, como un apoyo integral, que abarca el medio mismo, la comunicación, el material didáctico y la experiencia de los maestros, en este artículo se describen en forma sucinta los conceptos esenciales de los tutores inteligentes desde la perspectiva de su arquitectura.

ABSTRACT

Intelligent Tutoring Systems (ITS) are the last answer in the evolution of Computer-assisted instruction, no like a media, is an integral support, it include, media, communication, instructional subject, learner and teacher's experience. This paper deals, briefly, the general concepts of the ITS.

1. INTRODUCCION

«...por primera vez en la historia, la educación está comprometida en preparar los hombres para una sociedad que aún no existe» (UNESCO, 1972).

Hace veinte años cuando cursaba el tercer grado en la escuela, mis maestros ni siquiera habían soñado con la **Tecnología de la Información** como una herramienta que revolucionaría el mundo rápidamente y estaría al alcance de muchos.

En nuestros días, los educadores investigan las posibilidades y el potencial que la Tecnología

de la Información puede significar para beneficio de la enseñanza y el aprendizaje (Haugen, 1989).

Las computadoras se presentan en la educación como un nuevo **medio** para la adquisición de conocimientos y, como tal, se deben comparar y evaluar con los medios tradicionales, como el lenguaje escrito, y observar principalmente cómo el uso de las imágenes y la animación afectan los procesos de enseñanza y aprendizaje.

El software educativo como medio de enseñanza tiene varias ventajas (Burkhardt et al., 1982):

- velocidad de operación
- flexibilidad de respuesta
- facilidad para usar gráficos
- control del tiempo
- habilidad para usar animación
- aleatoriedad
- control de dispositivos externos, y
- uso de dispositivos para entrada y salida.

El **medio** sólo es una parte en el proceso de enseñanza y aprendizaje, como se observa en la siguiente figura (Kristjansdottir, 1989), y es en esta parte donde hasta hace unos años las computadoras habían incursionado, sin embargo, con las nuevas ideas introducidas en los Tutores Inteligentes, se procura incorporar las otras partes de la figura; y además, aprovechar la experiencia de los tutores humanos, mediante bases de conocimientos. Como se puede notar, es un proyecto difícil que requiere mucha investigación y, sobre todo colaboración interdisciplinaria.



Figura 1. El medio en el proceso de enseñanza

2. LAS COMPUTADORAS EN LA EDUCACION

Los pioneros de la computación siempre confiaron en esta nueva tecnología como una forma de transmitir conocimientos, de enseñar. Al principio fue mediante prueba y error, cuando los primeros programadores se iniciaban en sus tareas, pero luego se pensó en diseñar programas especiales para dar instrucción.

2.1 INSTRUCCION ASISTIDA POR EL COMPUTADOR (IAC)

La IAC surgió al inicio de la década de 1950, poco antes de la llegada de la **Inteligencia Artificial (IA)**, ésta consiste en programas para computadora, diseñados para transmitir conocimientos, y se apoyan en las ideas de las máquinas para enseñar de Skinner (Skinner, 1958). La metodología de estos programas consiste en ofrecer al estudiante el contenido de algún tema, el alumno da una respuesta basada en sus conocimientos, o sencillamente, lo intenta mediante prueba y error; luego, el programa le informa si sus apreciaciones son correctas o no. El papel de la computadora bajo este procedimiento es similar al de un texto de la modalidad de enseñanza programada.

La IAC no está orientada al desarrollo de la inteligencia, tanto por su objetivo: adquisición de conocimientos, como por los principios de aprendizaje que usa (Escobedo, 1987).

La evolución de la IAC expone varias modificaciones con programas más sofisticados y más flexibles. Los «programas ramificados» introducen la retroalimentación correctiva, que adapta la presentación de los temas de acuerdo con las respuestas del estudiante. El problema con estos programas es el diseño del material educativo, pues es muy complejo, y por lo tanto, requiere de paciencia y tiempo. Para solucionarlo, se investiga el diseño de lenguajes orientados, especialmente, para estructurar el conocimiento ramificado, de modo que se facilite el desarrollo del material que usan los IAC (Yazdani, 1986).

Sin embargo, estos programas siguen sin poder contestar el «porqué» y el «cómo» de las tareas que llevan a cabo, en otras palabras, no pueden razonar sus respuestas. Aún así, la IAC se considera ya una tecnología madura.

2.2 LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)

Con el despegue definitivo de la IA (Conferencia de Dartmouth, 1956), se han logrado muchos avances importantes, algunos de ellos se vinculan con la educación, y de buena forma se toman como puntos de arranque para los nuevos programas educativos, como por ejemplo: los sistemas expertos y los lenguajes orientados a la IA.

2.2.1 SISTEMAS EXPERTOS

Los sistemas expertos son programas que ejecutan tareas que, usualmente, son exclusivas de los expertos humanos. Los expertos usan su conocimiento y habilidad para resolver problemas en un campo específico.

D'Agapeyeff definió los sistemas expertos como:

«programas para la resolución de problemas que solucionan asuntos especialmente complicados y que requieren un elevado nivel de conocimientos. Se les califica como sistemas basados en conocimientos, porque sus prestaciones están determinadas por la utilización de procedimientos y técnicas

heurísticas similares a las utilizadas por los expertos humanos».

y el Comité de sistemas expertos de la British Computer Society dio la siguiente definición:

«la implementación en un sistema de computación de una base de conocimientos especializada y versada, de manera que la computadora pueda ofrecer consejos inteligentes o tomar una decisión inteligente sobre una función del proceso. Una característica adicional muy deseable, que puede considerarse como fundamental, es la capacidad del sistema, si así se le solicita, de justificar su línea de razonamiento, de forma directamente inteligible para el usuario. Todas estas características se pueden obtener mediante técnicas de programación basadas en reglas».

Las técnicas usadas en los sistemas expertos ofrecen características que se pueden aplicar en el desarrollo de tutores:

- Un sistema experto se puede usar para resolver problemas de un dominio particular en el cual se quiere capacitar a un estudiante.
- Un sistema experto puede explicar los resultados obtenidos en la solución de un problema.
- Un sistema experto puede conducir una clase guiado por un plan que refleja alguna estrategia pedagógica.

Cuando los sistemas expertos se usan para la toma de decisiones sin mostrar los pasos que sigue para llegar a ella, difícilmente mejora las habilidades o conocimientos de quienes los usan, pero si por el contrario, ofrece la explicación del procedimiento de deducción, se convierten en un medio de enseñanza muy efectivo.

Toda la experiencia acumulada en los trabajos e investigaciones para diseñar sistemas expertos, se tiene como fuente de consulta e inspiración para la aplicación de la informática en la educación,

como un procedimiento o estrategia para el aprendizaje, más que como un simple recurso complementario.

2.2.2 TUTORES INTELIGENTES

Los **Tutores Inteligentes** forman parte del último paso en el uso de las computadoras en la educación, no sólo como un medio en la enseñanza, sino como una herramienta más poderosa, que circunscribe todos los nodos del proceso de enseñanza (ver figura 1).

Su nacimiento es el producto de los avances logrados en la Inteligencia Artificial, especialmente en el campo de los sistemas expertos. En el punto 3, se describen los detalles de estos nuevos y revolucionarios programas.

3. TUTORES INTELIGENTES

La instrucción individualizada -también se usará instrucción adaptativa- es el mejor medio para la enseñanza de cualquier disciplina. En el pasado fue muy común el empleo de maestros para impartir lecciones a domicilio, en este ambiente se da el intercambio de ideas y conocimientos en una relación muy cercana entre el maestro y el estudiante, el maestro conoce muy bien al estudiante, lo que sabe, cómo aprende; y el estudiante también, a su manera, conoce al maestro.

Actualmente, las computadoras ofrecen un camino ideal para introducir una nueva forma de instrucción individualizada. Existen varias modalidades, sin embargo, ninguna de ellas va tan lejos como la denominada «**Tutores Inteligentes**» (TI). Estos tutores, consisten básicamente en simular, mediante un programa en una computadora, un tutor humano, y como tal, debe tener las características principales de éste:

- Adaptar la instrucción a cada estudiante particular, evolucionando a su ritmo.
- Adaptar el contenido y la forma de la materia al conocimiento que tiene el estudiante en cada momento de la instrucción (Ohlsson, 1987).

En el desarrollo de los TI, deben considerarse y cumplirse una serie de principios básicos, los cuales se describen a continuación (Ohlsson, 1987):

- **Principio de la interfase generativa.** Para brindar la instrucción adaptativa, un tutor debe distinguir entre la materia y la forma en la cual puede ser representada, y ser capaz de generar diferentes presentaciones de cada unidad de la materia; además, debe escoger, en cada momento, la forma más beneficiosa para el estudiante en ese momento de la instrucción.
- **Principio de no-equifinalidad de la instrucción.** La representación de la materia no debe corresponder a un único y bien definido estado cognoscitivo. El conocimiento se puede representar de diferentes formas y desde diferentes perspectivas, todos igualmente válidos desde el punto de vista educacional.
- **El principio de presentación variada.** Para brindar la instrucción adaptativa, un tutor debe tener varias formas instruccionales de presentar un mismo tema.
- **El principio del repertorio estratégico.** La variedad de tácticas de enseñanza en un sistema tutorial está limitada por la condicionalidad de la estrategia de enseñanza del sistema, a excepción de que la estrategia pueda identificar circunstancias bajo las cuales una táctica particular deba ser utilizada para obtener mejores resultados, la táctica no incrementa el poder del sistema.
- **El principio de los planes de enseñanza.** Un tutor necesita ser capaz de generar un plan de enseñanza, tomando en cuenta su representación del estudiante, su conocimiento de la materia y su objetivo tutorial; además, debería ser capaz de revisar y modificar su plan cuando descubre que no se adapta al estudiante.

3.1 ARQUITECTURA DE UN TUTOR INTELIGENTE

Los TI nacen como una extensión de las aplicaciones de la **Inteligencia Artificial** en la educación, principalmente tomando las ideas de los **Sistemas Expertos**, que en la mayoría de los casos se usan ampliamente como medios de capacitación. Un TI debe, al menos, pasar sin problemas tres pruebas de inteligencia (Burns y Capps, 1988):

- **Conocimiento del experto:** el dominio o material debe estructurarse adecuadamente de manera que pueda inferir o resolver problemas relacionados con la disciplina.

Nota: el dominio, material didáctico o materia es el tema en el cual el tutor está capacitado para enseñar.

- **Diagnóstico del estudiante:** debe ser capaz de deducir el conocimiento que tiene el estudiante en cada momento de la instrucción. Debe determinar tanto el nivel de entrada del estudiante, como su avance durante todo el proceso.

- **Conocimiento instruccional o curricular:** debe tener una estrategia pedagógica inteligente, que controle adecuadamente las diferencias entre el experto y el estudiante.

Varios problemas rodean el diseño y desarrollo de un TI. Primero, involucra varios modelos inteligentes difíciles de diseñar y programar. Segundo, la implementación y evaluación deben ser muy rigurosas, obtener el conocimiento de los expertos, codificarlo de alguna forma e introducirlo en el TI es una labor muy compleja. Tercero, la interfase de comunicación con el estudiante debe ser muy amigable.

3.1.1 EL MODULO EXPERTO

Algunos autores consideran el módulo experto como la columna vertebral de los TI (Anderson, 1988), pues involucra la gestión del conocimiento -la experiencia- del tutor humano. El módulo experto por sí solo puede considerarse un sistema experto.

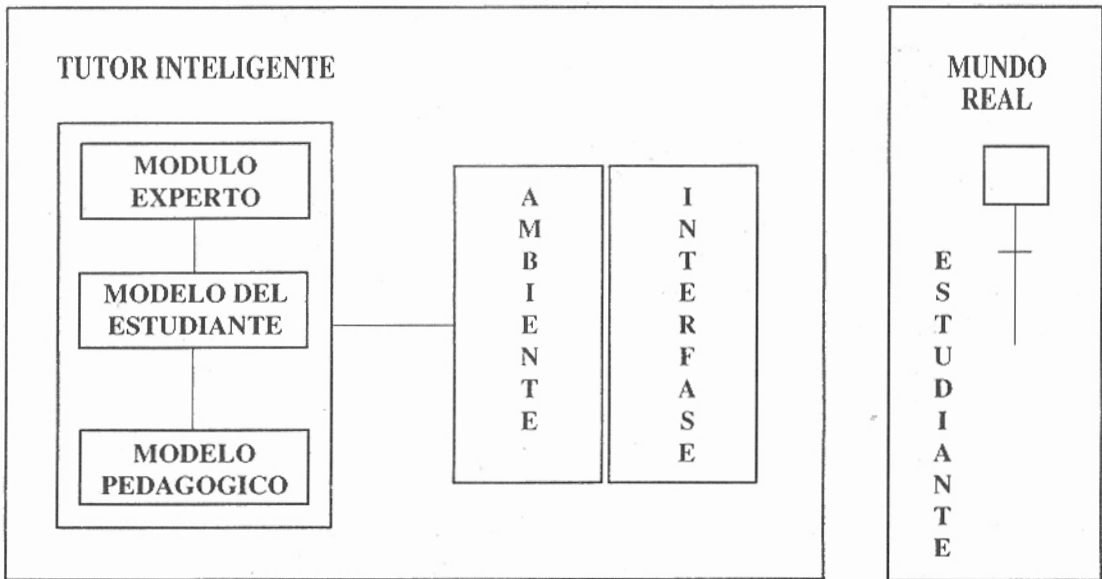


Figura 2. Arquitectura de un TI.

Obtener el conocimiento de los expertos, en cualquier disciplina, incluida la educación, representa una labor compleja y delicada, es tan serio el asunto, que se ha creado una rama dentro de la Inteligencia Artificial denominada Ingeniería del Conocimiento, la cual se encarga de enfrentar este trabajo.

Existen tres formas de diseñar el módulo experto:

- **Caja negra.** El sistema usa algún algoritmo, el cual no requiere mantener conocimiento almacenado. Bajo este esquema, a pesar de que el módulo funciona bien, le es imposible mostrar o explicar los cálculos que realizó para llegar al resultado final, generalmente son cálculos que involucran millones de operaciones, que no tendría sentido presentarlas.
- **Caja de cristal.** Sigue los mismos lineamientos de los sistemas expertos, es decir, requiere de una base de conocimientos obtenida de los expertos humanos. La ventaja de esta forma de diseñar el módulo experto es que el sistema puede presentar los pasos que siguió para obtener un resultado, en otras palabras, es capaz de explicar su línea de razonamiento.

- **Simulación.** La idea es modelar el comportamiento humano a la hora de resolver problemas.

3.1.2 EL MODELO DEL ESTUDIANTE

Es la parte del TI que representa el estado actual del conocimiento de la materia que posee o domina el estudiante, debe ir actualizándose cada vez que el estudiante altera su conocimiento. Deducir el modelo del estudiante se denomina diagnóstico del estudiante, y el diseño de ambas partes es lo que se conoce como el «**problema de modelar el estudiante**».

El modelo del estudiante es una base de datos y el diagnóstico la administra.

Objetivos del modelo del estudiante:

- **Decisión para avanzar.** El TI, mediante la observación del modelo del estudiante, puede determinar lo que el estudiante sabe con respecto a un tópico particular, y decidir si se debe avanzar a un nuevo tópico.
- **Brindar ayuda.** Si el estudiante está cometiendo errores, el TI puede consultar el

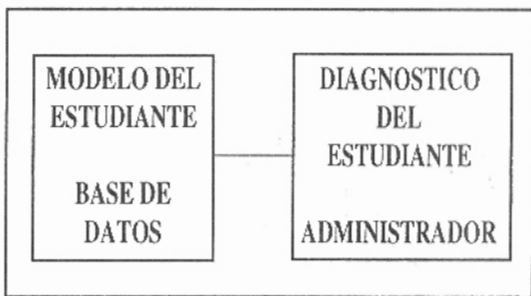


Figura 3. Problema de modelar el estudiante.

modelo del estudiante, determinar lo que sabe y ofrecerle la ayuda que mejor se adapte a su conocimiento.

- **Generación de problemas.** Los problemas que el TI presenta al estudiante deben concordar con lo que el estudiante sabe sobre el tema, nuevamente es al modelo del estudiante que se consulta.
- **Adaptar las explicaciones.** El TI debe explicar los conceptos usando los términos que el estudiante domina, para ello debe consultar el modelo del estudiante (Van Lehn, 1988).

3.1.3 EL MODULO DE CURRÍCULO E INSTRUCCION

La meta del módulo instruccional es delimitar la naturaleza de la enseñanza e implementarla como una solución al problema de la comunicación en la educación (Burns y Capps, 1988). También se le puede llamar **MODELO PEDAGOGICO**.

Este módulo debe ofrecer un método para seleccionar, dividir y presentar el material, se debe tener en cuenta siempre al estudiante.

Currículum

Esta parte del módulo debe cumplir las siguientes funciones (Half, 1988):

1. Dividir el material didáctico en unidades manejables para el tutor y comprensibles

para el estudiante, además los objetivos instruccionales deben ser pocos y claros.

2. Definirle al material didáctico una secuencia conveniente para el estudiante.
3. Asegurar que los objetivos instruccionales de cada unidad sean alcanzables.
4. Evaluar la reacción del estudiante en cada momento de la instrucción y reformular el currículum si es necesario.

Instrucción

Esta parte del módulo se encarga de la presentación inicial del material, y del diálogo con el estudiante, principalmente para responder a sus preguntas.

Existen varias técnicas para presentar el material al estudiante, por ejemplo, mediante texto, figuras gráficas, imágenes, animación, etc.

3.1.4 EL AMBIENTE INSTRUCCIONAL

El ambiente instruccional está relacionado con los elementos que facilitan el proceso de enseñanza, tales como actividades, situaciones y herramientas, todas relacionadas con los fundamentos pedagógicos.

Las ciencias cognoscitivas, la psicología y la tecnología, principalmente la computación, le han dado un gran impulso a la pedagogía. La intención es crear ambientes educativos más ricos, eficientes y poderosos, para que el estudiante pueda deducir nuevos conocimientos a partir de la información que se le brinda y de la experiencia que adquiere.

Al citar algunos conceptos de Nickerson (1986), se obtiene un panorama más claro -conceptos de la filosofía pedagógica- de lo que se busca con el diseño del ambiente instruccional en un TI:

Constructivismo. El aprendizaje es la construcción del conocimiento, no la absorción de él. El estudiante no es un recipiente

vacío que debe llenarse de conocimiento. El estudiante debe ser activo y debe relacionar el conocimiento nuevo con el conocimiento existente.

Importancia de la comprensión conceptual. No es apropiado que los estudiantes aprendan todo de memoria. Los estudiantes deben razonar los conceptos, y en muchos casos deben construir su propio razonamiento que les ayude luego a recordar.

Preconcepciones. Dado que la enseñanza es constructiva, el papel de las preconcepciones puede ser crítico si al introducir un tema éstas son erróneas. Las malas interpretaciones deben identificarse y corregirse para orientar la enseñanza hacia el camino correcto.

Relacionar la enseñanza dentro y fuera de la escuela. Un gran impedimento de la enseñanza es que no se vincula el aprendizaje de la clase con las experiencias de la vida real. Otro problema similar es que no se relacionan los conocimientos de las diferentes materias. En otras palabras, la enseñanza no es un proceso integrado. La estructura del ambiente instruccional debe hacerse mediante la utilización de herramientas y ejemplos de la realidad, para evitar la tendencia del estudiante por aprender a resolver los problemas usando la estructura del ambiente instruccional, en vez de usar el conocimiento adquirido. Por ejemplo, los estudiantes de matemática saben que los primeros ejercicios, al final del capítulo, los pueden resolver con los conocimientos adquiridos en ese capítulo, pero para resolver los últimos, requieren conocimientos de los capítulos anteriores y la solución es más difícil.

Técnicas para autoevaluación y autoadministración. Los buenos estudiantes se evalúan y administran su aprendizaje. Algunos de los métodos necesarios para estas actividades son el planeamiento, dirigir la atención, evaluar la comprensión y controlar la ansiedad.

Aprendizaje continuo. El aprendizaje no es algo que se adquiere en la escuela y se usa a través de la vida. El aprendizaje debe ser un proceso continuo. Muchos conocimientos adquiridos cambian o se tornan obsoletos.

3.1.5 LA INTERFASE PARA COMUNICACION CON EL ESTUDIANTE

La interfase hombre-máquina siempre ha sido un problema de comunicación, una mala interfase desvirtúa las cosas buenas que tiene todo el sistema; además, el estudiante tiene que luchar contra una interfase hostil para obtener lo que desea. Lo mejor es crear una interfase transparente, amigable, totalmente identificada con el estudiante, sin embargo, como siempre sucede en computación, lo transparente y amigable para el usuario, precisa mucho trabajo para los diseñadores.

La investigación en esta parte de los TI aspira comprender la comunicación humana, y el conocimiento que obtenga será introducido en una base de conocimiento que formará parte de la interfase de comunicación.

Hasta el momento, las dos formas preferidas para diseñar interfases son, mediante íconos al estilo de Apple o Windows, en donde se presentan al estudiante una serie de dibujos, que algunas veces son la entrada a otros niveles, como si fuera un menú, simplemente dibujos terminales, por ejemplo, un gato para representar un gato y nada más, y la otra, mediante comandos al estilo de los sistemas operativos. Existen otras técnicas que están en proceso de investigación, tal es el caso del lenguaje natural, que pretende en su forma ideal, que la computadora comprenda las frases del lenguaje y que las ejecute; el procesamiento de la voz, donde a través de un micrófono o algún mecanismo similar, la computadora es capaz de procesar las instrucciones habladas; los videodiscos, las pantallas sensitivas al tacto, en las cuales se pueden seleccionar con el dedo objetos dibujados en la pantalla sustituyendo en cierta forma la función a veces sumamente incómoda del ratón; los multimedia, que son una mezcla de video, dibujos, música, menús.

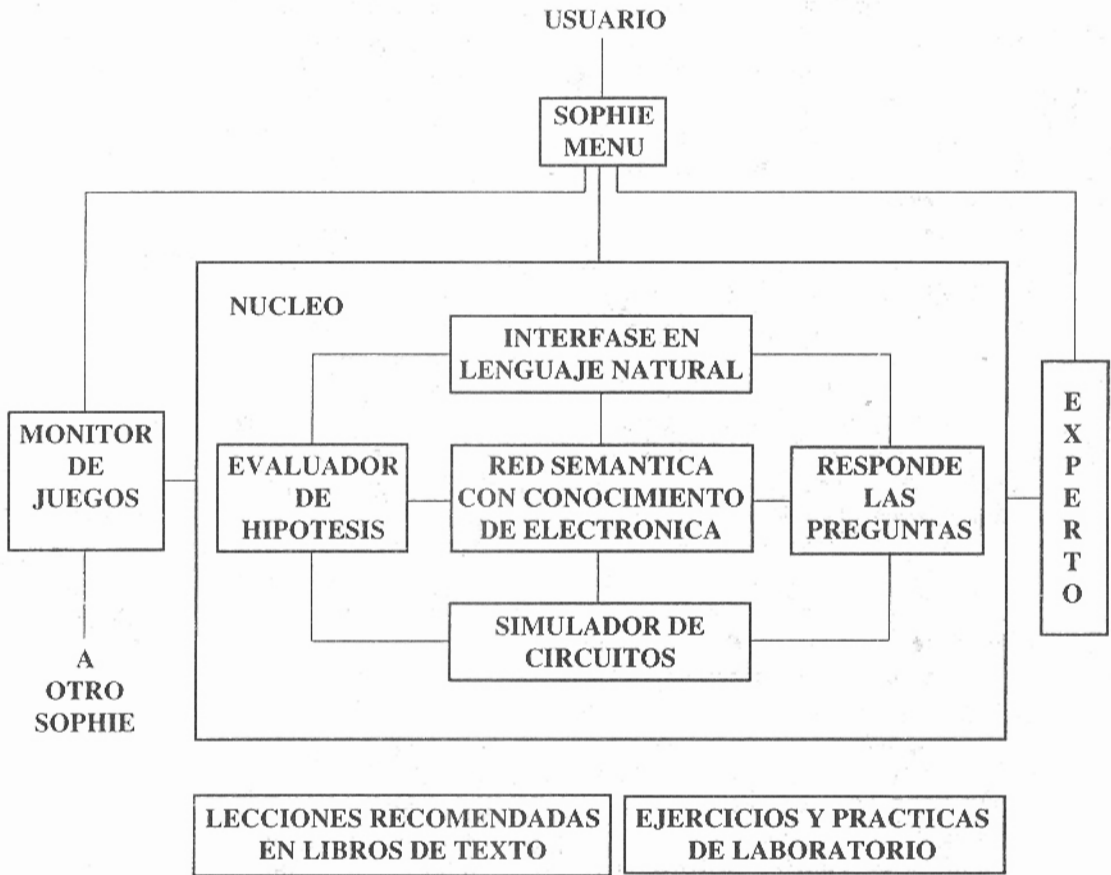


Figura 4. Estructura del Sistema Sophie.

4. SOPHIE: UN EJEMPLO

El **SOPHIE** es un caso excepcional de un **TI** cuyos creadores intentaron desarrollarlo completamente. El proyecto fue patrocinado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, específicamente por la Fuerza Aérea, quienes estaban interesados en usar las computadoras para detectar y corregir las fallas en los equipos electrónicos.

SOPHIE construye un modelo y luego lo prueba, los estudiantes observan el experimento y pueden introducirle errores. **SOPHIE** mediante su módulo experto es capaz de hallarlos y corregirlos.

SOPHIE se divide en tres etapas:

- I. Construye un dispositivo electrónico, usando una base de conocimientos sobre dispositivos electrónicos, las ideas básicas del razonamiento de los instructores de laboratorio, y un conjunto de rutinas para simulación de experimentos de circuitos. Así, **SOPHIE** puede evaluar a los estudiantes, dialogar con ellos e intercambiar preguntas y respuestas y, brindarles ayuda cuando la necesitan.
- II. En la segunda etapa se le agrega el conocimiento de un experto en hallar fallas en los

dispositivos, y la capacidad para explicar su línea de deducción al resolver problemas.

- III. En esta última etapa se pretende hacer de **SOPHIE** un tutor completo, pero para lograrlo es necesario incluirle el módulo del estudiante.

A continuación se presentan las cuatro partes que comprenden un minicurso impartido por **SOPHIE**:

- A. Primer período. Una introducción del **SOPHIE**, su funcionamiento, y una presentación de aspectos básicos de electrónica.
- B. Segundo período. Presenta el módulo experto, el estudiante puede hacer sus prácticas.
- C. Tercer período. Consiste de dos partes. Una en la que se detectan las fallas de los dispositivos. La otra, se presenta como un juego, con el que los estudiantes pueden jugar con otros estudiantes, cada uno trata de diagnosticar las fallas del otro.
- D. En la parte final, se puede jugar en equipos. El curso finaliza con un examen para cada participante.

5. CONCLUSION

En estos momentos los **TI** son objeto de

investigaciones y cambios continuos, por lo tanto, no se tienen estándares, este problema provoca grandes trastornos para diseñar nuevos **TI**, tampoco se tienen herramientas, como lenguajes orientados a **TI**, estructuras de datos, que faciliten el trabajo de análisis y diseño, sin embargo, la expectativa es enorme, y a mediano plazo se esperan resultados positivos.

Algunos investigadores han creado **TI** en los cuales se puede sustituir la materia, y todo lo demás se deja igual, un ejemplo de esto, es el **TI** de Davies et al. (1985), se diseñó para enseñar los códigos y señales que se usan en las carreteras, y ahora se usa también para enseñar las regulaciones de seguridad para los controladores del tráfico aéreo. Este es un buen ejemplo de lo que se puede lograr con buenos diseños.

Muchos de los trabajos actuales están a nivel de prototipo, y en algunos no funcionan todos los módulos, no es para menos, el diseño completo de un **TI** requiere siete componentes, cada uno con su grado de dificultad (Burns y Capps, 1988):

- Módulo experto
- Diagnóstico del estudiante
- Módulo instruccional y curricular
- Ambiente instruccional
- Interfase hombre-máquina
- Experiencia para implementarlo
- Experiencia para evaluarlo.

6. BIBLIOGRAFIA

- Anderson, J. R. (1988). *The Expert Module. Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Burkhardt, H., Fraser, R., Wells, C. (1982). *Teaching Style and Program Design*. *Computer & Education*, 6, pags. 77-84.
- Burns, H. L., Capps C. G. (1988). *Foundations of Intelligent Tutoring Systems: An Introduction*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Burton, R. R. (1988). *The Environment Module of Intelligent Tutoring Systems*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Davies, N. G., Dickens, S. L., Ford, L. (1985). *TUTOR - A prototype ICAI system. Research and Development in Expert Systems*. Cambridge University Press.
- Escobedo, H. (1987). *El uso instruccional vs. el uso interactivo del computador respecto al desarrollo de la inteligencia*. Primer Simposio Colombiano Informática, Educación y Capacitación - Memorias. Bogotá: Ceina.
- Half, H. M. (1988). *Curriculum and Instruction in Automated Tutors*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Haugen, H. (1989). *Development Tools for Educational Software: Open-Ended Software and Creative Programming Tools*. *Education & Computing*. Elsevier.
- Kristjansdottir, A. (1989). *Educational Software - On Whose Terms? Education & Computing*. Elsevier.
- Miller, J. R. (1988). *The Role of Human-Computer Interaction in Intelligent Tutoring Systems*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Nickerson, R. (1986). *Technology in Education in 2020: Thinking about the not-distant future*. Cambridge, MA. Bolt, Beranek, and Newman, Inc.
- Ohlsson, S. (1987). *Some principles of intelligent tutoring*. *Artificial Intelligence and Education Volumen One*. Ablex Publishing. Waltham, MA.
- Skinner, B. F. (1958). *Teaching machines*. *Science*, 128.
- Van Lehn, K. (1988). *Student Modelling. Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Yazdani, M. (1986). *Intelligent tutoring systems: An overview*. *Expert Systems*, Vol. 3, No. 3.