

Perfiles Educativos
ISSN: 0185-2698
perfiles@unam.mx
Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación
México

Castañeda Yánez, Margarita; Acuña Escobar, Carlos Enrique
Diseño instruccional: Métodos de representación del conocimiento
Perfiles Educativos, núm. 72, abril-juni, 1996
Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación
Distrito Federal, México

Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13207204

Cómo citar el artículo
Número completo
Más información del artículo
Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

PERFILES EDUCATIVOS

DISEÑO INSTRUCCIONAL: MÉTODOS DE REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

*Margarita CASTAÑEDA YÁÑEZ
Gerente de Diseño de Planes y Programas de Desarrollo Empresarial, Nacional Financiera, S. A.
** Carlos Enrique ACUÑA ESCOBAR
Subdirector Asistencial y Educativo, Fundación para la Promoción Humana, I.A.P.

Se presenta una propuesta metodológica para el diseño instruccional en dos fases: un nivel macro de análisis para la definición de empresas educativas, y un nivel micro de detalle para la aplicación de diversas estrategias de estructuración de conocimientos, según corresponda a la naturaleza de los contenidos de aprendizaje, conceptos, teorías o procedimientos.

Esta propuesta derivada del modelo de procesamiento humano de información PHI en su aplicación al aprendizaje conceptual y de procedimientos, con miras a promover habilidades de solución de problemas y ejecución experta.

INSTRUCCTION DESIGN: METHODS FOR REPRESENTING KNOWLEDGE. This paper is a methodological proposal for instruction design presented in two levels: a macro level of analysis for the definition of educational enterprises and a micro level detailing the use of diverse strategies for the structuring of knowledge, in accordance with the nature of the contents of learning, concepts, theories or procedures involved. This. proposal stems from the human information processing model (PHI) as applied to conceptual and procedure learning, with the purpose of promoting skills for the solving of problems and for expert implementation.

Introducción

La instrucción tiene por finalidad propiciar el desarrollo de habilidades y destrezas, y favorecer la adquisición de conocimiento sin que el educando se vea en la necesidad de pasar por las mismas situaciones que originalmente produjeron tales conocimientos y habilidades, esto es, de manera más directa y económica. La instrucción, por tanto, forma parte de la base de trasmisión cultural en el desarrollo de las sociedades.

Los diseños instruccionales deberán ser capaces de enseñar el conocimiento organizado y elaborado necesario para facilitar el procesamiento significativo de la información y el aprendizaje. Esto es, deben procurar que el educando desarrolle aquellas capacidades que le permitan de modo eficiente tener acceso al conocimiento y al comportamiento útil y productivo; no pretende darle tal conocimiento, pues ello sería imposible dado su rápido crecimiento.

Desarrollar tales diseños de instrucción significa haber identificado previamente la información pertinente requerida para que el alumno construya conocimientos integrados (Jones, Li y Merril, 1990), lo que implica la necesidad de contar con sistemas de análisis y organización del conocimiento que den por resultado estructuras aprehensibles.

Dicho brevemente, lo que se busca es poder representar el conocimiento propio de las disciplinas académicas, de tal manera que esa representación comparta elementos comunes con la “representación mental” que la persona crea para sí cuando ha aprendido.

PERFILES EDUCATIVOS

Actualmente, los modelos en que se basa el diseño instruccional se han reenfocado para pasar de modelos centrados en la enseñanza a modelos centrados en el alumno, en busca, más que de prescribir actividades de enseñanza para el docente, de describir y promover actividades cognoscitivas generales que fortalezcan la capacidad de un aprendizaje duradero, transferible y autorregulable en el alumno.

En las últimas décadas (1980-1990), el interés de los diseñadores instruccionales se ha dirigido hacia el desarrollo de procesos cognoscitivos para la adquisición y representación del conocimiento, y se abordan como temas de investigación la forma como el sujeto almacena, codifica, representa y elabora la información; cómo infiere a partir de ella, cómo la transforma en conocimiento y cómo la emplea para la solución de problemas y la generación de nuevo conocimiento.

Brindar un ambiente educativo adecuado al desarrollo de las variables pertinentes para tales fines, donde el alumno pueda desplegar su autonomía, respetando su modo particular de procesamiento de información, y ofrecer, hasta donde sea posible, conocimientos estructurados afines a los modelos mentales es, por tanto, tarea prioritaria del diseño instruccional.

El presente trabajo aborda, en este sentido, la fase correspondiente al análisis, estructuración y representación del conocimiento, con apoyo en tecnologías ofrecidas recientemente por la psicología cognoscitiva.

Se revisa, primeramente, el proceso de solución de problemas como una de las metas importantes que la enseñanza debe propiciar en el alumno.

La importancia de la investigación sobre solución de problemas para la enseñanza queda manifiesta al analizar las características que definen el comportamiento experto en contraposición con la conducta del novato. Al respecto, se revisa el papel que juegan el conocimiento, los esquemas y las expectativas en la solución de problemas, y se establece la relación fundamental entre calidad de la organización del conocimiento y procesos cognoscitivos, como la principal determinante de la ejecución del experto.

También se aborda la relación existente entre la representación del conocimiento y el uso de la computadora como herramienta de investigación y modelado de procesos cognoscitivos, donde la inteligencia artificial, derivada directamente del paradigma PHI, es una de las áreas de importancia en la actualidad.

Se describe asimismo la estructuración de conceptos y la utilización de estrategias espaciales de aprendizaje: esquematización, mapeo, redes semánticas y modelos de procesamiento profundo, como métodos útiles para representar el conocimiento en el dominio.

La aplicación que el diseñador instruccional puede hallar de la creación de sistemas expertos computacionales, radica básicamente en el uso de métodos para la obtención de información y de técnicas para el diseño de programas de instrucción asistida por computación inteligente (IACI), así como en el uso de la ingeniería del conocimiento para la creación del modelo del alumno.

La investigación actual deja muy en claro que la calidad del aprendizaje depende de las habilidades para organizar y representar el conocimiento, y de la riqueza de la base que el alumno posea. Los procedimientos instruccionales dependerán no sólo de la naturaleza del conocimiento de la disciplina de enseñanza, sino también, y de un modo fundamental, de las metas perseguidas.

Finalmente se propone un modelo que integra diversas tecnologías de análisis, estructuración y representación del conocimiento, y busca traducir las diferentes posturas en

prescripciones educativas que sirvan como herramienta integral de análisis y adquisición de conocimientos, con especial cuidado en una correspondencia adecuada entre el conocimiento externo y su representación interna en el sujeto. Este modelo constituye la parte medular del trabajo.

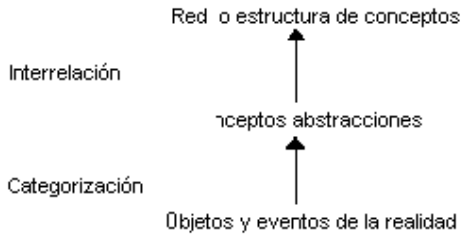
Representación del conocimiento

Dentro del diseño instruccional, la clave de la retención y transferencia del conocimiento recae en el aprendizaje de la estructura subyacente a la organización del conocimiento mismo, del cómo se interrelacionan las cosas.

La finalidad del pensamiento es establecer relaciones entre conceptos, y la instrucción o enseñanza debe tender a su facilitación.

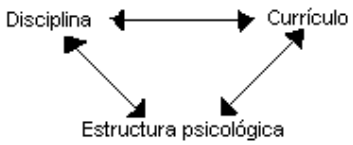
Un concepto es la representación, en función de atributos relevantes o críticos, de objetos o eventos que posean propiedades semejantes. No es una entidad discreta sino que posee un núcleo de densidad de significado, aun cuando para fines de representación puede tomársele como algo discreto, como un nodo o racimo de información. La estructura de conocimiento de un curso es el conjunto de conceptos y sus interrelaciones, que forman el contenido del curso (Donald, 1983).

El concepto existe en diferentes niveles de generalidad y abstracción, puede ser simple o complejo, puede ser una clase o categoría, y se da dentro de un marco de referencia que adopta la forma de una estructura, de un proceso o de una categoría mayor.



Características de una estructura

El tipo de aprendizaje que la enseñanza debe promover o facilitar es el de la forma como se interrelacionan los conceptos en una disciplina académica, ya que la investigación ha reportado que quien posee capacidad para representar el conocimiento está en mejor posición para utilizarlo.



PERFILES EDUCATIVOS

La representación del conocimiento ha sido referida de modo distinto por diferentes autores, así, para Ausubel es la estructura del conocimiento; para Tulving es la memoria semántica; para Scandura (1984):

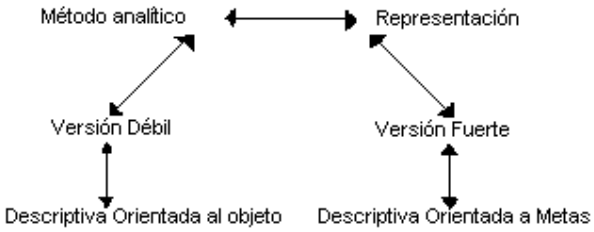
> Formalmente hablando, una estructura corresponde a los aspectos discretos y simbólicos de una realidad o recuerdo cualesquiera, codificados [...] y puede representarse mediante: 1) un conjunto finito de elementos simbólicos que se correspondan con un mínimo de unidades psicológicas relevantes (por ejemplo, percepciones, procesos, etc.); 2) un conjunto finito de relaciones definidas sobre los elementos y 3) un conjunto finito de relaciones de orden superior definidas sobre las relaciones entre elementos y/o sobre otras relaciones de orden superior.

Para este autor, la noción de estructura puede generalizarse de modo que incluye como "elementos": conjuntos de estructura y el denominado esquema estructural (lo que para Minsky corresponde a un marco (*frame)*.

Para Rumelhart, la representación del conocimiento se da por la esquemata, que representa a los objetos, las situaciones, los eventos y las acciones subyacentes a los conceptos.

Las estructuras de conocimiento del sujeto, de contenido de un material de aprendizaje y la curricular son tres clases de esquemas necesarios para el aprendizaje, los cuales entran en relación mutua: los tres son representaciones de la manera como se interrelacionan los elementos del conocimiento.

De manera semejante, para Donald (1987) un esquema es una estructura de datos que representa conceptos genéricos almacenados en memoria. Es un modelo atómico que contiene la red de interrelaciones que se dan entre los componentes del concepto, no es sólo la estructura del conocimiento en memoria, sino también las relaciones o los procedimientos estructurales interrelacionantes.



Un esquema cumple dos clases de tareas: localizar o recuperar información y resolver problemas.

La diferencia entre estas tareas es la misma que distingue el conocimiento declarativo del "procedural" (de procedimientos).

Diversas disciplinas imponen limitaciones particulares a la representación del conocimiento que abarcan, y es posible que algunas de ellas sean más fácilmente representables que otras. La localización de información o la solución de problemas puede resultar más difícil para disciplinas poco estructuradas que para aquellas muy estructuradas, dado que este tipo de tareas depende de la posibilidad de representación (Donald, 1987).

PERFILES EDUCATIVOS

Para Donald la representación de la estructura cognoscitiva posee tres características importantes:

- El modo de representación es un reflejo del método de análisis utilizado para obtener los conceptos y sus relaciones, por lo que la representación de la materia de estudio puede sugerir el proceso analítico necesario para su aprendizaje.

- La representación y el método analítico que llevó a ella pueden tener diferentes grados de estructuración, y habrá, por tanto, versiones fuertes de un esquema (v.gr. una teoría científica), y versiones débiles, donde la referencia y el sentido de los términos son indefinidos, las categorías se traslapan y las relaciones son arbitrarias.

- Una representación puede oscilar entre ser descriptiva o estar orientada hacia el logro de metas. Si la representación no incluye cambios de estado o transformaciones, será descriptiva del conocimiento, consistente, por lo general, en patrones de conceptos conectados mediante relaciones que ofrecen una perspectiva estática; si la representación, por otro lado, ha sido creada para resolver problemas e incluye procedimientos, pasos o cambios de estado, estará orientada hacia la consecución de metas, y requerirá de conjuntos de reglas que rijan su producción, distintos de los de la representación descriptiva.

Para el aprendizaje escolar, la estructura de una asignatura o materia se refiere a las interrelaciones entre sus componentes. Aún cuando un curso particular no puede considerarse como prototípico, exhibirá, en cierto modo, las características principales de la disciplina a la que pertenece, y diferentes cursos representarán diferentes estructuras y tendencias entre disciplinas.

Una pregunta importante para el establecimiento de modelos instruccionales adecuados al tipo de materia o disciplina de que se trate es: en qué se asemejan y en qué difieren las estructuras de conocimiento de distintos cursos.

La respuesta requiere del análisis preciso de los elementos que conforman el contenido de conocimiento del curso y de las interrelaciones que presenten. Para ello, la unidad básica de análisis, que ya indicamos, es el concepto, entendido como unidad de pensamiento, un elemento del conocimiento que nos permite organizar la experiencia.

El diseñador instruccional requiere de criterios que le permitan llevar a la práctica lo expuesto dentro de modelos teóricos probados. Debe, para ello, tener presente que no se trata de recetas de cocina, ni de fórmulas mágicas que se apliquen mecánicamente; por el contrario, el elemento de decisión humana, con su respectivo margen de riesgo, está siempre presente y debe considerarse.

Algunos de los criterios que pueden orientar la labor del diseño instruccional son: tipos de relación posible entre elementos de una estructura, clases de estructura y algunas características sobresalientes, y clasificación de los conceptos.

De acuerdo con Reigeluth, Merril y Bunderson (1978), la representación de la estructura de conocimiento ha oscilado, por lo general, entre un modelo de aprendizaje acumulable, donde sólo se supone un tipo de relación entre los conceptos de la estructura: el de ser unos requisito o antecedente lineal de los otros, y un modelo de jerarquía de modos de aprendizaje, basados en el trabajo de Gagné y en el uso de redes relacionales o teoría digraph, donde la totalidad de relaciones detectables son representadas mediante un sólo gráfico.

Para estos autores, ambas tendencias resultan insuficientes para representar un objeto de la complejidad que implican las múltiples relaciones entre elementos del conocimiento. Según ellos, el diseño instruccional debe basarse en un número mínimo de relaciones invariables o

persistentes del contenido, representada cada una de ellas en una gráfica propia considerada como una estructura en sí misma.

Señalan los siguientes tipos de estructura:

a) La estructura de aprendizaje por jerarquía de relaciones describe lo que el alumno debe saber para poder aprender algo nuevo. Se simboliza como: el alumno debe saber X antes de poder aprender Y.

b) La estructura o jerarquía procedural que muestra las relaciones procedurales se divide en:

- Relaciones procedurales de requisito o relaciones de secuencia dentro de un mismo procedimiento (hay que hacer X antes que Y).

- Relaciones de decisión entre procedimientos alternativos (dada cierta condición debe hacerse X en vez de Y ó Z).

c) La estructura taxonómica o de relaciones de super, co, o subordinación, que puede referirse a clases, donde cada concepto establece una relación de pertenencia a un concepto mayor (X es una variedad de Y), o referirse a partes, donde los conceptos subordinados son componentes de los conceptos mayores (X es una parte de Y). Las estructuras taxonómicas pueden intersectarse y formar una estructura matricial.

d) La estructura teórica o modelo que muestran las relaciones de encadenamiento entre conceptos, generalmente corresponden a fórmulas matemáticas o diagramas que contienen flechas. Al igual que las estructuras procedurales, son estructuras productivas, aun cuando su finalidad es propiciar comprensión significativa de las causas, más que enseñar un método. Un principio explica cuál será el resultado de cierta acción y por qué, cómo es que funciona; mientras que un procedimiento sólo explica cómo hacer algo.

Estos tipos de estructura constituyen en conjunto lo que puede denominarse estructuras descriptivas, basadas en conocimiento declarativo, y estructuras orientadas hacia la meta, basadas en conocimiento procedural.

Janet Donald (1983) toma la clasificación propuesta por Bruner para las etapas del desarrollo intelectual y establece distintos modos de representación conceptual y grados de abstracción. Según que el concepto pueda lograrse por la manipulación activa de objetos, o por la graficación o manejo de algún sistema de símbolos, será clasificado como ejecutable, icónico o simbólico, respectivamente.

Esta autora atiende también a la concreción o abstracción de cada concepto, según si tiene o no referentes objetivos perceptuales y suponiendo que el concepto concreto es más fácil de retener y afecta la dificultad del aprendizaje.

El porcentaje de conceptos simbólicamente representados ofrece un índice de la dificultad potencial que ese contenido tiene para el aprendizaje.

Inclusión y relevancia son otras dos características de un concepto, según sea su generalidad y qué tan vívidamente es percibido. Los conceptos muy inclusivos desempeñan funciones organizativas o de conexión para otros conceptos (ideas de inclaje). Los conceptos sobresalientes o relevantes atraen más la atención del alumno.

Para Donald, los tipos de relación entre conceptos pueden ser:

a) Por semejanza, cuando tienen algunas, pero no todas, características iguales:

- Asociativos, si los conceptos son contiguos o descriptivos entre sí.
- Funcionales, si comparten un propósito o resultado semejante.
- Estructurales, si muestran relación jerárquica o taxonómica.

b) Por dependencia, cuando un cambio en un concepto corresponde a un cambio con el otro.

- Procedural, si tienen un orden secuencial de pasos.
- Lógica, si se implican condicionalmente.
- Causal, si poseen una relación expresa de causa efecto.

El tipo de relación puede determinar la estrategia de aprendizaje.

Las implicaciones tocan la estructuración de cursos, del currículo y de lo que se evaluará.

Los sistemas cuyo tipo de relaciones es jerárquica entre categorías son particularmente eficaces en la producción de recuerdo. Los niveles supraordenados de información, que parecerían más difíciles de aprender dada su gran abstracción, se retienen mejor en memoria que los niveles de subordinados, donde la información consiste en conceptos, proposiciones o unidades tan largas como una biografía. Además, los niveles supraordenados determinan la clave para el recuerdo de los subordinados.

Anderson ha formulado una teoría de dos etapas acerca del aprendizaje: primero, el sujeto aprende hechos en una etapa declarativa, luego en una segunda etapa procedural, el conocimiento queda comprendido dentro de procedimientos requeridos para la ejecución de alguna habilidad como la de resolver problemas.

Se requieren cientos de horas de práctica para que se dé el paso entre estas dos etapas. Una de las formas en que lo declarativo puede quedar comprendido en lo procedural es a través de la representación del conocimiento declarativo, donde representación es la organización externa del conocimiento dentro de una estructura.

Metacognición

Por metacognición se entiende el conocimiento de la persona acerca de sus propios procesos cognoscitivos. Los proceso que controlan la manera como organizamos y recuperamos lo que sabemos, la manera como administramos nuestra búsqueda o nuestros recursos para aprender algo nuevo, a diferencia de algo que tenga relación con lo que ya sabemos. Cuatro formas generales de la metacognición son:

- La predicción con base en lo que sabemos.
- La planeación para resolver tareas que implican organizaciones novedosas de los elementos que definen la situación.
- La supervisión del avance y resultados obtenidos en cada etapa.

- El monitoreo de la manera como aplicamos los recursos disponibles para lograr ciertas metas (Flavell, 1978).

Entre tipos de procesos que la educación debe promover, están: la creatividad (y definir qué debemos entender por creatividad no está aún claro), mejor eficiencia en el uso del pensamiento crítico ante las situaciones que requieren modificarse, sobre la manera de hacerlo, y mayor eficiencia en solución de problemas (en ocasiones planteados deficientemente), como sus principales metas.

Gagné (1980) plantea que si bien no se puede enseñar cómo pensar, dado que el pensamiento original y creativo depende de factores situacionales y de capacidades intelectuales heredadas, existe una serie de elementos de enseñanza, identificables, que contribuyen en forma indirecta a ello.

Gagné considera, junto con la clasificación de conocimiento declarativo y procedural, una tercera clase de capacidad: la estrategia cognoscitiva, la capacidad que permite el control del propio pensamiento y del aprendizaje. Controla procesos de atención, percepción, codificación y recuperación de material aprendido.

Con el tiempo, el conocimiento declarativo, de forma proporcional, es compilado dentro de conocimiento procedural en forma de producciones interrelacionadas. Este proceso de compilación requiere de ciertas horas de experiencia por parte del sujeto, lo que aporta una explicación a dos de los hechos que hemos analizado: que la solución de problemas se logre sólo después de grandes montos de práctica con tareas semejantes, dado que las habilidades implicadas deben ser primeramente automatizadas; y que haya sujetos que, siendo buenos solucionadores de problemas, puedan ser caracterizados como poseedores de un conocimiento experto, cuya ejecución es notablemente diferente de la de sujetos novatos y neófitos.

La investigación ha mostrado que el tipo de actividad cognoscitiva con que el alumno se compromete es crítico en la determinación del monto y tipo de información que adquiere (Diekhoff, Brown y Dansereau, s/d).

El tipo de material por estudiar, el grado de familiaridad que guarda para el alumno, el objetivo del estudio, el tiempo, son elementos que afectan el modo de aprender, retener y recuperar la información.

El educando debe estar dotado de un repertorio amplio de posibilidades para acceder eficientemente al estudio.

El monto de lo aprendido puede incrementarse gracias al uso de la imaginación cuando ésta se aprovecha para entrenar al alumno en la modificación de su actividad cognoscitiva usual.

No obstante que las estrategias de aprendizaje que no implican actividades de imaginación no han sido ampliamente investigadas, algunos resultados preliminares indican que estas estrategias verbales pueden facilitar el aprendizaje de prosa al promover un procesamiento profundo, la reorganización de la información y la integración de material nuevo en la estructura de conocimiento previamente adquirida.

Gagné establece, además, la necesidad de una estrategia que permita a la persona pasar de un tipo de estrategia cognoscitiva a otro, o seleccionar entre éstos el mejor. Gagné le llama estrategia ejecutiva, desarrollable sólo mediante experiencia relativa a una variedad de situaciones, y no por vía directa de la enseñanza.

Por lo general, las técnicas utilizadas para capacitar al alumno en el uso de estrategias de aprendizaje o estrategias cognoscitivas se basan en modelos de red de la estructura de la memoria de largo plazo (redes semánticas de información) y buscan apoyar al alumno a construir sistemáticamente una red cognoscitiva organizada, de nodos conceptuales interrelacionados mediante una variedad de ligas asociativas (estrategias de aprendizaje espacial).

Estas técnicas acatan los principios para hacer equiparables las estructuras cognoscitivas psicológicas, ubicadas en la mente de la persona, con las estructuras en que se presenta el contenido de una materia. Estas últimas se construyen con base en las relaciones que la información presenta dentro de la disciplina académica. Son representaciones gráficas de las relaciones entre elementos de contenido.

Meta común a estas técnicas es el desarrollo de niveles de habilidad cercanos a los exhibidos por sujetos considerados como expertos en el campo o dominio de que se trate.

La diferencia entre tipos de conocimiento o habilidad es: el conocimiento declarativo permite hablar de las cosas, es el saber "que"; el conocimiento procedural (o habilidad intelectual para Gagné) habilita a realizar operaciones mentales referidas directamente a aspectos del entorno, es el saber "cómo", y la estrategia cognoscitiva habilita a construir o elegir una forma de llevar a cabo la tarea.

Proceso de solución de problemas

Estado del arte

Para lograr alguna mejoría significativa en la capacidad de una persona para resolver problemas, la investigación en torno al proceso de solución de problemas coincide en la necesidad de una práctica extensa o de largo plazo.

De acuerdo con Gagné (1980), esto se debe a que las habilidades implicadas dependen de factores de inteligencia heredados, ya que en ellas intervienen mecanismos de control de los propios procesos cognoscitivos que no se obtienen mediante prácticas breves, dado que caen en lo que se ha denominado procesos metacognitivos, que dependen de la capacidad de la persona para abstraer los componentes comunes a una serie grande de situaciones de tareas semejantes.

A lo largo del tiempo, en la búsqueda de principios que permitan dar sugerencias para mejorar la capacidad de solucionar problemas, autores como Wylie (1957), Samson (1970), De Bono (1970, 1972), Maier (1972), Dunker (1972), Polya (1974), Krulik y Rudnik (1980) y Anderson (1980) han sugerido técnicas que giran alrededor del método de investigación científica concebido como: la identificación del problema, la formulación de hipótesis, la prueba de las hipótesis y la selección de la que mejor resulte; propuesta general que todavía continúa vigente en algunos autores modernos.

Existe, sin embargo, una controversia entre quienes aseguran que es posible enseñar estrategias de solución de problemas generalizables a dominios diferentes de aquellos en que se adquieren e independientemente de los contenidos particulares, y quienes coinciden en señalar que las habilidades de solución de problemas se hallan ligadas a campos específicos de conocimiento, que existen habilidades únicas para cada campo, por lo que su enseñanza debe darse conjuntamente con la del campo o materia en cuestión.

La respuesta que, con base en investigaciones rigurosas y científicas, pueda darse a la controversia apuntada, es capital para el diseñador instruccional, toda vez que él requiere de orientaciones seguras sobre lo que pretende desarrollar en el alumno. No obstante, la práctica del

maestro en el salón de clases es una fuente insustituible para obtener datos que ayuden a resolver esta situación.

Al considerar que la solución de problemas depende de procesos generales aplicables a una gama de situaciones diferentes, los autores se preguntan en qué consiste que un problema sea difícil de resolver para algunas personas y sencillo para otras. Es decir, cuáles son las características del problema y en qué forma entran en relación con los procesos cognoscitivos del sujeto para que sea determinada su dificultad relativa; y cómo pueden afectarse tales procesos cognoscitivos para que se vea reducida la dificultad del problema[2]

Riley y col. (citados en Kintsch y Greeno, 1985) y Scandura (1977) consideran que la diferencia de dificultad que un problema presenta para distintas personas se debe a los requerimientos que el problema impone a la estructura cognoscitiva del sujeto, a los cuales se refieren en general como carga de memoria. Esto es, al tipo de procesos que son necesarios para su solución y que variarán de un sujeto a otro.

Es posible que la controversia apuntada refleje el estado real de las cosas, en el sentido de que la persona requiere contar con procedimientos y habilidades tanto específicos como generales, combinando estrategias algorítmicas y heurísticas ante distintos tipos de problemas. Es decir, utilizará procedimientos secuenciales que garantizan el logro de la solución buscada en problemas pertenecientes a dominios muy estructurados, por ejemplo: problemas sobre áreas de triángulos, divisiones, ecuaciones lineales, ley de Ohm, etc.; y recurrirá a reglas generales de comportamiento aplicables de modo general para dominios mal estructurados, por ejemplo: problemas sociales, políticos, científicos, económicos, etc. (Greeno, 1976; Frederiksen, 1984). El diseñador instruccional deberá, por tanto, partir de la clasificación del problema a enseñar como perteneciente a algún dominio bien o mal estructurado; resoluble mediante procedimientos algorítmicos o heurísticos.[3]

Es factible que las disciplinas del conocimiento, particularmente las de tipo científico y tecnológico, representen el repertorio social sistematizado y registrado de reglas y procedimientos útiles para problemas pertenecientes a dominios estructurados, es decir, procedimientos y reglas de tipo algorítmico dependientes del dominio particular. Tal vez por ello la variedad de investigaciones realizadas en torno de problemas que pertenecen a materias como aritmética, geometría, etc., han arrojado resultados negativos respecto a la posibilidad de transferir este tipo de procedimientos, apoyando el enfoque de que la solución de problemas está confinada a dominios específicos.

Para Perkins y Salomon (1989), ésta parece ser la respuesta a la controversia, pues sugieren la existencia de habilidades cognoscitivas generales, pero que operan siempre en una forma contextualizada. Distinguen entre procedimientos de práctica extensa y variada que llevan al dominio cercano a la automaticidad (low-*road)*, y aquellos de abstracción deliberada de principios subyacentes *(high-road)*. El diseñador instruccional debe considerar ambas posibilidades como reales y factibles de implantarse en clase, sin que deba considerarlas como mutuamente excluyentes.[4]

Stojanovic (1989) señala que hasta hace algunos años se hacía una diferencia entre ejecución basada en conocimiento y ejecución para solución de problemas, considerada como una conducta de orden superior. Por ejemplo, en el primer caso estaría la persona que aplica un algoritmo, y en el segundo, la que resuelve un problema pero no puede identificar una base de conocimiento acorde con la ejecución realizada.

Actualmente la diferencia no existe, ya que toda solución de problemas se basa de una manera u otra en conocimiento, aunque sea en la forma de estrategia general.[5]

Ahora bien, no es suficiente proponer una solución conciliadora a la controversia, hace falta determinar las ventajas que ofrece como modelo teórico que oriente la investigación y el diseño instruccional.

¿Cuál es el papel del conocimiento específico ante la solución de problemas?

El conocimiento específico de dominio factual o funcional facilita:

- Dar estructura al fragmento perceptual.
- Dar significado a la información percibida.
- Guiar la percepción resultado de la expectativa en un momento dado.

Estas tres funciones no son independientes unas de otras, sino altamente correlativas.

Para Dijkstra (1991), aprender a resolver problemas significa que la persona ha de adquirir y construir conocimiento, así como aprender y utilizar habilidades.

Con base en lo apuntado anteriormente, el diseño instruccional para la enseñanza de habilidades de solución de problemas variará en función del tipo de problema de que se trate, de la estructura del conocimiento implícito y del tipo y número de operaciones necesarias para resolver el problema.

Sin embargo, cabe preguntarse acerca de cuáles son las habilidades y el conocimiento necesarios para ser buen solucionador de problemas.

Teorías del aprendizaje estructural

Una de las respuestas más interesantes y complejas nos las ofrece un grupo de teorías que ha cobrado cada vez mayor importancia al revisar teorías clásicas, como la propuesta por Jean Piaget, a la luz del análisis de la forma como se estructuran las variables que intervienen en el aprendizaje y ejecución ante un problema. Las teorías del aprendizaje estructural (Scandura, 1984) establecen que los problemas corresponden a esquemas estructurales donde pueden distinguirse ciertas variables y sus interrelaciones. Las primeras determinan la meta del problema, y las segundas, los datos conocidos.

Esquema es el evento que describe las interacciones de un número de conceptos organizados alrededor de un objetivo, que le permiten al individuo predecir qué, cuándo y por qué se suceden los hechos. Cuatro rasgos caracterizan a los esquemas:

a) Comprenden variables.

b) Pueden incluirse unos dentro de otros.

c) Representan conceptos generales que varían de nivel de abstracción.

d) Implican conocimientos de amplio alcance.

PERFILES EDUCATIVOS

El dominio natural del problema (rango de problemas asociados o semejantes) está determinado por el rango de valores que pueden adquirir los datos conocidos. A cada problema le corresponde un dominio o subdominio de problemas que suelen considerarse equivalentes.

Dos problemas pertenecen al mismo dominio si uno de ellos puede construirse a partir del otro variando los datos conocidos, al grado de que ambos se asocien al mismo procedimiento de resolución. Esta transformación equivale a poseer una misma estructura subyacente y ser solucionables por un mismo tipo de procedimiento. Ello ofrece una posibilidad de contar con procedimientos generalizables a los problemas de un dominio al ser equivalente.[6]

Siguiendo a Knuth (Scandura 1984), un procedimiento o algoritmo presenta como características:

- Un número finito de pasos.
- Cada paso está precisamente definido, es riguroso y libre de ambigüedad.
- También posee un dominio asociado. Esto es, un conjunto de algoritmos equivalentes.
- Genera, por lo menos, un producto o resultado.
- Las operaciones que prescribe pueden ser realizadas dentro de un tiempo finito de modo exacto.

Las teorías del aprendizaje estructural añaden una restricción más a las características indicadas: ningún paso puede implicar recursión, esto es, no puede estar definido en términos que se refieran a sí mismo.

Las teorías del aprendizaje estructural (Scandura, 1981) suponen que ante una situación de solución de problemas, lo que la persona hace está determinado por dos cosas:

a) El conocimiento que ya posee, que puede ser algorítmico o de estructuras de proposiciones.

b) Ciertas capacidades generales que se aplican universalmente a toda situación de solución de problemas. En específico dos aptitudes explican suficientemente la solución de problemas:

- Un mecanismo de control que determina la forma como el sujeto utiliza el conocimiento que posee, estableciendo qué regla elige de entre las que tiene disponibles en su estructura cognoscitiva, para tratar de resolver un problema. Sin embargo, disponer de una regla adecuada a una situación no implica necesariamente saber usarla con eficiencia.

- La capacidad del procesador humano, es decir, el monto de información que puede contener en memoria activa.

El primer universal propuesto por Scandura equivale concretamente a los procesos ejecutivos de control de la teoría de la metacognición y a las estrategias ejecutivas de Gagné. El segundo equivale a la carga de memoria.

Conocimiento experto

Otra vía por la cual ha sido atacada la cuestión de cuáles son las habilidades subyacentes a la solución de problemas, ha sido el análisis de la ejecución de sujetos considerados como "expertos" en algún dominio, y su comparación con los que serían considerados "novatos".

Si se quiere que un alumno pase de la situación que caracteriza al novato hacia la del neófito, y de aquí a la del experto, es necesario contar con algún modelo de las características de cada uno y de los pasos o etapas por las cuales deba pasar el alumno.

Según propone Macdermott y Larkin (1978), un solucionador de problemas evoluciona a través de cuatro etapas, en cuanto a los tipos de representación que es capaz de producir:

a) Representación literal del problema con palabras clave.

b) Representación ingenua, diagramando los objetos y sus relaciones espaciales.

c) Representación científica de los objetos idealizados y de los conceptos físicos necesarios para generar una solución de tipo matemático.

d) Representación algebraica de las ecuaciones necesarias para resolver el problema.

De acuerdo con esta clasificación los novatos estarían en la segunda etapa, y los expertos en la tercera. Sin embargo, una representación depende de la experiencia del que la produce y no será igual para un novato que para un experto relativo a un mismo material ni para la misma persona ante dos situaciones distintas.

En los últimos años se ha desarrollado gran cantidad de investigación acerca de las diferencias que caracterizan la ejecución del sujeto experto en comparación con el novato, sobre un mismo tipo de tareas, generalmente de solución de problemas. Algunos resultados obtenidos, sobre los que priva un acuerdo general, son (Glaser, 1990):

- Los sujetos que poseen estructuras de conocimiento amplias, muestran mejor ejecución de codificación y de memoria que aquellos con estructuras más pobres. Esto sin duda se debe a que cuentan con mayor cantidad de elementos de anclaje para nuevos conceptos.

- La investigación en solución de problemas en dominios ricos de conocimiento muestran la existencia de fuertes interacciones entre las estructuras de conocimiento y los procesos cognoscitivos. Uno de los componentes principales de la pericia es el acceso rápido a cuerpos de conocimiento procedural o conceptual que se tengan, y su uso eficiente.

Si consideramos que los procesos cognoscitivos no pueden darse sin las bases de conocimiento, esto es, como si dijéramos "in vitro", cuanto mayor acervo de estructura, tanto mayor actividad de los procesos que permiten acceder y tanto mayor número de entradas para localizar un mismo concepto, y por ello, tanto mayor velocidad de procesamiento.

- Una característica del experto es la existencia de grandes estructuras de conocimiento de dominios específicos. El experto, a diferencia del novato, suele utilizar mayor cantidad de conocimiento procedural, creando esquemas de acciones con condiciones específicas de aplicabilidad.

Éste es un punto novedoso y de particular importancia en la psicología cognoscitiva, con implicaciones serias en el diseño instruccional: se aceptaba la idea de que el sujeto incorporaba grandes cuerpos de información mediante un proceso de reducción a sus mínimas expresiones; concretamente, los primeros modelos de memoria basados en programas computacionales señalaron la idea de que el ser humano guardaba no tanto la información, sino modelos lógico-proporcionales del tipo si P y Q y R, entonces X ó Z, pero no W, y que los elementos representados por literales eran luego sustituidos por la información que correspondiera.

De hecho, la idea de concepto y categorización se basa en procesos reductivos del monto de información. No obstante, la investigación reciente apunta hacia la noción de que el sujeto experto en una área posee grandes estructuras de información específica, no general. Pero esto no significa que se trate de situaciones excluyentes.

La investigación en diferentes dominios sobre soluciones de problemas ha mostrado que las relaciones entre la estructura de base del conocimiento y los procesos de solución de problemas, se hallan mediadas por la calidad en la representación del problema que el sujeto construye con base en el conocimiento relacionado con el dominio y con su organización. La naturaleza de esta organización determina la calidad, acabado y coherencia de la representación interna, que a su vez determina la eficiencia del pensamiento subsecuente. Esto es, cuanto mejor comprendido (y representado) esté el problema, tanto mayor será el aprovechamiento de la base de conocimiento que el sujeto posea, siempre y cuando esta última sea pertinente a la situación.[7]

Los estudios sobre pericia han mostrado que la experiencia de los expertos -sean éstos adultos o niños- les permite desarrollar habilidades ejecutivas para monitorear su propia ejecución; los expertos revisan rápidamente su trabajo, juzgan con precisión la dificultad, distribuyen su tiempo, evalúan el progreso logrado y predicen el resultado de sus actividades.

El conocimiento estructurado permite las capacidades de inferencia, lo que sirve de apoyo en la elaboración de nueva información y mejora el recuerdo; provee lazos potenciales entre el conocimiento almacenado y la información nueva que llega, lo cual facilita el proceso de solución de problemas (Glaser y Bassok, 1989).

Scandura (1981) hace una distinción entre novato, neófito y experto, y señala que el conocimiento del novato contiene reglas que por ellas mismas no son adecuadas a la solución de alguna tarea, pero que pueden llegar a serlo mediante la transformación dada por una correcta combinación. El neófito posee reglas asociadas a situaciones específicas de solución de problemas, y el experto posee reglas de mayor eficiencia que operan sobre estructuras complejas.

Experimentalmente, Michelene y col. (1982) no hallaron diferencias entre experto y novato en cuanto a:

a) El tiempo empleado para hallar una solución.

b) El número de relaciones cuantitativas establecidas o consideradas.

c) El número de fragmentos (*chunks)* utilizados.

d) El número de diagramas de representación.

Únicamente encontraron diferencias en el número de errores cometidos.

Tampoco hallaron diferencia en lo que respecta a la organización o clasificación del problema para su representación y guía del proceso de solución, pero si respecto del tipo de categoría utilizada, siendo de estructura profunda para el experto y de rasgos superficiales para el novato; así como en el uso de categorías jerárquicas por parte del experto.

A partir de las investigaciones realizadas, suele coincidirse en que un experto presenta las siguientes características:

- Posee una amplia base de patrones de conocimiento específico.
- Puede reconocer con prontitud las situaciones en que son aplicables los patrones.
- Procede mediante razonamiento progresivo que va del reconocimiento de la situación hacia sus soluciones mediante el trabajo con los patrones de conocimiento. En contraste, el novato no ve los patrones relevantes porque los desconoce, y suele enfocarse sobre situaciones irrelevantes, a través de un razonamiento retrospectivo.

Estos mismos resultados se han visto en campos como física, matemática, computación y medicina.

La diferencia entre experto y novato no reside pues en la estrategia heurística, sino en la base de conocimiento utilizada. Pericia significa poseer un cuerpo grande de conocimiento y de habilidades procedurales.

La precisión al resolver un problema es resultado de la interacción entre estructuras complejas de conocimiento (esquemas especializados) y los rasgos, características y demandas del problema.

El experto posee esquemas que le permiten reconocer rasgos semejantes entre problemas actuales y otros conocidos por él, para recuperar soluciones plausibles.

Las dificultades que el novato enfrenta en la solución de problemas, se deben, más que a deficiencias de procesamiento, a la carencia de una base de conocimiento bien estructurado para la interpretación de la información.

El experto organiza el proceso de solución de problemas alrededor de principios abstractos relevantes derivados de los hechos y condiciones declarados en el planteamiento del problema. Los novatos se enfocan sobre rasgos superficiales.

En cuanto a la ejecución del experto, siguiendo a Nelson, éste difiere del novato en la percepción que tiene de un problema, debido principalmente a que posee una habilidad que podemos llamar superior para: el reconocimiento de patrones, la inferencia de relaciones entre los

elementos que conforman el problema, la eliminación de información irrelevante y el recuerdo de problemas semejantes que ha visto en el pasado.

Todo esto debe llevar al diseñador instruccional a la conclusión de que uno de los elementos centrales de la enseñanza, si queremos desarrollar habilidades y estrategias complejas en el alumno, es la instrucción en el uso de técnicas de representación de la información que le permitan organizarla de manera que garantice su recuperación y correcta aplicación en situaciones de ejecución de tareas.

La enseñanza de solución de problemas está lejos de instrumentarse fácilmente y de modo económico en cursos típicos del salón de clases. No obstante, los procesos implicados siguen siendo una de las metas capitales de la educación. El diseñador instruccional debe asumir como suyo el reto de hallar procedimientos adecuados; debe hacer de la investigación medio y fin de la propia enseñanza, y buscar una respuesta al problema que implica la enseñanza de solución de problemas.

Procesamiento de la información

Modelo PHI

Dentro de las teorías y modelos aportados por la psicología acerca de la manera como aprendemos, uno de las más representativos es el de Newell y Simón, denominado procesamiento humano de información (PHI), el cual concibe al ser humano como un sistema procesador de símbolo; es decir, a la manera como las máquinas complejas, programables, codifican y tratan la información con fines de adaptación hacia el entorno.

El procesamiento de información es un método para el análisis y la síntesis de información mediante pasos secuenciales; implica procesos como: memoria, lenguaje, atención, organización conceptual, mapeo cognoscitivo, cognición social, diferenciación de estímulos, generación y ejecución de respuestas, y sensibilidad a la retroalimentación (*feed-back).*

La teoría del PHI es, propiamente dicho, el paradigma de mayor importancia actual dentro de la psicología cognoscitiva, la cual tiene sus orígenes en los estudios de la Gestalt acerca de la percepción y la solución de problemas. La computadora, llamada de von Neumann, es la herramienta capital para proponer y probar modelos sobre la manera como el ser humano adquiere, procesa, recupera y aplica información que le permite operar cambios en su medio ambiente.

Según el PHI, cualquier procesamiento de la información se da mediante el manejo de símbolos. El tratamiento de símbolo tiene su base en la concepción de que cualquier proceso que pueda representarse mediante pasos secuenciales por un algoritmo finito, es susceptible de realizarse mediante una máquina que opere con símbolos.

La analogía del funcionamiento de la mente con una máquina procesadora de símbolos fue todo lo que se requirió para dar lugar a la formación de una de las teorías más productivas sobre los procesos cognoscitivos.

El modelo del PHI no pretende comparar a la persona con una máquina, ni supone que la complejidad de la cognición humana sea equiparable al funcionamiento de una computadora. Lo que propone es tomarla como paradigma básico para la investigación de la cognición y aceptar que ésta opera sobre información codificada mediante símbolos que sintetizan su estructura a lo

esencial. Así, cualquier cosa que pueda ser traducida a símbolos será cognoscible, y además computable mediante un sistema o una máquina que opera sobre ellos, como la computadora.

De hecho, bien mirado, el modelo del PHI, lejos de pensar que el hombre funciona como una máquina, se permite la licencia de suponer que las computadoras funcionan como las personas, y las dota de: sistemas de memoria, sistemas lógicos de procesamiento y toma de decisiones, sistemas de cálculo aritmético, sistemas de control de otros sistemas, medios de acceso y expresión de información, etcétera.

El enfoque sobre la ejecución o competencia ha guiado importantes avances en el análisis de la organización de la memoria, de los requerimientos para el procesamiento de la información y del conocimiento para la solución de problemas, las características de la comprensión y la naturaleza de la ejecución específica de dominios, resultado de la experiencia y del aprendizaje continuo.

Tradicionalmente, los modelos instruccionales han partido de concepciones psicológicas sobre el aprendizaje, y han experimentado cambios a la par del desarrollo de las teorías correlativas. En cuanto al PHI, los objetivos de la instrucción deben basarse en el conocimiento actual de las características de la ejecución competente en una tarea, cuyos aspectos centrales son:

- El conocimiento automatizado, funcional y sobre procedimientos (procedural) que es característico de una habilidad cognoscitiva bien desarrollada.

- La utilización eficiente de estrategias de control autorregulatorio que propicien la comprensión.

- La organización y estructuración del conocimiento para aportar explicaciones y solucionar problemas.

Otra teoría igualmente importante es la correspondiente al procesamiento distribuido en paralelo (PDP). Parte de modelos bioligicistas sobre el funcionamiento y estructura cerebrales, y también realiza simulaciones en máquinas complejas. Para el PDP, esa herramienta corresponde a las máquinas llamadas de Boltzman, construidas con base en múltiples unidades de procesamiento interconectadas que actúan sobre una misma tarea en forma paralela, no secuencial, y aportan sus resultados como el insumo para otros de los procesadores. Son prototípicos los llamados perceptrones, y las unidades de procesamiento corresponden a mecanismos que simulan neuronas, llamados neurones, conforme al modelo de MacCulloch-Pitts; para PDP tal condición simbólica no es necesaria, la base es conexionista.

Instrucción asistida por computadora

El conocimiento que el científico obtiene de este modo, es aplicable a una de las áreas actuales de la enseñanza, la llamada instrucción asistida por computadora, que puede referirse a un sencillo programa de ejercitación (*drill and practice)*, o al uso de los llamados tutores inteligente, conformados por una base de conocimiento amplia, un sistema de reglas correspondientes a la ejecución del experto, un conjunto de principios instruccionales y un modelo adaptable del alumno en su carácter de novato. Estos diferentes elementos son coordinados por el motor inferencial de un sistema experto que determina, con base en la actuación del alumno, las vías por donde procederá la instrucción y el tipo de retroalimentación y refuerzo que aplicará.

PERFILES EDUCATIVOS

En la información presentada hasta ahora, uno de los aspectos centrales para el aprendizaje , para la consecución de habilidades expertas, para la solución de problemas y para la metacognición, es la capacidad de representar las relaciones o estructura subyacente a la tarea que se quiere ejecutar.

Los psicólogos cognoscitivos han creado modelos explicativos de la forma como el ser humano guarda información para utilizarla en su interacción con el mundo. Han creado, también, modelos gráficos que representan la propia estructura del conocimiento almacenado en la memoria humana.

La máquina de von Neumann corresponde a un modelo básico de estructura y funcionamiento, que es el fundamento de las actuales computadoras; un sistema de entrada y salida de datos, un sistema de almacenamiento y un sistema de procesamiento de los datos con base en un conjunto de instrucciones o programa de operación interno.

La máquina de von Neumann es aquella cuyas operaciones de procesamiento se reducen a sumas y restas y realiza una por vez, es decir, opera secuencialmente.

La máquina de Boltzman debe su denominación al físico alemán Ludwig Boltzman, creador de una teoría estadística sobre el comportamiento de los gases. Es aquella máquina que opera de modo paralelo, esto es, realiza operaciones sobre distintos elementos de un mismo problema, de manera simultánea.

Los diseños actuales de representación del conocimiento coinciden en subdividirlo en dos clases: conocimiento declarativo y conocimiento procedural.

a) Para Dijkstra (1991), el conocimiento declarativo se subdivide a su vez en conocimiento conceptual y conocimiento causal.

a.1. El primero se refiere al conocimiento acerca de hechos, clases y conceptos de relación. Se representa en la memoria mediante redes proporcionales, o bien mediante proposiciones generales agrupadas en racimos *(clusters)* denominados esquemas. Éstos son abilidadesó que permiten asignar objetos particulares a categorías generales, o establecer relaciones generales entre objetos.

El conocimiento conceptual depende del reconocimiento de rasgos y de la abilidade de procedimientos de abilidadesón. Los procedimientos para hallar relaciones entre objetos variarán abil sea el tipo de problema que se enfrente.

La solución frecuente de problemas pertenecientes a un dominio particular desarrolla conocimiento específico de ese dominio y produce una mayor eficiencia en el uso de abilidades específicas. Las abilidades, en términos de John Anderson, se *proceduralizan.*

Para Glaser (1990), si diferentes problemas dentro de un dominio representan distintos y crecientes grados de dificultad, el sujeto pasará de novato a experto.

a.2. El conocimiento causal se refiere a cadenas de eventos o cadenas causales. Su representación se da por modelos de procesos cuantitativos.

b) El conocimiento procedural se supone organizado dentro de sistemas de producción semejantes a las oraciones condicionales si entonces, donde la porción correspondiente al *si*

constituye una serie de condiciones que la situación debe llenar, y la correspondiente al *entonces*, las acciones que se realizarán si las condiciones se cumplen, en caso contrario, se pasa a otro sistema de producción hasta que las condiciones de la situación sean satisfechas y se deduzcan las acciones elicitadas.

¿Qué esquema será el más apropiado para la representación del conocimiento?, dependerá del tipo de problema de que se trate.

Los sistemas de producción establecen, entre conocimiento y habilidad, una interrelación en la cual para cada paso necesario en la solución de un problema, el conocimiento relevante (condición del sistema) se conecta con una operación apropiada (acción del sistema). Así, el conocimiento declarativo es requisito para que se dé el conocimiento procedural, al costo de muchas horas invertidas en la ejecución de tareas pertenecientes a un dominio.

Uno de los diseños más recientes que aporta la psicología cognoscitiva del procesamiento humano de información, se refiere a programas computacionales que persiguen realizar tareas clasificadas como *inteligentes.*

La inteligencia artificial (IA) aborda procesos de solución de problemas y toma de decisiones para los que no existen respuestas de tipo algorítmico y que implican la necesidad de una búsqueda mediante programación heurística, también llamada inteligencia de máquina.

Para la IA la representación del conocimiento también se divide en conocimiento declarativo y procedural, subdividiendo el primero (orientado al objeto) en esquemas relacionales de tipo red semántica, y esquemas lógicos.

Para los modelos computacionales, el tratamiento de un problema implica:

- Un estado inicial del problema.
- Un estado final al que se desea llegar.
- Operadores, procedimientos o acciones para transformar el estado inicial en el estado final deseado.
- Una estrategia de control o reglas para usar los operadores, que equivale a un plan.
- Una serie de condiciones o restricciones para el uso de operadores.
- La necesidad de monitoreo de las consecuencias de las acciones realizadas.[8]

El tipo de información relevante necesaria para la planeación, obtenida de la exploración previa del problema, es:

- El orden en que se relaciona las acciones.

- Las asociaciones jerárquicas de las acciones, en diferentes niveles de abstracción.

- La finalidad o propósito de las acciones dentro del plan.

- La dependencia existente entre objetos o estados que se manipulan.[9]

Un programa inteligente de cómputo que utiliza una base de conocimiento y mecanismo de inferencia para resolver problemas o tomar decisiones que requieren de pericia humana es llamado sistema *experto*.[10]

Se tienen sistemas expertos diseñados para planeación, diagnóstico, interpretación de datos, análisis, instrucción, aprendizaje, adquisición de conocimiento, formulación de conceptos, diseño industrial, interpretación de señales; en dominios como: robótica, medicina, química, circuitos eléctricos, geología, matemáticas, cómputo, lenguaje, cristalografía y otros.

Las estrategias cognoscitivas que el experto humano utiliza en dominios complejos de conocimiento, están basadas en el almacenamiento mental de catálogos crecientes de reglas cimentadas en reconocimiento de patrones.

La ingeniería de conocimiento, como el arte de diseñar y construir sistemas expertos y programas basados en conocimiento, ha desarrollado procedimientos para la adquisición de un conjunto lógico de conocimiento "experto" útil a la creación de bases de datos efectivas.

De acuerdo con Hunt (1985), el diseño de un sistema experto se basa en técnicas de:

- Encadenamiento progresivo, que va de los datos conocidos hacia las conclusiones. Útil para análisis de datos, diseño, diagnóstico y formación de conceptos.

- Encadenamiento retroactivo, que parte de la meta pretendida o de una hipótesis. Útil para planeación y diagnóstico.

- Una combinación de las técnicas anteriores cuando el espacio de búsqueda es muy grande o cuando puede dividirse jerárquicamente, así como para el caso de problemas complejos que manejan incertidumbre.

- Solución de problemas orientadas por eventos, que equivale al encadenamiento progresivo, con la salvedad de que los datos varían dinámicamente, es decir, evolucionan con el tiempo; los pasos se eligen sobre la base de nuevos datos o como respuesta a una situación modificada resultante del último paso realizado. Útil para operaciones en tiempo real, como el control o monitoreo, y para problemas de planeación.

Los diseños actuales utilizados para la representación del conocimiento tienen efectos importantes sobre el diseño instruccional, no sólo como modelos conceptuales que ofrecen explicaciones alternativas al cómo aprenden las personas, sino también en su aportación de técnicas de análisis de la información objeto de la enseñanza y de programas computacionales poderosos que realizan tareas rutinarias y complejas sin exhibir cansancio.

El desarrollo de un sistema instruccional requiere, primeramente, el análisis de las características estructurales y de los requerimientos de aprendizaje que exige el contenido a

enseñar. La mayoría de dominios de contenido implica tareas procedurales y conocimiento estructural.

El aprendizaje de procedimientos específicos es un requisito necesario para la realización de tareas procedurales, aun si el sujeto carece del conocimiento de la base conceptual subyacente a ellos. Por otro lado, el aprendizaje de conocimiento estructural sí requiere que la persona comprenda la información conceptual, sin necesidad de adquirir habilidades para la realización de tareas.

Esta situación marca una diferencia sobre el saber y el saber hacer que determinará el rumbo que tome el diseño instruccional, dependiendo más que de la naturaleza del dominio o disciplina de conocimiento, de las finalidades que se pretendan lograr con la instrucción.

Para la enseñanza de tareas procedurales, el diseñador debe saber qué hace el experto humano ante una determinada situación, cuál es el conocimiento estructural que aplica y por qué y cómo lo hace.

El conocimiento de lo que el experto hace proporcionará información útil para desarrollar un modelo de la ejecución que se espera adquiera el alumno o ejecución criterio.

Análisis de tareas

El análisis de tareas, desarrollado por la psicología industrial, constituye un método sistemático para la identificación de tareas y subtareas. Los métodos actuales para la representación del conocimiento aportados por la IA son procedimientos técnicos para la organización de conocimiento y habilidades dentro de estructuras de datos para cómputo, pero no suelen identificar subhabilidades ni elementos específicos del conocimiento, ni tampoco información sobre requerimientos al identificar el conocimiento que poseen los expertos.

Dos de los métodos comunes de análisis de tareas son:

- El análisis procedural o algorítmico, para series de habilidades que presentan una secuencia. Cada paso debe enseñarse por separado y realizarse de modo independiente. El resultado de un paso suele ser el insumo del paso siguiente.

- El análisis jerárquico, ya mencionado anteriormente en el primer apartado.

El diseñador instruccional recurre al análisis de tareas para identificar deficiencias de ejecución y objetivos de aprendizaje. El proceso implica comprender los componentes de una ejecución adecuada para poder enseñarlos a los alumnos. La ingeniería del conocimiento es la identificación y síntesis de hechos y procedimientos heurísticos que el experto utiliza en la solución de problemas, y es capital para el diseño de sistemas expertos.

La base de la ingeniería del conocimiento la forman las estrategias desarrolladas para deducir la información de los expertos.

No por el hecho de que tanto el análisis de tareas como la ingeniería del conocimiento analizan el conocimiento utilizado en la ejecución, debe pensarse que las habilidades implicadas en la captura del conocimiento son equivalentes o transferibles a otros campos distintos, aun cuando estos procedimientos comparten ciertas características como: estar orientados por metas, proceder sistemáticamente, ir de lo general a lo específico.

Los diseñadores varían en experiencia y habilidad para conducir diferentes clases de análisis de tareas: análisis de conceptos, análisis de jerarquías, análisis procedural o análisis de necesidades. Diferirán, también, en la habilidad para llevar a buen término los tipos de análisis implicados en la ingeniería del conocimiento. Ser experto en un área no significa serlo, automáticamente, en otra.

Dos de los procedimientos típicos para modelar el aprendizaje del alumno son: a) diagramar dentro de la red estructural de conocimiento las áreas que el alumno ha dominado o aprendido y, b) aplicar un procedimiento simple de reconocimiento de patrones a la respuesta del alumno o a su historial de respuestas.

Algunos métodos específicos incluyen:

- La comparación de la respuesta del alumno con la del experto acerca de una misma tarea.

- La representación del conocimiento correcto del alumno como reglas, y los errores potenciales de concepto como variantes de las reglas.

- El modelado de huella que monitorea los pasos del alumno en solución de problemas, relacionándolos con los pasos del programa computacional basado en el experto. Se trata de una extensión del método de comparación del primer inciso.

El modelo del alumno debe basarse en información obtenida a partir de:

- Patrones (implícitos) de ejecución.

- Respuestas (expresas) a preguntas de diagnóstico.

- Experiencias anteriores de aprendizaje (históricas)

- Mediciones de la dificultad del contenido (estructurales)

El aprendizaje se define como un cambio relativamente permanente en el comportamiento resultante de condiciones de práctica. La enseñanza es el arreglo de una situación de modo de iniciar, efectuar y finalizar el proceso de aprendizaje, alcanzando criterios previamente determinados sobre la ejecución (Dijkstra, 1988).

En la mayoría de las situaciones de aprendizaje, los patrones confiables de ejecución del alumno no surgen, sino hasta que ha habido un progreso importante sobre alguna tarea. El diagnóstico con base en preguntas puede ser un distractor de atención del alumno y consumir mucho tiempo.

El diseñador instruccional también debe considerar cierto tipo de variables de aprendizaje a partir de las cuales puede obtener información útil, por ejemplo, cuando un alumno cuyo estilo cognoscitivo ha sido identificado como dependiente del campo “comete errores”, no será probable que por sí mismo pueda imaginar la manera de corregir su respuesta, por lo que, requerirá de la exposición de explicaciones más que de métodos de enseñanza por descubrimiento.

Algunas variables importantes de aprendizaje pueden ser: las etapas del desarrollo cognoscitivo, medidas de habilidad intelectual, estilos o modos de aprendizaje o cognitivos, experiencia y

conocimiento anterior, estado emocional o de ansiedad, tipo de personalidad y estados motivacionales.

La mayoría de los sistemas IACI utilizan ya sea un método socrático que guía a los alumnos a través de cuestionarios sobre sus propios errores de concepto, o un método de asesoría que proporciona un ambiente en el que el alumno participa en ciertas actividades, como juegos de computadora, y recibe orientación cuando la solicita. Las habilidades se aprenden a consecuencia de realizar las actividades del juego.

Un sistema IACI que se considere potente y adaptable debe incluir no sólo modelos de aprendizaje por descubrimiento centrados en el alumno o enseñanza expositiva iniciada por el propio sistema, sino, también, combinaciones de cada uno. Asimismo, se requieren mejores bases de conocimiento sobre estrategias instruccionales para dar flexibilidad al sistema.

Dentro de la inteligencia artificial, los sistemas de solución de problemas requieren estrategias de control para decidir los operadores a aplicar, dónde y cuándo hacerlo, además de una base de datos que describa el dominio de la tarea.

Actualmente, la emoción por los sistemas expertos proviene más de la expectativa de lo que pueden hacer que de lo que ya han logrado. Las cápsulas *(shells)* desarrolladas para la creación fácil de sistemas expertos, dentro de gran variedad de dominios, son como sistemas autores que ofrecen una estructura donde almacenar y proporcionar conocimiento. Las compañías que compran estas cápsulas deben construir e insertar en ellas sus propias bases de conocimiento, de la misma manera que quienes compran sistemas autorales deben diseñar sus propios programas instruccionales.

Un sistema experto obtiene su potencia a partir de una relación inteligentemente diseñada de sus dos componentes principales: una base de conocimiento y un mecanismo de inferencia. La base de conocimiento es un conjunto organizado de reglas generalmente representadas como proposiciones “si-entonces”; para la toma de decisiones, el mecanismo inferencial actúa sobre estas reglas y sobre los datos que el usuario especifica.

Representación del conocimiento

Modelos cognoscitivos

Dentro de los psicología cognoscitiva se han descrito múltiples modelos mentales supuestamente utilizados por el alumno, que indican que el aprendizaje es un proceso de adición, reemplazo, borrado, generalización y diferenciación de partes del modelo y de mapeo entre diferentes modelos (Glaser y Bassok, 1989).

Existen, también, aun cuando no han sido tan populares, modelos que cuestionan los aspectos aditivos de la cognición y proponen alternativas debidamente fundamentadas para modelos integrativos que siguen reglas algebraicas (por ejemplo, Norman H. Anderson).

Las aproximaciones psicológicas y de la inteligencia artificial combinadas por Forbus y Genter (1986) señalan una progresión de modelos mentales, en la que son necesarios ciertos modelos causales y cualitativos para el desarrollo de modelos matemáticos cuantitativos del tipo de los que utiliza el experto (Glaser y Bassok, 1989).

En términos generales, un modelo cognoscitivo debe considerar los siguientes aspectos (Gutiérrez, 1987):

a) El concepto de aprendizaje sobre el que se basa: qué es aprender.

b) Los criterios de competencia: cuándo se es apto para aprender.

c) Los criterios para establecer secuencias de aprendizaje.

d) Los puntos débiles más criticables del modelo.

e) La evolución que ha seguido el modelo.

Duchastel (1990), citando a Pirolli (1989), considera que el diseño instruccional debe verse como un proceso de solución de problemas que implica un "interjuego" de posibilidades y evaluaciones a gran escala que, a la larga, conducirá a un diseño inmerso dentro de un producto, concretamente, el curso de la instrucción.

Así, para lograr diseños instruccionales eficientes se requerirá:

a) Un método de análisis que permita obtener y determinar lo que es relevante para el aprendizaje dentro de una disciplina académica o una materia escolar.

b) La determinación de interrelaciones que se establecen entre los elementos del conocimiento obtenidos.

c) La orientación psicológica de la manera como pueden ser determinados los puntos a y b.

d) Principios de estructuración y organización del contenido.

e) Estrategias de control para regular el aprendizaje.

Todos éstos son elementos que subyacen en el diseño instruccional e implican una laboriosa tarea de análisis y consenso acerca de la manera más pertinente de organizar el conocimiento. Los diferentes programas de investigación sobre diseño instruccional prescriben diferentes métodos instruccionales, según sea el aspecto que se quiere enseñar y el mecanismo de aprendizaje implicado (Glaser, 1990).

Aspecto pretendido: conocimiento "proceduralizado"

Mecanismo básico de aprendizaje: compilación del conocimiento.

Método instruccional: establecimiento de un modelo contra el cual comparar la ejecución del alumno y basar el tipo de orientación a ofrecerle.

Principio de instrucción: práctica extensa y orientada a la solución de problemas, modelamiento del espacio del problema y del proceso de búsqueda, secuenciación del problema, minimización del error, diagramación del proceso de solución.

Aspecto pretendido: estrategias autorregulatorias para la comprensión

Mecanismo básico de aprendizaje: interiorización de cogniciones sociales.

Método instruccional: modelamiento maestro-condiscípulo.

Principio de instrucción: explicación de estrategias para la adquisición de conocimiento, asesoría con desvanecimiento, responsabilidad de tareas compartidas, participación en áreas de desarrollo próximas.

Aspecto pretendido: conocimiento estructurado para la solución de problemas

Mecanismo básico de aprendizaje: conocimiento basado en explicaciones orientadas por el error, y la transformación gradual de modelos mentales hacia modelos más complejos.

Método instruccional: interrogatorio al experto e introducción de modelos de ejecución progresivos y complementarios.

Principio de instrucción: modelamiento de ejecución experta, explicación de estrategias de razonamiento, exploración autodirigida del conocimiento experto, diagramación del proceso de diagnóstico. O, alternativamente, deducción de estrategias alternativas de aprendizaje, enfoque en explicaciones causales, minimización del error.

El diseñador instruccional requerirá establecer un puente entre lo que un modelo cognoscitivo prescribe, de acuerdo con la manera como concibe la organización del conocimiento en la mente del alumno, y la estructura que más conviene para la presentación del contenido del aprendizaje.

Una herramienta útil con la que cuenta para relacionar las estructuras intrínsecas a las disciplinas académicas con las estructuras cognoscitivas o de significados que construyen las personas, está dada por las estrategias de aprendizaje espacial: mapas cognoscitivos, esquematización y redes semánticas.

Estrategias de aprendizaje espacial

Mapas cognoscitivos

Son representaciones diagramáticas diseñadas expresamente para la representación de conocimiento declarativo, propio de textos de tipo informativo. Consideran que un texto posee una organización en tres niveles.

- Proposiciones: ocupan el nivel más bajo de texto y representan la mínima unidad de conocimiento significativo. Establecen una relación entre dos conceptos.

- Unidades de texto: ocupan el nivel medio y representan los propósitos y temas principales que el autor del texto quiso expresar.

- Marcos de texto: ocupan el nivel superior y representan las ideas fundamentales o conceptos genéricos en que se inscribe el texto.

El mapa cognoscitivo representa los conceptos clave de un discurso informativo y las relaciones que se establecen entre ellos. Más que abstraer conceptos globales o proponer un esquema del texto, el mapa cognoscitivo enfatiza la organización local de la información. Puede construirse a través de procedimientos *bottom-up o top-down* (de abajo hacia arriba o al contrario). El procedimiento *bottom-up* se guía por los datos específicos, parte de las proposiciones hacia las unidades; el *top-down* se guía por los conceptos y procede desde lo general hacia lo específico.

Aun cuando ambos procedimientos se verifican en la elaboración del mapa, siempre existe el predominio de uno de ellos sobre el otro, dependiendo del propósito del diseñador, de su conocimiento previo y de la claridad del texto.

Esquematizaciones

Son representaciones gráficas bidimensionales de información para clarificar conceptos clave y sus interrelaciones. Contienen dos elementos:

- Rótulos o etiquetas: representan los temas acerca de los que se dice algo en el texto. Suelen basarse en los conceptos clave determinando su importancia según su frecuencia de aparición en el texto.

- Relaciones: pueden estar expresadas en el texto o ser inferidas por el diseñador; se representan mediante líneas y flechas.

Redes semánticas

Son modelos de representación del conocimiento basados en estructuras de redes para cualquier tipo de datos. Desde el punto de vista formal, las proposiciones contenidas en un cuerpo de conocimiento se representan mediante árboles o redes que se constituyen por dos tipos de elementos:

- Nodos: representan unidades conceptuales o clases de objetos.

- Eslabones, flechas o líneas: representan las relaciones entre nodos.

El proceso básico del modelo es la propagación de la información a través de los nodos, partiendo del concepto de origen o tema de la unidad hacia conceptos específicos distantes.

Las estrategias de aprendizaje espacial reportan utilidad para el diseñador instruccional y para el alumno al permitir la construcción de bases de conocimiento que definen los concepto implicados y establecen las relaciones entre ellos; facilitan la planeación de procesos instruccionales, la selección de estrategias de aprendizaje adecuadas y promueven el aprendizaje integrado y significativo.

Propuesta metodológica para el diseño instruccional

A partir de lo expuesto hasta aquí se presenta ahora una propuesta que integra los elementos principales proporcionados por la teoría para sugerir las herramientas que permitan el análisis, estructuración y representación del conocimiento. Esta parte se divide en tres acciones: ¿qué es, por qué emplearla y cómo se hace?

¿Qué es el análisis, estructuración y representación del conocimiento?

Es una propuesta que pretende aplicar los hallazgos de la investigación en prescripciones educativas para analizar, estructurar, secuenciar y representar las metas y los contenidos de la instrucción. Incorpora concepciones derivadas de:

- Teoría del aprendizaje verbal significativo y del aprendizaje estructural.
- Psicología cognoscitiva y modelo del PHI.
- Inteligencia artificial e ingeniería del conocimiento.

Propone tecnologías provenientes de:

- Teoría de la elaboración instruccional.
- Técnicas de procesamiento de información.
- Técnicas de representación del conocimiento.
- Técnicas de análisis de contenido.
- Técnicas de análisis de tareas.

Pretende dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo promover en el alumno la adquisición de conocimientos integrados y significativos?
- ¿Cómo puede aproximarse el diseño instruccional a los modelos que el alumno emplea para procesar la información?

PERFILES EDUCATIVOS

- ¿Cómo generar un diseño instruccional eficiente que pueda obtener lo relevante del aprendizaje de una disciplina y satisfaga las necesidades del alumno?

¿Por qué emplear el análisis, estructuración y representación del conocimiento?

Los resultados de la investigación en diseño instruccional provenientes de la psicología cognoscitiva y de la inteligencia artificial sugieren que:

- El diseño instruccional requiere del análisis del conocimiento implícito en la materia.

- El análisis del contenido y el análisis de tareas no son suficientes para organizar el conocimiento.

- El modelo de representación del conocimiento del dominio es fundamental para el análisis del conocimiento.

- El aprendizaje resulta de la adquisición y organización bajo la forma de estructuras o modelos mentales.

- El alumno organiza individualmente el conocimiento en estructuras cognitivas.

- Las estructuras cognitivas funcionan a manera de esquemas simples y flexibles, aplicables a una variedad de situaciones.

- La instrucción que deliberadamente organiza y elabora el conocimiento facilita el desarrollo de modelos mentales.

El modelo de análisis, estructuración y representación del conocimiento pretende fortalecer tanto el aprendizaje del alumno como el diseño de la instrucción. Una de sus ventajas es la mayor posibilidad de lograr un aprendizaje significativo.

Los programas institucionales que utilicen estas técnicas permitirán a los alumnos:

- Localizar y recuperar con más facilidad la información en la memoria.

- Adquirir abstracciones de mayor generalidad.

- Anclar el aprendizaje con conocimientos previos.

- Procesar con mayor profundidad la información.

- Regular sus estrategias de aprendizaje.

PERFILES EDUCATIVOS

El modelo instruccional ofrece la ventaja de que las estructuras resultantes contienen lo necesario para el aprendizaje en cualquier documento instruccional, por ejemplo:

- Diseño curricular
- Videos instruccionales
- Material asistido por computadora
- Plan de clase
- Textos instruccionales

¿Cómo se hace?

El procedimiento de análisis, estructuración y representación muestra los siguientes componentes: la organización de macroniveles que incluye el análisis, estructuración y representación de la empresa que se persigue y, la organización de microniveles que diseña los componentes instruccionales adecuados para cada estructura. La primera etapa incluye:

- Planeación de la empresa educativa.
- Inventario de organización y elaboración de las estructuras de la empresa.
- Representación de los patrones de estructura de la empresa.

Planeación de la empresa educativa

La empresa educativa es una ejecución humana compleja que requiere un conjunto integrado de habilidades y conocimientos. Es la integración de diferentes tipos de conocimiento y habilidades dentro de un esquema unificado.

Lo que pretende el modelo propuesto es superar las limitaciones de la planeación por objetivos, donde se fragmenta artificialmente el contenido de un curso, perdiéndose la parte medular del proceso de aprendizaje que corresponde al conocimiento y uso de las interrelaciones que se dan en los elementos del conocimiento y que son base para la ocurrencia de proceso de codificación, almacenamiento y recuperación de información para su utilización. Las metas de aprendizaje hacen concurrir en un todo significativo diversos objetivos, salvando las interrelaciones y manteniendo los aspectos atomizados singulares.

La empresa de aprendizaje es la integración de objetivos en un nivel mayor de generalidad o comprensión para la consecución de un propósito abarcativo que involucra al alumno mismo. Es una ejecución humana compleja que requiere un conjunto integrado de habilidades y conocimiento.

PERFILES EDUCATIVOS

La empresa de aprendizaje integra metas cuya característica es ser cada vez más inclusivas y dinámicamente interactivas. El esquema de integración dependerá del tipo de meta que se pretenda según el enfoque -conceptual, técnico, creativo, etc.- que se haya determinado.

El esquema es una estructura predefinida cuyas variables son sustituidas por valores actuales referidos al conocimiento en cuestión, sea éste: aprendizaje de teorías, de conceptos o de procedimientos. Una vez que se sustituyen las variables, el esquema se convierte en una estructura de conocimiento correspondiente a un modelo mental del contenido. La finalidad de la instrucción es que el alumno ajuste este modelo mental que refleja la estructura externa del contenido al lograr la empresa, incorporándolo a su estructura psicológica o modificando modelos existentes en ella.

El diseñador instruccional deberá cuidar el cumplimiento de tres condiciones para cada empresa definida:

- Que los esquemas integren objetivos múltiples.

- Que el planteamiento del esquema se acompañe de una representación de tipo visual: redes, diagramas, etcétera.

- Que el esquema considere las variables y valores fundamentales correspondientes a los elementos de detalle del conocimiento y las habilidades, que expresen la secuencia y los propósitos de la empresa: etiquetas verbales, información verbal o conceptual, habilidades intelectuales o procedimientos, más las estrategias cognoscitivas y metacognoscitivas requeridas.

Las acciones para la planificación son:

a) Seleccionar los elementos organizadores con los que se espera realizar la habilidad compleja.

b) Determinar el marco central o foco de la empresa que servirá como esqueleto organizador para la toma de decisiones.

Si la situación requiere esquema:	→	Analice los componentes de:	→	Llene los valores del
Conocimiento causal		Aprendizaje de teorías		DICEOX
Conocimiento conceptual		Aprendizaje de conceptos		DEJEC
Conocimiento procedural		Aprendizaje de procedimientos		PROCED

c) Manifestar el escenario de la empresa, señalando cómo y cuándo cada tipo de conocimiento es requerido por la empresa.

PERFILES EDUCATIVOS

Inventario de organización y elaboración de las estructuras de la empresa

Reglas

- Cada componente del esquema de conocimiento que requiera detallarse ameritará la formulación de un objetivo múltiple.

- Para cada objetivo derivado se llenarán los valores de los esquemas de aprendizaje que correspondan.

- La secuenciación de niveles se hará de acuerdo con el criterio de elaboración.

La elaboración del inventario tiene los siguientes pasos:

a) Analice los componentes del esquema en el esqueleto organizador de su empresa educativa. ¿Cuál de los componentes requiere elaborarse?

b) Especifique una meta de aprendizaje (objetivo múltiple) para cada uno de ellos.

c) Determine el tipo de aprendizaje que demanda la meta e indique los contenidos soporte. El diseño instruccional supone tres tipos de esquemas.:

- Para teorías (conocimiento causal). Use el esquema DICEOX.

- Para conceptos (conocimiento conceptual). Use el esquema DEJEC.

- Para procesos y procedimientos (conocimiento procedural). Use el esquema PROCED.

d) Repita los pasos a-c hasta obtener el nivel de detalle fino que requiere la empresa.

Respecto al paso c, en el primer tipo de esquema las teorías se describen de manera informal como explicaciones de amplia generalidad. Las variables a considerar en el esquema sugerido para este tipo de información se cifran en el acrónimo DICEOX para mejor retención y recuerdo:

- **D**escripción: comprende la definición de la teoría con base en: los fenómenos que estudia, las ideas básicas, sus predicciones y sus métodos.

- **I**nventor: es la información relevante sobre el autor: nombre, fecha, lugar, contexto histórico, etcétera.

- **C**onsecuencias: el resultado de la aplicación de la teoría: su campo de aplicación, sus supuestos no comprobados.

- **E**videncias: es el grado de certidumbre de la teoría: experimentos que la apoyan, experimentos que la cuestionan.

- **O**tras teorías: teorías similares o en competencia.

- **X** Extra-información: cualquier otro valor que no se clasifique en las variables anteriores.

Para el conocimiento conceptual, el esquema ha sido cifrado como DEJEC:

- **D**efinición-explicación: estipula la regla para hacer juicios de pertenencia categorial y del sistema de categorización del concepto; abarca la lista de atributos críticos y el tipo de relaciones entre ellos.

- **E**xtensión: es la dimensión horizontal del concepto; se basa en un continuo de familiaridad-distancia con respecto al conocimiento previo de la persona; debe contemplar ejemplos prototípicos que son punto de referencia de la categoría, incluir los que no son prototípicos y presentar posibilidades de traslape con respecto a otras categorías.

- **J**erarquía taxonómica: establece la dimensión vertical del concepto según su abstracción e inclusividad, mostrando relaciones de supraordenación, coordinación y subordinación.

- **E**tiqueta, etimología y origen del término: son los elementos que se vinculan con la palabra que designa al concepto sentido popular, etimología, sinónimos y antónimos.

- **C**onvenciones: son las formas de representación y cuantificación del concepto mediante símbolos, fórmulas, reglas de uso, etcétera.

Para el conocimiento procedural deben tenerse en cuenta las relaciones de prerrequisito (orden en que deben ejecutarse las acciones: el alumno debe hacer **X** antes de hacer **Y**) y las relaciones de decisión (ante procedimientos alternos presentados en algún punto de la ruta: ante una condición **A** el alumno deber hacer **X** en vez de **Y** o de **Z).**

El esquema se designa como PROCED e incluye:

Requisitos: hace explícitos los componentes declarativos y procedurales.

- Situaciones y restricciones: implican estímulos y contextos, así como materiales, instrumentos y reglas de aplicación.

- Secuencia de operaciones: desglosa la actividad en los componentes necesarios para ser ejecutada y ordena éstos en un continuo riguroso y jerárquico. La secuencia de operaciones es un sistema de producción que concatena relaciones de condición-acción que puede ser lineal, ramificada o condicionada.

- Rutas alternativas: son las vías equivalentes para ejecutar un procedimiento.

- Rutas erradas: consisten en el patrón de errores usuales para prevenirlos.

Representación de los patrones de estructura de la empresa

La visualización del esquema de la empresa facilita la representación interna en el alumno y muestra las múltiples interrelaciones entre la red de esquemas.

Cada esquema se representa con formatos que corresponden a las relaciones internas que los orientan y especifican las relaciones externas entre todos.

a) Para los esquemas DICEOX y DEJEC, útiles en conocimiento declarativo y causal, se aplican:

- Jerarquías taxonómicas
- Mapas conceptuales
- Redes semánticas
- Esquemas de árbol

b) Para los esquemas PROCED, útiles en conocimiento procedural y solución de problemas, se aplican:

- Tablas de procedimiento
- Tablas de decisión
- Diagramas de flujo

Concluida la labor de diseño en el macronivel y a partir de los elementos definidos para la empresa, se procede a niveles de detalle o micronivel de selección de los componentes estratégicos de enseñanza-aprendizaje: estrategias de aprendizaje, estrategias de instrucción, actividades de aprendizaje, medios instruccionales y estrategias de evaluación.

La organización micronivel ofrece componentes estratégicos que facilitan la instrucción y el aprendizaje de cada esquema o estructura:

a) Menú de estrategias de anclaje con conocimiento previo:

- Organizadores avanzados.

- Experiencias del alumno.

b) Menú de estrategias motivacionales:

- Autodiálogo positivo.

- Manejo de la concentración.

- Manejo de la atención.

- Organización del tiempo de estudio.

c) Menú de estrategias de aprendizaje:

- Para procesamiento de información: organización, mapeo, imaginería, elaboración, redes semánticas, conceptos clave.

- Estrategias metacognoscitivas: monitoreo, autocontrol, autorregulación.

d) Menú de estrategias de evaluación: ítem de prueba, retroalimentación, repaso y práctica adicional.

Comentarios finales

Es importante considerar que todas las materias incluyen información que es tanto declarativa como procedural y teórica, por lo que la empresa debe definirse como una combinación de los esquemas aquí planteados.

Asimismo, la enseñanza debe partir de un conjunto global de ideas hacia su progresiva elaboración, complicación y detalle en niveles cada vez más específicos, para concluir en el punto de partida revisado, esto es, en el enfoque globalizador.

Dada la creciente importancia del diseño instruccional, esperamos que la propuesta aquí delineada sea de utilidad para integrar en forma armónica la diversidad de evidencias y principios derivados de la teoría instruccional, y guiar al diseñador en la planeación de empresas educativas que garanticen mejores resultados.

Notas

1. **Este trabajo es parte de uno de mayor amplitud que se elaboró para el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE) como material instruccional del Taller de Análisis, Representación y Estructuración del Conocimiento para el Diseño de Materiales Instruccionales, en la maestría en tecnología educativa.**

2. **Para Polson y Jeffries (1982) la solución de problemas es una mezcla de comprensión y búsqueda. Si la persona comprende la estructura subyacente a la tarea, a partir de la descripción del problema, o de la información que ha adquirido por su experiencia con problemas semejantes, aplicará estrategias específicas para esa tarea. De lo contrario, usará estrategias generales como el análisis medios-fin.**

3. **Greeno (1978) propone como problemas de transformación aquellos que, proporcionando los estados de inicio y meta, demandan del sujeto hallar la secuencia de movimientos legales que transformen el estado inicial en la meta.**

4. **Polya señala que el análisis de problemas matemáticos depende de un repertorio heurístico de estrategias globales que no garantizan una solución, pero ayudan a su búsqueda, por ejemplo, dividir el problema en subproblemas, resolver problemas más simples que reflejen algún aspecto del problema original, representar el problema mediante diagramas, examinar casos especiales.**

5. **Una revisión de la investigación en solución de problemas aparece en: "El proceso de solución de problemas", en *Metacognición* y estrategias de aprendizaje, Serie sobre la Universidad No. 9, CISE-UNAM, 1989; y en "Aprendizaje en solución de problemas", en Estrategias cognoscitivas, Serie sobre la Universidad No. 16, CISE-UNAM, 1991.**

6. **En "Estrategias de aprendizaje en Ciencia Cognitiva y su aplicación en la enseñanza", en Estrategias cognoscitivas, Serie sobre la Universidad, No. 16, CISE-UNAM, 1991; se presenta mayor información acerca de concepto, esquema y esquemata, así como de redes proposicionales.**

7. **El experto ajedrecista no piensa secuencialmente sus jugadas, sino mediante configuraciones de posición y probabilidades de las piezas; puede manejar aproximadamente 50,000 configuraciones o esquemas.**

8. **Se dice que un sistema basado en reglas puede razonar no sólo sobre el dominio al que pertenece el problema, sino también acerca de su propio esfuerzo de búsqueda de dos millones de configuraciones posibles.**

9. **Un sistema experto requerirá treinta segundos para decidir un movimiento sobre un espacio de búsqueda de dos millones de configuraciones posibles.**

10.**Al uso de métodos y técnicas provenientes del campo de la IA para el desarrollo de sistemas institucionales que se adapten a las necesidades y evolución de cada alumno, se le ha denominado instrucción asistida por computación inteligente (IACI). Ampliación de la información acerca del uso de principios derivados de la IACI al salón tradicional de calases, se ofrece en –el modelo del alumno en la planeación de la enseñanza-, en Materias con alto índice de reprobación, Serie sobre la Universidad, No. 13, CISE-UNAM, 1988. Una revisión de los vínculos entre psicología e inteligencia artificial, como áreas de investigación sobre procesos comunes aparece en: -Relaciones entre psicología e inteligencia artificial-, en Revista Mexicana de Psicología, vol. 7, números 1 y 2, 1990.**

Bibliografía

ANDERSON, Barry F.

1980. The Complete Thinker. A Handbook of Techniques for Creative and Critical Problem Solving. N. J. , Prentice-Hall., Inc. ARMBRUSTER, B. B. y TH. H. Anderson

1984. "Mapping: Representing Text Diagramatically", en Holley, CH. y D. F. Dansereau, Spatial Learning Strategies and Related Issues. N. Y. , Academic Press.

Idea Mapping the Technique and its Use in the Classroom: or Simulating Ups and Downs of Reading Comprehension. Reading Ed. Rep. 36, Urbana, University of Illinois, Center for The Study of Reading.

BRAVO, A., C. Sarmiento, R. García y M. Acosta

1985. "Estudio de las relaciones entre nodos conceptuales en redes semánticas: propuestas preliminares". Revista Interamericana de Psicología, UNAM, 19, 1 y 2: 57-69.

CAMSTRA, B. y J. V. Bruggen

"Schematizing: The Empirical Evidence", en Holley, CH. y D. F. Dansereau , Spatial Learning Strategies and Related Issues. N. Y., Academic Press.

CASTAÑEDA, L. M.

1989. Taller para el análisis y la estructuración de programas. Mecanograma, Universidad del Valle de México.

CHAMPAGNE, Audrey B. y Lepolde Klopfer

1981. "Structuring Process Skills and the Solution of Verbal

Problems Involving Science Concepts". Science Education, 65, 5: 493-511.

COOL, César

1988. Psicología y currículum. Una aproximación pedagógica a la elaboración del currículum escolar. Barcelona, Laia.

DANSEREAU, D. F. y L. M. Brooks

"Effects of Structural Schema Training and Text Organization of Expository Phase Processing", Journal of Educational Psychology, 75, 6: 881-820.

DE BONO, Edward

1972. The Five Day Course in Thinking. Londres, Penguin Books LTD.

1970. Lateral Thinking. A Textbook of Creativity. Londres, Ward Lock Educational.

DE CORTE, Erik, Lieven Verschaffel y Luc de Win

1985. "Influence of Rewording Verbal Problems on Children's Problem Representations and Solutions", Journal of Educational Psychology, 77, 4: 460-470.

DE VEGA, M.

1986. Introducción a la psicología cognitiva. Madrid, Alianza Editorial.

DERRY, Sharon y Debra A. Murphy

1986. "Designing Systems that Train Learning Ability: From Theory to Practice". Review of Educational Research, 56, 1: 1-39.

DIEKHOFF, George M., Pamela J. Brown y Donald F. Dansereau

1982. "A Prose Learning Strategy Training Program Based on Network and Depth of Processing Models" Journal of Experimental Education, 50, 4: 180-184.

DIJKESTRA, S.

1988. "The Development of the Representation of Conceptual Knowledge in Memory and the Design of Instruction", Instructional Science, 17: 339-350.

1991. "Instructional Design Models and the Representation of Knowledge and Skill", Educational Technology.

DONALD, Janet G.

1983. "Knowledge Structures. Methods for Exploring Course Content", Journal of Higher Education", 54, 1.

1987. "Learning Schemata: Methods of Representing Cognitive Content and Curriculum Structures in Higher Education", Instructional Science, 16: 187-211.

DUCHASTEL, Philippe C.

1990. "Cognitive Desing for Instructional Design", Instructional Science, 19: 437-444.

DUNKER, K.

1972. "On Problem Solving", en Wason, P. C. y P. N. Johnson-Laird, Thinking and Reasoning. Gran Bretaña, Penguin Books: 28-43.

EHRLICH, Stephane

1979. "Semantic Memory: a Free-element System", en Puff, C. R. Memory Organization and Structure, N. Y., Academic Press Inc.: 195-218.

FLAVELL, John H.

1978. "Metacognition", Meeting of the American Psychological Association, Toronto, Stanford University.

FREDERIKSEN, Norman

1984. "Implications of Cognitive Theory for Instruction in Problem Solving", Review of Educational Research, 54, 3: 363-407.

FRINDLY, Michael

"Methods for Finding Graphic Representations of Associative Memory Structures", en Puff, C. R. Memory Organization and Structure, N. Y., Academic Press: 85-129.

GAGNÉ, Robert

1980. "Learnable Aspects of Problem Solving", Educational Psychologist, 15, 1: 84-92.

--------y D. Merril

1992. "Integrative Goals for Instructional Design", Etr&D. 38, 1: 23-30.

GLASER, Robert

"On The Nature of Expertise", Human Memory and Cognitive Capabilities. (Incompleta).

1990. "The Reemergence of Learning Theory Within Instructional Research". American Psychologist, 45, 1: 29-39.

----------y Miriam Bassok

1989. "Learning Theory and the Study of Instruction", Annual Review of Psychologist, 40: 631-666.

GREENO, J. G.

1976. "Indefinite Goals in Well Structured Problems", Psychological Review, 83, 6, pp. 479-491.

GUTIERREZ, R.

1987. "Psicología y aprendizaje de las ciencias. El modelo de Ausubel", Enseñanza de las ciencias, 5(2): 118-128.

HANNAFIN, M. J. y LL. P. Rieber

Psychological Foundations of Instructional Design for Emerging Computer-Based Instructional Technologies.

HORTIN, John A., Robert L. Ohlsen y Barbaras Newhouse

1984. "Research for Teachers on Visual Thinking to Solve Verbal Problemas", Journal of Educational Technology Systems, 13, 4: 299-304.

JOHNSON, Stepehn C.

1967. "Hierarchical Clustering Schemes", Psycometrika, 32, 2: 241-254.

JONES, M. K. Z. Li y D. Merril

1990. "Domain Knowledge Representation for Instructional Analysis", Educational Technology.

JOYCE, Bruce

1985. "What We Need do to Teach Thinking Effectively", The Education Digest, 51, 4: 2-5.

KEPPEL, Geoffrey

1982. Design and Analysis: a Researcher's Handbook. Englewood Cliffs. N. J. Prentice-Hall Inc.

KINTSCH, Walter y James G. Greeno

1985. "Understanding and Wolving Word Arithmetic Problems", Psychological Review, 92, 1: 109-129.

KRULIK, Stepehen y Jesse A. Rudnik

1980. Problema Solving: a Handbook for Teachers. Allyn and Bacon, Boston, Mass.

LE FRANCOISE, Guy R.

1982. Psychology for Teaching. Belmont, Calif., Wadsworth Publishing Co.

LEVINE, Shelley-Helane

1984. "A Critique of the Piagetian Presupositions of the Role of Play in Human Development and a Suggested Alternative: Metaphoric Logic which Organizes the Play Experience is the Foundation for Rational Creativity", Journal of Creative Behavior, 18, 2: 90-108.

MAIER, N. R. F.

"Reasoning in Humans II. The Solution of a Problem and Its Appearence in Consciousness", en Wason, P. C. y P. N. Johnson-Laird, Thinking and Reasoning. Londres, Penguin Books: 17-27.

MERRIL, M. D., J. C. Kelety y B. G. Wilson

1981. "Elaboration Theory and Cognitive Psychology", Instructional Science, 10: 217-235.

MOREIRA, M. y J. A. Novack

1988. "Investigación en enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell: esquemas teóricos, cuestiones centrales y abordes metodológicos". Enseñanza de las Ciencias, 6, 1: 3-18.

NAVE, Benjamin, Moshe, J. Mc Keachie, Yi-Guang Lin Wilbert, y David G. Tucker

1986. "Inferring Student's Cognitive Structures and Their Development Using the "Ordered Tree Technique", Journal of Education Psychology, 78, 2: 130-140.

NELSON, Wayne A.

"Artificial Intelligence Knowledge Acquisition Techniques for Instructional Development", Educational Technology, 25, 10: 36-40.

NORTON, Priscila

1985. "Problem-Solving Activities in a Computer Environment: a Different Angle of Vision", Educational Technology, 25, 10: 36-40.

NOVACK, Joseph D.

1988. "Constructivismo humano, un consenso emergente". Enseñanza de las Ciencias, 6, 3: 213-223.

OK-CHOON, Park y Robert J. Seidel

s/f. "A multidisciplinary Model for Development of Intelligent Computer-Asisted Instruction", Etr&D, 37, 3: 72-80.

PERKINS, D. N. y G. Salomon

1989. "Are Cognitive Skills Context Bound?". Educational Researcher, 18, 1: 16-25.

PARRIL-BURNSTEIN, Melinda

1981. Problem Solving and Learning Disabilities: an Information Processing Approach. N: Y:, Grune&Stratton.

POLYA, Gyorgy

1974. Cómo plantear y resolver problemas. México, Trillas, S. A.

POSSNER, G. J.

1979. "Instrumentos para la investigación y desarrollo del currículum. Aportaciones potenciales de la ciencia Cognoscitiva". Perfiles Educativos, 6, UNAM: 17-26.

---------- Y K. Strike

1976. "A Categorization Scheme for Principles of Sequencing Content", Review of Educational Research, 46, 4: 665-690.

REIGELUTH, Charles M.

1979. "In Search of a Better Way to Organize Instruction: The Elaboration Theory", Journal of Instrucional Developments, 2: 8-15.

---------- M. Davil Merril y C. Víctor Bunderson

1978. "The Structure of Subject Matter Content and Its Instructional Design Implications", Instructional Science, 7, 1978: 107-126.

REITMAN, Judith S. y Henry H. Rueter

1980. "Organization Revealed by Recall Orders and Confirmed by Pauses", Cognitive Psychology, 12: 554-581.

RICHARDS, Boyd F.

s/f "Should Instructional Designers Design Expert Systems?", Etr&D, 37, 3: 63-71.

SAMSON, Richard W.

1970. Problem Solving: Improvement a Program for Self Instruction. N. Y., Mc Graw-Hill Book Co.

SCANDURA, Joseph M.

1977. Problem Solving: a Structural Process Aproach With Instructional Implications. N. Y. Academic Press.

1984. "Structural (Cognitive Task) Analysis: a Method for Analysing Content", Journal of Structural Learning, 8:1-28.

1981. "Problem Solving in Schools and Beyond. Transitions from Naive to the Neophyte To The Master", Educational Psychologist, 16, 3: 139-150.

SCHALLERT, D. L.

"Evolving Description of Text Through Mapping", en Holley, Ch. y D. F. Dansereau, Learning Strategies and Related Issues, N. Y. , Academic Press.

SCHAVELSON, Richard J. y George C. Stanton

1975, -Construct Validation: Methodology and Application to Three Measures of Cognitive Structure- , Journal of Educational Measurement, 12, 2: 67-85.

SIMON H. A. y A. Newell

1976. "Human Problem Solving: the State of the Theory in 1970", Journal of Structural Learning, 5, 1/2: 131-151.

SLIFE. Brent D., John Weiss y Thomas Bell

1985. "Separability of Metacognition and Cognition: Problem Solving in Learning Disabled and Regular Students", Journal of Educational Psychology, 77, 4: 437-455.

STERNBERG, R. K.,

1983. "Criteria for Intellectual Skills Training", Educational Research, 1, 2: 61-12.

STOJANOVIC, Lily,

1989. "Análisis de tareas (A. T.) y adquisición de esquemas en el diseño instruccional orientado hacia la solución de problemas", Informe de Investigaciones Educativas, III, 1, 83-96.

TILVING, E.

1972. Organization of Memory, N. Y., Academic Press: 385-386.

ULLMER, Edon.

"High Techinstructional Development: It's Thought that Counts", ETR&, 37, 3: 95-105.

WEAVER III, CH. A. y W. KINTSCH

1988. "The Conceptual Structure of Word Algebra Problems", Technical Report 88-11, University of Colorado.

WYLIE JR., C. R.

1957. Puzzles in Thought and Logic. N: Y., Dover Publications Inc.