

LOS OBJETOS ESTRUCTURADOS PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE EJERCITACIÓN Y PRÁCTICA

Giovanni Seni Zambrano

RESUMEN

Este artículo se genera ante la inquietud de que algunos de los tipos de materiales educativos computarizados, en particular los llamados Sistemas de Ejercitación y Práctica (SEP), suelen presentar problemas conceptuales u operativos que limitan grandemente su poder educativo, Se analiza lo que es un SEP, su potencial y limitaciones, como marco para determinar en qué medida los Objetos Estructurados, que son una forma de representar y manejar el conocimiento, pueden contribuir a resolver algunos de los problemas que tienen los SEP y, en general, sistemas educativos computarizados convencionales.

INTRODUCCION

Los programas de computador que utilizan las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) para ayudar a una persona a aprender se denominan Educación Apoyada por Computador Inteligentemente (EACI). El diseño y desarrollo de estos programas es una labor interdisciplinaria entre las Ciencias de la Computación, Psicología Cognitiva e Investigación Educativa.

Este hecho implica que la investigación en EACI requiere un mutuo entendimiento de las tres disciplinas involucradas. Igualmente surgen diferencias en cuanto a los objetivos que se persiguen, la terminología empleada y el énfasis que los investigadores busquen.

Afortunadamente, algunos investigadores han aceptado este desafío y mucho se ha aprendido en los últimos años sobre como diseñar e implementar sistemas tutoriales inteligentes [1, 2, 3, 4, 5]. El propósito de este artículo es presentar algunas de las ideas exploradas en una tesis de la Universidad de Los Andes para avanzar en esta dirección [6].

PERSPECTIVA GENERAL DE LA EACI

Varios programas de EACI han sido construidos y su efectividad se ha demostrado. Sin embargo, pocos de estos programas se usan en los salones de clase. Por qué esto? Hay tres razones básicas de porque EACI no ha producido beneficios prácticos [7].

Primero, los programas de EACI demandan grandes recursos computacionales que sólo estaban disponibles en universidades o laboratorios de investigación.

Segundo, entender cómo aprende la gente es muy complejo. De hecho las teorías actuales sobre el aprendizaje son insuficientes para explicar o predecir cómo aprende la gente. Luego las bases necesarias para construir tutores inteligentes son débiles.

Tercero, el número de científicos involucrados en el área de EACI es pequeño, lo cual conlleva a un lento crecimiento de la investigación en este campo.

Todos estos tres factores han comenzado a cambiar. La generación actual de computadores personales de 16 y 32 bits con memoria RAM del orden de los megabytes tiene suficiente poder para correr los programas de EACI. Muchos de estos computadores están ahora instalados en los centros educativos. Además, lenguajes de IA como LISP y PROLOG están disponibles para estas máquinas. Esto hace posible la implementación de los programas de EACI en computadores personales dando acceso a los estudiantes y educadores.

La pequeña comunidad de investigadores en el área de EACI está creciendo rápidamente. Programas de postgrado en EACI han aparecido en varias universidades. Los requerimientos de personal especializado y entrenado en organizaciones gubernamentales, comerciales y militares han incrementado el interés y participación de estas en el desarrollo de programas de EACI.

Es lento el progreso en el entendimiento de cómo aprende la gente pero mucha atención se está dirigiendo hacia este dominio. Gran parte de la investigación en Ciencia Cognitiva se está orientando hacia EACI.

En resumen, el campo de EACI está pasando por una transformación de un estado de pura investigación a una fase de desarrollo en busca de efectos prácticos.

LOS SISTEMAS DE EJERCITACION Y PRÁCTICA

Los Sistemas de Ejercitación y Práctica son programas de computador que presenta una selección de preguntas y/o problemas iterativamente hasta que el estudiante las conteste o las resuelve con determinado nivel predeterminado de eficiencia. Son sistemas que permiten llevar a cabo la tercera etapa del proceso de instrucción, y quizás la más importante en el caso de aprendizaje de habilidades : La Práctica y retroinformación.

Típicamente un SEP sigue el siguiente ciclo de acciones [8] :

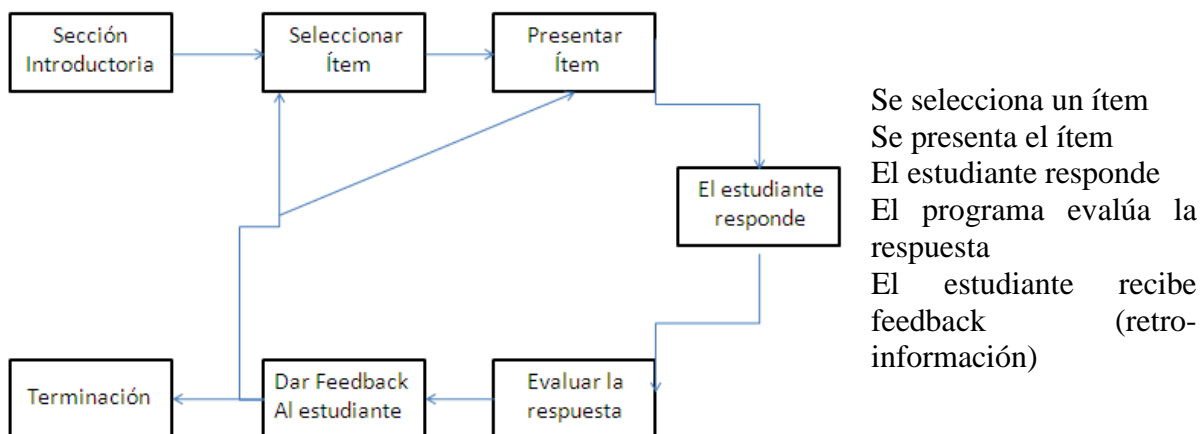


Figura 1. Ciclo en un SEP

Aunque la mayoría de los Sistemas de Ejercitación y Práctica siguen este formato básico, hay algunas variaciones. Algunos seleccionan los ítems al azar; otros seleccionan los ítems en un orden específico, graduado según la estructura de aprendizaje que se ejercita. Algunos terminan la sesión de ejercitación luego de un número predeterminado de iteraciones o de tiempo, o hasta que el estudiante alcance un nivel adecuado de desempeño. Estas diferencias pueden ser categorizadas en los siguientes tópicos que corresponden a los factores instruccionales relevantes a los SEP :

1. Introducción a la sesión de ejercitación : durante la cual el sistema debe decidir, basado en el desempeño del estudiante, cuántos ítems serán presentados y el grado de dificultad asociado a estos ítems.
2. Características de los ítems : el término ítem se utiliza, cuando hacemos referencia a los SEP, porque algunas veces no se administran preguntas de la forma usual sino que se presenta información que demanda respuestas de una manera diferente. Algunas de tales formas son la pareja de asociación -par de eventos relacionados; p.ej., un tono musical y su representación gráfica-, las preguntas de escogencia múltiple, oraciones para completar y preguntas de respuesta abierta cortas. Algunas variables asociadas a los ítems son :

Gráficas : que pueden utilizarse como el contexto para la presentación de un ítem, como feedback y como motivador para hacer al SEP más agradable, dada la tendencia en los estudiantes a aburrirse frente a una sesión de ejercitación.

Dificultad : en cualquier SEP, no todos los ítems tienen el mismo grado de dificultad. De ítem a ítem el grado de dificultad tiende a variar y la forma como varía puede

ser un factor decisivo en la efectividad de un Sistema de Ejercitación y Práctica.

Ritmo : significa dar al estudiante una limitada cantidad de tiempo para responder. Puesto que en los SEP, existen ítems donde la velocidad y exactitud de las respuestas son factores importantes, en estos casos los estudiantes no deben disponer de tanto tiempo como deseen para resolverlos.

3. Procedimientos de selección de los ítems : son las reglas que el SEP sigue para escoger un ítem en cada iteración del ciclo de ejercitación. Según Alessi & Trollip [8] este es uno de los factores más descuidados en el desarrollo de Sistemas de Ejercitación y Práctica. Muchos de los SEP, comercialmente producidos, seleccionan los ítems al azar y no de acuerdo al desempeño del estudiante. Desafortunadamente este es el método menos eficiente y efectivo.

4. Retro-información (Feedback): es la reacción del sistema a las respuestas del estudiante. Puede tomar muchas formas, como mensajes de texto e ilustraciones gráficas. Su función primaria es informar al estudiante sobre la propiedad de su respuesta y reorientarlo o reforzarlo según sea conveniente. Luego de respuestas correctas conviene proveer refuerzo al estudiante. Luego de respuestas incorrectas es bueno dar pistas para corrección con el propósito de mejorar el desempeño futuro.

5. Procedimientos de agrupación de ítems : la manera más usual de tratar materias de contenido voluminoso es dividirlos en varias sesiones de ejercitación a fin de evitar el aburrimiento o la fatiga. Para la agrupación de los ítems es importante reconocer cuatro factores relevantes : tamaño del grupo de ítems, método para asignar los ítems a grupos, selección de grupos durante una sesión de ejercitación y revisión de los ítems.

6. Motivación al estudiante : la calidad de la motivación en los Sistemas de Ejercitación y Práctica puede ser baja dada su naturaleza repetitiva en forma, contenido y tratamiento a la respuesta. Presentando una y otra vez el mismo o similar tipo de ítem, demandando el mismo formato de respuesta la mayoría de las veces y proporcionando el mismo tipo de feedback luego de todas las respuestas. No es sorprendente entonces que los profesores, luego de revisar muchos sistemas comerciales disponibles, critiquen la preponderancia de este tipo de material educativo computacional. La mayoría de ellos son muy pobres. Podemos señalar algunos métodos para aumentar la motivación: competencia - frente a otros estudiantes, frente al computador, frente a uno mismo o frente al reloj; múltiples modos de despliegue de información, variedad en el formato de despliegue; fijación de metas; y calificación.

7. Almacenamiento de información : diferentes tipos de información deben almacenarse, temporal o permanentemente, durante el funcionamiento de un Sistema de Ejercitación y Práctica.

Se necesita almacenar información para la selección de ítems, con la cual sea

posible determinar cuándo un ítem se ha usado y debe seleccionarse uno nuevo (i.e., información sobre el desempeño del estudiante frente a estos).

Información para determinar cuándo se termina una sesión de ejercitación. El número total de ítems presentados, el número de minutos frente al sistema, porcentaje de ítems correctos, número de ítems retirados y número de ítems por retirar son algunos tipos de información que deben almacenarse temporalmente y usarse para tomar la decisión de terminación.

Información permanente del desempeño del estudiante frente al sistema e información para poder re-comenzar donde se dejó el trabajo y también poder dar informes de avance al profesor. Re-comenzar quiere decir abandonar la sesión de ejercitación y regresar luego para continuarla. Los instructores requieren información permanente sobre el puntaje final de cada estudiante o el tiempo que tomaron para completar las sesiones de ejercitación, con propósitos de calificación.

También se debe almacenar información para informar al estudiante sobre su progreso en el sistema, como .ej., porcentaje del número de ítems completados por objetivo.

También es necesario almacenar información permanente para evaluar la efectividad del sistema y hacer mejoras. Información sobre cada ítem, a fin de determinar qué mantener y qué eliminar cuando se revise el sistema; los errores cometidos frente al ítem y el número promedio de presentaciones requeridas antes de retirar el ítem, entre otros.

Críticas a los SEP

Alessi y Trollip [8] señalan tres grandes críticas a los Sistemas de Ejercitación y Práctica :

Que estos sistemas no enseñan sino que meramente permiten practicar, bajo el supuesto de que el estudiante ya está familiarizado en algún grado con la información. Esto es parcialmente cierto, pues enseñar implica practicar. El problema surge cuando los profesores asumen que estos sistemas son capaces de enseñar nueva información. El uso de estos sistemas debe estar precedido por metodologías instruccionales que presenten la información y guíen al estudiante a través del aprendizaje inicial. En educación asistida por computador esto equivale a utilizar un Sistema Tutorial o un Simulador. En educación tradicional equivale, entre otras cosas, a asistir a clase, leer un libro texto, participar en una discusión de grupo.

La segunda crítica es que los Sistemas de Ejercitación y Práctica no utilizan todo el poder del computador, y que su trabajo puede ser llevado a cabo alternativamente por libros de ejercicios. Aunque es cierto que muchos de los sistemas existentes sub-utilizan el computador, también es cierto que el computador puede ser utilizado para realizar prácticas

mucho más efectivas que los libros de ejercicios.

La otra crítica es que los Sistemas de Ejercitación y Práctica usuales no incorporan buenas técnicas instruccionales y no reúnen información útil para mostrar al educador qué tanto está progresando el estudiante. Más aún, hay prototipos defectuosos donde los procedimientos para evaluación de respuestas son generalmente mal programados de forma tal que respuestas razonables son juzgadas como incorrectas. Quizás esta es la crítica más válida, pero es atribuible más al diseñador que a los SEP mismos.

Existe, entonces, la necesidad de superar estas críticas y mejorar las actuales características de los SEP a fin de incrementar su efectividad como herramienta educativa.

Aspectos positivos de los SEP

Los SEP pueden ser mucho más motivante que otros medios tradicionales como los libros de trabajo y el aula de clase, a través de la competencia, el uso de texto, gráficas, color y sonido, el trabajo individual del estudiante a su propio ritmo, la información al estudiante sobre su progreso y la gran variedad y cantidad de ítems que se puede introducir en estos sistemas.

El uso de gráficas interactivas como contexto para la presentación de los ítems, como instrumento de motivación y como feedback, hacen mucho más efectiva la comunicación en los SEP que cualquier otro vehículo de práctica instruccional no interactivo.

Los métodos sofisticados para la administración de ítems, que enfatizan la práctica sobre aquellos ítems más difíciles para el estudiante, poseen un gran potencial para incrementar la eficiencia y efectividad en la ejercitación. Estos métodos son prácticamente imposibles de implementar usando libros de trabajo o de ejercicios. El grande y rápido poder de los computadores hace esto posible.

El feedback correctivo inmediato no es posible con la mayoría de los libros de ejercicios. Estos traen la respuesta en la página siguiente o al final del capítulo, lo cual permite que el estudiante floje las mire. Si usted mira la respuesta en un SEP, es decir, si usted solicita ver la respuesta, el programa considerará su respuesta errada y lo forzará a practicar más el tipo de ítem. En consecuencia, no es posible ir a través de un SEP en una forma perezosa, asumiendo que el SEP utiliza una buena técnica de administración de ítems.

Finalmente, el computador permite el almacenamiento de diferentes tipos de información automáticamente y sin esfuerzo. Esto facilita el desarrollo de mejores métodos para la administración de ítems, el retiro y la terminación. También permite registros para el profesor sobre el desempeño del estudiante y para el autor del sistema sobre la calidad de los ítems.

LOS OBJETOS ESTRUCTURADOS

En la breve descripción hecha de los SEP, mencionamos los diferentes tipos de información que estos sistemas deben manejar, particularmente sobre los ítems, que constituyen el conocimiento de dominio a ejercitar en el estudiante. Interesa buscar entonces, un adecuado esquema de representación del conocimiento que haga posible SEP de máximo poder educativo.

Intuitivamente, una técnica de representación de conocimiento es un modo de codificar sistemática y organizadamente cierta información, haciéndola explícita y accesible en forma tal que pueda ser usada por un programa de computador.

Los Objetos Estructurados, junto con las Reglas de Producción y la Lógica de Predicados, son de los formalismos para representación del conocimiento que más aceptación ha tenido entre los diseñadores de Sistemas Expertos.

El término genérico "objeto estructurado" se refiere a cualquier esquema de representación cuyos bloques constitutivos fundamentales son análogos a los nodos y arcos de la teoría de grafos o a los "slots" (campos) y "fillers" (valores para estos campos) de una estructura tipo registro. Todas las representaciones de objetos estructurados son esencialmente formas de agrupar información de una manera más o menos "natural" que refleja una taxonomía existente en la realidad. Siguiendo a Jackson [9] y Waterman [10] consideramos dos "tipos" de objetos estructurados : las redes semánticas y los marcos.

Redes Semánticas.

El término red semántica ("semantic net" o "semantic network") es usado para describir un método de representación basado en la estructura de red bajo la cual los nodos corresponden a objetos, conceptos o eventos, y los arcos a relaciones entre estos.

Las redes semánticas fueron originalmente desarrolladas como modelo psicológico de la memoria humana y para la representación del significado de expresiones en lenguaje natural. Los diferentes elementos constitutivos de una oración -sujeto, verbo, etc.- se representan como nodos y las relaciones entre estos -quién ejecuta la acción, a quién afecta la acción, en que tiempo se realiza la acción- se representan como arcos entre los respectivos nodos. Un ejemplo ilustrativo se aprecia en la Figura 2.

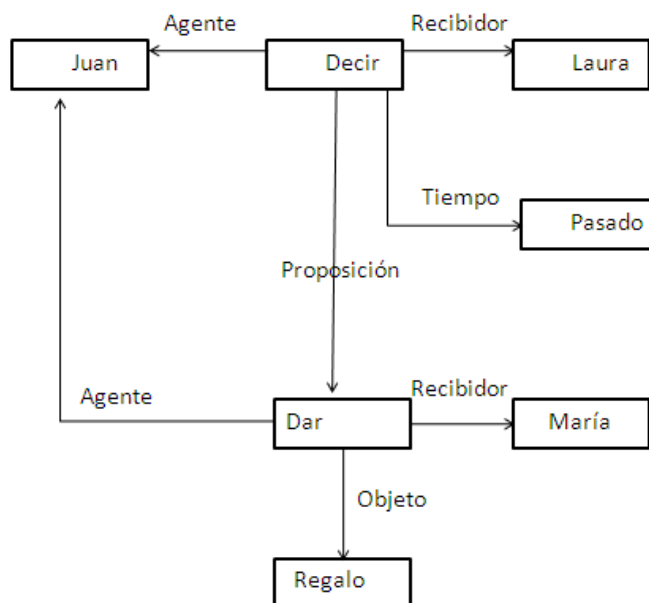


Figura 2.

Red semántica que corresponde a la oración :

Juán dijo a Laura que él había dado un regalo a María.

Jackson sugiere usar el término "red de asociación", que parecer ser más apropiado por cuanto es neutral con respecto a para qué será usada la red. Quizás el tipo más simple de red asociativa, y la más frecuentemente usada en IA, es una jerarquía (AKO) "is-a" (es-un) o "a-kind-of" (un-tipo-de), donde los arcos expresan esta relación entre los nodos, como se ejemplifica en la figura 3.

Tales jerarquías han sido empleadas con gran éxito por programas que operan en dominios donde la naturaleza jerárquica del conocimiento es importante. Esto quiere decir que los nodos más abajo en la red pueden heredar las propiedades de los nodos más arriba en ella. De esta manera se economiza espacio pues la información acerca de nodos similares no tiene que repetirse en cada nodo sino que puede ser almacenada en un solo sitio.

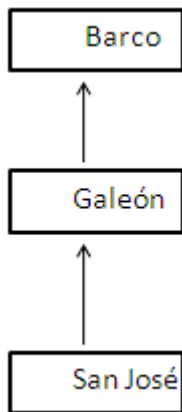


Figura 3.
Es-un Red asociativa para la oración
"El San José es un galeón" y "Todo galeón es un barco".
Es-un

Marcos ("frames")

Los marcos, en contraste, son una forma de agrupar información en términos de casillas ("slots") de un registro. Este registro puede verse como un nodo complejo en una red, con una casilla especial que está "llena" con el nombre del objeto que el nodo representa y las otras llenas con los valores para varios atributos comunes, asociados con tal objeto.

Por ejemplo, el marco que representa una silla típica podría verse así

SILLA
Especialización-de : MUEBLE
Número-de-patas :
Valor-por-defecto : 4
Si-necesario : usar procedimiento
CONTARLAS
Número-de-brazos : 0,1 o 2
Asiento :
Respaldar :
Valor-por-defecto : lo mismo que
Asiento

Y el marco que representa la silla particular de mí escritorio podría verse así :

Estilo :
Buena-para : sentarse
MI SILLA DE ESCRITORIO
Especialización-de : SILLA
Número-de-patas : (hereda el valor por defecto)
Número-de-brazos : 2
Asiento : acolchonada
Respaldar : acolchonada
Estilo : alta-tecnología
Buena-para : poner encima documentos sin leer

De acuerdo con Jackson [ibid], la idea intuitiva en los marcos, fue que la codificación de conceptos en el cerebro humano está poco relacionada con definir estricta y exhaustivamente las propiedades que los entes deben poseer. Los entes deben considerarse ejemplares de alguna categoría, y estar relacionados con las propiedades sobresalientes asociadas con los objetos, que son de alguna forma típicos de su clase. Tales objetos han sido denominados "objetos prototípicos" o "prototipos". Así, un pájaro prototípico como un gorrión, puede volar y nosotros pensamos que esta es una propiedad de todos los pájaros aunque hay pájaros, como el emú, que no pueden volar. Luego un gorrión es un mejor ejemplar de la categoría pájaros que el emú, porque es más típico en su clase.

Los sistemas de marcos intentan razonar acerca de clases de objetos usando representaciones prototípicas del conocimiento válido que es para la mayoría de las veces, pero que puede necesitar ser deformado de alguna forma para capturar las complejidades del mundo real, donde las excepciones abundan y hay con frecuencia clases con fronteras sutiles entre ellas. La idea fundamental, es que las propiedades en los niveles superiores del sistema de marcos son fijas, en cuanto ellos representan cosas que son típicamente ciertas acerca del objeto o situación de interés. Los niveles bajos poseen casillas que deben ser llenadas con información actual y llevan asociados diferentes tipos de especificaciones. Por ejemplo, pueden especificar las condiciones que deben satisfacer los datos que van a llenar la casilla, o pueden especificar procedimientos a invocar para conseguir estos datos, o pueden heredar información, por defecto, de los niveles superiores en la jerarquía; es decir, datos que se asumen correctos, a menos que explícitamente se determine que son inapropiados.

Sistemas Orientados-a-Objeto.

Durante los últimos 10 años se han desarrollado muchos lenguajes experimentales para representación de conocimiento y muchos de estos son basados en marcos. El principio fundamental de organización en tales esquemas es la de encapsular o empaquetar datos y procedimientos, ambos, dentro de estructuras relacionadas por algún mecanismo de herencia [11, 12, 13].

Los objetos, de acuerdo con lo dicho, son entidades que combinan las propiedades de los procedimientos y los datos, pues ellos pueden llevar a cabo cómputos y salvar el estado local. Toda la acción en la programación orientada-a-objeto se lleva a cabo a través del paso de mensajes entre objetos.

El paso de mensajes es una forma indirecta de llamar un procedimiento. En vez de invocar un procedimiento para que ejecute una operación sobre un objeto, se envía un mensaje al objeto. Un selector en el mensaje especifica el tipo de operación. Los objetos responden a los mensajes usando sus propios procedimientos (denominados "métodos") para realizar las operaciones.

El paso de mensajes soporta un principio importante de las estructuras de datos: el objeto

invocador no debe hacer suposiciones acerca de la implementación o de las representaciones internas en el objeto invocado. De esta forma, es posible modificar las implementaciones subyacentes sin modificar los objetos invocadores (adecuación adquisicional).

Junto al paso de mensajes, la segunda gran idea en la programación orientada-a-objeto es especialización . Especialización es la técnica que usa herencia de clases para disgregar información. La herencia permite la fácil creación de objetos, que son casi iguales a otros objetos con algunos cambios incrementales. La herencia reduce la necesidad de especificar información redundante y simplifica la labor de actualización y modificación, pues la información puede ser introducida y cambiada en un solo sitio.

HACIA UNA NUEVA GENERACION DE SISTEMAS DE EJERCITACION Y PRÁCTICA

El análisis, antes expuesto, sobre los Sistemas de Ejercitación y Práctica pone de manifiesto tres grandes necesidades a fin de incrementar su efectividad y superar las críticas actuales :

- Incorporar buenas técnicas instruccionales
- Un apropiado mecanismo para modelar el actual entendimiento del estudiante de un problema o material; y
- Un sofisticado esquema de representación del conocimiento que permita una organización y manipulación más adecuada del material educativo sobre la materia de dominio.

El Sistema de Ejercitación y Práctica debe tomar dinámicamente decisiones basadas en el desempeño del estudiante: el grado de dificultad de los ítems a suministrar, el tiempo de respuesta asociado a estos ítems, el momento adecuado para retirarlos y la terminación. Un buen modelo del entendimiento y desempeño actual del estudiante permitirá tomar adecuadamente estas decisiones.

Los ítems se pueden entender como entes más complejos que ser meras preguntas a suministrar. Son objetos que deben llevar información sobre su status actual durante una sesión de ejercitación, sobre el grado de dificultad asociado que tienen; deben tener sus propios procedimientos de presentación y reconocimiento de los errores esperados, y de generación del feedback respectivo; deben poder llevar registro acerca de las diferentes reacciones de los estudiantes frente a ellos a fin de poder darles mantenimiento durante la revisión del sistema, entre otras cosas. Es decir, pueden ser vistos como objetos estructurados.

Un esquema de marcos como apoyo al desarrollo de SEPs permitirá construir ricas bases de conocimiento con posibilidad de hacer un mayor refinamiento de éste, de modo que se

enfatices sobre los diferentes tipos de conocimiento (p.ej., conceptos, objetos, procedimientos) y su conectividad.

Una representación multi-dimensional del conocimiento instruccional, que refleje múltiples tipos de vista de la materia tratada por el sistema, podría tener varios tipos de marcos. Estos tendrían casillas similares (como NOMBRE, GRADO DE DIFICULTAD, CLASE EPISTEMOLOGICA, APUNTADES INTER-ESPACIO, que correspondan a las relaciones entre los diversos conceptos o entre los conceptos y los ejemplos) y cada uno puede ser organizado en una red que refleje diferentes formas de encadenamiento. Por ejemplo, se podrían tener CONCEPTOS, RESULTADOS y EJEMPLOS de un dominio particular; a manera de ilustración, un encadenamiento importante entre RESULTADOS (p.ej., Teoremas) es el de deducción lógica, como se deduce el teorema P a partir de Q; uno importante entre EJEMPLOS es el de generación, cómo se genera el ejemplo X a partir del ejemplo Y; y uno importante entre CONCEPTOS y EJEMPLOS es el de ejemplificación, qué ejemplo ilustra qué concepto.

Una estructura jerárquica de este estilo proporciona no sólo una base para enseñar sino también para modelar. Una base para enseñar, por cuanto se hacen explícitos los diferentes objetos que componen el dominio que se desea enseñar y las relaciones existentes entre estos. Una vez seleccionado un objeto -ítem- para trabajar, la jerarquía proporciona orientación para explicar este objeto en múltiples formas de acuerdo con sus "asociados" y "predecesores" en la red. Una base para modelar pues la organización de la red proporciona una métrica considerando las habilidades que se espera adquiera el estudiante a continuación y una dirección hacia donde se desea conducirlo.

CONCLUSIONES

Dados los avances de la investigación en Inteligencia Artificial sobre esquemas de representación, búsqueda, control y aprendizaje se hace natural buscar en esta disciplina de la computación, técnicas y métodos para producir una nueva generación de Sistemas de Ejercitación y Práctica que incorporen estas ideas.

El mayor impacto que las técnicas IA están teniendo es hacer inspeccionables los dominios de conocimiento. Es decir, estas técnicas hacen más fácil explicitar el conocimiento y construir cosas que permitan a los estudiantes examinarlas y ver dentro de ellas, experimentar de manera dinámica con ellas, para explorar sus relaciones conceptuales y ver explicaciones creadas dinámicamente.

Lo que IA puede realmente ofrecer son formas de presentar explícitamente el conocimiento subyacente a un dominio. En contraste, no ofrece, por lo menos durante un tiempo, una forma de construir un profesor inteligente que incorpore estrategias educativas substancialmente sofisticadas, con suficiente entendimiento de los estudiantes, para

aplicarlas [14].

REFERENCIAS

- [1] Becker, L.A. (1987). A Framework for Intelligent Instructional Systems: An Artificial Intelligence Machine Learning Approach. *Programmed Learning and Educational Technology*, 24 (2), 128-136.
- [2] Deed, Ch. (1985). A Review and Synthesis of Recent Research in Intelligent Computer Assisted Instruction. *Recent Research in ICAI*. Houston, Tx : University of Houston.
- [3] Stillings, N.A. et al (1987). *Cognitive Science, An Introduction*. Boston: MIT Press.
- [4] Sleeman, D. Brown, J.S. (1982). *Intelligent Tutoring Systems*. Academic Press.
- [5] Ross, P. (1987). *Intelligent Tutoring Systems*. *Journal of Computer Assisted Learning* (3), 194-203.
- [6] Seni, G. (1988). Análisis de la viabilidad de utilizar las técnicas de inteligencia artificial para el diseño y desarrollo de SEP inteligentes. Bogotá: Universidad de Los Andes, Ingeniería de Sistemas y Computación (Tesis ISC-88-II-26)
- [7] Kearsley, G.P. (1987). *Artificial Intelligence & Instruction : Applications and methods*. Addison-Wesley Publishing Company.
- [8] Alessi, S.M. y Trollip, S.R. (1985). *Computer-Based Instruction : Methods and Development*. Prentice-Hall.
- [9] Jackson, P. (1986). *Introduction to Expert Systems*. U.of Edinburgh. Addison-Wesley.
- [10] Waterman, D.A. (1986). *A Guide to Expert Systems*. Addison-Wesley Publishing Co.
- [11] Nygaard, K. (1986). *Basic Concepts in Object-Oriented Programming*. Noruega: : University of Oslo.
- [12] Cox, B.J. (1986). *Object-Oriented Programming : An Evolutionary Approach*. Addison-Wesley Publishing Company.
- [13] Stefik, M. y Bobrow, D.D. (1985). *Object-Oriented Programming : Themes and Variations*. Xerox Corporation.
- [14] Stevens, A.L. (1986). *The Next Generation of AI-Based Teaching Systems*. *Machine Mediated Learning*, 1 (4).