

**ENSEÑANZA INTELIGENTEMENTE ASISTIDA POR COMPUTADOR DESARROLLO Y
EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA TUTORIAL
INTELIGENTE EN EL ANÁLISIS DE TRAZADO DE CURVAS**

CLAUDIA MARÍA ZEA RESTREPO

Tesis de grado presentada como requisito para optar al título de **MAGISTER EN
DOCENCIA CON ÉNFASIS EN TECNOLOGÍA EDUCATIVA**

Director: DR. BERNARDO RESTREPO GÓMEZ Ms PhD.

**MEDELLÍN UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN AVANZADA
1994**

A mis Padres Javier y Lucia A mi hija Laura A mi esposo Francisco Luis

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos: A

BERNARDO RESTREPO GÓMEZ Ph D., Director de Tesis. A

GILLES IMBEAU PhD., Asesor Internacional.

A MARÍA DEL ROSARIO ATUESTA VENEGAS, Coordinadora del grupo de desarrollo del prototipo de Sistema Tutorial Inteligente APOLONIO 1+.

A SILVIA EUGENIA SIERRA BOTERO, JUAN DAVID VELÁSQUEZ FRANCO, BERTHA ALICIA SOLÓRZANO CHACÓN, MÓNICA HENAO CALAD, ADRIANA MORALES ARAMBURO, ingenieros que trabajaron en la conceptualización y desarrollo del prototipo del STI.

A JAIRO GÓMEZ MONTOYA por su colaboración en el diseño.

A los Profesores HERNANDO BEDOYA FERNÁNDEZ y LEÓN LÓPEZ ORTIZ, expertos en el tema.

Al Profesor HÉCTOR CARRILLO y a los estudiantes de Ingeniería Civil e Ingeniería de sistemas por su participación en el experimento.

A la UNIVERSIDAD EAFIT y a la UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

A todas aquellas que en una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
1. INTRODUCCION	1
2 ANTECEDENTES HISTORICOS	4
3. EL PROBLEMA	8
4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	10
4.1 OJETIVO GENERAL	10
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
5. REVISION DE LITERATURA	11
5.1 ENSEÑANZA ASISTIDA POR COMPUTADOR	11
5.2 TIPOS DE SOFTWARE EDUCATIVO	12
5.2.1 Tutoriales	13
5.2.2 Ejercitación y práctica	13
5.2.3 5.2. Simuladores y juegos	14
5.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL	15
5.3.1 Características de un programa de Inteligencia Artificial	17
5.3.2 Ingeniería del conocimiento	18
5.3.3 Arquitectura de un sistema experto	19
5.3.4 Aplicaciones de la Inteligencia Artificial a la Educación	21
5.4. ENSEÑANZA INTELIGENTEMENTE ASISTIDA POR COMPUTADOR	22
5.4.1 Funciones de un sistema tutorial inteligente	23
5.4.2 Adquisición y representación del conocimiento	25
5.4.3 Aplicaciones de los sistemas tutoriales inteligentes	26

5.4.4	Arquitectura de un sistema tutorial inteligente	28
		Pag.
5.5.	MODELO DE ARENDIZAJE NOVATO-EXPERTO	32
5.6.	MODELO DE ENSEÑANZA DE SOLUCION DE PROBLEMAS PROPUESTO POR HERNANDO BEDOYA	34
5.7.	REVISION DE CONCEPTOS PEDAGOGICOS	35
5.7.1	Currículo	35
5.7.2	Planeación instruccional	37
5.7.3	El aprendizaje y las estrategias de aprendizaje	40
5.7.4	La comunicación	41
5.7.5	Comunicación en sistemas de computación tradicionales	42
5.7.6	Comunicación en los ambientes CAI	42
5.7.7	Comunicación en los sistemas tutoriales Inteligentes	43
6.	BASE TEORICA DEL PROTOTIPO DE SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE	45
7.	TRATAMIENTOS	55
7.1	EL CURRICULO	58
7.2	EL PLANIFICADOR	64
7.2.1	La evaluación del plan en Apolonio 1 +	65
7.2.2	La replanificación	67
7.2.3	7.2.3. Procesos básicos del planificador	69
7.2.4	Base de conocimientos para el planificador	70
7.3	EL TUTOR	70
7.3.1	¿Cómo funciona el tutor?	71
7.3.2	Funciones internas del tutor	72
7.4	EL DOMINIO	74
7.5	EL MODELO DEL ESTUDIANTE	76
7.5.1	El modelo cognoscitivo	77
7.5.2	El modelo sicológico	77
7.5.3	Diseño del modelo del estudiante	79
7.6	LA INTER FAZ	80
7.6.1	Diseño de la Interfaz	81
7.6.2	Comunicación con el sistema	83

8	DISEÑO METODOLOGICO	84
8.1	POBLACION Y MUESTRA	84
8.2	HIPOTESIS	84
8.3	DESCRIPCION DE VARIABLES	85
8.3.1	Variable independiente	85
8.3.2	Variables dependientes	85
8.4	NATURALEZA Y ESTRUCTURA DEL DISEÑO	85
8.5	SIMBOLIZACION DEL DISEÑO	86
8.6	JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO	87
8.7	VALORES TEÓRICOS	87
9.	ANALISIS DE RESULTADOS	87
9.1.	ANALISIS DEL PRETEST	88
9.1.1	Grupo experimental	88
9.1.2	Grupo control	90
9.2.	ANALISIS DEL POSTEST	92
9.2.1	Grupo experimental	92
9.2.2	Grupo control	96
9.3.	ANALISIS DE GANANCIAS	98
9.4.	ANALISIS DE DATOS ADICIONALES	106
9.5.	ANÁLISIS COMPARATIVO	107
9.6.	NOTAS DE CAMPO	111
10.	DISCUSION DE RESULTADOS	114
11.	CONCLUSIONES	117
12.	BIBLIOGRAFIA	119

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA 1. La Inteligencia Artificial y las áreas que le contribuyen	16
FIGURA 2 Comunicación persona a persona	41

FIGURA 3 Comunicación persona computador	42
FIGURA 4 Comunicación persona computador tutor	43
FIGURA 5 Comunicación persona ambiente de aprendizaje	44
FIGURA 6 Fases del proceso de enseñanza - aprendizaje	49
FIGURA 7 Interfaz en in ITS	53
FIGURA 8 Comunicación personal ambiente de aprendizaje	54
FIGURA 9 Relación entre los componentes de Apolonio 1+	57
FIGURA 10 Estructura de un tópico	60
FIGURA 11 Organización de la materia	61
FIGURA 12 Estructura de un objetivo	62
FIGURA 13 Objetivos previos	63
FIGURA 14 Jerarquía de objetivos	63
FIGURA 15 Graficador para Apolonio 1+	82
FIGURA 16 Graficador recta real Apolonio 1+	83

LISTA DE CUADROS

	Pag.
CUADRO 1 Resultados del pretest grupo experimental	89
CUADRO 2 Distribución de frecuencias del pretest de conocimientos del grupo experimental	90
CUADRO 3 Distribución de frecuencias del pretest de solución de problemas del grupo experimental	91
CUADRO 4 Resultados del pretest grupo control	91
CUADRO 5 Distribución de frecuencias del pretest de conocimientos del grupo control	92
CUADRO 6 Distribución de frecuencias del pretest de solución de problemas del grupo control	93
CUADRO 7 Resultados del postest grupo experimental	94
CUADRO 8 Distribución de frecuencias del postest de conocimientos del grupo experimental	95
CUADRO 9 Distribución de frecuencias del postest de solución de problemas del grupo experimental	96
CUADRO 10 Resultados del postest grupo control	97
CUADRO 11 Distribución de frecuencias del postest de conocimientos del grupo control	98

CUADRO 12 Distribución de frecuencias del postest de solución de problemas del grupo control	98
CUADRO 13 Ganancia en conocimientos grupo experimental	99
CUADRO 14 Distribución de frecuencias de ganancia en conocimientos del grupo experimental	100
CUADRO 15 Ganancia en solución de problemas grupo experimental	101
CUADRO 16 Distribución de frecuencias de ganancia en solución de problemas del grupo experimental	102
CUADRO 17 Ganancia en conocimientos grupo control	103
CUADRO 18 Distribución de frecuencias de ganancia en conocimientos del grupo control	104
CUADRO 19 Ganancia en solución de problemas grupo control	105
CUADRO 20 Distribución de frecuencias de ganancia en solución de problemas del grupo control	106
CUADRO 21 Datos adicionales de seguimiento grupo experimental	107
CUADRO 22 Datos adicionales de seguimiento grupo control	108
CUADRO 23 Resultados del pretest en conocimientos	109
CUADRO 24 Resultados del pretest en solución de problemas	110
CUADRO 25 Resultados del postest en conocimientos	110
CUADRO 26 Resultados del postest en solución de problemas	111
CUADRO 27 Resultados del ganancia en conocimientos	111
CUADRO 28 Resultados del ganancia en solución de problemas	112

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 Instrumentos de medición
ANEXO 2 Instrumentos de observación de campo
ANEXO 3 Instrumento de evaluación de la herramienta para los estudiantes.

1. INTRODUCCIÓN

La "Revolución de la Información" y de la tecnología de los computadores ha producido una serie de cambios en el campo de la Educación y más concretamente en las actividades de aprendizaje de los estudiantes, ya que, además de servir como medio para procesar información la arquitectura interna del computador está hecha a imagen y semejanza del cerebro humano. El computador, puede por lo tanto, simular hasta cierto punto los procesos de pensamiento. Científicos de la talla de Jerome Bruner, George Miller, John Von Neumann, A. Newell y H. Simón Miller han visto el computador como una metáfora o modelo del cerebro: ambos deben ser considerados como máquinas procesadoras de símbolos, una artificial y otra natural (Bork, 1987).

Como lo dice Luis Bernardo Peña Borrero (1989,) en su artículo La Promesa Educativa del Computador: "Por su capacidad para procesar información y representarla en distintas formas, por sus propiedades interactivas y por la posibilidad de simular los procesos de pensamiento, los computadores encierran un potencial único para producir cambios fundamentales en la educación".

Las expectativas que ha generado la introducción del computador a la educación se fundamentan tanto en las características técnicas que tiene la máquina como en los desarrollos de la tecnología educativa en que se fundamenta el diseño de ambientes de aprendizaje. Estas expectativas podrían resumirse en las siguientes:

- Adecuar la enseñanza a las características individuales de cada estudiante: en estudios presentados por Bloom y sus colaboradores se concluye que la tutoría individual es uno de los métodos más efectivos de enseñanza, (Bloom, 1984).

- Propiciar procesos de aprendizaje más interactivos y participativos: la capacidad de interactuar con el estudiante es lo que hace que el computador sea superior a otros medios de instrucción y es el mayor potencial educativo del computador. La promesa más fascinante, en lo que a posibilidades de interacción se refiere, es el desarrollo de sistemas inteligentes y los multimedia.

- Mejoramiento de la productividad: esta expectativa se genera en la capacidad que tiene el computador para almacenar, presentar información y hacer cálculos rápidamente.

- Modificaciones en la naturaleza del aprendizaje: Con la utilización del computador el énfasis de la enseñanza no será la transmisión de conocimientos sino la ayuda al estudiante para que él descubra esos conocimientos y desarrolle habilidades del pensamiento que no son muy estimuladas en los métodos de enseñanza actuales.

- Desarrollar el potencial cognitivo de los estudiantes: Los trabajos de Papert, se han centrado en la idea que "La presencia de los computadores podría contribuir al desarrollo de los procesos mentales no sólo instrumentalmente, sino de manera más esencial y conceptual, influyendo en la forma como las personas piensan aun cuando se encuentren muy lejos del contacto físico con el computador" (Papert, 1981).

Como se puede ver hasta ahora son muchas las expectativas que generó el advenimiento de los computadores, pero ¿hasta qué punto se han cumplido? y ¿cómo se están utilizando los computadores en la educación?

El proyecto Apolonio 1+ permitió iniciar un programa serio y continuado de investigación en el área de los Sistemas Tutoriales Inteligentes y de la Enseñanza Inteligentemente Asistida por computador, que permitirá mejorar la calidad tanto de la docencia como del aprendizaje, utilizando las nuevas tecnologías informáticas especialmente la llamada inteligencia artificial y como consecuencia de ello se logró una capacitación en esta área y en el desarrollo de sistemas basados en conocimientos.

El proyecto APOLONIO 1+ permitió contribuir al desarrollo experimental de los Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI) en el país con el fin de promover programas de mejor calidad de la docencia y facilitar las oportunidades de aprendizaje a los estudiantes y a que otras entidades nacionales e internacionales puedan utilizar la tecnología de esta investigación para desarrollar sus propios STI.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Desde que se introdujeron los computadores como máquinas para el procesamiento de la información, se ha reconocido y anunciado su enorme potencial para usos educativos que pretende hacerse realidad añadiendo técnicas de inteligencia artificial a los programas CAI tradicionales.

La Enseñanza Asistida por Computador se utilizó por primera vez en los Estados Unidos a finales de los años cincuenta y principios de los años sesenta. Algunos de los primeros programas fueron "pasadores de páginas" electrónicos, que simplemente presentaban el texto por la pantalla, o programas de ejercitación y práctica que presentaban problemas y respondían a las soluciones de los estudiantes con respuestas y comentarios remediales pre-almacenados. Estos programas deben tener almacenados de antemano todas las soluciones a los problemas propuestos al estudiante, debido a que estos no son capaces de resolverlos por sí mismo ya que tienen poco poder de razonamiento.

Los primeros trabajos fueron realizados en la Universidad del sur de Florida, en Dartmouth College y la Universidad de Stanford. En la Universidad de Florida se desarrollaron varios cursos completos de física y estadística, los cuales equivalían a cursos de tres créditos en la Universidad. Por el mismo tiempo se desarrolló el lenguaje BASIC y esto permitió que se utilizara para desarrollar programas simples de CAI.

A mediados de los sesentas en la Universidad de Stanford, Patrick Suppes y Richard Atkinson aplicaron la metodología CAI en un área diferente. Su trabajo representó un primer intento para incrementar los niveles de habilidad de los niños en inglés básico y matemáticas.

Existen también varios proyectos para el desarrollo de CAI como son el sistema PLATO, el proyecto TICCIT y otros proyectos pertenecientes a grupos colombianos de investigación en informática educativa.

A partir de los años setenta se encontraron limitaciones en las teorías de aprendizaje desarrolladas por el análisis experimental de la conducta. Se volvieron a estudiar las líneas psicológicas de corte más estructuralista, como la "Gestalt", la psicología genética de Jean Piaget, la psicología de Jerome Bruner, y empezó a desarrollarse sistemáticamente la investigación cognitiva con ideas tomadas de la informática.

En la actualidad se ha cuestionado la efectividad de los paquetes CAI porque los cambios en la educación no han sido muy sustanciales y se ha llegado a la conclusión de que el factor predominante ha sido la falta de uso de una tecnología educativa y computacional apropiada por parte de los desarrolladores. También se ha cuestionado el modelo

conductista que dominó la tecnología educativa y que ha tenido profunda influencia en el diseño de la mayor parte de los programas CAI.

Las investigaciones sobre el uso y los efectos de los computadores en la educación son recientes y poco concluyentes. Por lo tanto, no existen resultados concluyentes de investigaciones sobre la efectividad de los sistemas CAI y menos sobre los STI, tampoco se ha validado la efectividad de estas dos estrategias de enseñanza en el desarrollo de la habilidad de solución de problemas en el país y se dice que en el país porque los microcurrículos que utilicen esta estrategia deben ser adaptados al medio colombiano. A continuación se presentan algunos de los resultados de las investigaciones:

Hay diferencias significativas en la utilización de paquetes CAI en pruebas de conocimientos estandarizadas que presentan los niños de clases no favorecidas económicamente, o los niños que presentan algún retraso con respecto a sus compañeros (Carnoy, 1987). Pero no existen resultados concluyentes de investigación en la efectividad del software educativo a nivel universitario, la mayoría de los resultados analizados están relacionados con el trabajo con niños y en algunos casos adolescentes.

Aunque no se puede determinar con certeza donde terminó la CAI y dónde comenzó la ICAI, se puede estimar que los primeros STI se construyeron al principio de la década del setenta. Estos programas tienen separado el material que se va a enseñar de los programas que controlan las interacciones con el estudiante y los procedimientos de enseñanza, para que los problemas y los comentarios remediales se puedan generar diferentemente para cada estudiante.

Aproximadamente a mediados de los años sesenta, se llevó a cabo una segunda fase en el desarrollo de los STI y se caracterizó por la inclusión de "expertise" o pericia adicional en el sistema referente al comportamiento de aprendizaje del estudiante y a las estrategias tutoriales. Se utilizaron las técnicas de inteligencia artificial para construir modelos del estudiante que representan su conocimiento de la materia.

Aunque el uso de los programas de ICAI no está extendido de una manera amplia, varios STI han sido probados con éxito en distintos laboratorios. Algunos de los STI que se han desarrollado y que están siendo utilizados con grandes resultados son: SCHOLAR, el tutor de Geografía de Jaime

Carbonell y Collins; SOPHIE, el solucionador de problemas de electrónica creado por John Seely Brown y Burton; BUGGY desarrollado por Bolt, Beranek y Newman es un sistema para diagnosticar los problemas que encontraban los estudiantes con las matemáticas básicas; GUIDON desarrollado en la Universidad de Stanford, instruye a los estudiantes en la diagnosis y tratamiento de infecciones bacteriológicas.

Solo en el año 1988, se efectuó la primera conferencia internacional de STI donde todos los investigadores en este campo tuvieron la oportunidad de conocer, aprender, compartir conocimientos y enterarse de los logros que se han obtenido en esta área alrededor del mundo.

La investigación hoy en día, se encuentra centrada en el diseño de programas que puedan ofrecer instrucción de una manera sensitiva a las capacidades, debilidades, habilidades de pensamiento y estilos preferidos de aprendizaje del estudiante.

En Colombia existen varios grupos de investigación en Informática Educativa como son el grupo GIE de la Universidad de los Andes, La Línea de Investigación y Desarrollo de la Universidad EAFIT, el grupo de Informática Educativa de la Universidad de Antioquia, el grupo del SENA, el grupo de la Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá), La Universidad Industrial de Santander, La Universidad Pedagógica Nacional, la Universidad del Norte, entre otros. En la actualidad algunos de estos grupos orientan sus investigaciones hacia la Enseñanza Inteligentemente Asistida por computador.

3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El acelerado ritmo de desarrollo de la ciencia y de la tecnología durante esta segunda mitad de siglo ha delineado disciplinas que permiten estudiar el proceso educativo desde ópticas distintas. Surgen las llamadas tecnologías de la información y de la Inteligencia Artificial, cuya resonancia social y cultural ha determinado la emisión de juicios como la baja calidad de la educación, lo poco pertinente del aspecto científico-tecnológico del sistema educativo y la disfuncionalidad del proceso educativo con el mundo laboral productivo, a un número creciente de sistemas educativos.

Hace unas décadas nació lo que hoy conocemos como Enseñanza inteligentemente Asistida por Computador - ICAI -, disciplina que estudia el uso, efectos y consecuencias de las tecnologías de la inteligencia artificial en el proceso educativo. Se trata de estudiar cómo estas tecnologías pueden contribuir a potenciar y expandir la mente de los aprendices de manera que sus aprendizajes sean más significativos y creativos. Postulamos que no es posible mejorar la calidad de la educación a espaldas del desarrollo de la ciencia y la tecnología ni al margen de la realidad sociocultural de cada estudiante.

La Informática ha entrado en nuestras instituciones educativas como un apoyo a la gestión administrativa pero aún no se ve claramente el apoyo al mejoramiento continuo del proceso enseñanza-aprendizaje, es decir, el aporte al cómo se aprende (metaaprendizaje), cómo se conoce (metacognición), y a los estilos de cómo se aprende y cómo se enseña.

Después de analizar los antecedentes mencionados, el estado del arte de la informática educativa y las deficiencias presentadas por los sistemas desarrollados hasta el momento se planteó la necesidad de iniciar un estudio en el área concreta de los sistemas tutoriales inteligentes.

Este estudio buscó determinar ¿cuál es la efectividad relativa de un sistema tutorial inteligente frente a la tutoría individualizada del profesor en el aprendizaje de conocimientos y desarrollo de habilidades de solución de problemas?

4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 OBJETIVOS GENERALES

Proponer una nuevas alternativa de estrategias de enseñanza que contribuyan al desarrollo de la habilidad de solución de problema y adquisición de conocimientos en trazado de curvas para estudiantes de primer semestre universitario, determinando si un Sistema Tutorial Inteligente -STI- produce diferencias significativas en el desarrollo de la habilidad de solución de problemas, adquisición de conocimientos y actitud hacia el computador comparándolo con una tutoría individualizada de un profesor con experiencia.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Implementar un prototipo de sistema tutorial inteligente para el análisis de trazado de curvas polinomiales que permita desarrollar la habilidad de solución de problemas de la estrategia de aprendizaje por descubrimiento.
- Validar Experimental mente el prototipo de sistema tutorial inteligente de trazado de curvas y contrastar la efectividad relativa del prototipo de sistema tutorial inteligente de análisis y trazado de curvas polinomiales con la tutoría individualizada de un profesor con experiencia, en el desarrollo de habilidad de solución de problemas y adquisición de conocimientos.
- Evaluar el modelo pedagógico que soporta una arquitectura de sistema tutorial inteligente.

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 ENSEÑANZA ASISTIDA POR COMPUTADOR

La Enseñanza Asistida por computador, también conocida como CAI o CAL o EAC, es el tipo de instrucción que utiliza el computador como un medio de enseñanza, es la informática como soporte de la docencia, es decir, la EAC busca identificar aquellos aspectos en los que la tecnología computacional puede dar una respuesta adecuada a los problemas docentes (Rueda, 1984). "Courseware" es otro nombre que se le ha dado al software educativo que se diseña para crear algún tipo de ambiente instruccional con el propósito de facilitar el aprendizaje.

Dependiendo del tipo de educación que conviene apoyar con el computador, de la comprensión de las filosofías educativas y de las teorías psicológicas del aprendizaje, existen dos formas sistemáticas para la creación de ambientes de aprendizaje. Tomas Dwyer llama a estas formas los enfoques algorítmico y heurístico (1974).

El enfoque algorítmico como su nombre lo sugiere, se orienta éste hacia la definición de secuencias predeterminadas de actividades que conducen a lograr metas mensurables también predeterminadas". Puede decirse que bajo este enfoque se produce un software educativo controlado por el diseñador o profesor (Galvis, 1986).

"Las razones que fundamentan el uso del enfoque algorítmico tienen que ver con la superioridad que los tecnólogos educativos reconocen en el computador como medio de instrucción, comparado con otros medios creados por el hombre. Mencionan Gagné (1974) y Briggs y Wanger (1981) que con el computador un buen diseñador de instrucción puede implementar cualquiera de los eventos externos (de instrucción) que promueven el aprendizaje, en particular aquellos eventos que proveen información de retorno diferencial y reorientación dependiendo del desempeño del estudiante" (Galvis, 1986).

El enfoque heurístico transfiere el control del acto del aprendizaje al estudiante. Ya no estamos hablando de Enseñanza Asistida por computador sino de aprendizaje asistido por computador.

"Bajo la aproximación heurística el aprendizaje se produce del discernimiento repentino a partir de situaciones experienciales, por descubrimiento de aquello que se aprende, no mediante la transmisión de conocimientos."

Galvis al tratar el tema del valor del enfoque heurístico afirma: "No debemos dejarnos llevar por la euforia y concluir, a partir de estas perspectivas que todo aprendizaje en computación educativa debe ser del tipo heurístico".

5.2 TIPOS DE SOFTWARE EDUCATIVO

La EAC abarca de diseños simples hasta diseños complejos. A través de los años se han clasificado los niveles de complejidad en: tutoriales, simuladores y juegos y sistemas de ejercitación y práctica.

5.2.1 Tutoriales

"En estos sistemas se trata de que el computador asuma las veces de un buen tutor. El computador en estos casos motiva, fija atención, da esquemas para codificar y recuperar aquello que se desea aprender, propone ocasiones variadas y suficientes para practicar, generalizar y transferir lo aprendido y, con base en el desempeño que uno tenga en cada situación, proporciona información de retorno diferencial" (Galvis, 1986).

5.2.2 Ejercitación y práctica

Los sistemas de ejercitación y práctica son un subconjunto de los sistemas tutoriales, buscan reforzar un concepto por medio de la práctica repetitiva, partiendo de la base de que mediante el uso de algún otro medio de enseñanza el estudiante ya ha adquirido los conceptos y destrezas que va a practicar. Este tipo de instrucción se ha criticado debido a que crea aburrimiento, sin embargo, es una técnica apropiada para ayudar en la enseñanza de las matemáticas básicas y en el desarrollo del vocabulario.

La mayoría de estos programas proporcionan diferentes niveles de dificultad y emplean aspectos de juegos para motivar al estudiante. Los programas de ejercitación y práctica presentan información, proporcionan práctica y adaptan la instrucción y/o la retroalimentación según las respuestas del estudiante. Algunos de los factores importantes en los sistemas de ejercitación y práctica son los sistemas de motivación y

de refuerzo. Como el propósito es que el estudiante logre destreza en lo que está practicando, es necesario crear algo dentro del programa que motive al estudiante para que haga una cantidad significativa de ejercicios bien resueltos y sin ayuda.

Estos sistemas de ejercitación y práctica juegan un papel muy importante en el desarrollo de habilidades y destrezas ya sean éstas intelectuales o motoras.

5.2.3 Simuladores y Juegos

Las simulaciones ofrecen problemas de la vida real en un ambiente de computador, donde las consecuencias de cada acción que se lleva a cabo simulan las consecuencias de dicha acción en la vida real. Debido a la naturaleza realista de estas actividades el estudiante se siente motivado a comprometerse con el programa.

Por medio de una simulación diseñada apropiadamente, un estudiante es capaz de adquirir capacidades, aprender procedimientos, llegar a entender las características de los fenómenos y como controlarlos, aprender que acciones tomar en diferentes situaciones y adquirir experiencia en la operación de un sistema. Además, la simulación se convierte en una alternativa cuando la experiencia real es muy peligrosa, costosa, lenta, rápida o sencillamente imposible de experimentar. Desafortunadamente, aunque una buena simulación puede ser un excelente proyecto de entrenamiento, es muy difícil de producir.

Los juegos pueden o no simular la realidad pero se caracterizan por suministrar situaciones excitantes y entretenidas. Los juegos educativos buscan que dicho entretenimiento sirva de contexto al aprendizaje de algo.

Lo esencial en ambos casos es que el estudiante participa en una forma activa, que además de estar involucrado en la situación debe continuamente procesar la información que el programa le proporciona en forma de situación problemática y resultados. La utilidad de las simulaciones y de los juegos depende de la necesidad educativa que se va a atender con ellos y de la forma como se utilicen. Para transmitir aprendizaje experiencial, conjetural y por descubrimiento, su potencial es tan o más grande que el de las mismas situaciones reales.

5.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El desarrollo de máquinas pensantes siempre ha sido materia de investigación. Muchos lo ven como una forma de poder, una trayectoria de prosperidad y salud y un significado de las trascendencias de las limitaciones propias del hombre. Las máquinas actuales toman decisiones utilizando reglas almacenadas por el hombre en forma explícita o implícita. Si se dice que una máquina es inteligente, es porque parece, al menos en algún grado, tomar decisiones en forma similar a como lo haría un hombre. Para poder comprender que es la inteligencia artificial es necesario precisar dos conceptos importantes: inteligencia y máquina inteligente.

Para que una máquina sea inteligente debe ser capaz de transformar por sí misma sus pautas de procesamiento de acuerdo con los resultados de su acción, y determinar el ámbito de aplicabilidad de tales pautas mediante la detección de analogías y la inferencia (Gilhooly, 1989).

Existen muchas definiciones acerca de la inteligencia artificial, debido a su naturaleza interdisciplinaria, algunas de ellas son:

- "La inteligencia artificial es la disciplina que estudia los métodos por los cuales ciertos mecanismos artificiales pueden desarrollar comportamientos inteligentes" (Tesoro, 1982).

- "La inteligencia Artificial es la rama de ciencia de la computación dedicada a la programación de computadores para que estos lleven a cabo tareas que si fueran ejecutadas por seres humanos, requerirían de inteligencia" (Graham, 1979).

- "La inteligencia artificial es el estudio de las ideas que permiten a los computadores ser inteligentes" (Winston, 1984).

- "La inteligencia Artificial es una subdisciplina de la ciencia de los computadores interesada en el diseño de sistemas inteligentes, es decir, sistemas que exhiben las características que asociamos con la inteligencia del comportamiento humano, como la comprensión del lenguaje, habilidad para aprender, solución de problemas y otras más". (Barry Feigenbaum, 1981).

La inteligencia Artificial se ubica como la intersección entre la computación, la psicología cognoscitiva, la ingeniería y la lingüística, como se observa en la figura 1.



Figura. 1. La inteligencia artificial y las áreas que le contribuyen

La inteligencia artificial, comprende muchas disciplinas. Algunas de ellas se discutirán a continuación:

- Representación del conocimiento: La representación del conocimiento es quizás el área más importante de la investigación en Inteligencia artificial y en ella se basan las demás disciplinas. La investigación de la representación del conocimiento busca hallar una teoría general o método para representar cualquier tipo de conocimiento. Dicha teoría permitiría capturar el conocimiento del sentido común que utilizamos diariamente y aplicarlo a la solución de nuevos problemas.

- Solución de problemas: Esta disciplina se interesa en encontrar la forma de imitar el razonamiento de la mente humana para resolver problemas.

- Sistemas expertos: Esta disciplina se interesa en desarrollar programas que proporcionan conclusiones expertas acerca de áreas de temas especializados. Algunas aplicaciones de los sistemas expertos son el diagnóstico de enfermedades, la localización de yacimientos minerales asesoramiento administrativo, etc. Un problema clave en el

desarrollo de estos sistemas es la manera de representar y usar el conocimiento que los expertos humanos poseen en estos temas (Harmon, 1985).

- Modelo cognoscitivo: Esta disciplina se interesa en desarrollar teorías, conceptos y modelos, para emplearlos en el estudio de la mente humana y su funcionamiento. Los resultados de esta investigación ayudan al entendimiento del proceso de solución de problemas (Hart, 1986).

5.3.1 Características de un programa de inteligencia artificial

A continuación se describirán algunas de las características principales de un programa de inteligencia artificial:

- Representación Simbólica: La primera característica de un programa de inteligencia artificial es que trabaja con símbolos no numéricos, Como se sabe, la máquina está compuesta en su nivel más bajo por dispositivos binarios que pueden estar solo en dos estados: 0 y 1, y se ha comprobado que el entendimiento humano en el nivel más bajo de sus neuronas, también se encuentra en esos dos estados(Graham, 1979)

- Heurísticas: Los expertos no siguen simplemente un conjunto de reglas para solucionar un problema. Ellos poseen una visión de los problemas y son capaces de emplear su juicio profesional. Los expertos generalmente utilizan heurísticas en vez de algoritmos, lo mismo que los programas de inteligencia artificial. El método heurístico analiza los resultados potenciales de diferentes caminos y los compara con la meta; los que parecen conducir a estados cercanos a la meta son considerados dignos de seguir. El método heurístico no garantiza una solución óptima sino que posibilita hallar una solución satisfactoria mediante una exploración selectiva de posibilidades (Feingebaum, 1983).

- Habilidad para aprender: Se dice que una persona posee un comportamiento inteligente cuando tiene, además de otras, la habilidad para aprender de los errores, es decir, mejorar su desempeño al tener en cuenta los errores cometidos en el pasado, esta facultad se relaciona con la capacidad para generalizar, deducir analogías y descartar información en forma selectiva. Los investigadores de inteligencia artificial no han tenido mucho éxito con las dos primeras debido a que es difícil especificar la región dentro de la cual es válida una generalización y es igualmente difícil decidir la situación dentro de la cual es válida la analogía. El tercer factor, el descarte selectivo de información, representa

un problema delicado. Siempre al computador se le ha valorado por su propiedad de no olvidar nada, pero es precisamente esa habilidad para olvidar la que le da al hombre su habilidad para aprender. Para darle al computador dicha habilidad, es necesario simular en la máquina los procesos por medio de los cuales el hombre distingue entre hechos que son importantes, y por lo tanto se deben recordar, y hechos que no son importantes, y por lo tanto se deben olvidar (Wenger, 1986).

5.3.2 Ingeniería del conocimiento

Se les llama Ingenieros del Conocimiento a aquellas personas que construyen los Sistemas Expertos y se le llama Ingeniería del conocimiento a la tecnología que estos emplean. Estos ingenieros buscan imitar el comportamiento que presenta un experto humano cuando se encuentra resolviendo un problema definido. Es decir, buscan identificar el conocimiento específico que emplea el experto para la solución de un problema.

Inicialmente, el ingeniero del conocimiento estudia el experto humano para determinar los hechos y las reglas empíricas que éste utiliza. Luego el ingeniero determina la estrategia de inferencia que emplea el experto en una situación de solución de problemas. Finalmente, el ingeniero desarrolla un sistema que utiliza conocimientos y estrategias de inferencia similares para simular el comportamiento del experto. (Shell, 1986)

5.3.3 Arquitectura de un sistema experto

Un sistema Experto consta básicamente de tres componentes principales: La base de reglas, la base de trabajo y el motor de inferencia, la base de reglas y la base de trabajo conforman la base de conocimientos. Existen también otros tres componentes adicionales que actúan como herramienta de soporte y que permiten que la interfaz con el usuario sea más inteligente: el módulo de adquisición del conocimiento, la interfaz del lenguaje natural y la interfaz explicatoria. A continuación se hará una breve explicación de cada uno de los componentes del sistema experto:

- Base de reglas: La base de reglas consiste en una serie de reglas del tipo if- then llamadas reglas de producción, cada regla consta de dos partes. La primera se llama

antecedente o premisa y está compuesta por cláusulas conectadas por medio de conectivas lógicas, como "and" y "or". La segunda se llama consecuencia o conclusión y está compuesta por una o más cláusulas que representan una conclusión o una acción que debe llevarse a cabo. El antecedente representa un patrón y se dice que una regla se activa cuando los hechos en la base de trabajo concuerdan con el antecedente. De ser así, se debe ejecutar una acción y luego adicionar la conclusión en la base de trabajo. En este sistema, cada regla consta básicamente de un atributo (A) y de un valor (V). En general, toda regla consta de uno o más pares atributo- valor (A-V) y de una conclusión.

- Base de trabajo o Base de datos: Esta base contiene un conjunto de hechos que describen la situación actual y contiene todas las relaciones atributo- valor que han sido establecidas durante la consulta, estas relaciones cambian con el tiempo siendo cada vez más extensas a medida que se activan las reglas. La base de trabajo o base de datos contiene la parte dinámica de la base de conocimientos, ya que ésta cambia con el tiempo y con el ambiente. A medida que se infieren nuevos hechos a partir de hechos ya existentes y de reglas, se adicionan éstos a la base de trabajo. Se puede interpretar el procedimiento anterior como una forma de "aprendizaje".

- Motor de inferencia o interpretador de reglas: Esta es la parte del sistema experto que contiene las estrategias de inferencia y de control. Este ejecuta dos tareas principales. Primero, examina los hechos de la base de trabajo y examina las reglas en la base de reglas, adicionando cuando sea necesario nuevos hechos en la base de trabajo. Segundo, determina el orden en el cual se deben examinar y activar las reglas. El motor de inferencia también está encargado de conducir la consulta con el usuario y de mantenerlo informado sobre las conclusiones a las cuales ha llegado. Además, tiene la capacidad de pedirle información adicional al usuario cuando no tiene datos suficientes en la base para activar las reglas.

En algunos sistemas, el motor de inferencia razona hacia adelante (forward chaining), es decir, utilizando los hechos en la base de trabajo para llegar eventualmente a una conclusión. En otros sistemas, el motor de inferencia razona hacia atrás (backward chaining), ensayando una conclusión y después otra hasta encontrar los hechos que respaldan una conclusión en particular. Estos hechos los toma el motor de inferencia del usuario o de la base de trabajo.

5.3.4 Aplicaciones de la inteligencia artificial en la Educación

A medida que la inteligencia artificial ha ido evolucionando, se ha incursionando en el campo de la educación. A continuación se presentaran las diferentes aplicaciones de la inteligencia artificial en la educación:

- **Micromundos:** El proceso de emplear ambientes de computador para explorar la forma de pensar de los individuos, es la base para el desarrollo de micromundos educativos. Papert observó que el proceso de construir programas de computador de lenguaje natural proporcionaba un excelente ambiente instruccional, que conseguía que los niños pensaran sobre pensar. Papert utilizó el lenguaje de Inteligencia Artificial, LISP, como base para desarrollar LOGO.

- **Sistemas Basados en Conocimiento:** Los sistemas basados en conocimientos son sistemas de información contruidos alrededor de una base de conocimientos (una red de hechos relacionados, reglas o problemas). Todos estos sistemas poseen al menos tres características, ellas son, representación del conocimiento (red semántica de información), una gramática formal para interactuar con los estudiantes y un sistema de producción de reglas para accesar la información en la base de conocimientos.

- **Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI):** Estos sistemas se solapan con los sistemas basados en el conocimiento y esto es debido a que ambos estructuran su información por medio del desarrollo de redes semánticas. La característica más importante de los STI es la habilidad que poseen para construir un modelo del conocimiento del estudiante. El programa es capaz con mayor facilidad de proyectar más directamente la materia que se está enseñando a la estructura del conocimiento del estudiante. Los STI valoran la lógica o antecedentes del estudiante por medio de reglas que gobiernan sus interacciones. La mayoría de los STI son solucionadores de problemas o simulaciones.

5.4. ENSEÑANZA INTELIGENTEMENTE ASISTIDA POR COMPUTADOR

La aplicación de la Inteligencia Artificial en la Educación se conoce como enseñanza inteligentemente asistida por computador y uno de sus productos son los sistemas tutoriales inteligentes. Los sistemas tutoriales asumen las funciones de un buen tutor,

guiando al estudiante a través de los diferentes procesos del aprendizaje mediante el diálogo.

Generalmente un tutorial incluye las cuatro fases que según Gagné deben formar parte de todo proceso de enseñanza y estas son: fase introductoria, en la que se genera la motivación, se centra la atención y se plantea la estudiante lo que se desea que aprenda; fase de orientación inicial, en la que se da la codificación, almacenaje y retención de lo aprendido; fase de aplicación, en la que hay evocación y transferencia de lo aprendido; y la fase de realimentación, en la que se demuestra lo aprendido y se suministra retro-información y refuerzo.

Los Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI), como su nombre lo indica, son sistemas tutoriales que incorporan técnicas de Inteligencia Artificial. Se dice que estos sistemas son 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.

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 podrá atacar el problema utilizando un régimen comprensible por el estudiante, contestar preguntas en términos conocidos y ser capaz de decidir cuando 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 porque su manera de enfrentar el problema debe ser mejorada, y si es así, cómo, si no existe una diferencia el sistema debe ser asegurar que ésta no sea una mera casualidad y que realmente el estudiante sabe lo que está haciendo.

5.4.1 Funciones de un sistema tutorial Inteligente

Como se ha dicho, el objetivo principal de un STI es proporcionar ayuda en el proceso de la enseñanza y para que esto se pueda llevar a cabo de una manera efectiva y eficiente es necesario que éste desempeñe algunas funciones importantes, como por ejemplo:

- Interactuar con el estudiante por medio de un diálogo de iniciativa mixta, es decir, donde tanto el computador como el estudiante pueden iniciar preguntas y esperar respuestas razonables del otro.
- Decirle al estudiante las estrategias apropiadas para atacar un problema en particular y demostrarle las aplicaciones de estas estrategias en problemas concretos.
- Responderle al estudiante cualquier pregunta pertinente en términos comprensibles por éste.
- Evaluar la consistencia de las hipótesis de los estudiantes con las medidas tomadas.
- Decirle al estudiante no solo que él está errado e indicarle el método correcto de solución, sino también hacer hipótesis basadas en la historia de errores de éste que es donde se encuentra la verdadera fuente de dificultades.
- Ser capaz de resolver todos los problemas que ellos proponen, si es posible de diferentes maneras.
- Entender y criticar las soluciones de los estudiantes.
- Enumerar los conceptos erróneos que se presentan en el razonamiento casual.
- Interpretar el comportamiento del estudiante en términos del conocimiento experto.
- Construir modelos de procedimientos incorrectos.
- Crear un modelo del estudiante y modificarlo continuamente basándose en su desempeño y en reglas de enseñanza.
- Comparar el modelo del estudiante con la base del estudiante e identificar la diferencia.
- Dependiendo de lo que el estudiante demuestre que ha aprendido al resolver problemas que se le presentan, el sistema debe valorar lo hecho y tomar acciones que atiendan las deficiencias o los logros obtenidos.
- Utilizar los errores de los estudiantes para diagnosticar sus fallas.
- Ser capaz de combinar métodos algorítmicos y heurísticos.

5.4.2 Adquisición y representación del conocimiento

Para que un STI pueda enseñar las habilidades y el material, se debe primero formalizar este conocimiento. La meta de toda instrucción es suministrar un ambiente en el cual los estudiantes puedan aprender los conceptos y los procedimientos que poseen sus profesores y otros expertos. Para posibilitarle al computador la enseñanza, cada concepto y procedimiento debe ser primero analizado completamente y descrito explícitamente.

Todo módulo experto debe tener conocimientos específicos y detallados derivados a partir de personas que tienen años de experiencia en un dominio determinado, consecuentemente, se gastan muchos esfuerzos en el descubrimiento y codificación del conocimiento.

Existen tres maneras de codificar el conocimiento en estructuras de datos del STI. La primera es encontrar la manera de codificar el conocimiento sin codificar la inteligencia humana subyacente. A estos sistemas generalmente se les llaman "sistemas de caja negra". La información de Entrada-Salida disponible en estos sistemas no es apropiada para la instrucción. Aunque la arquitectura de estos sistemas no representa el conocimiento humano, si producen resultados que son útiles para el reconocimiento de las diferencias entre el desempeño del estudiante y del experto.

La segunda forma involucra la construcción de un "modelo de caja transparente" para influenciar los mecanismos tutoriales del sistema. Para lograr esto, un investigador debe utilizar técnicas de Ingeniería del Conocimiento. Un ingeniero del conocimiento visita un experto y diseña la representación computacional para transmitir el conocimiento, generalmente un formalismo basado en reglas. Esta implementación no necesariamente corresponde a la manera como razonan los expertos humanos. Por lo tanto, este modelo de "caja transparente" permite solo dar explicaciones del proceso de información inherente en las reglas de su base de conocimiento. Las técnicas y herramientas de la Ingeniería del conocimiento, esto es, maneras de extraer y codificar la información, se están volviendo cada vez más útiles para el desarrollo de STI a medida que se le presta una mayor atención a las representaciones más fieles del razonamiento experto.

La tercera manera de codificar el conocimiento del dominio simula no solo el conocimiento sino también la forma en que un humano utiliza dicho conocimiento. Según los investigadores ésta es la forma más conveniente de producir STI de alto desempeño y

efectividad. Algunas de las técnicas más comunes para la representación del conocimiento son las redes semánticas, los marcos y las técnicas orientadas al objeto.

Las redes semánticas son una colección de objetos y de relaciones entre ellos. Generalmente, se representa con un gráfico donde los objetos, temas, eventos o conceptos son nodos y las relaciones entre ellos son arcos.

5.4.3 Aplicaciones de los sistemas tutoriales inteligentes

A continuación se describen algunas de las aplicaciones de los STI que se encuentra actualmente en uso y que han tenido gran éxito, estas descripciones fueron tomadas del libro de Wenger "Artificial Intelligence and Tutoring Systems" publicado en 1986.

SCHOLAR es un sistema tutorial basado en el computador que utiliza el dialogo mixto, es decir, tanto el computador como el estudiante pueden iniciar la conversación haciendo preguntas. Este sistema fue el primer esfuerzo que se hizo en el desarrollo de tutoriales capaces de manejar preguntas no anticipadas del estudiante y de generar material instruccional en varios niveles de detalle, de acuerdo con el contexto del dialogo. El Sistema original SCHOLAR creado por Jaime Carbonell, Alan Collins y sus otros colegas, enseña a los estudiantes hechos simples de la geografía de Sur América.

SOPHIE (SOPHisticated Instructional Environment) es un STI desarrollado por John Seely Brown, Richard Burton y sus otros colegas, para explorar la iniciativa del estudiante por medio de un ambiente de aprendizaje en el cual, éste adquiere habilidades del tipo solución de problemas mediante ensayo de sus ideas y no mediante la instrucción. El sistema tiene un modelo del conocimiento de solución de problemas en su dominio, como también una gran cantidad de estrategias heurísticas para contestar a las preguntas realizadas por el estudiante, criticar las hipótesis y sugerir teorías alternativas para sus hipótesis actuales. SOPHIE permite que el estudiante tenga una relación uno-a-uno con un "experto" basado en el computador que le ayude a crear sus propias ideas, experimentarlas y cuando sea necesario, corregirlas.

SOPHIE enseña habilidades del tipo de solución de problemas en el contexto de un laboratorio de electrónica simulado. El problema que debe resolver el estudiante es encontrar las fallas que hay en una pieza descompuesta de un equipo.

BUGGY es un programa que puede determinar con precisión los errores conceptuales sobre habilidades básicas de matemáticas. Este sistema desarrollado por John Seely Brown, Richar Burton, Kathy Larkin, no solo identifica el error matemático que cometió un estudiante sino que también provee un mecanismo para explicar la razón por la cual éste lo cometió. Con la presentación de ejemplos de comportamiento sistemático incorrecto, BUGGY permite que los profesores practiquen el diagnóstico de las causas de errores de los estudiantes.

WEST fue el primer programa de entrenamiento y fue desarrollado por Richard Burton y John Seely Brown. El término entrenamiento describe un ambiente de aprendizaje basado en el computador, en el cual el estudiante está comprometido en la actividad de jugar con el computador, y el programa instruccional opera simplemente como un "espectador" (el estudiante esta siempre controlando la actividad) durante el juego ofreciéndole ocasionalmente sugerencias y críticas para su progreso. Esta investigación se centró en la identificación de (a) estrategias de diagnóstico requeridas para inferir los conceptos erróneos del estudiante a partir de su comportamiento y (b) varias estrategias tutoriales para dirigir al tutor a que diga lo correcto en el momento indicado.

El propósito del proyecto WEST era utilizar estas estrategias para controlar la interacción y para que así, el programa instruccional aprovechara cada oportunidad posible para ofrecerle ayuda al estudiante sin interrumpirlo de una manera frecuente y molesta, y sin destruirle la diversión. Al guiar el aprendizaje de un estudiante a través del descubrimiento, los sistemas de entrenamiento basados en computador realzan el valor educativo de los populares juegos de computador.

STEAMER es una simulación de una planta de propulsión de vapor que consiste en una interfaz gráfica a un modelo matemático de una planta. Esta interfaz permite que el usuario seleccione vistas del sistema de propulsión e interactuar con la vista seleccionada para cambiar el estado del modelo oculto de simulación. Una ventaja instruccional de STEAMER es su capacidad para mostrar vistas globales de sistemas que físicamente se encuentran dispersos en la planta real.

5.4.4 Arquitectura de un sistema tutorial Inteligente

La arquitectura aquí presentada es tomada del WORDTUTOR, éste es un STI para la enseñanza del procesamiento de palabra. Este proyecto está siendo desarrollado en la Universidad de Montreal en Cañada por Guilles Imbeau, Guilles Gauthier y Claude Frasson. La arquitectura de un STI integra cuatro componentes: Curriculum, Planificación, Monitoreo, experto en la materia con el micromundo. Cada componente es considerada como un objeto que posee datos particulares (base de conocimiento) y "expertise". En las secciones siguientes se presentan los diferentes módulos, con sus características, sus funciones y la forma como interactúan entre sí.

5.4.1.1 El módulo Curriculum

Tradicionalmente el curriculum provee una representación del conocimiento acerca de la estructura de la materia. Siguiendo esta tradición, el módulo del curriculum contiene la experiencia concerniente a la organización de la materia que se va a enseñar. Además, el módulo de curriculum contienen también una representación de los conocimientos previos del estudiante y de lo que él puede hacer con la materia. El módulo Curriculum soporta más de un "syllabus" de un curso de la misma materia.

El módulo curriculum se construye con dos tipos de elementos: tópicos y unidades de enseñanza. Los tópicos contienen los objetivos y los desempeños del estudiante (Modelo del estudiante) mientras que cada una de las unidades de enseñanza determina el contexto de la enseñanza.

El rol principal del módulo curriculum es proveer al módulo planificador una información contextual basada en la organización de la materia, los objetivos en el syllabus y los desempeños del estudiante. El curriculum sugiere al planificados un conjunto de unidades de enseñanza.

5.4.1.2 Módulo planificador

La primera fase del planificador es determina el plan pedagógico. Este puede ser determinado a través de una discusión interactiva con el estudiante basado en su experiencia y en los conocimientos del estudiante (modelo del estudiante). El planificador usa el plan pedagógico para guiar las interrogaciones del curriculum el cual determina el próximo tópico que se debe presentar al estudiante. Así el contenido es planeado.

La siguiente fase del planificador es seleccionar de una cantidad de contextos disponibles (representados por unidades de enseñanza), uno en el cual se hará la presentación de las actividades. Por contexto se entiende no únicamente la unidad específica de enseñanza, sino también alguna información acerca del conocimiento, el desempeño y las concepciones del estudiante y su estado. Esta información también puede ser comunicada por la interacción si se requiere.

Habiendo seleccionado una unidad de enseñanza específica, el planificador debe ahora determinar que tareas deben ser presentadas por la interacción en el micromundo. Estas tareas pueden ser de varios tipos: videos, ejemplos y ejercicios.

Finalmente, el planificador revisa constantemente el plan para ver si está acorde con la calidad del feedback que recibe desde la interacción. Estas fases pueden ser implementadas con un conjunto de reglas.

5.4.1.3 Módulo de Monitoreo

El monitoreo consiste principalmente en (a) generar ejercicios en tópicos particulares, (b) ver las acciones del estudiante, (c) hacer las intervenciones apropiadas, y (d) producir una evaluación acorde al conocimiento que el sistema posee de las posibles soluciones.

5.4.1.2 Micromundo y experto en el campo

El módulo del experto en el campo es el que le da al STI el conocimiento de la materia. En efecto, el Micromundo debe ser integrado con el experto en el campo el cual posee una estructura experta acerca de conceptos, representaciones y reglas de saber-como.

Las reglas de saber-como son reglas de producción las cuales colocan la experiencia en un dominio el cual es representado por el micromundo. El dominio es organizado en diferentes bases de conocimientos. Estas bases de conocimientos conciernen únicamente al conocimiento del dominio para solucionar problemas, responder preguntas, dar ejemplos y eventualmente generar un contenido para una intervención específica o una instrucción más global.

5.4.1.3 Modelo del estudiante

El modelo del estudiante es una base de conocimientos donde se representa el entendimiento que el estudiante posee la materia que se le va a enseñar, y en general, contiene todos los aspectos del comportamiento y el conocimiento del estudiante que pueden repercutir en su desempeño y aprendizaje.

El propósito de modelar el estudiante es el de hacer hipótesis sobre sus conceptos erróneos y sus estrategias sub-óptimas de ejecución, para que así, el módulo de monitoreo las pueda reconocer e indicar las razón por la cual están incorrectas y sugerir correcciones. Es una ventaja para el sistema el poder reconocer formas alternativas de solucionar un problema, incluyendo los métodos incorrectos que el estudiante puede utilizar como resultado de conceptos erróneos acerca del problema o estrategias ineficientes.

En estos sistemas tutoriales, se forma el modelo del estudiante por medio de comparaciones en el mismo ambiente entre el comportamiento del estudiante y el comportamiento del "experto" basado en el computador. El componente del modelo del estudiante señala cada habilidad teniendo en cuenta si la evidencia indica que el estudiante sabe o no la materia.. El entendimiento del estudiante se representa completamente en términos del componente experto del programa.

Una información adicional que se puede acumular en el modelo del estudiante son los modos preferidos de interactuar con el programa, una caracterización de su nivel de habilidad, una consideración de lo que el parece olvidar con el tiempo y una indicación de lo que parecen ser sus planes y metas al aprender el material.

Goldstein (1977) sugirió que el proceso de modelamiento debería medir si el estudiante está o no aprendiendo y percibir cuales son los métodos de enseñanza más eficientes. La adaptabilidad de un sistema de instruccional está determinada por el cubrimiento y precisión de la información contenida en el modelo del estudiante.

5.5. MODELO DE APRENDIZAJE NOVATO EXPERTO

Los modelos de aprendizaje de novatos y expertos son útiles para el desarrollo de sistemas expertos para la enseñanza (Bruner, 1986) debido a que los modelos de las teorías clásicas de aprendizaje pueden ser vagos y efectivos, únicamente en partes. Debe tenerse en cuenta que gran parte de la teoría de Bruner está inspirada en las Dreyfus y Dreyfus se extienden sobre las Etapas de adquisición de habilidades y proponen cinco estados del aprendiz que son: novato, principiante avanzado, desabollador competente, desabollador hábil y experto. Se han observado muchas diferencias en la solución de problemas por parte de expertos, novatos y estudiantes no estructurados. Por ejemplo, los novatos tienden a aplicar inmediatamente las formulas realizando los cálculos, el experto dedica más tiempo pensando acerca del problema, haciéndose preguntas así mismo y analizando el grado de entendimiento del problema.

La modelación de métodos de solución de problemas de los expertos y la utilización de estos modelos como ayudas instruccionales es un acercamiento atractivo pero complicado por la dificultad que los expertos tienen de expresar lo que ellos conocen o saben.

5.6 MODELO DE ENSEÑANZA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS PROPUESTO POR HERNANDO BEDOYA.

Uno de los métodos de solución de problemas que puede ser modelado en un sistema tutorial Inteligente es el propuesto por el Dr. Hernando Bedoya y en cual se han definido las siguientes etapas que debe realizar un estudiante:

- Conocer los significados de los términos utilizados en el enunciado del problema, no solamente de los términos puramente semánticos sino también los términos técnicos. Soló después de entender completamente el enunciado puede proceder a la siguiente etapa.
- Hacer un dibujo aproximado de la situación que se plantea en el enunciado. Este dibujo puede o no coincidir con la situación planteada pero debe ser lo suficientemente ilustrativo como para poder seguir a las etapas posteriores.
- Identificar y poder nombrar las variables más importantes del problema, en forma precisa y si cuenta con el dibujo (etapa 2) debe señalarlas en el mismo. Identificar y nombrar las constantes y marcarlas en el dibujo.

- Identificar claramente "la pregunta" del problema. ¿Qué es lo que el enunciado está pidiendo que se encuentre? Si este es el caso.
- Distinguir los datos que el problema le proporciona y establecer, con la ayuda de su "memoria" o consulta en las fuentes de información, las relaciones que existen entre las variables y las constantes. Dicha (s) relación (es) debe(n) llevarlo, si es el caso, a una solución.
- Establecer un plan de acción para llegar a la solución, en forma de algoritmo. En cada paso del algoritmo se puede hacer las preguntas ¿tengo datos suficientes para realizar el paso enunciado? Si no los tengo, ¿puedo encontrarlos? ¿Es el paso contradictorio con los pasos anteriores?
- Realizar cuidadosamente las acciones que estableció en el plan, cuidando de que cada paso tenga sentido y esté libre de errores.
- Verificar las soluciones que encontró con el problema planteado y debe aceptar las que son soluciones del problema y descartar las otras.

5.7 REVISIÓN DE CONCEPTOS PEDAGÓGICOS

5.7.1. Currículo

Novack y Gowin comentan que "Una experiencia educativa es un conocimiento complejo. Implica cuatro elementos que se distinguen normalmente y que, en la descripción de Schwab (1973), son: el profesor, el que aprende, el currículo y el medio." Podríamos hablar del currículo como una lista de objetivos y experiencias que tratan de guiar al estudiante a través de múltiples factores que determinan lo que realmente ocurre en los salones de clase entre los profesores y los alumnos, por lo tanto, el currículo es un instrumento muy poderoso para desarrollar habilidades y como transformador del sistema de enseñanza-aprendizaje.

Stenhouse dice "Un currículo, si es valioso, a través de materiales y criterios para llevar a cabo la enseñanza, expresa toda una visión de lo que es el conocimiento y la concepción del proceso de la educación. Proporciona un marco donde el profesor puede desarrollar

nuevas habilidades, relacionándolas con las concepciones del conocimiento y del aprendizaje."

Para Novak y Gown "El currículo comprende los conocimientos, habilidades y valores de la experiencia educativa que satisfagan criterios de excelencia, de tal modo que los convierta en algo digno de estudio", por tanto, es necesario considerar el enfoque del aprendizaje como algo de importancia vital para el ser humano, lo que requiere de un aprendizaje conjunto de un contenido temático con el meta-aprendizaje. Es decir, incluir nuevos aprendizajes relativos a la naturaleza misma del aprender, con lo cual se logra un proceso de aprendizaje muy significativo.

El desarrollo del currículo tiene en cuenta el contenido y su enfoque hacia objetivos o procesos, para ello necesita tener involucrados los aspectos de la naturaleza del conocimiento. Stenhouse, dice que "...en toda consideración del diseño del currículo creo que es necesario partir del modelo clásico, basado en objetivos." lo cual nos da una pauta para iniciar el desarrollo curricular, formulando los contenidos temáticos que se desean transmitir al alumno, mediante objetivos medibles y alcanzables.

Taba, en su libro Desarrollo Curricular: Teoría y Práctica, dice ".puesto que la educación no solo consiste en dominar contenidos, los objetivos sirven también para poner en claro los tipos de potencialidades mentales o de otra índole que precisan ser desarrollados." con lo cual sustenta la necesidad de identificar algunos pasos que ayuden a la creación de currículos dinámicos y a obtener procesos más planificados antes de desarrollarlos. También, es interesante aclarar la importancia de desarrollar objetivos que provean al alumno un punto de referencia común, a partir del cual logre la convergencia de todas sus áreas de estudio. La confluencia de la variedad en las temáticas es muy importante para mantener una consistencia en los objetivos del individuo, con miras a lograr su desarrollo integral.

Los objetivos formulados para desarrollar el currículo, tienen como finalidad medir el rendimiento del individuo acerca de un contenido específico, lo que implica en su formulación, una dedicación exclusiva para lograr crear tanto en el profesor como en la institución que enseña, ciertas ventajas educativas y pedagógicas.

5.7.2 Planeación instruccional:

Cuando se habla de organización se piensa en un gran conjunto de personas trabajando todos por un objetivo común, pero es necesario para esto que todos conozcan adecuadamente este objetivo, cómo alcanzarlo y de qué se dispone para lograrlo.

De igual forma cuando se habla de enseñanza se debería pensar no sólo en el maestro que se esfuerza tratando de instruir a un grupo de alumnos, sino, en un conjunto de personas, los profesores, los estudiantes, los padres, los directores del colegio, todos ellos trabajando por un objetivo común, la educación de los alumnos.

"Un maestro tiene muchas cosas que hacer, y una de sus actividades más importantes es la de asegurarse de que el aprendizaje de los estudiantes esté apoyado en todas las formas posibles".

"El maestro es el director de la instrucción, y se encarga de que se le transfiera eficazmente al alumno, ya sea por comunicación oral, lectura o algún otro medio. Esto significa que el maestro tiene que arreglar las condiciones para el aprendizaje de tal forma que todos y cada uno de los alumnos aprendan lo propuesto".

Robert Gagné y Leslie Briggs en su libro *La Planificación de la Instrucción*, sus principios dicen: "Por mucho que se diga, la enseñanza no es más que una ayuda para que las personas aprendan, y la manera de prestar esta ayuda puede ser adecuada o inadecuada. Pero, por obvio que parezca, no es fácil precisar cuál de estas dos maneras se ha elegido. No obstante, todos estarán de acuerdo en que la enseñanza debe practicarse con responsabilidad", para cumplir con esta gran responsabilidad es necesario que todas las personas involucradas en la enseñanza conozcan el objetivo, cómo lograrlo y los medios de que se dispone para llevar a cabo la instrucción.

Antes de hablar de planeación instruccional conviene hablar de aprendizaje. Robert Gagné en su libro *Principios Básicos del Aprendizaje para la Instrucción* hace unas preguntas muy interesantes a este respecto las cuales se transcriben aquí: "¿Qué es el aprendizaje y cómo sabemos cuándo está ocurriendo? Evidentemente constituye un proceso del cual ciertas especies de organismos vivientes son capaces: muchos animales, incluyendo a los seres humanos, pero no las plantas. Es un proceso que capacita a estos organismos para modificar su conducta con una cierta rapidez en una

forma más o menos permanente, de modo que la misma modificación no tiene que ocurrir una y otra vez en cada situación nueva. Un observador externo puede reconocer que ha ocurrido el aprendizaje cuando se percata de la presencia de una transformación en la conducta y también de la persistencia de esta transformación. A partir de dichas observaciones se infiere un nuevo 'estado persistente' que el alumno ha alcanzado".

La planeación de la instrucción debe tener en cuenta ciertos principios de aprendizaje y las condiciones en que ocurre dicho proceso. Las teorías del aprendizaje identifican condiciones que lo facilitan, algunas de las cuales pueden controlarse por procedimientos didácticos. En las teorías antiguas se ponen de relieve las condiciones externas del aprendizaje conforme a los principios de contigüidad, repetición y reforzamiento. Las teorías modernas agregan a las anteriores ciertas condiciones internas del alumno. Estos estados internos se hacen posibles por el recuerdo de lo aprendido y guardado en la memoria del estudiante.

Sobre el aprendizaje influye el recuerdo de la información previamente aprendida, las habilidades intelectuales y las estrategias cognitivas, y adicionalmente las condiciones en que se aprende; todo esto sirve como base para planear la enseñanza.

La enseñanza puede establecerse a partir de algunos pasos racionales, como estos:

1. El alumno adquiere diversas capacidades, que reflejan los efectos duraderos del aprendizaje, las capacidades aprendidas pueden ser: habilidades intelectuales, estrategias cognitivas, información, actitudes y destrezas motoras, (según Gagné).

2. Como resultado de la enseñanza y el aprendizaje, las capacidades humanas suelen especificarse en función de las clases de ejecución que posibilitan. Esta especificación identifica los resultados deseados, esperados de los acontecimientos del aprendizaje y que por lo tanto se constituyen en los objetivos de aprendizaje.

3. Cuando se conocen los objetivos es posible inferir qué tipo de capacidades se está adquiriendo y qué condiciones, internas y externas, favorecerán al máximo el aprendizaje.

4. El conocimiento de las condiciones permite planear la enseñanza, esto porque la información y las habilidades que deben recordarse en cualquier aprendizaje deben haber

sido aprendidas antes, es decir, que las condiciones permiten identificar los prerrequisitos y estos a su vez permiten planificar la enseñanza. "Los programas derivados de esta manera vienen a ser como mapas del desarrollo intelectual, que pueden consultarse cuando los estudiantes avanzan de un nivel de capacidad a otro". [Gagné y Briggs, 1974],

5. Teniendo ya los objetivos deseados y disponiendo de un medio para evaluarlos es necesario determinar las condiciones para la enseñanza, la atención se centra aquí en las condiciones externas que serán más eficaces para producir el aprendizaje deseado, la determinación de estas condiciones abarca también la elección de los medios y las combinaciones adecuadas de estos para la enseñanza.

6. Es necesario otro elemento para redondear el proceso de la enseñanza y es el conjunto de procedimientos de evaluación de lo aprendido, esto se deriva naturalmente de las definiciones de los objetivos. La evaluación se usa como medida de lo que ha aprendido el estudiante.

5.7.3 El aprendizaje y las estrategias de aprendizaje

Aunque las estrategias de aprendizaje están muy dentro de todo el proceso de enseñanza y del proceso de Planeación instruccional también se encuentran muy evidentes en su forma práctica dentro del proceso en sí de la tutoría, es decir dentro del proceso de impartir la enseñanza. Con el objetivo de "transmitir" al estudiante se pueden elegir muchas formas, éstas pueden combinarse para integrar y lograr la motivación del estudiante.

Estos elementos para transmitir también dependen del tema que se va enseñar y de los matices que éste presenta, por ejemplo: una exposición de un concepto, en el momento que el alumno no pueda continuar con la solución de un ejercicio o simplemente las preguntas ¿qué cree él que es...? ¿Cómo lo podría aplicar?, o ¿Dibuja este elemento? podría afirmar un concepto teórico y al mismo tiempo lograr mantener la motivación y la atención del estudiante. También cómo estrategia podíamos estar reforzando las respuestas del estudiante dentro de la solución del problema; entonces, citando a Gagné "el Maestro toma una variedad de decisiones respecto a la adaptación de los eventos de instrucción en el ámbito de la clase", aclaramos la idea de la tutoría como un proceso subjetivo y rápido con respecto al estudiante, pues siempre está adelante del estudiante

descubriendo la pregunta, el refuerzo y la retroalimentación adecuadas al proceso que el estudiante realiza en cada momento.

También es importante dentro de elegir la "mejor" estrategia de enseñanza tomar las diferencias de los individuos y determinar la mejor manera en que estos aprenden, Gagné al respecto nos dice "Las diferencias entre los miembros de la clase generan problemas en la selección de los medios para ejercer influencia sobre los procesos de aprendizaje de cada estudiante", lo que significa que para un buen proceso de enseñanza dentro de un sistema educativo en general y dentro del STI, el Tutor debe hacer uso del diagnóstico de las diferencias y preferencias de cada estudiante; de aquí que no sólo es indispensable dentro de la tutoría considerar las mejores estrategias de aprendizaje, los diferentes medios sino también las aptitudes y actitudes del estudiante.

5.7.4 La Comunicación.

La definición más restrictiva del término comunicación, se refiere a comunicación cara a cara y se relaciona únicamente con la función de referenciar la transmisión de información entre dos individuos. Definiciones más recientes se refieren a actos de comunicación que referencian un mundo externo de objetos y eventos (Velásquez, 1991).



El acto más simple de comunicación involucra a dos personas, una de ellas transmite información acerca de un objeto y la otra recibe esa información. (Ver Figura 2) (Swigger, 1989).

5.7.5 Comunicación en sistemas de computación tradicionales.

Los sistemas de computación tradicionales tienen interfaces hombre/máquina (Ver 1.2) en las cuales el concepto de comunicación se emplea de forma bastante reducida. Allí, el computador es visto como un compañero pasivo involucrado en el intercambio de

información con un usuario que da órdenes o hace peticiones, mientras que el computador hace el trabajo (Ver Figura 3). Muchos usuarios no están interesados en comunicarse con el computador sino en utilizarlo como una herramienta para solucionar problemas o llevar a cabo determinadas tareas (Velásquez 1991)

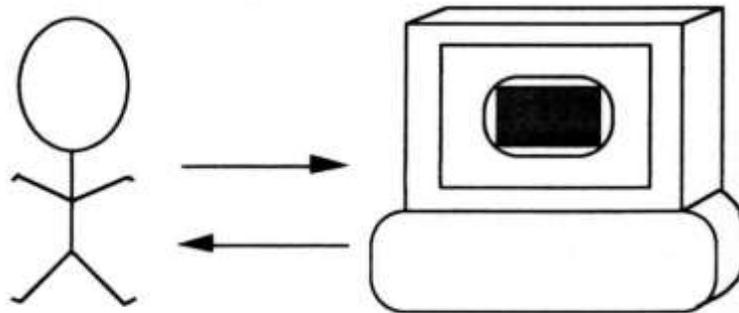


Figura 3 Comunicación persona / computador

Este modelo de comunicación puede verse en aplicaciones comunes como lo son las hojas electrónicas, los manejadores de bases de datos, procesadores de palabra y demás.

5.7.6 Comunicación en los ambientes CAI.

Los ambientes de la tradicional CAI proveen otro tipo de comunicación. En un ambiente CAI, el computador controla el acto de comunicación solicitando información del estudiante en la forma de preguntas y peticiones. El intercambio de información es de nuevo el propósito de esta comunicación, con la diferencia que el computador es el que solicita la información (Ver Figura 4, Velásquez 1991).

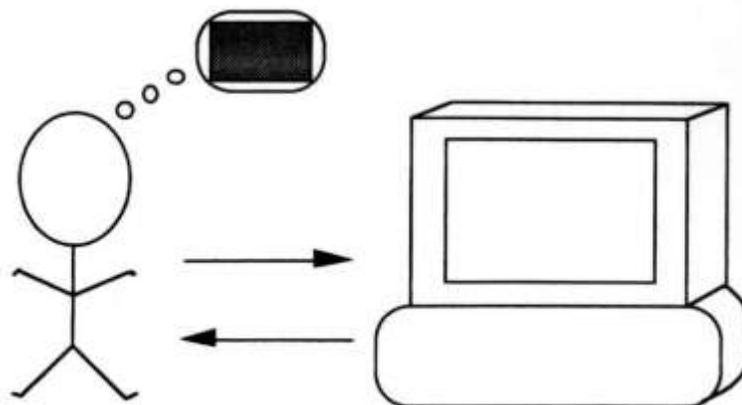


Figura 4 Comunicación persona / computador tutor

5.7.7 Comunicación en los sistemas tutoriales inteligentes.

Estos sistemas tratan de modelar diferentes niveles de comunicación y de adaptarse a las elecciones de los usuarios humanos. Algunos de estos sistemas, usan la metáfora de manipulación de objetos icónicos para manejar la interacción. Esta metáfora sugiere que el estudiante vea ítems en la pantalla que representan objetos que puede tener al alcance de la mano. En vez de referirse a un objeto por medio de su nombre, el estudiante puede utilizar un dispositivo como el mouse para seleccionar o agarrar el objeto y arrastrarlo por la pantalla (Velásquez 1991)

Algunos ambientes de aprendizaje centrados en el estudiante incluso permiten al estudiante introducir expresiones en lenguaje natural que permiten una comunicación más natural con el sistema. Para evitar los numerosos problemas con el entendimiento del lenguaje natural, muchos de los ITS limitan su interacción con el estudiante a comunicación no lingüística. Por ejemplo, un estudiante puede entrar directamente información a través del uso de menús o símbolos específicos del dominio como se ve en el área de las matemáticas.

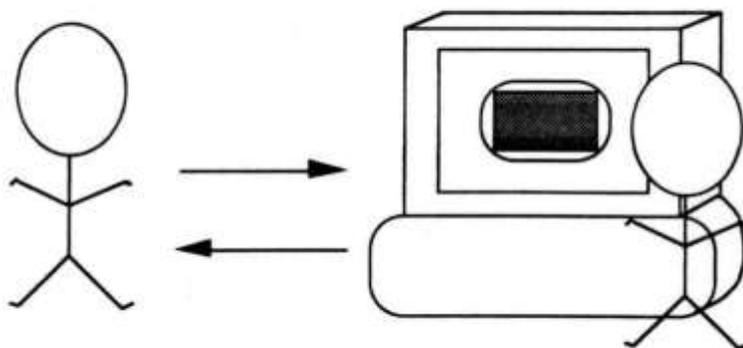


Figura 5 Comunicación persona / ambiente de aprendizaje*

El sistema también puede mostrar información al estudiante a través de textos y gráficos por computador, presentaciones de audio y videos. Los investigadores en ambientes de aprendizaje han encontrado verdaderos problemas con la comunicación humana (Brecht, 1990). Estos ambientes centrados en el estudiante permiten que el computador y el estudiante se conviertan más en compañeros y puedan manejar diferentes relaciones que

les permitan llegar a un acuerdo sobre el conocimiento que comparten (Ver Figura 5) (Velásquez, 1991).

6. BASE TEÓRICA DEL PROTOTIPO DE SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE

Esta investigación pretende medir la efectividad de un Sistema Tutorial Inteligente en el desarrollo de la habilidad de solución de problemas, por lo tanto fue necesario diseñar y desarrollar un sistema de esta naturaleza con un un modelo pedagógico que sustentara las metodologías y estrategias a implementar, las funciones del STI y la arquitectura computacional. Este numeral pretende comentar sobre los aspectos estudiados durante la investigación y que incidieron en el desarrollo del sistema tutorial inteligente.

El modelo pedagógico del sistema tutorial inteligente está enmarcado dentro de las teorías de aprendizaje cognoscitivistas, propuestas por Bruner, ya que tiene en cuenta las estructuras y procesos de aprendizaje dentro de los entornos psicológico y social del aprendiz. El cognoscitivismo 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.

El sistema tutorial inteligente debe hacer significativo el aprendizaje, como una manera de estimular al estudiante, al tiempo que debe proveerle ambientes para explorar, descubrir, autofijar hipótesis y buscar diferentes maneras de probar o rechazar tales hipótesis y el trabajo individual, por lo tanto en su modelo se implementó la estrategia de enseñanza de aprendizaje por descubrimiento, ya que ésta es un desafío constante a la inteligencia del aprendiz que lo impulsa a resolver problemas y a transferir el aprendizaje.

En el aprendizaje por descubrimiento, las respuestas o productos del aprendizaje que se solicitan al estudiante deben ser compatibles con el nivel de su desarrollo cognoscitivo. Otra característica del producto solicitado al alumno es que, en lo posible, debe mencionar las relaciones entre el material aprendido y otros conceptos o contextos. El tercer punto que se debe verificar es la aplicación de los conocimientos adquiridos a una nueva situación, y esto es precisamente, según Bruner, la respuesta más importante y el objetivo principal de la instrucción.

Dado que la teoría de aprendizaje de Gagné es bastante más elaborada que la de Bruner, ya 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, el modelo se ha basado en él para el diseño estructural de la componente currículo del sistema tutorial inteligente.

Gagné sostiene que las capacidades previamente adquiridas por el alumno son de fundamental importancia, y que los tipos de aprendizaje ilustran la secuencia del aprendizaje, también 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 efectos del modelo se definió el currículo como una lista de objetivos y experiencias que tratan de guiar al estudiante a través de múltiples factores que determinan lo que realmente ocurre en el proceso de enseñanza-aprendizaje, entre los profesores y los alumnos, por lo tanto, el currículo es un instrumento muy poderoso para desarrollar habilidades y como transformador del sistema de enseñanza-aprendizaje.

Se puede entonces afirmar que, el currículo por sus implicaciones, requiere de extremos cuidados en su elaboración, en lo que se relaciona con la selección de contenidos, organización de los contenidos, formulación de objetivos y determinación de habilidades a desarrollar o a alcanzar en el alumno.

El desarrollo del currículo tiene en cuenta el contenido y su enfoque hacia objetivos o procesos, para ello necesita tener involucrados los aspectos de la naturaleza del conocimiento. Stenhouse, dice que en toda consideración del diseño del currículo creo que es necesario partir del modelo clásico basado en objetivos, lo cual nos da una pauta para iniciar el desarrollo curricular, formulando los contenidos temáticos que se desean transmitir al alumno, mediante objetivos medibles y alcanzables.

Taba, en su libro Desarrollo Curricular: Teoría y Práctica, dice que la educación no sólo consiste en dominar contenidos, que los objetivos sirven también para poner en claro los

tipos de potencialidades mentales o de otra índole que precisan ser desarrollados, con lo cual sustenta la necesidad de identificar algunos pasos que ayuden a la creación de currículos dinámicos y a obtener procesos más planificados antes de desarrollarlos.

También, es interesante aclarar la importancia de desarrollar objetivos que provean al alumno un punto de referencia común, a partir del cual, logre la convergencia de todas sus áreas de estudio. La confluencia de la variedad en las temáticas es muy importante para mantener una consistencia en los objetivos del individuo, con miras a lograr su desarrollo integral.

Los objetivos formulados para desarrollar el currículo del sistema tutorial inteligente, tienen como finalidad medir el rendimiento del individuo acerca de un contenido específico, lo que implica en su formulación, una dedicación exclusiva para lograr crear tanto en el profesor como en la institución que enseña, ciertas ventajas educativas y pedagógicas.

Para establecer el nivel potencial de logro de un objetivo en un plan y el nivel real del estudiante con relación a ese objetivo se han establecido cinco niveles obtenidos de la adaptación de las taxonomías de Gagné y de Bloom. Estos niveles podríamos definirlos como las habilidades intelectuales o condiciones que hacen competente al individuo, es de anotar que cada habilidad cubre las habilidades anteriores y pueden clasificarse de la siguiente manera:

CONCEPTUALIZACIÓN : El estudiante se encuentra en este nivel cuando es capaz de hacer una demostración o enseñar la manera de utilizar la definición y al hacerlo está clasificando conceptos.

APLICACIÓN: El estudiante se encuentra en este nivel cuando es capaz de seguir una regla en sus actuaciones y cuando es capaz de relacionar dos o más conceptos que son aprendidos por definición. Las reglas son conceptos definidos que permiten al alumno identificar su relación y distinguir un concepto de otro. La aplicación de reglas es una

capacidad inferida que permite que el individuo responda a una clase de situación estimuladora con una clase de desempeño.

ANÁLISIS: El Análisis al igual que los siguientes niveles es un tipo de aprendizaje que implica sucesos internos generalmente llamados pensamiento. El estudiante se encuentra en este nivel cuando es capaz de relacionar varios conceptos en la elaboración de un plan para solucionar un problema, a éste nivel el estudiante plantea las posibles alternativas de solución de un problema.

SÍNTESIS: En este nivel el estudiante está en capacidad de aplicar reglas para alcanzar un objetivo (y que conducen al aprendizaje, una vez que las capacidades del individuo se modifican). En este nivel el estudiante ejecuta un plan hasta encontrar una solución.

EVALUACIÓN: En este nivel el estudiante está en capacidad de evaluar si su solución del problema lo satisface y se identifica completamente con ella. Teniendo en cuenta la teoría de Gagné de que los procesos de aprendizaje están constituidos por actividades internas propias, adaptamos cuatro fases de aprendizaje para cada uno de los niveles (ver figura 6):

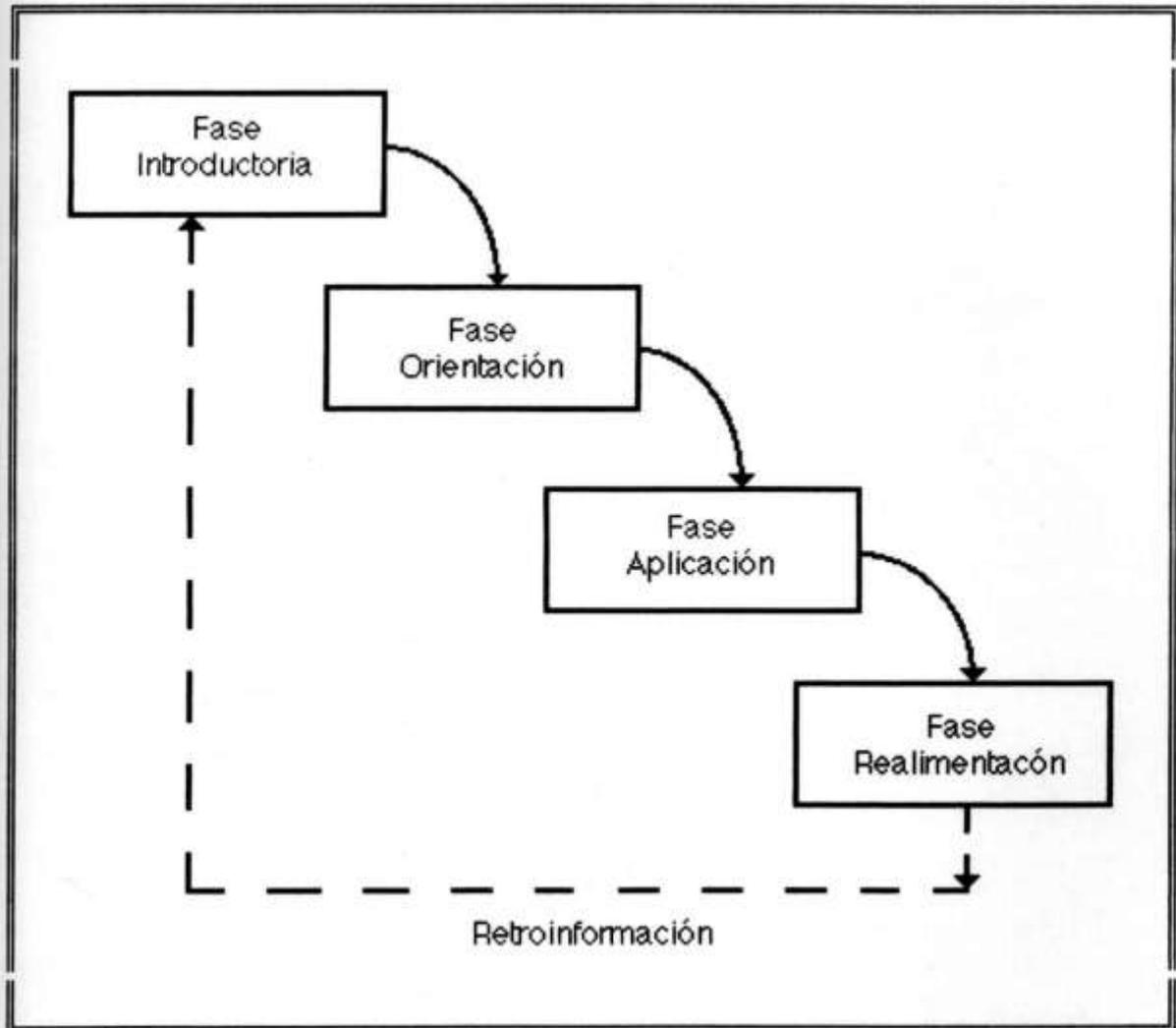


Figura. 6. Fases del Proceso de Enseñanza - Aprendizaje

FASE INTRODUCTORIA Esta fase está representada por las expectativas del estudiante, comprende la atención y la percepción selectiva y representa cuando el alumno presta atención a las partes del estímulo que el juzga relevantes para sus objetivos y las organiza a su manera.

FASE ORIENTACIÓN Esta fase comprende la forma como el estudiante transforma el estímulo percibido para almacenarlo más fácilmente y como lo integra a sus aprendizajes previos.

FASE APLICACIÓN Esta fase permite establecer si la unidad de aprendizaje ha sido almacenada en la memoria a largo plazo, representa la capacidad del estudiante para

para acceder las unidades almacenadas en la memoria. Lo que fue almacenado debe ser accesible, de modo que pueda ser localizado en la memoria en cualquier momento.

Esta fase está asociada al proceso de transferencia del aprendizaje. El contenido aprendido no siempre es recuperado en la misma situación o en el mismo contexto en que tuvo lugar la aprehensión original. La recuperación del contenido aprendido y su aplicación en contextos nuevos y diferentes es lo que se llama transferencia del aprendizaje. También esta fase representa la capacidad del estudiante para producir una respuesta y de esta forma demostrar lo que aprendió.

FASE RETROALIMENTACIÓN Esta fase permite establecer si el estudiante percibió que alcanzo el objetivo previsto y adicionalmente puede confundirse con la fase 1 o sea convertirse en motivación para continuar con otra unidad de enseñanza.

Adicional a toda la información relacionada con los objetivos y los contenidos, es necesario almacenar información con relación al estudiante y es aquí donde se hace necesario diseñar también un modelo de estudiante que refleje o represente una imagen de un estudiante particular en un momento dado. Cuando se habla de una imagen hay que ser claros sobre qué aspectos del estudiante cubren dicha representación y qué aspectos no se cubren.

En el modelo del estudiante de esta arquitectura se han tenido en cuenta todos los **saberes** - saber hacer y saber saber - que posee el estudiante en la materia a tratar, en forma de objetivos cumplidos o por cumplir. En otras palabras el modelo es capaz de determinar el estado en el que se encuentra frente al plan de estudios específico.

En el proceso de enseñanza del sistema, no basta entonces con tener unos objetivos muy bien definidos, unos niveles para medir logros claramente establecidos y la información correspondiente al estudiante, es necesario también planificar el proceso para alcanzar estos objetivos, de acuerdo con las características de cada estudiante, es aquí donde juega un papel importante el planificador instruccional.

El aprendizaje debe planearse para que cada persona se aproxime al máximo a las metas de empleo óptimo de sus capacidades, disfrute de su vida e integración con su medio

físico y social, sostiene Gagné. Naturalmente, esto no quiere decir que la planeación de la enseñanza tenga el efecto de hacer más parecidos a los individuos entre sí, por el contrario, la diversidad de los individuos se hará más acentuada. La enseñanza planificada trata de contribuir a que cada persona se desarrolle tan complejamente como le sea posible, y en su propio sentido. (Gagné, 1974)

La planeación de la instrucción en este modelo tiene en cuenta ciertos principios de aprendizaje, las condiciones en que ocurre dicho proceso, y los estados internos que hacen posible el recuerdo de lo aprendido, las habilidades intelectuales y las estrategias cognitivas, todo esto sirve como base para planear la enseñanza. El plan instruccional generado por el sistema reúne las siguientes características:

- Se hace para cada estudiante: Aquí no importa el cambio masivo de opiniones o capacidades, ni importa la educación como la difusión de información y actitudes, lo importante es el individuo.

- Cubre aspectos de largo y corto plazo: como son la preparación de un plan del curso y un plan de clase que representa los aspectos inmediatos de la planeación. Las etapas a corto y largo plazo deben desarrollarse en forma independiente, pues tratar de cumplir con estas tareas mientras se atiende la enseñanza de un grupo de alumnos puede convertirse en una tarea abrumadora para un maestro.

- Es sistemático: una de las razones principales para que se dé esta sistematización es que todos los individuos tengan la misma oportunidad de aprovechar al máximo sus capacidades.

- Está basado en el conocimiento de la manera cómo aprende el ser humano, por lo tanto se deben tener en cuenta todas las condiciones de aprendizaje necesarias para que ocurran los efectos deseados.

Cuando el sistema elabora un plan de instrucción busca determinar lo que debe ser aprendido, cómo, por quién, dónde, cuándo, cómo se evaluará el aprendizaje y cómo se podrá mejorar, qué recursos son necesarios para impartir y evaluar el aprendizaje.

Aunque las estrategias de aprendizaje están muy dentro de todo el proceso de enseñanza y del proceso de planeación instruccional, también se encuentran muy evidentes en su forma práctica dentro del proceso en sí de impartir la enseñanza.

En este modelo se ha separado el proceso de planificación del proceso de ejecución del plan al que se le da el nombre de tutoría y se define como un proceso subjetivo y rápido con respecto al estudiante.

La tutoría incluye el preguntar para determinar si el estudiante está atento y conoce el tema, para saber si entiende o es necesario explicar y reforzar y mantiene la motivación del individuo e informar del proceso que se va a realizar, lo que sigue adelante, el objetivo del trabajo, para ubicar siempre al estudiante y mantener su atención. La tutoría proporciona retroalimentación oportuna al estudiante, ya sea cuando falle o durante la realización de una tarea y estimula al estudiante para que actúe, guiando al estudiante para que realice una tarea dentro del desarrollo de un plan específico.

Finalmente, existe otro componente importante de sistema tutorial inteligente y tiene que ver con el diseño de un sistema de comunicación, que depende en gran parte de lo que se desea que el estudiante aprenda y de sus características. Este componente de comunicación generalmente se define como el responsable de administrar la interacción entre el estudiante y el sistema (Ver Figura 7).



Teniendo en cuenta la definición de comunicación, podríamos considerar un módulo de intercambio de información. Recientemente, se ha expandido la definición de este módulo para que abarque todo el sistema tutorial inteligente. De hecho, Wenger afirma que el objetivo primordial de un STI es el de suministrar al estudiante un conjunto de operadores

que causarán/soportarán la comunicación del conocimiento. Este conjunto de operadores puede incluir un vasto arreglo de estilos de interacción y de dispositivos de interacción (Wenger, 1986). Bajo esta definición, el diseñador del sistema es responsable de la construcción del sistema de comunicación que controla y monitorea un ambiente de aprendizaje para el estudiante.

Los investigadores en ambientes de aprendizaje han encontrado verdaderos problemas con la comunicación humana (Brecht, 1990). Estos ambientes centrados en el estudiante permiten que el computador y el estudiante se conviertan más en compañeros y puedan manejar diferentes relaciones que les permitan llegar a un acuerdo sobre el conocimiento que comparten (Ver Figura 8). Además, la comunicación en estos ambientes es la más parecida a la comunicación cara a cara (Ver Figura 7) y es el tipo de comunicación necesaria para hacer tutores inteligentes más efectivos.

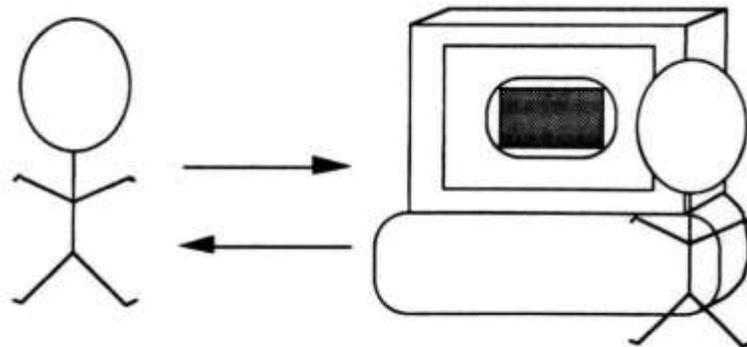


Figura 8 Comunicación persona / ambiente de aprendizaje *

Dentro del componente de comunicación existe otro elemento llamado micromundo de aprendizaje que se puede definir como una simulación de un ambiente del mundo real, donde el estudiante tiene la oportunidad de explorar con la ayuda de herramientas que pueden amplificar y extender su capacidad de conocimiento. El enfoque de micromundo (Papert, 1980), ve el aprendizaje como un proceso autónomo y constructivo. En estos ambientes se permite al estudiante buscar sus propias metas. El computador interrumpe el proceso sólo cuando el estudiante no logra cumplir unos criterios básicos. Igualmente, sólo se suministra información al estudiante cuando esta sea relevante.

El manejo de interfaces con este tipo de enfoque es mucho más difícil ya que el sistema no puede predecir cada acción del estudiante. Es por esto, entonces, que se proporciona al estudiante un ambiente flexible que le permite explorar diferentes caminos de acción.

7. EL TRATAMIENTO

Los estudiantes de primer semestre de Ingeniería de la Universidad EAFIT tomaron su curso de matemáticas I en la forma tradicional. Desde la primera semana de clase los estudiantes del grupo experimental recibieron, adicional a su clase magistral, el apoyo con el sistema tutorial inteligente; los estudiantes del grupo control recibieron la tutoría individualizada por parte del profesor de la materia y de otros profesores asignados para dicha labor.

Los tópicos trabajados en el sistema tutorial inteligente del grupo experimental y en la tutoría individualizada del grupo control fueron:

- Dominio
- Simetrías
- Asíntotas
- Interceptes con los ejes
- Intervalos de crecimiento
- Valores extremos
- Concavidades v Puntos de
- Inflexión v trazado de la gráfica
- Rango

En el tratamiento la instrucción fue de acuerdo con las características de cada estudiante y se desarrolló a través de un ejercicio, un ejemplo, una simulación o la presentación de un concepto teórico. Todas estas posibilidades se dieron a través de la interfaz que es la parte del STI que interactúa con el estudiante.

Los objetivos definidos para el sistema tutorial inteligente son los los de Calcular correctamente para una función racional: El dominio

Los interceptas de la gráfica de la función con los ejes de coordenadas Las simetrías de la curva representativa de la función con los ejes coordenados y con el origen.

Las ecuaciones de las asíntotas verticales, horizontales y oblicuas. Los intervalos reales en los que crece y decrece la función Los números críticos de la función Los valores extremos (máximos y mínimos)

Los intervalos reales en los que la gráfica representativa de la función es cóncava hacia arriba y aquellos en los que es cóncava hacia abajo Los puntos de inflexión de la curva

Cada uno de estos objetivos es discriminado en unidades de materia y unidades de enseñanza que conforman la componente currículo del STI. Para cada unidad de materia se define un nivel y una fase a donde debe llegar el estudiante de acuerdo con las especificadas en el marco conceptual de este proyecto. Además, para cada unidad de enseñanza se definen los prerrequisitos y los productos del aprendizaje. De acuerdo con el estado del estudiante en esta estructura se selecciona la siguiente unidad de materia a presentar al estudiante y se define para ella la zona de desarrollo próxima sobre la cual, el componente planificador elabora un plan de instrucción, teniendo también en cuenta las características del modelo del estudiante. Este plan de instrucción es pasado al componente tutor para que ejecute la acción apoyándose en los componentes dominio e interfaz con el cual interactúa el estudiante.

El estudiante al interactuar con el sistema tutorial inteligente puede solicitarle al sistema un ejercicio con algunas características, el sistema evalúa la forma de guiar al estudiante en la solución del problema apoyándose en los componentes antes mencionados.

Para llevar a cabo este proyecto el grupo de investigadores ha desarrollado un prototipo de sistema tutorial inteligente cuya arquitectura está fundamentada en la arquitectura propuesta por Gilíes Imbeau, Gilíes Gauthier y Claude Frasson de la Universidad de Montreal en Canadá. Dicha arquitectura integra cuatro componentes: Currículo, Planificador, Supervisor e Interfaz. En este STI, cada componente posee una pericia propia que le permite jugar un papel específico en el interior del sistema tutorial inteligente (planificación, supervisión, actualización...).

APOLONIO 1+ es un STI que permite a un estudiante tener una experiencia de aprendizaje en el tema análisis y trazado de curvas, mediante la aplicación de un estrategia de tutoría individualizada, que tiene como base fundamental la modelación del estudiante en cuanto

a conocimientos, según se comporte el estudiante durante una sesión de trabajo con la máquina.(Sierra, 1992).

A continuación se presenta una breve descripción del modelo teórico que fue implementado en el prototipo de APOLONIO 1 +, esta descripción se ha tomado del informe final de la investigación. La figura 9 muestra la interrelación entre los componentes del STI.

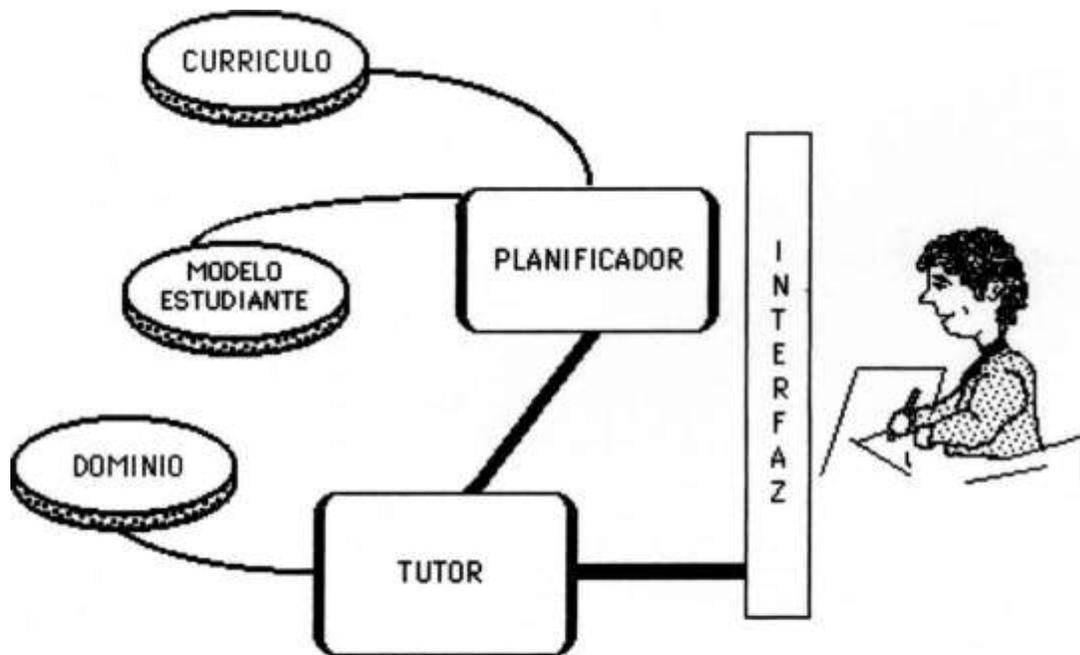


Figura 9 Relación entre los componentes de APOLONIO 1+

Cada una de las componentes del sistema realiza funciones específicas y su descripción, diseño e implementación es el resultado de un proceso investigativo en el campo de los Sistemas Tutoriales Inteligentes. A continuación se presentan las generalidades, las funciones, los procesos de adquisición de conocimiento y el diseño de cada una de las componentes del sistema.

7.1. EL CURRÍCULO

En el STI, el currículo representa la pericia del experto, mediante unidades de materia y unidades de enseñanza, las cuales en última instancia forman los elementos básicos de la base de conocimientos del currículo.

Los procesos de adquisición del conocimiento para la realización de un sistema tutorial inteligente son bien diferentes del proceso de adquisición para un sistema experto, ya que no sólo es necesario desarrollar una base de conocimientos en el dominio específico, sino que es necesario descomponer el conocimiento en reglas y modelos que se lleven a cabo bajo una estrategia de enseñanza-aprendizaje. Por tal razón la realización del componente currículo reviste gran importancia en el desarrollo de cualquier sistema tutorial inteligente, que pretenda entregar a un estudiante un conocimiento particular.

El currículo entendido como una base de conocimientos que contiene conceptos y posibles habilidades a desarrollar en el estudiante, los cuales no tienen un orden bien definido pero si bien determinado, es lo que se espera transmitir al estudiante -objetivos muy claros y concisos- mediante estrategias y actividades guiadas por el sistema.

Los tópicos se agrupan de tal manera que facilitan el encadenamiento explícito entre ellos. Las instancias de los tópicos, pretenden desglosar el dominio que queremos transmitir al alumno en pequeñas partes de conocimiento declarativo. Puede verse una instancia de los tópicos, como la representación de un grupo de capacidades y habilidades de un aprendiz particular, relativas a un mismo tópico.

Las unidades de conocimiento (Objetivos), están ligadas entre ellas por medio de instancias, que forman una jerarquía que representa las posibilidades de enseñar un dominio específico y de desarrollar ciertas habilidades frente al dominio seleccionado. Cada objetivo relacionado con un tópico tiene un efecto local sobre la adquisición y desarrollo de habilidades en el aprendiz, lo que genera diferentes vistas de un mismo contenido curricular.

El curso sobre el cual se encuentra ubicado el tema seleccionado para el diseño del currículo, es el Cálculo 1, materia de primer semestre, en el área de ingeniería de la Universidad, la cual comprende la enseñanza de tópicos necesarios para el análisis de funciones. Uno de los temas que involucra los tópicos mencionados es el del Análisis y Trazado de curvas, sobre el cual se efectuó el proceso de adquisición del conocimiento.

Para el proceso del diseño curricular en Análisis y Trazado de curvas se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: Objetivo general y objetivos específicos del curso establecidos por la universidad EAFIT, temas a tratar, tema seleccionado, subdivisiones del tema, tiempo asignado para impartir los temas, formas de evaluación más utilizados y prerrequisitos para cada tema, estos aspectos están representados en el gráfico de jerarquía de tópicos y objetivos. .

El proceso de adquisición del conocimiento y transferencia de la pericia (expertise) en el tema Análisis y Trazado de curvas, fue realizado por los ingenieros del conocimiento con dos expertos profesores del departamento de ciencias básicas de la universidad EAFIT.

El tema a tratar incluye el estudio de los sub-temas: Dominio, Asíntotas, Interceptes, Simetrías, Intervalos de crecimiento, Valores extremos, Concavidades, Puntos de inflexión, Trazado de la gráfica y Rango.

Cada tópico se define en la base de conocimientos como una unidad de materia, la cual tiene asociados tres elementos: Descripción, nivel y meta (Ver Figura 10).



- unidad de materia -

Figura 10- Estructura de un Tópico -

La descripción identifica el tópico de manera explícita, el nivel es un indicador del estado del estudiante frente al tópico, el cual toma un valor de la escala de productos del aprendizaje en la fase de desempeño. La meta se define como el nivel de más alta jerarquía, el cual se define durante el proceso de adquisición del conocimiento con el experto en la materia.

La organización de la materia, pretende desarrollar en los estudiantes habilidades en cuanto a la solución de problemas y para ello tiene definidos los siguientes objetivos:

Que el estudiante conceptualice, determine o calcule correctamente:

- El dominio de una función racional.
- Los interceptes de la gráfica de la función, con los ejes coordenados.
- Las simetrías de la curva representativa de la función, con los ejes de
- Coordenadas y con el origen.
- Las ecuaciones de las asíntotas verticales, horizontales y oblicuas, a la curva representativa de la función.
- Los intervalos reales en los que la función crece o decrece, utilizando para ello el criterio de la primera derivada, v Los números críticos de la función, v Los valores extremos máximos y mínimos
- Los intervalos reales en los que la gráfica representativa de la función es cóncava hacia abajo y en los que la función es cóncava hacia arriba.
- Los puntos de inflexión de la curva.
- La gráfica representativa de la función y su trazado.
- El rango de la función.

La organización de los sub-temas relacionados con el logro de objetivos se muestra en la figura 11.

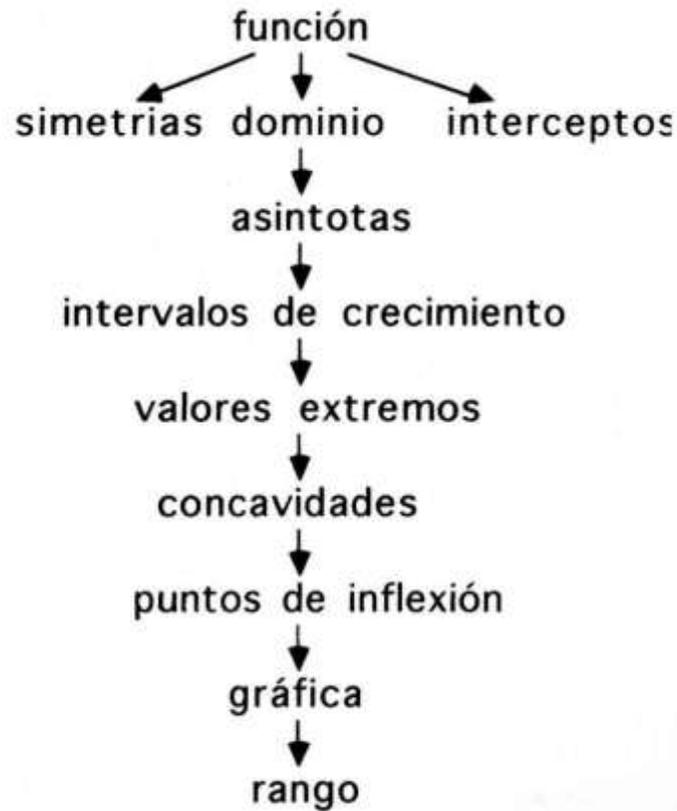


Figura 11 - Organización de la materia -

La organización de la materia por tópicos, permite la determinación de objetivos sencillos que pueden ser agrupados para determinar el logro de un objetivo más complejo.

Con los expertos en la materia, se analizó la organización de los objetivos según la complejidad de los mismos, quedando definidos según el nivel en la escala de Gagné. Adicionalmente estos objetivos pueden ser simples o complejos. Un objetivo complejo se logra al cubrir satisfactoriamente los aspectos evaluativos de los objetivos más sencillos, los cuales se denominan objetivos previos del objetivo más complejo. En la figura 12 se muestra como se estructura un objetivo de acuerdo con los elementos básicos sobre los que se apoya la teoría de aprendizaje y estos son: una descripción, un nivel y una fase.



- **unidad de enseñanza** -

Figura 12 - Estructura de un Objetivo -

Un objetivo se mide según el valor del nivel de logro y con una fase de desempeño.

Los objetivos previos o prerrequisitos deben haber sido logrados para pasar a cursar un objetivo de mayor complejidad, y se definen con el experto en el tema según las necesidades del estudiante y los objetivos de la materia. En la figura 13 se puede observar una lista de objetivos previos, los cuales se evalúan mediante un proceso determinado por los expertos en la materia, para luego cursar un objetivo más complejo.

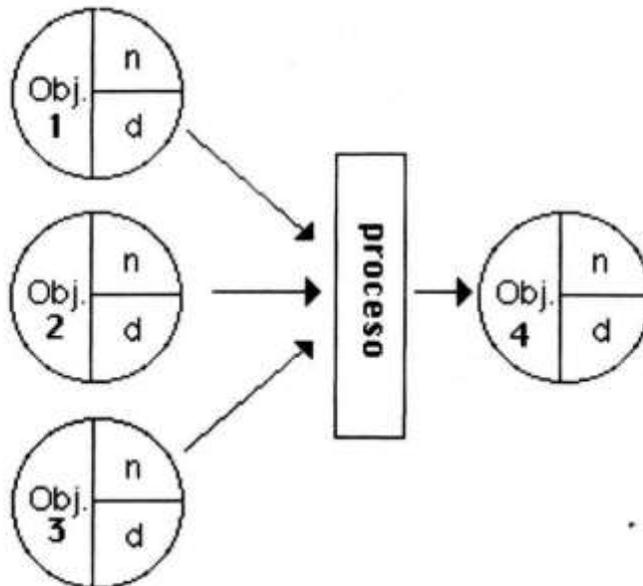


Figura 13 - Objetivos previos -

La relación entre unidades de materia o tópicos y las unidades de enseñanza u objetivos se muestran en la jerarquía de objetivos. En la figura 14 se muestra como es la jerarquización de los objetivos según su complejidad.

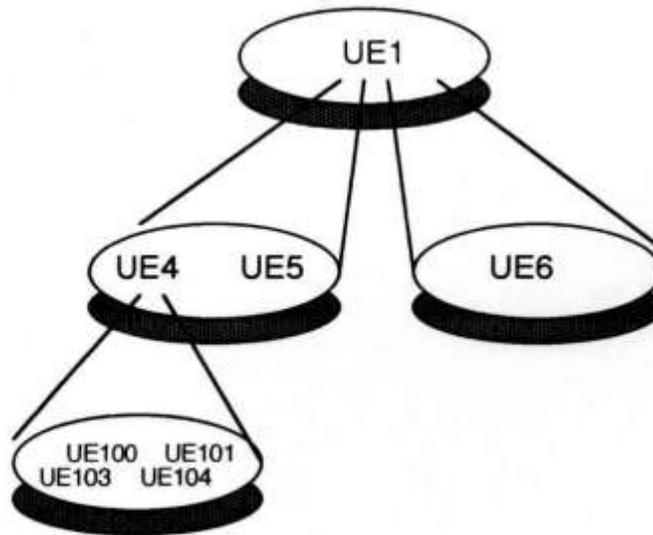


Figura 14. - Jerarquía de Objetivos -

Los objetivos UE 100 de nivel conceptualización, UE 101 de nivel aplicación, UE 103 de nivel síntesis y UE 104 de nivel evaluación, son los objetivos más sencillos a lograr por el estudiante. Cuando se logra satisfactoriamente el objetivo UE 104, se da por logrado el objetivo de mayor jerarquía, para este caso el objetivo U E4.

7.2. EL PLANIFICADOR

En un STI, la determinación de un plan de trabajo es esencial, ya que éste determina la secuencia en que se desea lograr el proceso de aprendizaje. La función de planificación es representada por el componente Planificador, el cual determina una secuencia de actividades a fin de permitir el aprendizaje de un tópico particular.

Para realizar la función de planificación el componente Planificador comparte un lenguaje común con el currículo y el modelo del estudiante, con los cuales mantiene un proceso de comunicación. De esta manera se concibe el planificador como un intermediario tal, que es capaz de interpretar la información almacenada en la base de conocimientos del currículo y transmitirla al sistema.

El proceso que realiza el planificador consiste en determinar, según la naturaleza del tema, un plan de actividades de aprendizaje adaptadas al conocimiento que posee el

estudiante acerca del tema. El planificador determina una a una las actividades que serán realizadas por el estudiante. Un plan de trabajo determinado por el planificador cubre un grupo de actividades que permitirán el logro de un objetivo, por lo tanto, el proceso de enseñanza de un tópico determinado requiere de una o varias actividades para cubrir un tema.

El planificador tomando como punto de partida la información suministrada por el currículo, lista de objetivos a alcanzar, para el tema seleccionado por el estudiante consulta el modelo del estudiante para establecer el nivel que el estudiante ha alcanzado para cada uno de los objetivos de la lista y de acuerdo con esto determinar la lista definitiva de objetivos a trabajar. Con la lista de objetivos a trabajar determina las actividades que se van a llevar a cabo, estas actividades se determinan para cada objetivo y deben cubrir las cuatro fases del aprendizaje que Gagné propone, estas son: Fase introductoria, fase de orientación inicial, fase de aplicación y fase de realimentación. Para cada una de las actividades propuestas se determinan los eventos de instrucción que deberá ejecutar el estudiante con la ayuda del tutor. Estos eventos se han clasificado en eventos de motivación, eventos de instrucción y eventos de información, con los cuales se busca cubrir las fases de aprendizaje no solo a nivel de objetivos y actividades sino también a nivel de eventos, que es el nivel de interacción con el estudiante.

7.2.1. LA EVALUACIÓN DEL PLAN EN APOLONIO 1 +

Durante la interacción con el estudiante el planificador es permanentemente informado por el tutor acerca de lo que hace el estudiante. Con esta información el planificador realiza la evaluación cuantitativa de las actividades y los objetivos. El resultado de la evaluación es utilizado para realizar el proceso de replanificación cuando es necesario; también realiza el proceso de actualización del modelo del estudiante de tal forma que continuamente se guarda información histórica del desempeño del estudiante.

Para cada uno de los objetivos asociados con un tópico de la materia y de acuerdo con el nivel de aprendizaje determinado por el experto, se determina una contribución o peso, que es un valor entre 0 y 1, teniendo en cuenta que la suma de los pesos de los objetivos asociados a un tópico debe ser igual a uno. Para cada una de las actividades se debe establecer una contribución en forma similar a la de los objetivos, teniendo en cuenta que

la suma de las contribuciones de las actividades asociadas a un objetivo debe ser igual a 1. Los eventos también tienen una contribución asociada.

La evaluación de eventos es de tipo binario, es decir bien o mal (0 o 1), ya que se da a un nivel de interacción en el cual el estudiante debe responder a preguntas simples. La forma como se realiza la evaluación de actividades y objetivos se describe a continuación. La evaluación de una actividad se realiza teniendo en cuenta los eventos ejecutados, así:

$$\text{Evaluación Actividad } j = \sum_{i=1}^n \text{Evaluación Evento } i * \text{Contribución Evento } i$$

Donde:

n es el número de eventos realizados para la actividad **j**.

$$0 < \text{Evaluación Actividad } j < 1$$

Para lograr un objetivo se llevan a cabo varias actividades, la evaluación de objetivos obedece a la siguiente expresión matemática:

$$\text{Evaluación Objetivo}_k = \sum_{j=1}^m \text{Evaluación Actividad}_j * \text{Contrib. Actividad}_j$$

Donde:

m es el número de actividades realizados para el objetivo **k**.

$$0 < \text{Evaluación Objetivo}_k < 1$$

El plan de trabajo es evaluado en forma similar a las anteriores y la expresión asociada es:

$$\text{Evaluación Plan} = \left(\sum_{k=1}^z \text{Evaluación Objetivo}_k \right) / z$$

Donde:

z es el número de objetivos realizados para el plan.

$$0 < \text{Evaluación Plan} < 1$$

7.2.2. LA REPLANIFICACIÓN

Los ajustes al plan o replanificación puede darse a dos niveles, a nivel de actividades y a nivel de objetivos.

Nivel de Actividades: Esta replanificación se da cuando el resultado de la evaluación de una actividad no es satisfactorio, se considera satisfactorio cuando alcanza un valor igual o superior a 0.7.

Las actividades que forman parte de un plan de trabajo se pueden clasificar en actividades de tres tipos:

- Actividad tipo 1: Esta es la primera actividad asociada a un objetivo.
- Actividad tipo 2: Es una cualquiera de las actividades asociadas a un objetivo que no es la primera.
- Actividad tipo 3 o única: Es una actividad que recibe esta clasificación como resultado de la planificación; esto es, cuando el planificador recibe la lista de objetivos a trabajar y consulta el modelo del estudiante puede determinar para un objetivo en especial, que no es necesario realizarlo todo, bien sea porque el estudiante ya lo había cursado en una sesión anterior o porque el estudiante en la prueba de entrada ha dicho que lo conoce; sin embargo, en estos casos se planea realizar la última actividad asociada con el objetivo, pero se clasifica como única.

Cuando la evaluación no es satisfactoria en una actividad del tipo 3, entonces se hace necesario modificar el plan original y en este caso lo que se hace es retomar todas las actividades asociadas con el objetivo que se está trabajando, se elabora un nuevo subplan para ese objetivo y se envía de nuevo al tutor para que lo desarrolle con el estudiante, el resto del plan original, es decir los restantes objetivos se conservan.

Cuando la evaluación que resulta no satisfactoria corresponde a una actividad tipo 1, la acción que emprende el planificador está relacionada con los objetivos prerrequisitos, estos se han buscado cuando se elaboró el plan original y se conservan para utilizarlos en estos caso.

La replanificación en este caso consiste en elaborar un subplan que se encarga de establecer un plan para el objetivo prerrequisito y el objetivo a alcanzar. Es de anotar que

en este caso la contribución asociada al objetivo a alcanzar se redistribuye dinámicamente entre los dos (prerrequisito y objetivo), de tal forma que no se altera la suma de las contribuciones de todos los objetivos, esto se ha establecido así, porque se considera que el objetivo prerrequisito está directamente relacionado con un objetivo y no con todos los objetivos del plan. El resto del plan original se conserva sin modificación. Cuando se trata de una actividad tipo 2 el plan se continúa ejecutando como se tenía previsto, esto es, no se realiza aun una replanificación. Este caso afecta directamente la evaluación del objetivo y es considerado en la replanificación de objetivos.

Nivel de objetivos: A este nivel lo que puede ocurrir es que cuando se evalúa un objetivo completo, es decir, el conjunto de actividades asociadas, se puede encontrar que el nivel de logro del objetivo no es satisfactorio, el procedimiento es similar al realizado para actividades tipo 2, se deben considerar los prerrequisitos.

7.2.3. PROCESOS BÁSICOS DEL PLANIFICADOR

La determinación del plan de trabajo es esencial, ya que éste determina la secuencia en que se desea lograr el proceso de aprendizaje.

La función de planificación consiste en determinar una secuencia de actividades a fin de permitir el aprendizaje de un tópico particular.

Para realizar la función de planificación el componente Planificador, comparte un lenguaje común con el Currículo, con el cual mantiene un proceso de comunicación previamente establecido. De esta manera se concibe el planificador como un intermediario tal, que es capaz de interpretar la información almacenada en las bases de conocimiento del currículo y transmitirla al sistema. En forma similar el planificador también mantiene un lenguaje de comunicación con el Modelo del Estudiante, de tal forma que puede conocer la información histórica que del estudiante se tiene almacenada.

El proceso operacional que realiza el Planificador, consiste en determinar según la naturaleza del tema y el conocimiento previo que se tiene del alumno, un plan de actividades de aprendizaje adaptadas al conocimiento que posee el estudiante acerca del

tema, luego el planificador determina una a una las actividades que serán realizadas por el estudiante.

Un plan de trabajo determinado por el planificador cubre un grupo de actividades, que partirán el logro de un objetivo, por lo tanto el proceso de enseñanza de un tópico determinado requiere de una o varias actividades para cubrir un tema.

7.2.4. BASE DE CONOCIMIENTOS PARA EL PLANIFICADOR

Aunque el planificador en sí mismo no posee ninguna base de conocimientos propia, hace uso de las bases de conocimiento del currículo y del modelo del estudiante.

Para realizar los procesos propios de planificación y control del desarrollo del plan es necesario que el planificador maneje unas estructuras temporales en las cuales conserva información acerca de los objetivos y las actividades.

7.3. EL TUTOR

El componente tutor representa los procesos de ejecución de eventos de instrucción y monitoreo. La función de monitoreo consiste en observar las acciones del estudiante frente a un evento, determinar el tipo de intervención según la acción del estudiante, determinar los tiempos requeridos para la realización del evento y producir una calificación cualitativa y cuantitativa del logro del evento, según los conocimientos que el sistema posee de las posibles soluciones.

El tutor recibe del planificador una serie de eventos de instrucción, para realizar con el estudiante, los cuales son entregados uno a uno, mediante un proceso de comunicación entre el tutor y la interfaz quien en última instancia presenta al estudiante el evento y recibe la respuesta a éste. El resultado de cada evento es accedido por el tutor para evaluar su resultado.

El objetivo primordial de un componente o un módulo TUTOR es lograr el seguimiento de un Plan Instruccional, su presentación, la vigilancia del desarrollo del plan y la evaluación del mismo; siempre con la mira de lograr un buen proceso de aprendizaje y de asesoría al

estudiante. Además de este componente podemos anotar que es el componente que se "ve", con el que realmente el estudiante "cree que interactúa dentro del sistema y el que le brinda toda clase de preguntas, refuerzos y evaluaciones tanto para lograr la formación y el aprendizaje como también para mantener la motivación y la atención del estudiante.

El Tutor posee dos enfoques bajo los cuales lo explicaremos, el primero el del TUTOR como elemento o componente que se comunica con otras componentes para obtener de ellas elementos e información necesaria para guiar al estudiante; el segundo enfoque el del Tutor en sus funciones de profesor y de asesor dentro de un proceso de enseñanza individualizada o personalizada.

El Tutor en APOLONIO 1+; con el propósito de desarrollar la habilidad de solucionar problemas en el estudiante, enfoca su tutoría en el segundo aspecto en el que el estudiante llega al sistema como llegar donde su profesor asesor y este lo guía en dos áreas específicas, la solución de problemas en general y el desarrollo de una área en particular (trazado de curvas).

7.3.1. ¿CÓMO FUNCIONA EL TUTOR?

En general funciona así: El Tutor recibe un "plan Instruccional"; que se traduce en actividades que el estudiante debe realizar, el Tutor toma el plan e identifica actividades, mediante el módulo Experto en el Dominio resuelve los ejercicios, ejemplos y en general las actividades dentro del trazado de curvas; el Tutor con dichas soluciones y respuestas inicia su etapa de Intervenir al estudiante cuando éste lo requiera dentro del proceso de aprendizaje y Evaluar el desempeño del estudiante, el Tutor cuando el experto del dominio tenga la solución del ejercicio inicia su etapa de presentación, guía y vigilancia del desarrollo de un ejercicio y/o actividad.

Determinemos en pasos que realiza el Tutor dentro de la comunicación e interacción con otros módulos:

- El estudiante entra al sistema.
- Tutor pregunta cuál es su Problema o Inquietud.
- Tutor envía solicitud al Planeador para que envíe PLAN de acuerdo con el problema del estudiante.

- Tutor recibe PLAN.
- Identifica y toma actividad del PLAN.
- Solicita al Experto del Dominio que solucione dicha actividad.
- Inicia la actividad con el estudiante con preguntas, evaluando las respuestas, solucionando inquietudes, etc. de acuerdo con la estrategia de enseñanza.
- Si el estudiante es capaz y cumple con la actividad, entonces el Tutor decide continuar con el PLAN.
- Si no es capaz con la actividad toma un PLAN ALTERNO (dado por el Planificador)
- Si definitivamente no es capaz con la actividad, Tutor solicita al Planificador que revalúe el PLAN. Detrás de esta decisión está el módulo Diagnóstico, que determina por qué el estudiante no es capaz con el PLAN.

Durante todo el proceso de Interacción con el estudiante, el Tutor guarda toda la información de las acciones que realice este dentro del sistema, en una entidad que llamamos el HISTÓRICO, de la cual más adelante se hablará.

7.3.2. FUNCIONES INTERNAS DEL TUTOR

FUNCIÓN DE INSTRUCCIÓN o de seguir el plan: Esta función se encarga de recibir "el plan instruccional" entregadas por el Planificador, coordinar el desarrollo de estas actividades y vigilar el desarrollo del mismo.

Esta función debe considerar aspectos tales como:

- El estudiante cumplió con la actividad a satisfacción en cuyo caso debe continuar con la próxima actividad dentro del plan.
- El estudiante no cumplió con la actividad, en este caso debe pasarse a desarrollar una actividad alterna.
- El estudiante abandonó actividad.
- El estudiante no es capaz con el plan y se solicita pian alterno.

FUNCIÓN DE EVALUACIÓN: Esta función está encargada de evaluar las acciones que el estudiante realice dentro de la componente Interfaz, y de realizar la evaluación total de una actividad para ser enviada posteriormente al módulo Planificador.

En el sentido de evaluar las acciones del estudiante, el Tutor entrega la actividad a la Interfaz para que este se la presente al estudiante, este inicia el desarrollo de la actividad (cálculos, respuestas, etc.), y el Tutor *compara cada acción* del estudiante con la respuesta que el Tutor tiene, realizada por el Experto del Dominio, para esta función el Tutor cuenta con: las soluciones del Experto, los posibles errores comunes dentro de cada actividad en particular que lo aporta el Experto del Dominio o lo tiene dentro de su conocimiento particular el Tutor y un rango de error dentro de cada respuesta aportada también por el experto del dominio; en este sentido la evaluación es *Formativa*.

La evaluación Global de cada actividad involucra la evaluación de cada acción y finalmente determinar si cumplió bien dicha actividad o no; la evaluación en este sentido es *Sumativa* y será la evaluación que se envía al módulo Planificador. **EL HISTÓRICO:** El histórico del estudiante es un archivo donde se guardará cronológicamente todas las acciones que ha realizado el estudiante buenas y malas, entre la información que se encuentra en este histórico, tenemos:

- Las acciones que el estudiante ha realizado.
- Las actividades que ha realizado y las que no cumplió, con su respectiva evaluación.
- Si el plan se cumplió, se abandonó, o se revaluó para el estudiante.

El histórico es importante para consultar información clave acerca del desempeño del estudiante información que servirá a otros módulos del sistema como el Planificador y el Diagnóstico; de él podemos saber qué tipo de preferencias tiene el estudiante, cuántas veces ha trabajado, con cuánta eficiencia, hasta podemos determinar los progresos tanto en el área de trazado de curvas como en la habilidad de solucionar problemas.

7.4. EL DOMINIO

Todo sistema tutorial inteligente requiere un conocimiento acerca del tema que se va a enseñar. Es así como el componente Dominio representa en el sistema una base de conocimientos, la cual es una representación funcional de los conceptos y soluciones ligadas al micromundo de aprendizaje.

El dominio mantiene un proceso de comunicación con el tutor, quien es capaz de comprender la información contenida en la base de conocimientos del tema. El proceso de comunicación se realiza por solicitud del tutor encargado de evaluar la acción del

estudiante, teniendo en cuenta para ello la información dada por el dominio para un evento específico.

La base de conocimientos del dominio es creada según las necesidades especificadas por el tema y es alimentada mediante un proceso de adquisición de conocimiento con un experto en la temática.

Todo Sistema Tutorial Inteligente (STI) se debe comportar en una forma "inteligente" en el dominio para el cual él ha sido desarrollado. Por tal razón, todas las arquitecturas diseñadas para construir STI's tienen un componente que se denomina el Experto en el Dominio.

Este componente contiene el conocimiento del dominio específico que el estudiante va a aprender y que el STI tratará de enseñar o reforzar. Por tanto, es responsable de la manipulación y del razonamiento de ese conocimiento.

Además de lo anterior, el experto del dominio debe ser capaz de generar tareas y preguntas para que el estudiante las resuelva, y debe tener la habilidad de generar una o múltiples soluciones a una tarea en particular que se le entrega al estudiante. Esto último, ya que puede ocurrir que los estudiantes no solucionen un problema de la misma manera.

Ya que este componente "sabe" todo lo relacionado con el dominio, puede ser usado como un modelo sobre el cual se pueden evaluar el desempeño del estudiante [Anderson, 1985].

El objetivo del STI Apolonio 1+ no es la enseñanza del trazado de una curva, sino el manejo de la tutoría individualizada en el trazado de curvas. Implica esto, que el conocimiento del experto debe ser en el área de tutoría individualizada, implicando que este componente para este caso, no sea un "experto" en términos de la Inteligencia Artificial.

Por lo tanto, este componente no cumple con las funciones exactas del Experto del Dominio de otros Sistemas Tutoriales Inteligentes, y se denominará COMPONENTE DEL

DOMINIO. El contiene la información relacionada con el trazado de curvas para funciones racionales con exponentes enteros. Es el único que sabe hacer todo el proceso del trazado de curvas.

Contiene una red de conocimientos donde se identifican los conceptos del dominio y la relación entre ellos (conocimiento conceptual). Esta red está definida por el orden de cada uno de los procesos que deben ser realizados para obtener la curva de una función. Además contiene todos los algoritmos que permiten lograr el objetivo final (conocimiento procedimental). Es decir, que en términos de sistemas, este componente es un módulo implementado con las técnicas de los sistemas tradicionales, aunque en el caso de Apolonio 1+, todo su desarrollo se está realizando con la utilización de una herramienta de Programación Orientada a Objetos.

Como especificaciones concretas del tema del dominio, se tiene que el Trazado de curvas está limitado al de funciones racionales con exponentes enteros. Esto se debe a que las diferentes áreas de la ciencia y de la técnica, tratan de expresar o llevar sus observaciones o fenómenos a formas de ecuaciones, las cuales en un alto grado son funciones racionales. También se definió que sería para funciones racionales pero con exponentes enteros, para evitar problemas con el computador para lograr exactitud al manejar el redondeo o truncamiento.

7.5. EL MODELO DEL ESTUDIANTE

El proceso de tutoría individualizada que realiza el sistema tutorial inteligente, requiere de información histórica acerca del comportamiento de cada estudiante frente a la realización de los eventos instruccionales y de algunos aspectos que le indiquen al sistema las capacidades cognoscitivas del estudiante.

El Modelo del Estudiante se define como una base de conocimientos que mantiene la historia del comportamiento de cada estudiante con relación a los objetivos cursados y sus capacidades cognoscitivas.

La información contenida en esta base de conocimientos es utilizada por el planificador para determinar un plan instruccional inicial y para efectuar procesos de replanificación.

En el Sistema Tutorial Inteligente APOLONIO 1+, el Modelo del Estudiante se ha dividido en dos partes básicas: la primera, que está orientada a mantener un registro del estado del aprendiz en lo que a conocimientos se refiere y que se ha denominado Modelo Pedagógico del Estudiante, y la segunda, está orientada a mantener información del estudiante relativa a las características individuales que lo identifican, denominado Modelo Sicológico del Estudiante.

7.5.1. EL MODELO COGNOSCITIVO

Este modelo se desprende del modelo de currículo del sistema que se basa en los objetivos de aprendizaje y cuya meta particular es conocer en todo momento el nivel de logro de estos objetivos obtenidos por un estudiante. Por su naturaleza este modelo se encuentra almacenado en el componente currículo y toda la información para que sea actualizado es enviada a este mismo componente. Su actualización se realiza con base en los resultados de las evaluaciones del desempeño del estudiante.

El Modelo Cognoscitivo del Estudiante, tiene en cuenta la variable saberes - los saber hacer y saber saber - que se deben lograr en el área específica y en el grado que corresponda al plan de estudio particular, se trabajan con base en las taxonomías definidas por Gagné y Bloom.

Toda la información inicial acerca de los saberes y la inteligencia, es obtenida luego que el estudiante presenta unas pruebas diseñadas con este propósito. Los resultados de estas pruebas se analizan cuidadosamente y determinan el punto de entrada para ese estudiante en la escala de objetivos de aprendizaje.

Para el caso de los saberes, éstos se actualizan en un estado inicial y se registran los cambios según vayan sucediendo, dependiendo de los resultados de evaluaciones que va resolviendo el estudiante o de eventos que va ejecutando. Se asume que estos cambios serán siempre ganancias, es decir, que no se pierden saberes sino que se adquieren nuevos y que el estudiante está en capacidad de lograr el nivel que se espera para cada uno de ellos.

7.5.2. EL MODELO SICOLÓGICO

Este modelo, aunque considera aspectos relacionados con los conocimientos del estudiante o logros alcanzados, se basa en las diferencias cualitativas e individuales de cada uno de los alumnos. Estas diferencias están dadas, básicamente, por la evolución y formación académica, de personalidad y en general por su relación particular con el entorno, además de estos factores existe el de las capacidades o facultades innatas.

Como todas las variables identificadas como incidentes en el proceso de aprendizaje y evolución de habilidades intelectuales cambian su valor en el tiempo es necesario hacer uso de instrumentos de medición que nos determinen su estado en un instante o momento dado. Es claro que unas variables son más estables que otras en períodos de tiempo relativamente cortos y que por lo tanto si realizamos dos "evaluaciones" en un lapso corto las variaciones de las más estables serán casi imperceptibles, mientras que con otras, que en ocasiones dependen de factores como el estado de ánimo, las variaciones pueden llegar a ser grandes en períodos muy cortos.

Ya que nuestro interés particular está centrado en el hecho de obtener información que facilite una interacción y una adaptación de los planes instruccionales al individuo particular, se ha considerado eliminar las variables que tienen una alta rata de cambio en períodos cortos de tiempo. Para las variables elegidas se deben seleccionar los instrumentos adecuados de medición - de los cuales existen varios en el medio y adaptados a éste - y estudiar la posibilidad de combinar resultados de diferentes instrumentos para orientarlos a nuestros objetivos particulares. Esto es, que en ningún momento pretendemos corregir o suplir alguna carencia o limitante que presente el estudiante.

Analizando el modelo frente a los objetivos de enseñanza-aprendizaje se observa que la información obtenida durante el estudio de las variables y sus posibles combinaciones y valores debe ser involucrada como "conocimiento" particular.

El Modelo Sicológico como ente físico del Sistema Tutorial Inteligente controla la ejecución en tiempo real de los apartes de los tests, adaptados al dominio particular, que se realizarán al estudiante cada n períodos de tiempo, para definir el estado en que se encuentra el estudiante respecto a una variable o conjunto de estas.

El valor numérico de una variable específica por sí solo puede no dar certeza sobre el estado en que se encuentra el estudiante, pero un conjunto de ellas sí nos pueden dar información a ese respecto. Además, es pertinente explicar que el conocer el estado en un momento particular no da indicios sobre el camino ya recorrido y el camino por recorrer por el estudiante en la evolución, sobre todo, del desarrollo de las habilidades intelectuales.

Para el modelo Psicológico se utiliza la escala de inteligencia Wechsler para Adultos (WAIS), y se ha considerado la misma división que tiene el test de inteligencia. A continuación se enumeran todas las variables agrupadas en 2 categorías: habilidades verbales y habilidades manipulativas, y se explica claramente qué aspectos considera cada una de ellas basados en las definiciones originales de la autora del test.

7.5.3. DISEÑO DEL MODELO DEL ESTUDIANTE

El modelo del estudiante se va a considerar como una base de conocimientos que mantiene la historia del comportamiento de cada estudiante con relación a los objetivos cursados y a sus capacidades cognitivas.

- **Procesos Básicos:** Sobre la base de conocimientos se realizan continuas actualizaciones del estado del estudiante. Se debe mantener información de cada sesión de trabajo indicándose la fecha, tema solicitado, objetivos trabajados, nivel de logro, plan de instrucción y estado al finalizar la sesión respecto a si fue completa o cancelada. Para mantener la información actualizada el modelo del estudiante realiza los siguientes procesos:

- Actualizar ListaObjetivosCandidatos.
- Actualizar PlanDeInstruccion.
- Actualizar PlanDeInstruccionEjecutado.
- Actualizar ObjetivoEnME.
- Actualizar CalificacionObjetivo.
- FinDeSesion.

El proceso de actualización se inicia a solicitud del tutor, quien envía la información general del estudiante que ingresa en el sistema. Una vez identificado el estudiante el

modelo actualiza la lista de objetivos a cursar y el plan instruccional determinado por el planificador. Cuando es dado por terminado el plan instruccional, se solicita nueva actualización, la cual incluye los datos reales acerca de los objetivos que el estudiante cursó como parte del plan y asocia el valor de la evaluación de los objetivos y del plan para dar informe de fin de sesión al estudiante.

- **Base de conocimientos para el Modelo del Estudiante:** La información contenida en ésta base de conocimientos es utilizada por el planificador para determinar un plan instruccional inicial y para efectuar procesos de replaneación y se define a partir de un elemento: el estudiante.

7.6. LA INTERFAZ

El componente interfaz realiza la función de relacionar al estudiante con el sistema, y proveerle facilidades para que pueda comunicarse de una manera sencilla y efectiva. La función de comunicación consiste en presentar en el monitor a través de mensajes y por solicitud del tutor, un evento instruccional que permita la entrada de datos al sistema por parte del estudiante. Una vez entregado un evento al estudiante por medio del monitor, la interfaz recibe la respuesta al evento y la transmite al tutor sin ser interpretada.

La interfaz es el componente que permite la interacción entre el estudiante y el ITS, suministrando las herramientas con las que se hace efectiva dicha interacción. Para lograr ésta, el estudiante puede utilizar los dispositivos de entrada con que se cuentan como lo son el teclado y el mouse y además recibir información a través de procedimientos que generan salidas en forma de textos, ventanas, gráficos, etc. (Velásquez, 1991).

La interfaz como componente de un STI, tiene dos vistas diferentes que permiten relacionar al estudiante y al profesor con el sistema. El proceso de comunicación con el estudiante se realiza mediante un micromundo y la relación del profesor experto con el sistema se realiza mediante una interface de entrada y consulta a las bases de conocimientos.

El proceso de tutoría que realiza el STI, se presenta al estudiante en un micromundo capaz de representar el dominio de aprendizaje. El micromundo realiza la función de relacionar al estudiante con el sistema, y proveerle facilidades para que pueda comunicarse de una manera sencilla y efectiva. La función de comunicación consiste en presentar en el monitor a través de mensajes y por solicitud del Tutor, un evento instruccional permitiendo la entrada de datos al sistema por parte del estudiante. Una vez entregado un evento al estudiante por medio del monitor, la interfaz recibe la respuesta al evento y la transmite al tutor sin ser interpretada.

Este componente sólo es activado por una solicitud del tutor, quien mediante un lenguaje de comunicación conocido por la interfaz, da la orden de presentar un evento de instrucción. El micromundo realiza su función de intermediario entre el STI y el estudiante, mediante Diálogos. Se define un diálogo como una serie de caracteres, que forman un texto que representa un mensaje completo al cual el estudiante debe responder.

7.6.1. DISEÑO DE LA INTERFAZ

La interfaz para el estudiante es quizá la "vista" más importante de todas. A través de esta interfaz se realiza el proceso de comunicación entre APOLONIO 1+ y el estudiante.

El diseño de ésta interfaz pretende producir una serie de herramientas que ayuden al estudiante a trabajar el análisis y trazado de curvas utilizando la metodología propuesta por el Dr. Bedoya (Ver programa profesor de profesores). Este conjunto de herramientas constituyen un ambiente de aprendizaje donde el estudiante tiene la libertad de experimentar la forma de aprender, ya sea desarrollando un problema en particular, pidiendo ayuda al sistema o pidiendo "probablemente" un cambio de tarea.

Como ya se dijo, estas herramientas apoyan el trabajo del estudiante suministrándole todo lo que sea necesario para seguir y desarrollar la metodología para resolver problemas en las matemáticas. Por ejemplo, si el paso a dar por el estudiante en un momento determinado es leer el enunciado del problema, la interfaz en ese momento, proporcionará la manera de que lo haga. Igualmente si el estudiante no conoce alguno de los términos del enunciado, puede tener acceso al glosario que fue previamente elaborado por el experto humano en el dominio.

Adicionalmente, en la parte final de su trabajo, el estudiante tendrá la necesidad de graficar los aspectos estudiados referentes al comportamiento de la curva a partir de la solución de su problema. Para esto, se le provee con una herramienta de graficación (Ver figuras 14 y 15) que le permitirá lograr este propósito.

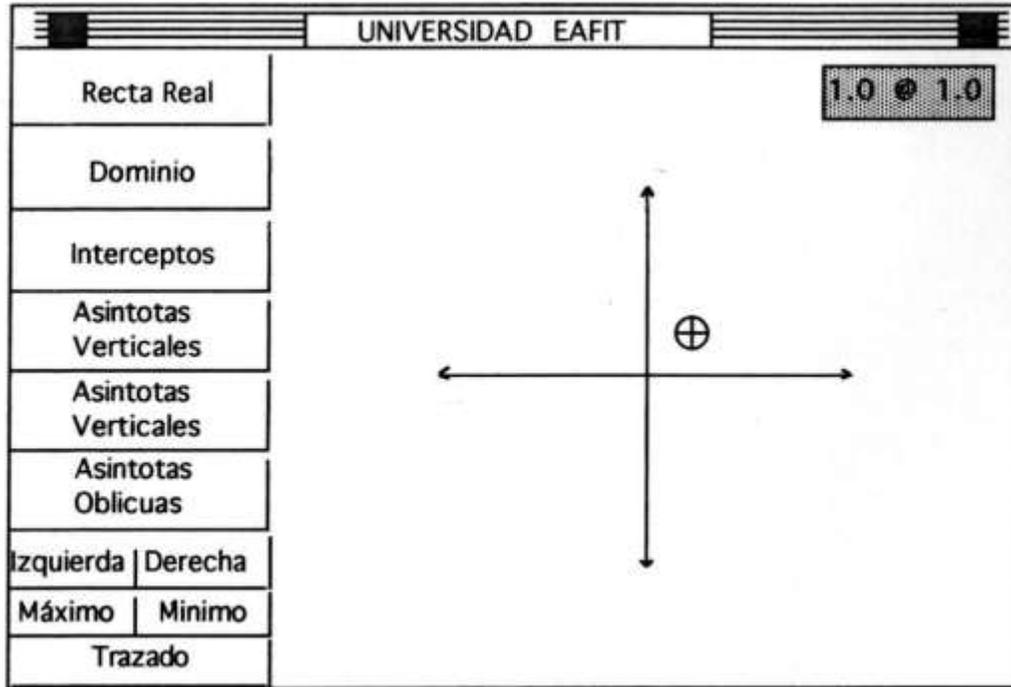


Figura 14 - Graficador para Apolonio 1+

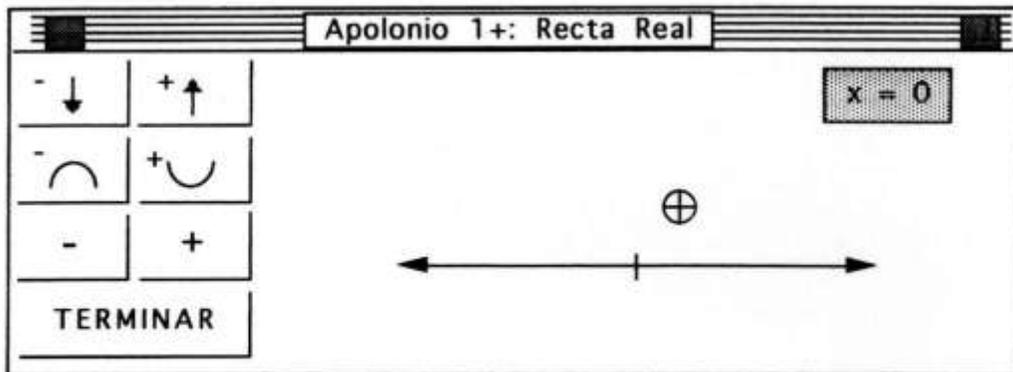


Figura 15 - Graficador Recta Real Apolono 1+

7.6.2. COMUNICACIÓN CON EL SISTEMA

Para efectos de comunicación de la interface con el sistema, se implementaron nueve protocolos de comunicación, los cuales forman parte de las herramientas disponibles para que el sistema comunique el usuario final las determinaciones de la aplicación. Las herramientas tienen una relación directa con el tipo de evento que se pretende entregar al estudiante como parte de un plan de trabajo.

8. DISEÑO METODOLÓGICO

Se diseñó un experimento de tipo cuasi experimental con una hipótesis nula y una hipótesis alterna, que permiten hacer un análisis cualitativo y cuantitativo de los beneficios del sistema tutorial inteligente, a continuación se describen la muestra, las hipótesis, las variables y las técnicas estadísticas utilizadas.

8.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

La **población** fueron los estudiantes de primer semestre de Ingeniería de la Universidad EAFIT. La escogencia de la muestra se realizó aleatoriamente entre los estudiantes de primer semestre de ingeniería de sistemas e ingeniería civil, se escogieron al azar 40 estudiantes, los que a su vez se repartieron aleatoriamente en grupo control y experimental para un total de 2 grupos, cada uno con 20 estudiantes pues se consideró que ese tamaño muestral por grupo era suficiente. Dónde:

n 1: Grupo experimental (20 estudiantes).

n2: Grupo control (20 estudiantes).

8.2. HIPÓTESIS

H0: No existen diferencias significativas en el desarrollo de la habilidad de solución de problemas, ni en la adquisición de conocimiento de conceptos en trazado de curvas entre los estudiantes de matemáticas de primer semestre de la

Universidad EAFIT que reciben la tutoría individualizada con el sistema tutorial inteligente y aquellos que la reciben por parte del profesor.

H1: Sí existen diferencias significativas en el desarrollo de la habilidad de solución de problemas, y en la adquisición de conocimiento de conceptos en trazado de curvas entre los estudiantes de matemáticas de primer semestre de la Universidad EAFIT que reciben la tutoría individualizada con el sistema tutorial inteligente y aquellos que la reciben por parte del profesor.

8.3. DESCRIPCION DE VARIABLES

El diseño involucra variable independiente y variable dependiente con dos y tres categorías cada una respectivamente.

8.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

La variable experimental tiene dos categorías:

- Tratamiento con Sistema Tutorial Inteligente (grupo experimental)
- No tratamiento con Sistema Tutorial Inteligente (grupo control)

8.3.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Las variables dependientes son:

- Habilidad de solución de problemas
- Conocimientos en trazado de curvas

8.4. NATURALEZA Y ESTRUCTURA DEL DISEÑO

El diseño de esta investigación puede describirse como un Diseño Cuasi experimental Prueba previa y Prueba posterior con grupo control de la siguiente naturaleza:

Grupo Experimental	Medición	Experimento	Medición
Grupo Control	Medición		Medición

Y con el siguiente modelo estructural

Tratamiento	1	2	Total
Grupo Civil	10	10	20
Grupo sistemas	10	10	20
Total	20	20	40

8.5. Simbolización del diseño

La muestra se toma en una forma aleatoria, tanto para el grupo experimental como para el grupo control.

A gex1 _____ XI _____ Y gex1

A gch1 _____ X2 _____ Y gcl1

X: Variable experimental

1: Tratamiento con STI

2: No tratamiento con STI

Y: Medición final

gex: Grupo experimental

gcl: Grupo control

A: Medición Inicial

gex: Grupo experiemntal

gcl: Grupo control

Vd: Variable dependiente

vdh: Habilidad para solucionar problemas

vdc: Conocimientos en trazado de curvas

8.6. JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO

Se tomó la decisión del diseño anterior debido a las siguientes consideraciones:

Según la edad de nuestros estudiantes, pues todos son mayores de 16 años; consideramos que la edad no tiene ningún efecto importante sobre los resultados de la investigación, ya que de acuerdo con Piaget y otros, los sujetos ya han alcanzado las operaciones formales.

Se consideró también que no hay efecto significativo de maduración, por la edad de los sujetos y por el tiempo relativamente corto que durará el experimento.

En cuanto a la historia se consideró que no tiene ningún efecto relevante sobre esta investigación, ya que todos los sujetos tienen unos antecedentes similares en cuanto a escolaridad, clase social, raciales y procedencia.

8.7 Valores teóricos

El nivel de significancia para el análisis de resultados fué del 5% y los valores teóricos para el cálculo de la t es de: 1.725 para 20 df, 1.729 para 19 df y 1.684 para 40 df.

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con el planteamiento del diseño, los ochenta estudiantes de Ingeniería Civil (grupo 61) e Ingeniería de Sistemas (grupo 31) que conformaron la muestra fueron asignados aleatoriamente a los grupos experimental y control. Finalmente se constato que los estudiantes realmente asistieran al trabajo con el computador y hubieran presentado todas las pruebas lo que redujo la muestra a cuarenta estudiantes, veinte del grupo experimental y veinte del grupo control.

Durante la primera semana del semestre 93 - 1 , antes de iniciarse el tratamiento experimental (tutoría individualizada con el sistema tutorial inteligente - Apolonio 1 +), ambos grupos fueron sometidos a un pretest que consta de dos partes: una primera parte en conocimientos en análisis y trazado de curvas polinomiales y una segunda parte en solución de problemas en análisis y trazado de curvas. Esta prueba fue calificada en una escala de 1 a 50.

Existe una limitación en el poder de los resultados ya que los estudiantes del grupo control no aprovecharon como era de esperarse la tutoría individualizada por parte del profesor como evento adicional a la clase magistral, en tanto que los del experimental acudieron con motivación al trabajo en el computador. Esto demanda una replicación de la investigación en la que se controle con mayor rigor el tiempo de uso de la tutoría individualizada y el tiempo de uso del computador.

9.1. ANÁLISIS DEL PRETEST

En el análisis del pretest se presentan los resultados en las variables de adquisición de conocimientos y solución de problemas tanto del grupo experimental como del grupo control.

9.1.1. GRUPO EXPERIMENTAL

Los resultados obtenidos a partir del pretest para el grupo experimental se presentan en el cuadro No 1 discriminados en dos variables: conocimientos y solución de problemas.

CUADRO NO. 1 RESULTADOS DEL PRETEST
GRUPO EXPERIMENTAL

	Código	Pretest Conocimientos	Pretest Solución de problemas
1	93105913	0	0
2	93106413	20	0
3	93104113	5	0
4	93100113	10	0
5	93100513	15	4
6	93103413	0	0
7	93104713	10	0
8	93100613	20	0
9	93102913	15	0
10	93105310	5	0
11	93150210	15	0
12	93108810	25	1
13	93103910	20	1
14	93150510	5	0
15	93113110	0	0
16	93108310	25	6
17	93106210	15	4
18	93119010	25	0
19	93110010	0	0
20	93114910	10	0
	MEDIA	12	0.8
	DESVIACION	8.80	1.74

Haciendo un análisis de las distribuciones de frecuencia del pretest del grupo experimental, referente a los conocimientos previos de los estudiantes, que se presenta en el Cuadro No. 2, se puede observar que el puntaje mayor fue de 25 y que internamente el grupo tiene un comportamiento muy heterogéneo o sea que no presenta ninguna tendencia. Además se debe anotar que en su mayoría ya tenían conocimientos previos del tema, seguramente del cálculo visto en el bachillerato.

CUADRO NO. 2 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL PRETEST DE CONOCIMIENTOS - GRUPO EXPERIMENTAL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
0.00 < 5.00	4	20.00	4	20.00
5.00 < 10.00	3	15.00	7	35.00
10.00 < 15.00	3	15.00	10	50.00
15.00 < 20.00	4	20.00	14	70.00
20.00 < 25.00	3	15.00	17	85.00
25.00 < 30.00	3	15.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	4
5.00 < 10.00	3
10.00 < 15.00	3
15.00 < 20.00	4
20.00 < 25.00	3
25.00 < 30.00	3

En la distribución de frecuencia de la parte de la prueba correspondiente a la habilidad de solución de problemas del grupo experimental que se presenta en el Cuadro No. 3, se puede apreciar que casi la totalidad de los estudiantes no sabía aplicar los conocimientos en la solución de problemas antes de comenzar el tratamiento y el puntaje mayor fue de seis que lo obtuvo un solo estudiante.

CUADRO NO. 3 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL PRETEST DE SOLUCION DE PROBLEMAS - GRUPO EXPERIMENTAL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
0.00 < 5.00	19	95.00	19	95.00
5.00 < 10.00	1	5.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	19
5.00 < 10.00	1

9.1.2. GRUPO CONTROL

Los resultados obtenidos a partir del pretest para el grupo control se presentan en el cuadro No 4 discriminados en las dos variables: conocimientos y solución de problemas.

**CUADRO NO. 4 RESULTADOS DEL PRETEST
GRUPO CONTROL**

	Código	Pretest Conocim.	Pretest Sin de problemas
1	93100813	30	0
2	93101213	5	0
3	93106913	0	0
4	93105310	20	0
5	93101813	15	0
6	93103513	25	0
7	93107013	0	0
8	93108110	15	0
9	93102713	20	0
10	93106313	5	0
11	93104613	20	0
12	93111610	25	0
13	93105410	15	5
14	93105610	10	0
15	93100810	20	0
16	93150710	20	0
17	93106310	25	5
18	93110810	20	6
19	93118610	20	3
20	93106410	10	2
	MEDIA	16	1.05
	DESVIACION	8.52	2.01

Haciendo un análisis de las distribuciones de frecuencia del pretest del grupo control, referente a los conocimientos previos de los estudiantes, como se muestra en el Cuadro No. 5, se puede observar que el puntaje mayor fue de 30 y que internamente el grupo tiene un comportamiento muy heterogéneo o sea que no presenta ninguna tendencia, se debe anotar además, que en su mayoría ya tenían conocimientos previos del tema, seguramente del cálculo visto en el bachillerato.

CUADRO NO. 5 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL PRETEST DE CONOCIMIENTOS - GRUPO CONTROL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
0.00 < 5.00	2	10.00	2	10.00
5.00 < 10.00	2	10.00	4	20.00
10.00 < 15.00	2	10.00	6	30.00
15.00 < 20.00	3	15.00	9	45.00
20.00 < 25.00	7	35.00	16	80.00
25.00 < 30.00	3	15.00	19	95.00
30.00 < 35.00	1	5.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	2
5.00 < 10.00	2
10.00 < 15.00	2
15.00 < 20.00	3
20.00 < 25.00	6
25.00 < 30.00	4
30.00 < 35.00	1

En la distribución de frecuencia de la parte de la prueba correspondiente a la solución de problemas del grupo control que se presenta en el Cuadro No. 6, se puede apreciar que la mayoría de los estudiantes no sabían aplicar los conocimientos en la solución de problemas antes de comenzar el tratamiento.

CUADRO NO. 6 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL PRETEST DE SOLUCION DE PROBLEMAS - GRUPO CONTROL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
0.00 < 5.00	17	85.00	17	85.00
5.00 < 10.00	3	15.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	15
5.00 < 10.00	3

9.2. ANÁLISIS DEL POSTEST

Durante la última semana de clases del semestre 93-1, después de aplicarse el tratamiento experimental (tutoría individualizada con el sistema tutorial inteligente - Apolonio 1+), ambos grupos fueron sometidos a un postest igual al pretest y que fue calificado en una escala de 1 a 50.

9.2.1. GRUPO EXPERIMENTAL

Los resultados obtenidos a partir del postest para el grupo experimental se presentan en el cuadro No 7 discriminados en dos variables: conocimientos, y solución de problemas.

**CUADRO NO. 7 RESULTADOS DEL POSTEST
GRUPO EXPERIMENTAL**

	Código	Postest Conocim.	Postest Sin de problemas
1	93105913	30	28
2	93106413	35	23
3	93104113	45	40
4	93100113	40	32
5	93100513	14	46
6	93103413	30	28
7	93104713	30	46
8	93100613	30	32
9	93102913	30	18
10	93105310	20	34
11	93150210	20	36
12	93108810	30	34
13	93103910	35	28
14	93150510	30	28
15	93113110	30	21
16	93108310	40	50
17	93106210	45	48
18	93119010	35	32
19	93110010	30	46
20	93114910	35	18
	MEDIA	31.70	33.40
	DESVIACION	7.77	9.93

Haciendo un análisis de las distribuciones de frecuencia del postest del grupo experimental en lo referente a los conocimientos de los estudiantes después de aplicado el tratamiento, en el Cuadro No. 8 se puede observar que la mayoría de los estudiantes obtuvieron un puntaje superior a los 30 y presentando una tendencia en el rango de 30 y 35 puntos.

CUADRO NO. 8 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL POSTEST DE CONOCIMIENTOS - GRUPO EXPERIMENTAL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
0.00 < 5.00	0	0.00	0	0.00
5.00 < 10.00	0	0.00	0	0.00
10.00 < 5.00	1	5.00	1	5.00
15.00 < 20.00	0	5.00	1	5.00
20.00 < 25.00	2	10.00	3	15.00
25.00 < 30.00	0	0.00	3	15.00
30.00 < 35.00	9	45.00	12	60.00
35.00 < 40.00	4	20.00	16	80.00
40.00 < 45.00	2	10.00	18	90.00
45.00 < 50.00	2	10.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	0
5.00 < 10.00	0
10.00 < 5.00	1 ***
15.00 < 20.00	0
20.00 < 25.00	2 *****
25.00 < 30.00	0
30.00 < 35.00	9
35.00 < 40.00	4
40.00 < 45.00	2 *****
45.00 < 50.00	2 *****

En la distribución de frecuencia de la parte de la prueba correspondiente a la solución de problemas del grupo experimental que se presenta en el Cuadro No. 9, se puede apreciar que mayoría de los estudiantes obtuvieron un puntaje superior a los 25 puntos, sin embargo los resultados son internamente bastante heterogéneos.

CUADRO NO.9 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL POSTEST DE SOLUCION DE PROBLEMAS - GRUPO EXPERIMENTAL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	RECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
0.00 < 5.00	0	0.00	0	0.00
5.00 < 10.00	0	0.00	0	0.00
10.00 < 15.00	0	0.00	0	0.00
15.00 < 20.00	2	10.00	2	10.00
20.00 < 25.00	2	10.00	4	20.00
25.00 < 30.00	4	20.00	8	40.00
30.00 < 35.00	5	25.00	13	65.00
35.00 < 40.00	1	5.00	14	70.00
40.00 < 45.00	1	5.00	15	75.00
45.00 < 50.00	4	20.00	19	95.00
50.00 < 55.00	1	5.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	0
5.00 < 10.00	0
10.00 < 15.00	0
15.00 < 20.00	2 *****
20.00 < 25.00	2 *****
25.00 < 30.00	4 *****
30.00 < 35.00	5 *****
35.00 < 40.00	1 *****
40.00 < 45.00	1 *****
45.00 < 50.00	4 *****
50.00 < 55.00	1 *****

En los cuadros anteriores se presentan los resultados correspondientes al grupo experimental y en ellos se puede observar el comportamiento de las variables de adquisición de conocimientos y solución de problemas en la prueba de postest.

9.2.2. GRUPO CONTROL

Los resultados obtenidos a partir del postest para el grupo control se presentan en el cuadro No 10 discriminados en las tres variables: conocimientos, solución de problemas y la prueba total.

**CUADRO NO. 10 RESULTADOS DEL POSTEST
GRUPO CONTROL**

	Código	Postest Conocimientos	Postest Solución de problemas
1	93100813	25	18
2	93101213	35	23
3	93106913	25	18
4	93105310	30	9
5	93101813	25	32
6	93103513	30	36
7	93107013	20	18
8	93108110	30	31
9	93102713	30	23
10	93106313	25	23
11	93104613	20	28
12	93111610	30	4
13	93105410	40	28
14	93105610	30	16
15	93100810	30	28
16	93150710	25	39
17	93106310	35	39
18	93110810	45	8
19	93118610	30	45
20	93106410	30	18
	MEDIA	29.50	24.20
	DESVIACION	6.05	10.97

Haciendo un análisis de las distribuciones de frecuencia del postest del grupo control en lo referente a los conocimientos de los estudiantes después de aplicado el tratamiento, como se muestra en el Cuadro No. 11, se puede observar que el puntaje de la mayoría de los estudiantes fue superior a los 25 puntos y su comportamiento interno sigue siendo heterogéneo.

CUADRO NO. 11 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL POSTEST DE CONOCIMIENTOS - GRUPO CONTROL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
0.00 < 5.00	0	0.00	0	0.00
5.00 < 10.00	0	0.00	0	0.00
10.00 < 15.00	0	0.00	0	0.00
15.00 < 20.00	0	0.00	0	0.00
20.00 < 25.00	2	10.00	2	10.00
25.00 < 30.00	5	25.00	7	35.00
30.00 < 35.00	9	45.00	16	80.00
35.00 < 40.00	2	10.00	18	90.00
40.00 < 45.00	1	5.00	19	95.00
45.00 < 50.00	1	5.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	0
5.00 < 10.00	0
10.00 < 15.00	0
15.00 < 20.00	0
20.00 < 25.00	2 *****
25.00 < 30.00	5 *****
30.00 < 35.00	9 *****
35.00 < 40.00	2 *****
40.00 < 45.00	1 ***
45.00 < 50.00	1 ***

CUADRO NO. 12 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL POSTEST DE SOLUCION DE PROBLEMAS - GRUPO CONTROL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
0.00 < 5.00	1	5.00	1	5.00
5.00 < 10.00	2	10.00	3	15.00
10.00 < 15.00	0	0.00	3	15.00
15.00 < 20.00	5	25.00	8	40.00
20.00 < 25.00	3	15.00	11	55.00
25.00 < 30.00	3	15.00	14	70.00
30.00 < 35.00	2	10.00	16	80.00
35.00 < 40.00	3	15.00	19	95.00
40.00 < 45.00	0	0.00	19	95.00
45.00 < 50.00	1	5.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	1 *****
5.00 < 10.00	2 *****
10.00 < 15.00	0
15.00 < 20.00	5 *****
20.00 < 25.00	3 *****
25.00 < 30.00	3 *****
30.00 < 35.00	2 *****
35.00 < 40.00	3 *****
40.00 < 45.00	0
45.00 < 50.00	1 *****

En la distribución de frecuencia de la parte de la prueba correspondiente a la solución de problemas del grupo control que se presenta en el Cuadro No. 12, se puede apreciar que la mayoría de los estudiantes obtuvo un puntaje entre 15 y 40 después de recibir el tratamiento y el puntaje mayor fue de 50 que lo obtuvo un solo estudiante y se observa una tendencia entre los 15 y 20 puntos.

9.3. ANÁLISIS DE LAS GANANCIAS

En el cuadro No. 13 se puede observar el comportamiento de los resultados de los conocimientos de los estudiantes del grupo experimental a lo largo del tratamiento, sus condiciones iniciales en los resultados del pretest, sus condiciones finales en los resultados del postest y finalmente la ganancia obtenida de la resta del puntaje del postest y el pretest.

**CUADRO NO. 13 GANANCIA EN CONOCIMIENTOS
GRUPO EXPERIMENTAL**

	CODIGO	PRETEST	POSTEST	GANANCIA
1	93105913	0	30	30
2	93106413	20	35	15
3	93104113	5	45	40
4	93100113	10	40	30
5	93100513	15	14	-1
6	93103413	0	30	30
7	93104713	10	30	20
8	93100613	20	30	10
9	93102913	15	30	15
10	93105310	5	20	15
11	93150210	15	20	5
12	93108810	25	30	5
13	93103910	20	35	15
14	93150510	5	30	25
15	93113110	0	30	30
16	93108310	25	40	15
17	93106210	5	45	30
18	93119010	25	35	10
19	93110010	0	30	30
20	93114910	10	35	25
	MEDIA	12	31.7	19.80
	DESVIACION	8.8	7.77	10.72

Si se observa la distribución de frecuencias con relación a la ganancia en conocimientos del grupo experimental que se presenta en el cuadro No. 14, se puede observar que la

ganancia de la mayoría de los estudiantes está entre los 5 los 35 puntos, agrupándose un buen número de ellos en el intervalo entre 30 y 35 puntos.

CUADRO NO. 14 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE GANANCIA EN CONOCIMIENTOS - GRUPO EXPERIMENTAL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
0.00 < 5.00	0	0.00	0	0.00
5.00 < 10.00	2	10.00	2	10.00
10.00 < 15.00	2	10.00	4	20.00
15.00 < 20.00	5	25.00	9	45.00
20.00 < 25.00	1	5.00	10	50.00
25.00 < 30.00	2	10.00	12	60.00
30.00 < 35.00	7	35.00	19	95.00
35.00 < 40.00	0	0.00	19	95.00
40.00 < 45.00	1	5.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	0
5.00 < 10.00	2
10.00 < 15.00	2
15.00 < 20.00	5
20.00 < 25.00	1
25.00 < 30.00	2
30.00 < 35.00	7
35.00 < 40.00	0
40.00 < 45.00	1

En forma similar en el Cuadro No. 15 se presenta el comportamiento de la habilidad de solución de problemas de los estudiantes del grupo experimental, en lo referente al pretest, postest y ganancia:

**CUADRO NO. 15 GANANCIA EN SOLUCION DE PROBLEMAS
GRUPO EXPERIMENTAL**

	CODIGO	PRETEST	POSTEST	GANANCIA
1	93105913	0	28	28
2	93106413	0	23	23
3	93104113	0	40	40
4	93100113	0	32	32
5	93100513	4	46	42
6	93103413	0	28	28
7	93104713	0	46	46
8	93100613	0	32	32
9	93102913	0	18	18
10	93105310	0	34	34
11	93150210	0	36	36
12	93108810	1	34	33
13	93103910	1	28	27
14	93150510	0	28	28
15	93113110	0	21	21
16	93108310	6	50	44
17	93106210	4	48	44
18	93119010	0	32	32
19	93110010	0	46	46
20	93114910	0	18	18
	MEDIA	0.8	33.4	32.6
	DESVIACION	1.74	9.93	8.96

Si se observa la distribución de frecuencias de la ganancia en la habilidad de solución de problemas del grupo experimental en el cuadro No. 16, se observa que los puntajes fueron superiores a los 15 puntos y dos estudiantes alcanzaron un puntaje de 46.

CUADRO NO. 16 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE GANANCIA EN SOLUCION DE PROBLEMAS - GRUPO EXPERIMENTAL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
0.00 < 5.00	0	0.00	0	0.00
5.00 < 10.00	0	0.00	0	0.00
10.00 < 15.00	0	0.00	0	0.00
15.00 < 20.00	2	10.00	2	10.00
20.00 < 25.00	2	10.00	4	20.00
25.00 < 30.00	4	20.00	8	40.00
30.00 < 35.00	5	25.00	13	65.00
35.00 < 40.00	1	5.00	14	70.00
40.00 < 45.00	4	20.00	18	90.00
45.00 < 50.00	2	10.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	0
5.00 < 10.00	0
10.00 < 15.00	0
15.00 < 20.00	2 *****
20.00 < 25.00	2 *****
25.00 < 30.00	4 *****
30.00 < 35.00	5 *****
35.00 < 40.00	1 ***
40.00 < 45.00	4 *****
45.00 < 50.00	2 *****

En el cuadro No. 17 se puede observar el comportamiento de los conocimientos de los estudiantes del grupo control a lo largo del tratamiento, sus condiciones iniciales en los resultados del pretest, sus condiciones finales en los resultados del posttest y finalmente la ganancia obtenida de la resta del puntaje del posttest y el pretest.

**CUADRO NO. 17 GANANCIA EN CONOCIMIENTOS
GRUPO CONTROL**

	CODIGO	PRETEST	POSTEST	GANANCIA
1	93100813	30	25	-5
2	93101213	5	35	30
3	93106913	0	25	25
4	93105310	20	30	10
5	93101813	15	25	10
6	93103513	25	30	5
7	93107013	0	20	20
8	93108110	15	30	15
9	93102713	20	30	10
10	93106313	5	25	20
11	93104613	20	20	0
12	93111610	25	30	5
13	93105410	15	40	25
14	93105610	10	30	20
15	93100810	20	30	10
16	93150710	20	25	5
17	93106310	25	35	10
18	93110810	20	45	25
19	93118610	20	30	10
20	93106410	10	30	20
	MEDIA	16	29.5	13.5
	DESVIACION	8.5	6.04	9.3

Si se observa la distribución de frecuencias con relación a la ganancia en conocimientos del grupo control que se muestra en el cuadro No. 18, se puede observar que la forma como se distribuye ganancia es bastante heterogénea y la mayoría del grupo obtuvo menos de 25 puntos y solo 1 estudiante obtuvo más de 30 puntos.

En contraste la distribución de frecuencias con relación a la ganancia en conocimientos del grupo experimental se puede observar que la ganancia de la mayoría de los estudiantes está entre los 5 los 35 puntos, agrupándose un buen número de ellos en el intervalo entre 30 y 35 puntos, lo que muestra una ganancia a favor del grupo experimental.

CUADRO NO. 18 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE GANANCIA EN CONOCIMIENTOS - GRUPO CONTROL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
-5.00 < 0.00	1	5.00	1	5.00
0.00 < 5.00	1	5.00	2	10.00
5.00 < 10.00	3	15.00	5	25.00
10.00 < 15.00	6	30.00	11	55.00
15.00 < 20.00	1	5.00	12	60.00
20.00 < 25.00	4	20.00	16	80.00
25.00 < 30.00	3	15.00	19	95.00
30.00 < 35.00	1	5.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	1 *****
0.00 < 5.00	1 *****
5.00 < 10.00	3 *****
10.00 < 15.00	6 *****
15.00 < 20.00	1 *****
20.00 < 25.00	4 *****
25.00 < 30.00	3 *****
30.00 < 35.00	1 *****

En forma similar a los conocimientos, en el Cuadro No. 19 se presenta el comportamiento de la habilidad de solución de problemas de los estudiantes del grupo control, en lo referente al pretest, postest y ganancia:

**CUADRO NO. 19 GANANCIA EN SOLUCION DE PROBLEMAS
GRUPO CONTROL**

	CODIGO	PRETEST	POSTEST	GANANCIA
21	93100813	0	18	18.0
22	93101213	0	23	23.0
23	93106913	0	18	18.0
24	93105310	0	9	9.0
25	93101813	0	32	32.0
26	93103513	0	36	36.0
27	93107013	0	18	18.0
28	93108110	0	31	31.0
29	93102713	0	23	23.0
30	93106313	0	23	23.0
31	93104613	0	28	28.0
32	93111610	0	4	4.0
33	93105410	5	28	23.0
34	93105610	0	16	16.0
35	93100810	0	28	28.0
36	93150710	0	39	39.0
37	93106310	5	39	34.0
38	93110810	6	8	2.0
39	93108610	3	45	42.0
40	93106410	2	18	16.0
	MEDIA	1.05	24.20	22.2
	DESVIACION	2.01	10.97	10.9

Si se observa la distribución de frecuencias de la ganancia en la habilidad de solución de problemas del cuadro No. 20, se observan también unos resultados muy heterogéneos, donde la mayoría de los estudiantes tienen una ganancia en el desarrollo de la habilidad de solución de problemas inferior a los 25 puntos y solo 4 estudiantes obtuvieron más de 30 puntos.

En contraste la distribución de frecuencias de la ganancia en la habilidad de solución de problemas del grupo experimental se observa que los puntajes fueron superiores a los 15 puntos y dos estudiantes alcanzaron un puntaje de 46, lo que muestra una inclinación a favor del grupo experimental.

CUADRO NO. 20 DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE GANANCIA EN SOLUCION DE PROBLEMAS - GRUPO CONTROL

LIMITES	FRECUENCIA	PORCENTAJE	FRECUENCIA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
0.00 < 5.00	2	10.00	2	10.00
5.00 < 10.00	1	5.00	3	15.00
10.00 < 15.00	0	0.00	0	15.00
15.00 < 20.00	5	25.00	8	40.00
20.00 < 25.00	4	20.00	12	60.00
25.00 < 30.00	2	10.00	14	70.00
30.00 < 35.00	3	15.00	17	85.00
35.00 < 40.00	2	0.00	19	95.00
40.00 < 45.00	1	5.00	20	100.00
TOTAL	20	100.00		

LIMITES	FRECUENCIA
0.00 < 5.00	3 *****
5.00 < 10.00	1 ****
10.00 < 15.00	0
15.00 < 20.00	5 *****
20.00 < 25.00	4 *****
25.00 < 30.00	2 *****
30.00 < 35.00	3 *****
35.00 < 40.00	2 *****
40.00 < 45.00	1 ****

9.4. ANALISIS DE DATOS ADICIONALES

Adicionalmente a los datos recogidos con los instrumentos se llevó a cabo un seguimiento de los estudiantes con las pruebas que ellos iban presentando con relación al tema de análisis y trazado de curvas. El cuadro No. 21 presenta los resultados de los estudiantes del grupo experimental en dos evaluaciones cortas y el examen parcial.

**CUADRO NO. 21 DATOS ADICIONALES DE SEGUIMIENTO
GRUPO EXPERIMENTAL**

	CODIGO	Evaluación corta 1	Evaluación corta 2	PARCIAL
1	93105913	15	50	45
2	93106413	10	25	30
3	93104113	20	40	40
4	93100113	45	20	50
5	93100513	20	50	50
6	93103413	10	20	35
7	93104713	50	25	50
8	93100613	10	10	35
9	93102913	25	25	30
10	93105310	25	25	40
11	93150210	10	40	40
12	93108810	50	45	45
13	93103910	50	20	35
14	93150510	50	45	45
15	93113110	20	20	45
16	93108310	50	20	45
17	93106210	50	50	35
18	93119010	25	40	40
19	93110010	45	10	40
20	93114910	45	50	40
	MEDIA	31.25	31.5	40.75

En los datos recogidos durante el seguimiento de los estudiantes de grupo control con las pruebas que ellos iban presentando con relación al tema de análisis y trazado de curvas, el cuadro No. 22 presenta los resultados de los estudiantes del grupo control en dos quices y el examen parcial.

**CUADRO NO. 22 DATOS ADICIONALES DE SEGUIMIENTO
GRUPO CONTROL**

	CODIGO	QUIZ1	QUIZ2	QUIZ3
1	93100813	10	25	35
2	93101213	30	30	35
3	93106913	25	25	15
4	93105310	10	20	10
5	93101813	20	50	50
6	93103513	20	25	35
7	93107013	25	20	25
8	93108110	30	50	45
9	93102713	15	30	25
10	93106313	15	50	30
11	93104613	40	50	30
12	93111610	0	0	10
13	93105410	20	25	45
14	93105610	20	50	30
15	93100810	10	20	45
16	93150710	20	50	35
17	93106310	50	50	30
18	93110810	20	50	30
19	93118610	10	50	50
20	93106410	30	25	25
	MEDIA	21	34.75	31.75

9.5. ANÁLISIS COMPARATIVO

Los datos obtenidos a partir del pretest y postest para los grupos control y experimental fueron sometidos a contrastación estadística mediante la aplicación de la t de Student, con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ y 38 grados de libertad. Para verificar la homogeneidad entre los grupos experimental y control antes de comenzar el experimento y someter el grupo experimental al tratamiento, se aplicó el pretest.

Los resultados que arrojó el pretest en lo relacionado con los conocimientos aparecen en el cuadro no. 23. Como puede observarse, no hay una diferencia estadísticamente significativa: $t = - 1.4606$, $p < 0.072$

CUADRO NO. 23 RESULTADOS DEL PRETEST EN CONOCIMIENTOS

	Grupo Experimental	Grupo Control
Media	12.0000	16.0000
Desviación Standard	8.7959	8.5224
N	20	20
Diferencia		- 4.0000
Diferencia de Error Standard		2.7386
t		-1.4606
GRADOS DE LIBERTAD		38
PROBABILIDAD		0.0762

Los datos del pretest en la batería de solución de problemas aparecen en el cuadro No. 24 la diferencia tampoco es significativa : $t = -1.4258$, $p < 0.3381$.

Los resultados del pretest en ambas variables dejan claro que el efecto de homogenización pretendido con la asignación aleatoria a los grupos experimental y control se logró satisfactoriamente.

CUADRO NO. 24 RESULTADOS DEL PRETEST EN SOLUCION DE PROBLEMAS

	Grupo Experimental	Grupo Control
Media	0.8000	1.0500
Desviación Standard	1.7351	2.0125
N	20	20
Diferencia		- 0.2500
Diferencia de Error Standard		0.5942
t		- 0.4208
GRADOS DE LIBERTAD		38
PROBABILIDAD		0.3381

Una vez terminado el tratamiento con los estudiantes del grupo experimental, se sometieron ambos grupos a un postest en conocimientos y solución de problemas, utilizando los mismos instrumentos del pretest y similares condiciones de aplicación. Los resultados en Conocimientos se reportan en el cuadro No. 25. Una comparación de la diferencia en medias muestra que el grupo experimental se desempeñó un poco mejor que el grupo control, pero esta diferencia no es estadísticamente significativa: $t = 0.9989$, $p < 0.1621$.

CUADRO NO. 25 RESULTADOS DEL POSTEST EN CONOCIMIENTOS

	Grupo Experimental	Grupo Control
Media	31.7000	29.5000
Desviación Standard	7.7738	6.0481
N	20	20
Diferencia		2.2000
Diferencia de Error Standard		2.2024
t		0.9989
GRADOS DE LIBERTAD		38
PROBABILIDAD		0.1621

Los datos del postest en solución de problemas se muestran en el cuadro No. 26, estos datos revelan una ganancia significativamente mayor del grupo experimental: $t = 2.7799$, $p < 4.205E-03$. Los resultados del postest en ambas variables se ajustan a las hipótesis que postulan un mayor incremento a favor del grupo experimental.

CUADRO NO. 26 RESULTADOS DEL POSTEST EN SOLUCION DE PROBLEMAS

	Grupo Experimental	Grupo Control
Media	33.4000	24.2000
Desviación Standard	9.9335	10.9717
N	20	20
Diferencia		9.2000
Diferencia de Error Standard		3.3095
t		2.7799
GRADOS DE LIBERTAD		38
PROBABILIDAD		4.205E-03

Los datos de la ganancia en conocimientos que se muestran en el Cuadro No. 27 muestran una superioridad por parte del grupo experimental. Los resultados $t=2.5360$, $p < 7.722E-03$ permiten rechazar la hipótesis H_0 .

CUADRO NO. 27 RESULTADOS DE GANANCIA EN CONOCIMIENTOS

	Grupo Experimental	Grupo Control
Media	21.2500	13.5000
Desviación Standard	9.9835	9.3330
N	20	20
DIFERENCIA		7.7500
DIFERENCIA DE ERROR STANDARD		3.0559
t		2.5360
GRADOS DE LIBERTAD		38
PROBABILIDAD		7.722E-03

Los datos de la ganancia en solución de problemas se muestran en el cuadro No. 28 y revelan una ganancia significativamente mayor del grupo experimental: $t = 2,9894$, $p < 2.444E-04$. Los resultados del posttest en ambas variables se ajustan a las hipótesis que postulan un mayor incremento a favor del grupo experimental, lo que permite rechazar H_0 .

CUADRO NO. 28 RESULTADOS DE GANANCIA EN SOLUCION DE PROBLEMAS

	Grupo Experimental	Grupo Control
Media	32.6000	22.1500
Desviación Standard	8.9584	10.9365
N	20	20
DIFERENCIA		9.4500
DIFERENCIA DE ERROR STANDARD		3.1612
T		2.9894
GRADOS DE LIBERTAD		38
PROBABILIDAD		2.441E-03

9.6 NOTAS DE CAMPO

Durante el tiempo en el cual se llevó a cabo la experimentación del prototipo de sistema tutorial inteligente, se hizo un seguimiento o diario de campo para los alumnos del grupo experimental con el formato de se presenta en el anexo 2 y que pueden servir de base para un análisis cualitativo que genere hipótesis de partida para nuevos estudios, en relación con aspectos actitudinales, técnicos de relación tutor-alumno, que puedan aportar a a consideraciones más integrales de la experimentación en el área.

Generalmente los estudiantes iniciaron la sesión entusiasmados y se desarrollaron en la interfaz al igual que en el sistema con relativa facilidad.

Para realizar cada uno de los eventos propuestos por el tutor, el estudiante pensaba y analizaba, nunca actuó por impulso o se confundió y respondió sin mucho análisis.

Frente a los eventos de instrucción mostraron igual interés por ellos sin importar su tipo, es decir sin importar que fuera una pregunta abierta o de selección múltiple, una información o un evento gráfico.

Frente a los refuerzos normalmente los leían con detenimiento, no mostraron una actitud de indiferencia; cuando eran positivos mostraban satisfacción y cuando eran negativos mostraban preocupación. En algunos casos mostraron un poco de indiferencia a medida que transcurría la sesión.

Durante la sesión los estudiantes demostraron con mayor intensidad una actitud tranquila y mucha concentración aunque no faltaron los casos que presentaron un poco de nerviosismo.

Al terminar la sesión los estudiantes se mostraban satisfechos y motivados o motivados y preocupados por no manejar muchos de los conceptos; no se observó señales de fatiga, aburrimiento, ofuscación o indiferencia.

También se notó mayor afluencia de estudiantes en épocas próximas a exámenes parciales y a medida que se familiarizaban con el sistema.

Terminada la sesión, el estudiante diligenciaba el formato del anexo 3. Este formato tenía como finalidad recoger todos los comentarios para evaluarlos y realizar mejoras a la herramienta.

Con relación a la Instrucciones recibidas para interactuar con la herramienta, la mayoría respondieron que eran claras y fáciles de entender, lo que permitía una buena utilización del sistema, en especial a estudiantes que nunca habían tenido contacto con computadores.

La presentación de la herramienta para iniciar el proceso de tutoría les pareció en general buena, original, les llamó la atención y los hizo motivarse para el trabajo. Algunos solicitaron un poco más de interés del tutor por el estudiante.

En cuanto a la facilidad en la entrada de datos personales y sobre la sesión, les pareció fácil.

La claridad de los textos les pareció bastante buena, sin embargo algunos estudiantes solicitaron aumentar los ejemplos y ejercicios resueltos.

La redacción y la ortografía la encontraron buena en general y no tuvieron problemas en la evaluación de sus respuestas.

La presentación de los textos en la pantalla les pareció bien en cuanto al diseño y la claridad.

El acceso a los graficadores le pareció una buena herramienta de complemento en el trabajo de trazado de la curva.

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El prototipo de sistema tutorial inteligente Apolonio 1 + tiene la finalidad de enseñar a los estudiantes a resolver problemas de matemáticas en lo referente al análisis y trazado de curvas teniendo en cuenta las fuentes primarias de la capacidad de los estudiantes que contribuyen a la solución de problemas: las habilidades intelectuales, la organización de la información, el espacio del problema y las estrategias cognoscitivas. El sistema es capaz de encontrar y organizar situaciones problema adecuadas, nuevas y que están dentro de la capacidad de cada estudiante, al alcance de sus habilidades y conocimientos previamente adquiridos.

Los resultados obtenidos para las variables adquisición de conocimientos y habilidad de solución de problemas confirman que el prototipo de sistema tutorial inteligente privilegia el aprendizaje, lo cual coincide con los planteamientos de Bruner quien sostiene que el aprendizaje por descubrimiento es un desafío a la inteligencia del aprendiz porque lo impulsa a solucionar problemas.

El sistema tutorial inteligente permite hacer un manejo muy dinámico del espacio del problema porque puede generar un ambiente de trabajo con un micromundo de

aprendizaje que cuente con todas las herramientas que necesite el estudiante en cada momento.

La solución de problemas requiere de habilidades intelectuales y procesos de pensamiento como los tomados en cuenta al hacer la combinación de Gagné y Bloom, o sea, la conceptualización, la aplicación, el análisis, la síntesis y la evaluación en la creación del currículo que realizará cada estudiante y que posteriormente es evaluado de acuerdo con todas las actividades de aprendizaje.

El aprendizaje no se logra enfrentando al estudiante con la solución de un problema con un mínimo de instrucciones y conocimiento de reglas prerequisite; es necesario que ellos conozcan también las reglas subordinadas y que tengan una dirección. Siempre debe existir una secuencia de aprendizaje que se extienda desde los conocimientos previamente adquiridos hasta plantearse problemas que estén más allá de sus capacidades en cuanto que lo obliguen a encontrar o aplicar otras reglas para llegar a la solución final (planificación).

La realización de la secuencia también debe ser supervisada de tal forma que el estudiante pueda volver si es necesario a la senda correcta en forma oportuna (tutoría).

Con base en los resultados obtenidos durante el experimento se puede decir que la hipótesis de que no existen diferencias significativas en el desarrollo de la habilidad de solución de problemas y el conocimiento de conceptos en trazado de curvas entre los estudiantes de matemáticas 1 de Ingeniería de la Universidad EAFIT que reciben la tutoría individualizada con el sistema tutorial inteligente y aquellos que no la reciben, fue rechazada en lo pertinente a las variables dependientes de adquisición de conocimientos y de desarrollo de la habilidad de solución de problemas.

En cuanto nivel de adquisición de conocimientos y de desarrollo de la habilidad de la solución de problemas, el grupo experimental superó al grupo control, destacando las posibilidades que ofrece la instrucción inteligentemente asistida por computador, representada en los sistemas tutoriales inteligentes.

Los modelos pedagógicos fueron acertados pero debe aumentarse las bases de conocimientos en ejemplos, ejercicios resueltos y ejercicios propuestos.

A pesar de que los estudiantes aprobaron la interfaz de comunicación con el sistema, es necesario mejorarla aplicando las nuevas propuestas de investigación en el área de interfaces hombre-máquina.

11. CONCLUSIONES

El proyecto APOLONIO 1+ es el primero en el país que incluye el diseño, desarrollo y evaluación experimental de un sistema tutorial inteligente y en las últimas conferencias internacionales se ha discutido que muy pocos de los desarrollos en esta área son llevados hasta la etapa experimental.

Como primer ensayo puede tener muchas deficiencias en especial en su fundamentación conceptual que está en construcción a partir de la evaluación misma y es esta la primera conclusión que se puede sacar del estudio: es un paso adelante.

Para la realización de investigaciones alrededor de la modelación y realización de sistemas tutoriales inteligentes, como un aporte metodológico y tecnológico, es necesario crear grupos interdisciplinarios, que integren áreas tales como: la educación, la informática (más concretamente la ingeniería del conocimiento), la psicología cognoscitiva y el área específica del conocimiento en el cual se quiera desarrollar el sistema tutorial, y los fundamentos matemáticos que sustentan la inteligencia artificial y la informática en general.

El análisis de los resultados de esta investigación ha mostrado claramente que el STI produce efectos altamente positivos en el nivel de desarrollo cognoscitivo de estudiantes universitarios.

Si se enseña a pensar y a resolver problemas por imitación o dentro de moldes dados, los estudiantes pueden llegar a usar bien la regla dada, pero, difícilmente van a desarrollar un criterio propio que les permita enfrentar y resolver nuevas situaciones. Se impone usar estrategias que les ayuden a generar sus propios modelos de pensamiento, lo que implica que existan tantos modelos de pensamiento como personas hay y he ahí la importancia de modelar a cada estudiante y del modelo de estudiante concebido en esta arquitectura.

El propósito fundamental de la educación es aprender a resolver problemas. En esta tarea la práctica de descubrirlos y resolverlos por sí mismo, habilita al estudiante para adquirir información que le sea útil para la solución de problemas. Además, este tipo de enseñanza hace que el individuo sea capaz de construir u organizar racionalmente los elementos del problema y de percibir regularidad en sus relaciones, con lo que puede evitar la acumulación de informaciones, muchas veces innecesarias.

Se han observado muchas diferencias en la solución de problemas por parte de expertos, novatos y estudiantes no estructurados. Los novatos tienen a aplicar inmediatamente las fórmulas realizando los cálculos, el experto dedica más tiempo pensando acerca del problema, haciéndose preguntas así mismo y analizando el grado de entendimiento del problema.

La modelación de métodos de solución de problemas de los expertos y la utilización de estos modelos como ayudas instruccionales es un acercamiento atractivo pero complicado por la dificultad que los expertos tienen de expresar lo que ellos conocen o saben. Los sistemas expertos o sistemas basados en el conocimiento como APOLONIO es un puente operativo para aprovechar la experiencia del experto en la educación de estudiantes.

12. BIBLIOGRAFIA

AGUDELO R. Sergio y DÍAZ M., Álvaro. Ideas Fundamentales sobre Inteligencia Artificial. Medellín, 1986. 386p. Proyecto de grado de Ingeniería de Sistemas. Universidad EAFIT.

AMTHOR, Geoffrey R. Interactive Multimedia in Education: Concepts and Technology, Trends and Model Applications, MegaMedia and Knowledge Systems. En: Supplement to T.H.E. JOURNAL: IBM Multimedia. Special Issue. Septiembre 1991. p. 2-5.

ANDERSON, John J. y Himes, Andrew. The Future: Toward a Knowledge Navigator. En: MacUser. Apple Computer, Inc. Marzo 1989. p. 133-137.

ATUESTA V. .María del Rosario. El Currículo en un Sistema Tutorial Inteligente. Ponencia presentada en el IX Encuentro Nacional de Informática Universitaria. Bucaramanga, Julio de 1992.

ATUESTA V., María del Rosario y otros. Informes Técnicos Proyecto de investigación Apoloniol +. Universidad EAFIT, 1993.

BARR, Avon and FEINGENBAUM, Edward. The Handbook of Artificial Intelligence. EEUU. Addison Wesley Publishing Company, 1981. v.1.

BEDOYA, Hernando. Matemáticas Generales. Editorial EAFIT. 1976. p 309- 368.

BLOOM, Benjamín. Taxonomía de los objetivos de la educación. Editorial David Mckay Company, Nueva York. 1971. 364p.

BONNET, Alain. Artificial Intelligence: Promise and Performace. Prentice Hall International, Londres, 1985. 221 p.

BORK, Alfred. The Potential for Interactive Technology: the future for learning and using technology requires visión and facts. En: Revista BYTE. Febrero 1987. p.201-206.

BRUNER,Jerome. Toward a theory of instruction. Cambridge Harvard University, 1966.

BRUNER, Jerome. Realidad Mental y Mundos Posibles. Gedisa. Barcelona, 1986, p. 182.

BUCHANAN and shortliffe. Rule-based Expert System. Chicago. Addison Wesley Publish Company, 1984. 748p.

CARLSON, David A. y Ram Sudha. HyperIntelligence: The Next Frontier. 'En: Communications of the ACM. Volumen 33, No.3. Marzo 1990.

CARNOY, Martin, and DALEY, Hugh and LOOP, Liza. Education and computers: visión and reality. UNESCO, 1987. París.

DIEZ, Maria Adelaida y otros. La Inteligencia Artificial y la Enseñanza Asistida por Computador. Proyecto de grado de Ingeniería de Sistemas. Universidad EAFIT, 1989. 200p.

GAGNE, Robert. Principios básicos del aprendizaje para la instrucción. Editorial diana, mexico, 1979. 200p.

GAGNE, Robert. The conditions of learning, New York:Holt, Rinehart & Winston, 1974.

GAGNE, Robert. Planificación y producción de lecciones de instrucción mediante el computador. Revista tecnología Educativa. Vol IX. N° 1, Santiago de chile, 1985. p 3-26 .

GALVIS Panqueva, Alvaro. Ingeniería de Software Educativo. Publicaciones de la Facultad de Ingeniería e la Universidad de los ANDES. Bogotá. 1989

GALVIS Panqueva, Alvaro. Computadores y Educación Superior: Aplicación de educación abierta y a distancia. ICFES, 1986. Bogotá. 177p.

GILHOOLY, K. J. Human and Machine Problem Solving. New York. Plenum Press, 1989, 382p.

GRAHAM, Neill. Artificial Intelligence, Making machines "think". EEUU. Tab books. 1979. 250p.

IMBEAU, Gilíes. Modelación y Realización de Sistemas Tutoriales Inteligentes. Montreal Cañada, 1990. Proyecto de Doctorado

IMBEAU, Gilíes. WORDTUTOR: An Intelligent Tutoring system for teaching word processing. Universidad de Quebec. 1990

INTELLIGENT TUTORING SYSTEMS (1o. 1988. Montreal). Memorias de la Primera Conferencia Internacional de Sistemas Tutoriales Inteligentes. Montreal 1988. 507 p.

HANKINS, George. The paradox of expertise. Engineering Education. 1987. v.77, pp 302-305.

JONASSEN, David. Instructional Design for Microcomputer Courseware. New Jersey. Lawrence Erlbaum Associates. 1988. 446p.

MISHKOFF, Henry C. A fondo: Inteligencia Artificial. Ediciones Anaya Multimedia. Madrid. 1988.

NICKERSON, Raymond and ZODHIATES, Philip. Technology in Education: looking toward 2020. New Jersey. Lawrence Erlbaum Associates. 1988. 320p.

ORTEGA, Manuel. Tecnología Educativa. Editorial COPIYEPES. Medellín, p. 208, 1986.

PEÑA, Luis B. "La promesa educativa del computador". Educadores e Informática: Promesas, Dilemas y Realidades. Colciencias, 1989.

POLSON, Martha and RICHARDSON, Jeffry. Foundations of Intelligence tutoring System. Hillsdale. Lawrece EARLBAUM Associates, 1988, 280p.

POLYA, G. How To Solve it. A new aspect of mathematical method. Princeton, New Jersey ,1973. p.253.

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.

RIVERO, Juan. Sistemas Expertos y la Educación Latinoamericana. IBM Corporation. Los Angeles Scientific Center. 1986.

SELF, John. Artificial Intelligence and Human Learning. London. 1988.

SIERRA B., Silvia Eugenia. Experiencias en el Desarrollo de un Sistema Tutorial Inteligente. Ponencia presentada en el Congreso Iberoamericano de Informática Educativa. Santo Domingo República Dominicana, junio de 1992.

SIERRA B. Silvia Eugenia. Informe Final de Tesis Modelo de apoyo a la planificación instruccional Inteligente. Universidad Nacional de Colombia, seccional Medellín. Magister en Ingeniería de Sistemas, (documento borrador).

SMITH, Karl A. Educational Engineering: Heuristics for improving learning effectiveness and efficiency. Vol 77. 1987. pp 274- 279.

TOWNSEND, Charles Barry. Acertijos extraordinarios. Slector, 1990, p136.

VELASQUEZ F. Juan David. Informe Final de semestre de practica: El Componente de Comunicación en los Sistemas Tutoriales Inteligentes. Caso Apolonio 1+ Universidad EAFIT, Ingeniería de Sistemas., 1991, 56p .

VERDEJO, María Felisa. "Enseñanza Asistida Inteligentemente". Inteligencia Artificial, pp 245-252.

WENGER, Etienne. Artificial Intelligence and Tutoring System. EEUU: Morgan Kaufman Publishers, 1986. 305p.

WINOGRAND, Terry and FLORES, Fernando. Understanding Computers and Cognition. New York. Addison Wesley Publishing Company, 1987. 207p.

WINSTON, Patrick Henry. Artificial Intelligence. New York: Addison Wesley Publishing Company, 1984. 524p.

ZEA, Claudia y Solórzano Bertha. Apolonio 1+: Sistema Tutorial Inteligente para la solución de problemas en Matemáticas. Revista Universidad EAFIT Nro. 83, 1991.

ANEXOS

ANEXO No. 1 INSTRUMENTOS

Para esta investigación se han seleccionado un instrumento que consta de dos partes: una prueba de conocimiento y una prueba de habilidades de solución de problemas.

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS En esta prueba se

evaluaron los siguientes conceptos:

- Dominio
- Los interceptos de la gráfica de la función con los ejes de coordenadas
- Las simetrías de la curva representativa de la función
- Las ecuaciones de las asíntotas verticales, horizontales y oblicuas.
- Los intervalos reales en los que crece y decrece la función
- Los números críticos de la función
- Los valores extremos (máximos y mínimos)
- Los intervalos reales en los que la gráfica representativa de la función
- Los puntos de inflexión de la curva

PRUEBA DE HABILIDAD DE EN SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

Este instrumento se realizó con una serie de problemas en los que se aplica el análisis de trazado de curvas.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
LÍNEA DE INFORMÁTICA EDUCATIVA
Y DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS
PRUEBA DE DIAGNOSTICO 93-1



Nombre: _____

Código: _____ Grupo: _____

PRIMERA PARTE: CONOCIMIENTOS

1. Dos puntos son simétricos con respecto al eje x, si:
 - a. Tienen la misma abscisa y la ordenada de uno de ellos es igual a la ordenada del otro, con signo contrario.
 - b. Tienen la misma abscisa y la ordenada de uno de ellos es igual a la ordenada del otro, con el mismo signo.
 - c. Tienen distinta abscisa y la ordenada de uno de ellos es igual a la ordenada del otro, con el mismo signo.
 - d. Tienen distinta abscisa y la ordenada de uno de ellos es igual a la ordenada del otro, con signo contrario.

2. Una curva es simétrica con respecto al eje y, si la ecuación no se altera a cambiar:
 - a. x por - y
 - b. x por y
 - c. x por - x
 - d. x por -x y y por - y

3. Los interceptos de la curva $f(x,y): F(x,y)=0$ con los ejes de coordenadas, son:
 - a. Los puntos donde la curva corta los mismos
 - b. Los puntos cuya ordenada es diferente de cero.
 - c. Los puntos donde la curva no corta los ejes.
 - d. Los punto donde la curva corta los ejes y la ordenada es diferente de cero

4. Una función f definida en un intervalo se dice que es creciente en ese intervalo si y sólo si:

- a. $f(x_1) < f(x_2)$ siempre que $x_1 > x_2$
- b. $f(x_1) < f(x_2)$ siempre que $x_1 = x_2$
- c. $f(x_1) > f(x_2)$ siempre que $x_1 < x_2$
- d. $f(x_1) > f(x_2)$ siempre que $x_1 > x_2$

5. Una función f definida en un intervalo se dice que es decreciente en ese intervalo si y sólo si:

- a. $f(x_1) < f(x_2)$ siempre que $x_1 = x_2$
- b. $f(x_1) < f(x_2)$ siempre que $x_1 < x_2$
- c. $f(x_1) > f(x_2)$ siempre que $x_1 < x_2$
- d. $f(x_1) > f(x_2)$ siempre que $x_1 > x_2$

6. La gráfica de una función f se dice que es cóncava hacia arriba en el punto $P(c, f(c))$ si existe $f'(c)$ y si existe un intervalo abierto (a, b) que contenga a c , tal que la gráfica de f se encuentra encima de la recta tangente a la curva en P .

FALSO _____

VERDADERO _____

7. Sea f una función diferenciable en algún intervalo abierto que contenga a c . Entonces la gráfica de f es cóncava hacia abajo en $(c, f(c))$, si:

- a. Si $f'(c) > 0$
- b. Si $f'(c) < 0$
- c. Si $f''(c) > 0$
- d. Si $f''(c) < 0$

8. La recta $x = c$ se llama asíntota vertical de f cuando:

- a. $\lim_{x \rightarrow c} f(x) = \pm\infty$ ó $\lim_{x \rightarrow c} f(x) = \pm\infty$
- b. $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = L$
- c. $\lim_{x \rightarrow L} f(x) = L$ ó $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = L$
- d. $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = 0$

9. **Dominio de una función es:**

- a. El conjunto de todos los valores que toma la variable dependiente
- b. El conjunto de todos los valores que toma la variable independiente
- c. El conjunto de todos los valores que toman tanto la variable dependiente como la variable independiente.
- d. Ninguna de las anteriores

10. Si la gráfica de una función continua posee una tangente en un punto en el que su concavidad cambia, llamamos al punto:

- a. un punto de inflexión
- b. una asíntota
- c. un punto intercepto
- d. un intervalo de crecimiento

SEGUNDA PARTE: SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Dada la función $y=f(x)=\frac{x^2}{x^2-4}$

1. El dominio de la función es $D(f)=$ _____

2. La curva representativa de la función es:

- a. Simétrica con respecto al eje x Sí ___ No _____
- b. Simétrica con respecto al eje y Si ___ No _____
- c. Simétrica con respecto al origen Sí ___ No _____

3. Los interceptes (puntos) de la curva representativa de la función son:

- a. con el eje x: _____
- b. con el eje y: -----

4. La gráfica representativa de la función presenta las siguientes asíntotas:

- a. Horizontales; Si _____ No ___ Ecuación(es):-----
- b. Verticales; Si _____ No ___ Ecuaciones): -----
- c. Oblicuas; Si _____ No ___ Ecuación(es): _____

5. La función es:

- a. Creciente en el (los) intervalo (s): _____
- b. Decreciente en el (los) intervalo (s): _____

6. La gráfica de la función presenta:

a. Puntos de máxima local: _____

b. Puntos de mínima local: _____

7. La gráfica de la función es:

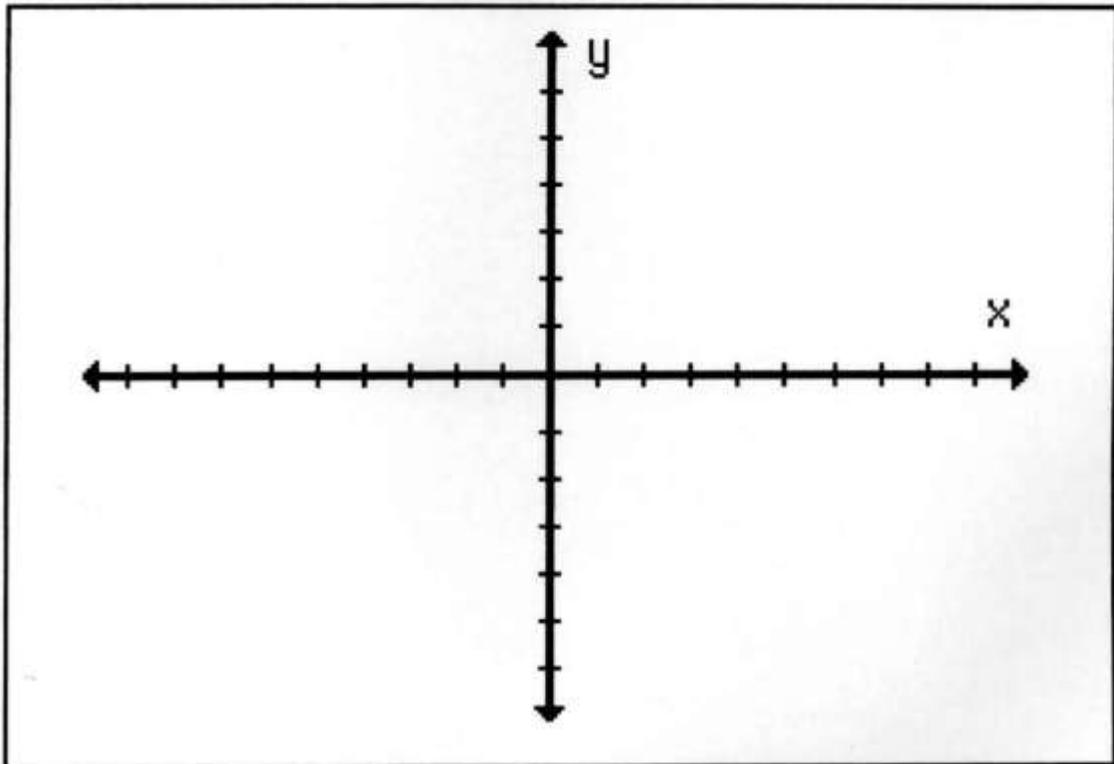
a. Cóncava hacia arriba en el (los) intervalo (s): _____

b. Cóncava hacia abajo en el (los) intervalo (s): _____

8. La gráfica representativa de la función presenta los siguientes puntos de inflexión:

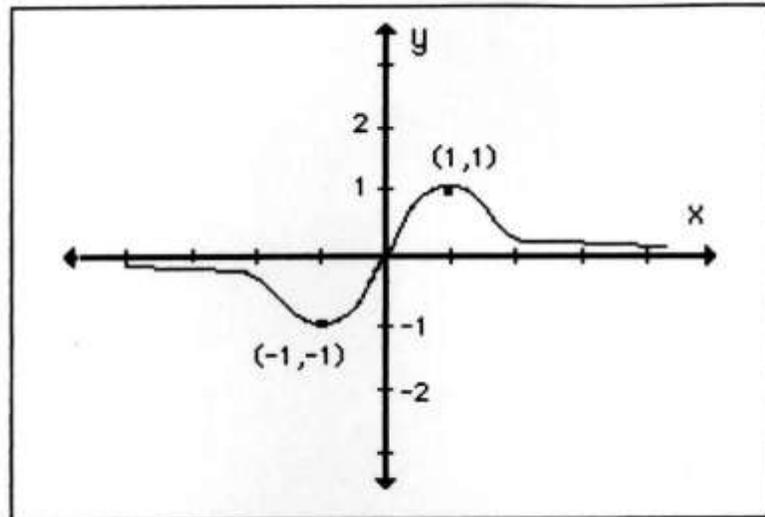
De acuerdo con los datos obtenidos en los numerales anteriores, elabore la gráfica de la función $y=f(x)= x^2 / x^2 - 4$

9.



10. De acuerdo con su gráfico, el rango de la función $R(f)=$

11. La Gráfica de la función $y= g(x) = 2x / x^2 + 1$



De acuerdo con este gráfico el rango de la función $y=g(x)$ es $R(g) =$

INSTRUCCIONES PARA INTERACTUAR CON LA HERRAMIENTA APOLONIO 1 + APOLONIO 1+. es una herramienta en experimentación, por lo tanto es posible que usted como usuario encuentre aspectos en los que posiblemente no esté de acuerdo, para ello le será entregado un formato en el cual usted puede escribir todos sus comentarios. Estos comentarios son de gran valor para el éxito del experimento.

La herramienta le proporciona una serie de alternativas para su utilización, las cuales podrá seleccionar presionando el botón del mouse sobre cada uno de los gráficos o palabras mostradas en la pantalla del computador.

APOLONIO 1+ interactúa con el usuario por medio de mensajes, usted debe leerlos cuidadosamente. Algunos de los mensajes le solicitan una respuesta para ello debe tener en cuenta lo siguiente:

1. No olvide escribir su código de estudiante correcto cuando le sea solicitado.

El nombre completo debe escribirlo separadamente NOMBRE y APELLIDOS, una vez escrito el nombre utilice la tecla TAB (->|) para pasar al siguiente campo APELLIDOS, luego presione ENTER.

3. Seleccione la función con la cual desea trabajar", presionando el botón del MOUSE sobre ella Si desea una función que no se encuentra disponible, comuníquelo a su asesor de sesión.

4. Podrá seleccionar un tema a estudiar del menú de temas, para ello presione el botón del MOUSE sobre el tema Para algunos temas encontrara submenús en los cuales debe seleccionar de igual manera que en el anterior

5 Utilice las notaciones que le han sido enseñadas en el transcurso del semestre por su profesor.

6. Si su respuesta a una pregunta es NINGUNA NADA. NO HAY. o no desea responder debe dar un espacio en blanco y luego ENTER de lo contrario el sistema entenderá que aun el usuario no ha dado su respuesta.

7. Cuando considere necesario digitar símbolos especiales que no aparecen en el teclado en forma explícita, tenga presente las siguientes instrucciones:

SIMBOLO	TECLAS A PRESIONAR
	ALT SHIFT >
	ALT SHIFT "
	ALT >
	ALT "
∞	ALT 5
#	ALT 0
±	ALT +
+	+
-	-
->	- >

SHIFT: Tecla para mayúsculas Para indicar que un símbolo es positivo, debe anteponerle el signo +.

Cualquier inquietud sobre el manejo de la herramienta, consúltela con su asesor de sesión Si tiene dudas acerca del tema consulte sus notas libros o profesor.

SUERTE!!

Cuando el sistema le solicite igualar una ecuación a cero o solucionarla, debe tener en cuenta al dar su respuesta que:

Si la solución de la ecuación es un valor, escriba solo el número.

Si la ecuación está igualada a cero, escriba primero el valor y luego iguale a cero (p.e. $x+1=0$, $3=0$)

PROYECTO APOLONIO 1+
Observaciones de campo por estudiante durante las
sesiones de la Prueba Piloto

DATOS GENERALES

Nombre del Estudiante .

Fecha.

Hora de inicio.

Hora de finalización

Tema

Ecuación

ACTITUD DEL ESTUDIANTE FRENTE AL SISTEMA:

Inicia la sesión: entusiasmado aburrido

Se observa que el estudiante se desenvuelve en la interface:

con relativa facilidad

con mucha dificultad y hace muchas preguntas

con dificultad pero no se atreve a hacer preguntas

En el sistema:

se desenvuelve con facilidad

duda sobre lo que tiene que hacer sin hacer preguntas

hace preguntas continuamente sobre lo que el sistema le solicita en.

los eventos de selección múltiple

los eventos de pregunta abierta

los eventos relacionados con el graficador

los eventos informativos

Nota si cree necesario puede marcar varias de las últimas cuatro opciones.

Para ejecutar los eventos el estudiante:

piensa y analiza

actúa por impulso (no analiza)

se confunde y responde sin mucho análisis

Frente a los eventos:

- muestra igual interes por todos los eventos sin importar su tipo
- muestra mayor interés por los eventos de selección múltiple
- muestra mayor interés por los eventos de pregunta abierta
- muestra mayor interes por los eventos relacionados con el gráficoador
- muestra mayor interes por los eventos informativos

Nota si cree necesar lo puede marcar varias de las últimas cuatro opciones.

Frente a los refuerzos:

- los lee con detenimiento
- es indiferete
- cuando son positivos muestra satisfacción
- cuando son negativos muestra preocupación
- se vuelve indiferente a medida que transcurre la sesión

Durante la sesión el estudiante se demuestra con mayor intensidad:

- nerviosismo
- ofuscación
- tranquilidad
- entusiasmo
- concentración

Al finalizar la sesión el estudiante se muestra:

- satisfecho
- motivado
- ofuscado
- preocupado
- fatigado
- aburrido
- indiferente

NOTA. Si el estudiante trabaja mas de un tema utilice un nuevo formato

FORMATO PARA SEGUIMIENTO DE SESIÓN ESTUDIANTE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APOLONIO 1 +

Nombre Estudiante: _____

Tema de la Sesión: _____

Fecha: _____

Este formato tiene como finalidad recoger todos sus comentarios, para evaluarlos y realizar mejoras a la herramienta.

Escriba su comentario acerca de:

1. Instrucciones recibidas para interactuar con la herramienta
2. Presentación de la herramienta para iniciar el proceso de tutoría
3. Facilidad en la entrada de datos personales y sobre la sesión
4. Claridad de los textos:
5. Redacción y ortografía:
6. Problemas en la validación de alguna de sus respuestas.

7. Presentación de los textos en pantalla:

8. Acceso a los graficadores:

9. Varios: