

Propuesta de un modelo para el desarrollo de sistemas instruccionales

Isabel Peirano Arrau^{*}
Francisco Cárdenas Osco^{**}
Miguel Nussbaum Voehl^{***}
Ricardo Rosas Díaz^{****}

-
- * Alumna Magister en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- ** Alumno Magister en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- *** Ingeniero Civil. Director Investigación y Postgrado Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- **** Psicólogo U.C., PhD. U. Libre de Berlín. Profesor de Psicología. Pontificia Universidad Católica de Chile.

En el presente trabajo, se plantea un modelo de desarrollo de Sistemas Tutoriales Inteligentes que se basa en la reutilización de conocimiento, encapsulándolo en estructuras predefinidas. Estas estructuras son editadas por un educador para generar actividades que son ejecutadas por un simulador que es controlado por un sistema experto que media con el educando, para ajustarse a las necesidades de éste.

El modelo subyacente tomó elementos instrucionistas de los Sistemas Tutoriales Inteligentes (ITS) y elementos constructivistas para estimular la atención del educando.

Se implementa el modelo propuesto para la práctica de ciertas habilidades del apresto matemático en preescolares.

This article presents a developmental model of Intelligent Tutorial Systems based on reusefulness of knowledge, organized in predefined structures. These structures are edited by teacher to generate activities that are executed by a simulator, controlled by an expert system that mediates with the student, in order to respond to his needs.

The underlying model took instructional elements from Intelligent Tutorial Systems and constructivist elements to stimulate students' attention.

The proposed model is implemented for preparation of mathematics abilities in pre school children.

1. Introducción

Desde hace un par de décadas, los investigadores en inteligencia artificial estudian la aplicación de sistemas expertos en la educación. Una de sus contribuciones son los Sistemas Tutoriales Inteligentes (ITS: Intelligent Tutoring Systems). Estos sistemas buscan emular la interacción que se produce entre un educador, que es experto en cierto dominio del conocimiento, y un alumno, que desea aprender tales conceptos y contenidos. Los ITS son Sistemas de Instrucción Apoyados por Computador (CAI: Computer-Aided Instruction), en cuyo núcleo yace un Sistema Experto, que permite acompañar al alumno en la construcción de la solución del problema, detectando los conceptos o contenidos que el alumno desconoce o no utiliza adecuadamente, pudiendo así introducir las modificaciones al plan instruccional que considere necesarios (Rickel, 1989).

Uno de los objetivos en el desarrollo de dichos sistemas es la reutilización de contenidos (III International Conference on ITS, 1996). Generalmente, se realiza desarrollo de ITS en base a prototipos y éstos son realizados de manera incremental a través de sucesivos refinamientos. La base es el diseño modular de sus componentes, lo que permite reusabilidad del conocimiento en aplicaciones diferentes. Es posible reutilizar conocimiento en diferentes niveles, desde reutilizar la base de conocimiento (del dominio), hasta reutilizar la arquitectura completa de un ITS para desarrollar un nuevo sistema (Arruarte, Elorriaga, Fernández-Castro y Ferrero, 1996). Sistemas muy generales, ITS shells, son o muy genéricos, o pedagógicamente débiles, o demandan una gran cantidad de esfuerzo para realizar una aplicación, comparados con los ITS individuales confeccionados a medida. En un punto intermedio están los sistemas que se restringen a un dominio o tarea específica (Blumenthal, Meiskey, Doodley y Sparks, 1996).

Habiéndose introducido los ITS hace más de una década, ¿por qué no son empleados tan profusamente como habría de esperarse?

En primer lugar, son objeto de atención los dominios que son escogidos para servir de base al desarrollo de un ITS. Sea cual fuese

el dominio elegido, es necesario conceptualizar profundamente el conocimiento asociado a éste. El sistema experto no sólo debe poseer información respecto al tipo de problemas a presentar al alumno y la forma en que éstos se resuelven, sino que también debe conocer cuáles son los potenciales errores que éste puede cometer y la forma en la cual intervenir, para corregir dichos errores. Hasta ahora, han podido ser conceptualizados con éxito dominios con un nivel de complejidad relativamente bajo, los cuales no resultan tan atractivos, precisamente por su simplicidad.

En segundo término, los ITS, en su concepción original, están basados en estrategias instruccionalistas. Estas centran el proceso de enseñanza en el educador, quien define el conjunto de conocimientos y habilidades, así como el orden en que éstos deben ser presentados a los alumnos. La enseñanza suele encontrarse desvinculada del contexto en que dichos conocimientos suelen ser aplicados en la vida cotidiana, lo que dificulta su comprensión y valoración por parte de los alumnos.

Como último aspecto, se tiene el alto costo que implica el proceso de desarrollo de un ITS. Resulta necesario contar con el apoyo de equipos multidisciplinarios, que lleven a cabo la encapsulación de conocimientos, la elección de estrategias instruccionales, el desarrollo de interfaces y mecanismos de comunicación adecuados, así como la implementación y validación de los mismos. La experiencia previa indica que no ha resultado fácil construir sistemas que reutilicen componentes desarrollados con anterioridad, lo que no contribuye a abaratar los costos de desarrollo.

La tendencia actual, respecto del desarrollo de ITS, es complementar estrategias instruccionalistas con constructivistas (Cunningham, 1996). Esta última centra el proceso de aprendizaje en el alumno, el cual es expuesto a situaciones o ambientes de aprendizaje que le permiten lograr una construcción interna del conocimiento. Vygotsky afirma que el desarrollo de estructuras de conocimiento supone la existencia de dos momentos diferenciables a lo largo del tiempo (Rosas, Strasser, Nussbaum, Buzeta y Moulian, 1996): Un primer momento de exposición al contenido a ser aprendido, en que el significado de

éste es dado externamente al alumno, y un segundo momento dado por una construcción interna de significados, a partir de la experiencia vivida por *el* alumno. Con relación al orden y progresión de la exposición de contenidos, se sabe que el alumno no siempre se encuentra preparado para elaborar internamente cualquier concepto. Vygotsky afirma que, para que el proceso de aprendizaje resulte efectivo, el educador debe escoger los contenidos de modo de moverse dentro de la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) del alumno. Para determinar qué contenidos componen, en un momento dado, la ZDP de cierto alumno, resultan provechosos los conceptos del paradigma instruccionalista. De esta forma, la intención educadora no se deja al azar. La flexibilidad de la estrategia constructivista se logra al construir un ambiente de aprendizaje donde el niño puede seleccionar y explorar las actividades instruccionalistas. Esta posición conciliadora de estrategias procura que el control del proceso de aprendizaje sea compartido entre el alumno y el educador.

Existen distintos modelos de herramientas para desarrollar Software Educativo, CBL (Computer Based Learning). Davies y Brailsford (1996) especifican una taxonomía que identifica dos dimensiones: los requerimientos de autoría (programación/no programación) y el estilo de desarrollo (script/no script). En el primer cuadrante, están herramientas que requieren programación y uso de scripts, como los lenguajes de propósito general (Ej. Visual Basic). En el segundo cuadrante, están herramientas menos genéricas, que requieren de programación, generalmente utilizando iconos (Ej. Authorware). En los 3er y 4to cuadrantes, tenemos ambientes de alto nivel, que no requieren de programación, con o sin guiones (script) (Ej. Director guiado por scripts, Guide sin Scripts). El sistema propuesto se encuentra en el cuarto cuadrante, donde la forma de edición de contenidos se realiza empleando un ambiente gráfico, sin uso de scripts, que no requiere programación por parte del educador.

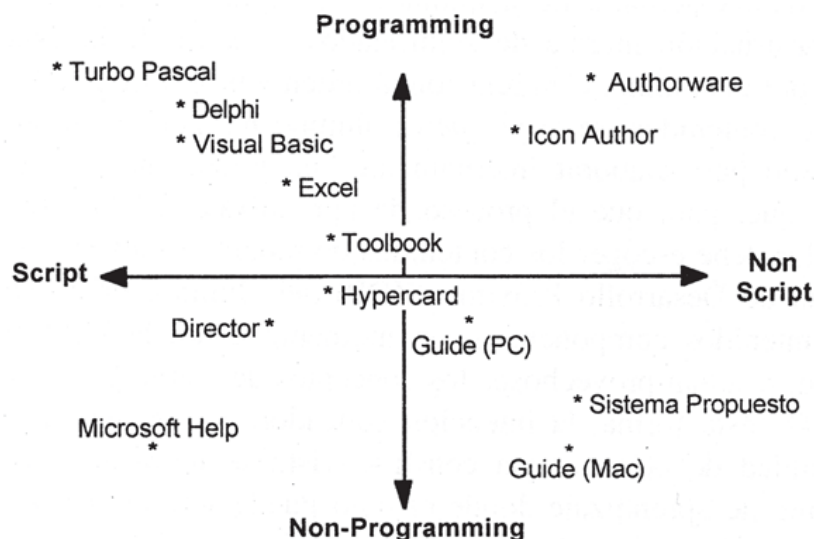


Fig. 1: Clasificación de herramientas de autoría.

El objetivo central de este trabajo es especificar una herramienta para educadores, sin conocimientos de desarrollo de software, para desarrollar aplicaciones tutoriales en cierto dominio. El educador hace uso de conocimiento encapsulado, para escoger los contenidos deseados para generar automáticamente ejercicios. Estos ejercicios son confeccionados y evaluados en tiempo real, de acuerdo con las circunstancias específicas del alumno, siendo capaz de mediar con éste, para así lograr el máximo aprovechamiento de la sesión de ejercitación. El control del proceso de aprendizaje se encuentra distribuido entre el alumno, el educador y el sistema. El alumno puede escoger las actividades que desea realizar, dentro de un subconjunto especificado por el educador, mientras que el sistema gradúa la complejidad de los ejercicios que le son presentados al alumno, en base a su desempeño. En un primer momento, el control es administrado principalmente por el sistema en forma externa al alumno, el que actúa bajo las indicaciones del educador. A medida que el alumno logra mayor experiencia en el empleo de los contenidos y conceptos, adquiere un mayor grado de control sobre la herramienta, pudiendo dirigir la secuencia de aprendizaje de acuerdo con sus intereses particulares. En las secciones siguientes, se describe el modelo propuesto, explicando los dife-

rentes roles involucrados y su relación con el concepto de reutilización. Posteriormente, se ve una implementación en el dominio del apresto de las matemáticas.

2. Usuarios del Sistema Instruccional

Pueden identificarse tres tipos de usuarios. En primer lugar, el alumno, que desea adquirir nuevo conocimiento como consecuencia de su interacción con el sistema. Su participación se circunscribe a la sesión de ejercitación, durante la cual se presentan múltiples alternativas de ejercicios, entre las cuales puede optar.

El segundo es el educador, un participante activo, que desempeña dos roles. Sin poseer necesariamente conocimientos de computación, desempeña el rol de desarrollador, Fig. 2, esto es, la generación de ejercicios, utilizando el sistema como herramienta de autoría, instantaneando los contenidos. El segundo rol del educador es el de usuario, Fig. 3. Durante la sesión de ejercitación, el sistema tutorial le informa sobre el quehacer del alumno. Con posterioridad al desarrollo de la sesión, el educador puede efectuar un análisis del desempeño de sus alumnos, tanto en forma individual como agregada.

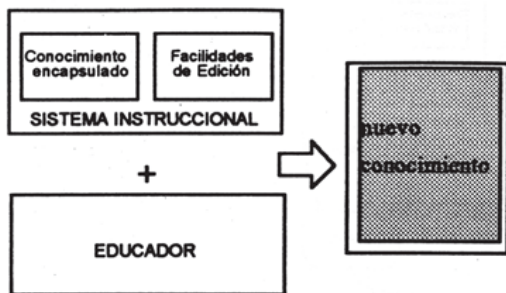


Fig. 2: El Educador como "Productor".

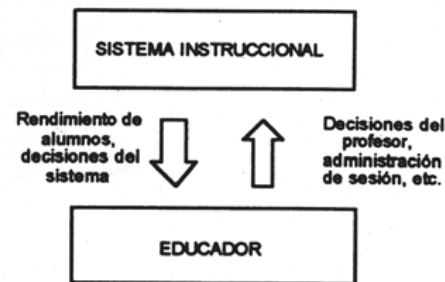


Fig. 3: El Educador como "Usuario".

Una ventaja implícita al considerar explícitamente al educador como parte del sistema instruccional, está dada por la necesidad que éste experimenta por comprometerse en el desarrollo y empleo del sistema. Existe una relación entre el compromiso y la utilización de software educativo al interior de las escuela (Van der Mast, 1995). Entregando un rol activo al educador, al seleccionar contenidos y entregarle información detallada del proceso de ejercitación, el sistema se convierte en una herramienta subordinada a sus necesidades.

El último usuario es el experto en el dominio, rol desempeñado por un educador o un psicólogo educacional que conoce en profundidad el modelo subyacente del sistema. Tiene la facultad de efectuar modificaciones que alteran el funcionamiento interno del sistema, empleando un lenguaje de alto nivel, por medio de menús y gráficas, evitando así la necesidad de alterar el código fuente con el que se ha implementado el sistema tutorial.

3. Arquitectura del Modelo

El sistema ha sido concebido cumpliendo cuatro requerimientos básicos, que se ilustra en Figura 4, junto a la interacción con los usuarios:



Fig. 4: Interacción de los Usuarios y el Sistema.

I) Ser Flexible. Un editor permite al educador realizar “actividades de entrenamiento”, ingresando la semántica que requieren las actividades, transfiriendo su propio conocimiento del dominio del problema al sistema. La interacción con la máquina debe ser amigable al educador, ya que no necesita ser un usuario experto de computadores; así que el lenguaje para capturar el conocimiento del educador debe ser gráfico y utilizar su lenguaje. Figura 5 ilustra el configurador de categorías de elementos, denominado Clasificador, cuyo usuario es el educador. Su misión es organizar, en la base de datos, las categorías simples, secuencias y elementos pares. Su interfaz es sencilla e intuitiva, manteniendo independencia con respecto a las estructuras. Figura 6 ilustra el Editor de Actividades, en el cual el educador instancia una estructura, brindándole contexto a través de un enunciado y un fondo, el que luego es asociado con un conjunto de tipos de datos, para definir así las actividades.

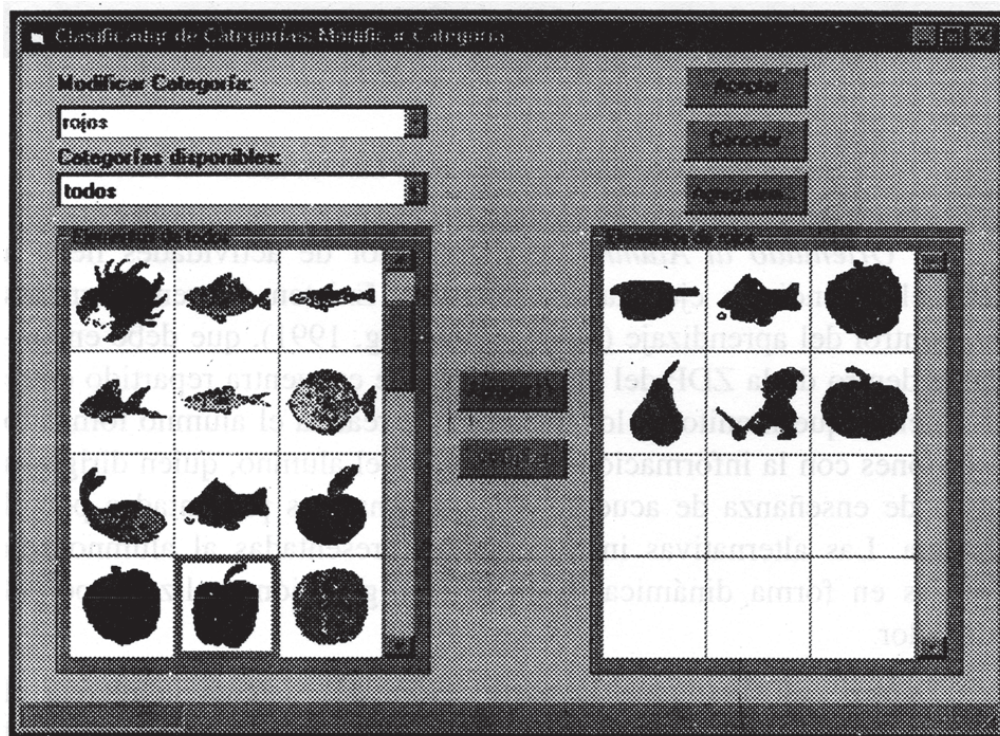


Fig. 5: Ejemplo de modificar Categoría.

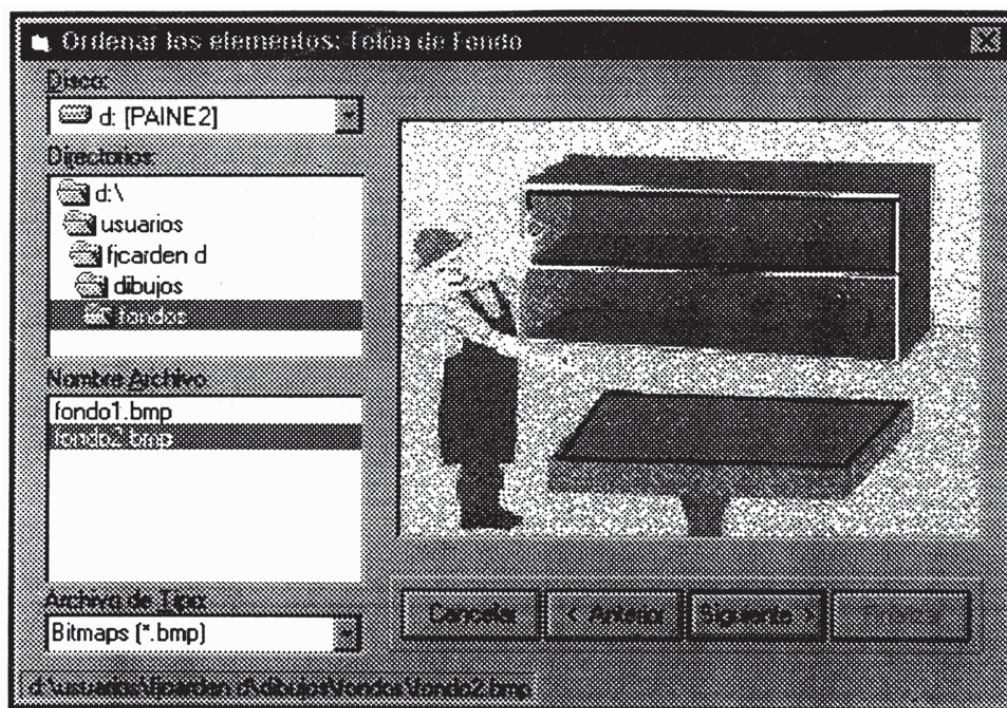


Fig. 6: Elección telón de fondo en la Edición de Actividades.

2) *Orientado al Alumno:* Un simulador de actividades lleva a cabo el aprendizaje ejercitando destrezas. Existen diferentes grados del control del aprendizaje (Self y Cumming, 1991), que debe encontrarse dentro de la ZDP del alumno. Este se encuentra repartido entre el sistema, que monitorea los eventos que realiza el alumno tomando decisiones con la información registrada, y el alumno, quien dirige su ritmo de enseñanza de acuerdo a las alternativas presentadas por el sistema. Las alternativas instruccionales presentadas al alumno son creadas en forma dinámica, dada la configuración realizada por el educador.

Dentro del simulador, la parte activa del sistema la realiza el sistema experto. Este monitorea las acciones del alumno y ordena al resto del sistema qué acción tomar a continuación. Este está constituido por un monitor interactividades, que analiza el comportamiento general

del alumno y su evolución en el aprendizaje considerando el conjunto posible de actividades, y un monitor intraactividades que analiza el desempeño del alumno al interior de una actividad.

3) *Capacidad de Análisis*: Un evaluador presenta resultados del desempeño del alumno en particular o de un grupo de alumnos, en forma gráfica para un mejor análisis, para una evaluación por parte del educador, o del experto.

4) *Administración de Actividades*: Es el medio de comunicación y sincronización entre los módulos del sistema, mediante el almacenamiento y consulta de los parámetros del sistema. Aquí se mantienen almacenados el conocimiento del experto y del educador.

4. Conceptualización del Dominio

El modelo descrito anteriormente, si bien no impone a priori restricciones respecto del tipo de dominio que puede ser implementado, presenta características que hacen aconsejable su empleo para el entrenamiento de ciertas habilidades por sobre otras. Es así como su utilización es recomendada principalmente en aquellos dominios que hacen uso de ejercitación y práctica, como un medio de consolidar los conocimientos adquiridos.

Aunque la tendencia actual apunta a dejar de lado la ejercitación como técnica de aprendizaje, ésta sigue siendo válida en el desarrollo de aquellas habilidades básicas que requieren respuestas automáticas, con el fin de poder construir sobre ellas otras habilidades de orden superior. De esta forma, las personas consiguen liberar su atención de estas labores triviales, pudiendo concentrarse en aquellos aspectos complejos del problema que desean resolver (Norman y Spohrer, 1996).

Un grupo de usuarios que se beneficia de estas técnicas de enseñanza son los niños durante sus primeros años de desarrollo, quienes deben aprender múltiples contenidos, para conocer y entender las relaciones existentes en el mundo que los rodea. Dominios en que es

necesario el empleo de ejercitación y práctica son, entre otros, la enseñanza de la lectura y escritura, nociones de música y aritmética.

Una consideración adicional, respecto de la aplicación del modelo a cierto dominio, guarda relación con el supuesto de que el sistema tutorial está concebido para ejercitar contenidos y habilidades que ya han sido presentados previamente al alumno por el educador, otros mediadores (padres, hermanos, amigos) o por la misma relación con el entorno social (televisión, libros, etc.). El sistema tutorial viene entonces a ejercitar dichos contenidos, facilitando la construcción de un significado interno para el alumno.

Para efectos de demostrar la aplicación del modelo, se ha escogido, como dominio, el desarrollo de habilidades matemáticas básicas, relacionadas con la adquisición del concepto de número en preescolares. Este dominio cumple con el requisito de emplear, como una posible metodología de trabajo, la ejercitación y práctica. El sistema tutorial, en consecuencia, ofrecerá a los niños actividades de entrenamiento, las que son definidas mediante la edición de conocimientos, utilizando instancias de los módulos descritos en las secciones anteriores.

Los preescolares (niños de entre 2 y 5 años) se encuentran en proceso de desarrollar múltiples habilidades, tanto en el plano cognitivo, emocional y social. Dentro del ámbito cognitivo, se cuentan la adquisición del lenguaje, el desarrollo de la lecto-escritura y del razonamiento lógico-matemático. Este proceso va aparejado con el desarrollo de habilidades psicomotoras, que le permiten al niño utilizar su cuerpo para operar distintas herramientas. Posteriormente, todas estas habilidades le servirán para acceder a nuevas formas de conocimiento, las que eventualmente podrían ser aprendidas empleando distintas metodologías.

Es reconocida la existencia de ciertas características propias de los niños en edad preescolar, a las que se puede apelar al diseñar planes instruccionales orientados a este grupo: el instinto de propiedad, el gusto por coleccionar objetos, el amor por la repetición, el deseo de observar y la necesidad de orden (Bandet, 1968).

Una vez determinado el dominio es necesario conceptualizar el conocimiento a encapsular. Para esto se utilizó la siguiente metodología:

Paso N° 1: Definir los conceptos y contenidos relacionados con el dominio de las habilidades matemáticas básicas.

De las investigaciones realizadas en el ámbito de la educación matemática inicial y la psicología cognitiva, y especialmente a partir de los trabajos desarrollados por Jean Piaget, se ha relacionado el desarrollo del concepto de número con el desarrollo de ciertas destrezas, las cuales pueden ser agrupadas en clasificación, correspondencia, seriación y conservación de la cantidad (Rencoret, 1994; Kamii, 1984; Dickson, Brown y Gibson, 1991). Estas habilidades y destrezas pueden ser organizadas en las siguientes áreas de trabajo:

El *área del lenguaje*, que se relaciona con ejercitar el uso de aquellas palabras que el niño ha aprendido en el medio social y tienen significación dentro del contexto matemático. Ésta incluye el uso correcto de cuantificadores (todos, algunos, muchos, pocos, ninguno, etc.), comparadores (chico, grande, alto, bajo, lleno, vacío, etc.), vocabulario espacial (arriba, abajo, adentro, afuera, adelante, atrás, derecha, izquierda, etc.), cuerpos geométricos (círculo, triángulo, cuadrado, cubo, esfera, pirámide, etc.), vocabulario temporal (antes, después, ayer, hoy, mañana, etc.) y los primeros números (uno, dos, tres, ... diez).

El *área de los conjuntos*, dado que este concepto es fundamental en el aprendizaje matemático. Incluye los conceptos de pertenencia y no pertenencia a un conjunto determinado, correspondencia entre los elementos de dos conjuntos según alguna relación, equivalencia entre dos o más conjuntos y clasificación de acuerdo con uno o más criterios (concepto de clase de objetos).

El *área de las series*, que consiste en ordenar los elementos de un conjunto según un criterio (p. ej. tamaño, color, cantidad, etc.).

El *área de las transformaciones*, relacionada con la condición invariante de la cantidad o cardinalidad de un conjunto, independien-

te de la disposición física o apariencia externa, tanto para cantidades continuas como discontinuas.

Paso N° 2: Enumerar las metodologías que pueden ser empleadas en la ejercitación y entrenamiento de estas nociones

En términos generales, según orientaciones proporcionadas por el National Council of Teachers of Mathematics (1992), se espera que los niños sean capaces de explorar, justificar, representar, resolver, construir, discutir, usar, investigar, describir, desarrollar y predecir relaciones, empleando los conceptos antes mencionados. Para esto, ellos deben tener la oportunidad de estar en contacto con gran variedad de materiales manipulativos (fichas, cubos ajustables, palillos, emboques, bloques lógicos, mosaicos, regletas, barras de colores, botones, semi-llas, cajas, etc.).

Específicamente, el trabajo a realizar en el *área del lenguaje* es:

- Percibir las propiedades de los objetos al manipularlos
- Establecer comparaciones entre objetos
- Observar diferencias y similitudes cualitativas y cuantitativas

En el *área de los conjuntos*, el trabajo se relaciona con:

- Formar conjuntos con objetos concretos
- Reconocer relación de pertenencia y de no pertenencia al conjunto
- Discriminar y usar conceptos: conjunto, elemento, pertenencia
- Discriminar y nominar conjuntos equivalentes
- Discriminar y nominar el conjunto vacío
- Reconocer y determinar la cardinalidad de un conjunto
- Discriminar y usar los cuantificadores (todos, muchos, algunos, etc.)
- Clasificar objetos, basándose en el criterio de uso (para qué se usa el objeto)

- Clasificar objetos, basándose en algún otro criterio
- Clasificar material estructurado, usando un criterio a la vez: color, forma o tamaño
- Clasificar material estructurado, usando dos criterios a la vez
- Clasificar material estructurado, usando diferentes criterios a la vez
- Establecer correspondencia objeto a objeto con encaje (Ej.: calzar figuras en ranuras)
- Establecer correspondencia objeto a objeto por afinidad natural (Ej.: taza con plato)
- Establecer correspondencia objeto a signo (Ej.: una persona y su nombre)
- Establecer correspondencia signo a signo (Ej.: corazón...)

En el *área de las series*, el trabajo consiste en:

- Ordenar una serie de 3 elementos (preserie), de menor a mayor y viceversa
- Ordenar una serie de 4 elementos, de menor a mayor y viceversa
- Ordenar una serie de 5 ó 6 elementos, de menor a mayor y viceversa
- Establecer correspondencia entre 2 series ordenadas
- Establecer correspondencia cruzada entre 2 series
- Designar la posición que ocupa un elemento dentro de una serie

En el *área de las transformaciones*, el trabajo a realizar por los niños es:

- Reconocer conservación de cantidad discontinua
- Reconocer conservación de cantidad continua

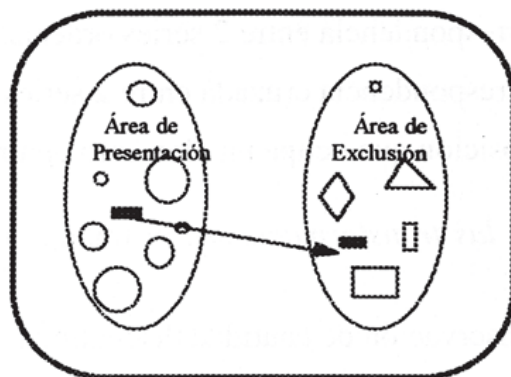
Paso N° 3: Analizar la funcionalidad asociada a cada tipo de metodología; buscar equivalencias entre metodologías que operan sobre diferentes contenidos.

De entre todas las formas que adopta la ejercitación, resultó necesario seleccionar aquellas metodologías que son factibles de entrenar empleando un computador. Cabe destacar que el computador constituye una herramienta más, por lo que no puede ni pretende desplazar el empleo de otros materiales instruccionales. Los niños continúan necesitando el contacto y la experiencia previa con materiales concretos, siendo deber del educador y de quienes se relacionan con el niño el proporcionarlos.

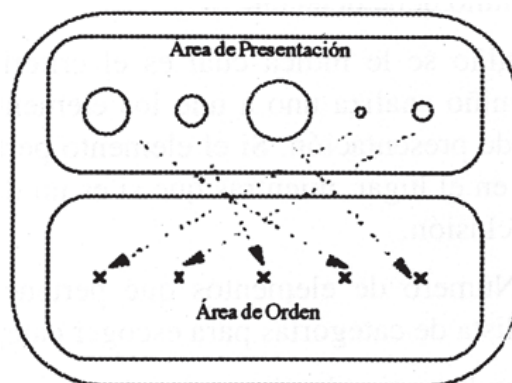
Paso N° 4: Sintetizar las metodologías en estructuras, definir su funcionamiento y parámetros que definen un ejercicio.

Ahora es posible describir las estructuras en base a las metodologías, las que posteriormente van a permitir la confección de actividades por parte del educador. Por restricciones relacionadas con la implementación, fueron seleccionadas y descritas en detalle 6 estructuras, pudiendo definirse otras como una prolongación natural del trabajo.

Estructura 1: Excluir elementos que no pertenecen a determinada Categoría.



Descripción: Se presenta al alumno un conjunto mixto de elementos, entre los cuales se encuentran algunos que cumplen cierto

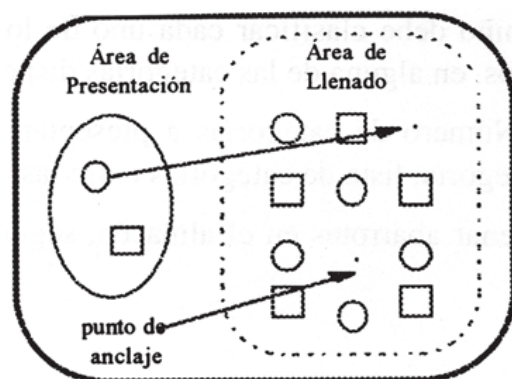
Estructura 3: Formar Secuencias Objetivas.

Descripción: Se presenta una serie de imágenes o cuadros que son susceptibles de ser ordenados en forma única según un criterio objetivo. Se indica, además, al niño la dirección del ordenamiento (p. ej.: de más grande a más chico).

Objetivo: El niño debe mover cada imagen para conformar la secuencia ordenada.

Parámetros: Largo de la secuencia, grado de desorden de los elementos a presentar, granularidad con que se escogen elementos de la secuencia, lista de categorías para escoger.

Ejemplo: Ordenar cronológicamente los cuadros que describen la caída de un florero al suelo (florero sobre la mesa, florero cayendo, florero en el suelo quebrado).

Estructura 4: Completar Secuencias.

Descripción: Se presenta un conjunto de objetos que siguen una secuencia (unidimensional o bidimensional), en la que faltan uno o dos elementos. Para la construcción de estas secuencias, se dispone de una biblioteca de plantillas predefinidas. Se ponen a disposición del niño varios elementos que puede emplear para completar los espacios, faltantes.

Objetivo: El niño debe escoger, de entre los elementos disponibles, el que sigue el patrón definido en la secuencia.

Parámetros: Plantilla para escoger patrón, número de elementos ausentes, número de opciones para escoger cada elemento ausente. lista de categorías para escoger elementos a presentar.

Ejemplo: Reponer productos en la estantería de un supermercado.

Estructura 5: Establecer Asociaciones de tipo Exacto.



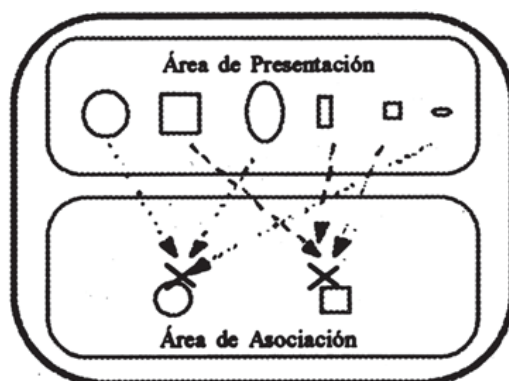
Descripción: Se genera una lista de imágenes o sonidos, los que se presentan uno a la vez. Cada elemento debe ser vinculado con alguna de las imágenes existentes en un área con forma de botonera, de acuerdo con alguna relación existente entre ambos.

Objetivo: El niño debe ser capaz de establecer relaciones entre pares de elementos.

Parámetros: Número de elementos que conforman la lista, tipo de elementos de la lista (imagen o sonido), número de elementos disponibles en la botonera, lista de categorías para escoger elementos.

Ejemplo: Reconocer el sonido característico de diferentes objetos, vinculándolos con la imagen del objeto.

Estructura 6: Establecer Asociaciones de tipo Arbitrario.



Descripción: Se presentan simultáneamente múltiples elementos-pregunta, cada uno de los cuales puede ser relacionado con diversas alternativas de respuesta. El hecho de que existan múltiples alternativas para escoger, no implica que todas las alternativas constituyan respuestas válidas.

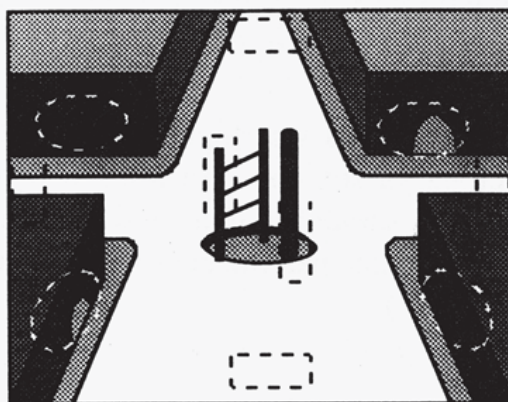
Objetivo: El niño debe especificar una relación válida para cada uno de los elementos-pregunta que se han dispuesto.

Parámetros: Número total de elementos que deben ser asociados, número de alternativas para escoger cada asociación, lista de categorías para escoger elementos.

Ejemplo: Vestir al niño con ropa pequeña y al papá con ropa grande.

Un aspecto de particular importancia se refiere al manejo del control durante el desarrollo de la sesión. El alumno puede escoger las actividades de entrenamiento que le resulten más atractivas, de entre el conjunto de actividades que el educador ha especificado y puesto a disposición del sistema. Esto se logra permitiendo al niño “navegar”.

Estructura 7: Navegación.



Descripción: Se presentan al usuario múltiples iconos, cada uno de los cuales está relacionado con una actividad a la que se puede acceder si éste es seleccionado.

Objetivo: El niño debe escoger, de entre todas las alternativas que tanto el educador como el sistema (dinámicamente) consideran que se ajustan a su nivel de trabajo, aquella que le resulta de interés.

Parámetros: Número de opciones que se presentan al niño, lista de actividades disponibles para el niño, lista de iconos asociados a las actividades.

Ejemplo: Escoger cuál es la próxima actividad.

Las estructuras operan sobre tres tipos de objetos diferentes:

1. Las categorías de elementos simples están compuestas por conjuntos de objetos, cuya naturaleza es una imagen, donde el contenido visual determina el elemento que se quiere representar (p. ej.: una gallina, un pollito, un conejo, un pato, un ganso, un chanchito y un caballo pertenecen a la categoría animales de la granja), y una descripción de los mismos (que suele corresponder al nombre del elemento: "gallina").
2. Las secuencias de elementos son categorías que agrupan series de elementos cualitativamente similares, los cuales poseen un orden relativo según algún criterio cuantitativo (p. ej.: una secuen-

cia de botellas de menor a mayor tamaño). La naturaleza de estos elementos también está conformada por una imagen, y una descripción que es común a toda la secuencia (p. ej: “secuencia de botellas según tamaño”).

3. Los pares de elementos son duplas compuestas por una imagen, que se relaciona ya sea con otra imagen o bien con un sonido (p.ej.: par imagen-sonido: la imagen de una ambulancia asociada al sonar de su sirena; par imagen-imagen: dos flores asociadas con el numeral “2”).

5. Descripción de Procesos en el Sistema

Los procesos se inician con la edición, Figura 7. El educador dispone de un Ambiente de Edición conformado por los módulos Clasificador y Editor de Actividades. El Clasificador es empleado para ingresar al sistema el contenido instruccional, bajo la forma de categorías, secuencias y elementos pares. Aquí, el educador incorpora imágenes y sonidos¹, dándole descripciones adecuadas. Posteriormente, el educador utiliza el módulo Editor de Actividades, donde crea actividades para el entrenamiento del niño. Esto lo realiza escogiendo una estructura de funcionamiento (de entre las disponibles en el sistema, que previamente han sido conceptualizadas por el experto). El editor le solicita un nombre apropiado, una imagen que sirva de contexto (fondo), un enunciado para la actividad, y una lista de categorías de elementos, de entre las existentes en el Clasificador. El educador puede crear prácticamente infinitas actividades a partir de las estructuras proporcionadas por el sistema, limitadas sólo por espacio.

Una vez definidas algunas actividades, es posible llevar a cabo la ejercitación del niño. Para esto, el educador debe iniciar una sesión de trabajo en el Simulador, identificando al niño. Si el niño ha empleado con anterioridad el sistema, éste carga la historia disponible respecto de ese niño; en caso contrario, inicia un nuevo registro para el alumno.

1. La edición de imágenes y sonidos se realiza en forma externa al sistema.

En caso de existir alguna nota recordatoria para el educador (por ejemplo, indicación de un elemento deshabilitado), ésta es mostrada al educador, quien puede emplear el módulo Habilitador para efectuar ajustes.

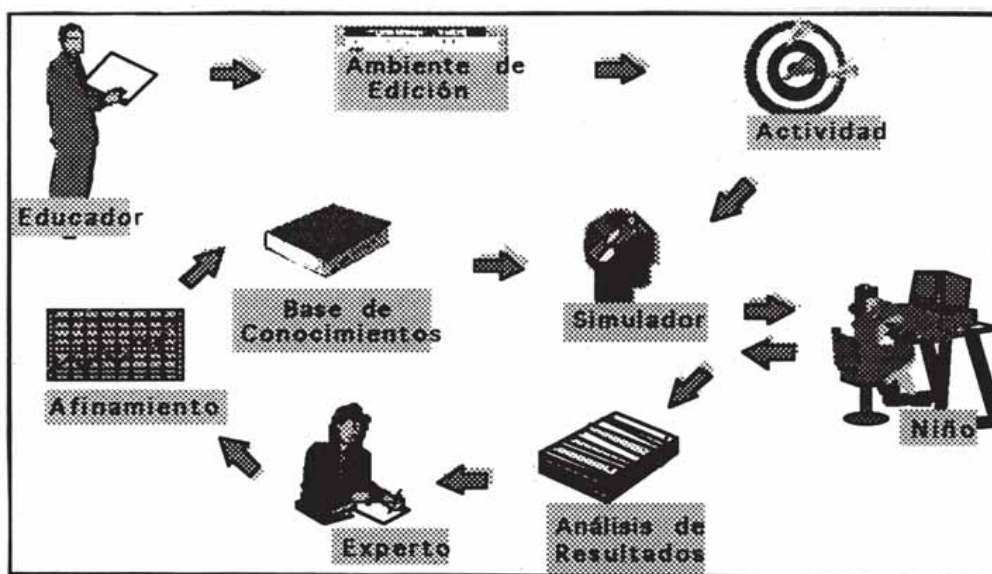


Figura 7: Relación de Procesos y Usuarios en el Sistema

Luego, comienza la sesión de trabajo. Se le presenta al niño una pantalla, que lo sitúa en un contexto que le resulte familiar, dándole la oportunidad de explorar. En ella hay iconos o botones, que actúan como “puertas” hacia “lugares” donde le serán presentadas actividades, de acuerdo con su nivel de desarrollo. Una vez que el niño ingresa a un lugar (utilizando el mouse), se despliega un breve enunciado que explica al niño en qué consiste el “juego”. Ahora toca el turno de actuar al niño, quien puede mover objetos, hacer click en botones, dependiendo del tipo de actividad. Sus acciones son permanentemente registradas y evaluadas por el Simulador, el que toma decisiones empleando las reglas y los valores vigentes de los parámetros. De esta forma, los ejercicios son evaluados, se activa o desactiva la ayuda, se modifican los valores de los parámetros y se generan mensajes al educador. Durante la sesión, el sistema hace uso de una porción de la pantalla donde despliega mensajes al educador, sin distraer al niño. Una vez

que, por decisión del sistema, el educador o el mismo niño se sale de una actividad, se regresa al contexto de navegación antes mencionado, donde además existe la opción de terminar la sesión. En caso de ocurrir el término de la sesión, el sistema despliega al educador un resumen de lo que ha sido la sesión de trabajo, informándole los hechos más relevantes que han ocurrido (consecución de alguna destreza, deshabilitación de algún ítem, etc.).

Con posterioridad al desarrollo de la sesión, el educador puede hacer uso del módulo de Análisis de Resultados, empleando la información contenida en la base de datos del sistema para evaluar el nivel de logro alcanzado por un alumno o un grupo de alumnos. El experto también puede hacer uso del módulo de análisis, pero esta vez con la finalidad de diagnosticar comportamientos erróneos al interior del sistema (por ejemplo niveles de exigencia demasiado altos o bajos, tiempos de espera muy cortos, etc.). En caso de detectarlos, puede introducir modificaciones en los parámetros internos del sistema, como una forma de “calibrar” su funcionamiento, haciendo uso del módulo de Afinamiento.

6. Conclusiones

En este trabajo, se planteó un modelo donde, para un determinado dominio del conocimiento, se almacena conocimiento en estructuras predefinidas que adoptan las diferentes formas de ejercitación posibles. De este modo, múltiples formas de ejercitación convergen a unas pocas estructuras, que determinan las características generales y la funcionalidad de las actividades empleadas por el sistema. Al relacionar cada estructura con un contenido específico y con información referente a la complejidad objetiva que presenta determinado ejercicio, se obtiene una actividad, de carácter menos genérica que la estructura en la cual se basa, pero que admite múltiples instancias, distintas unas de otras, las que son presentadas bajo la forma de ejercicios al alumno, Figura 8.

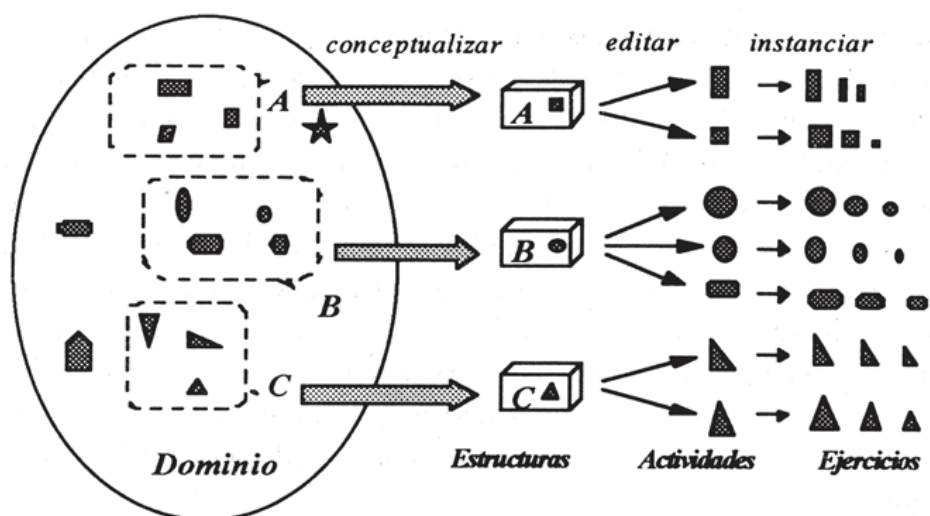


Figura 8: Proceso de abstracción e instanciación de las estructuras.

Pero, ¿por qué resulta deseable ofrecer estructuras genéricas que pueden ser instanciadas de muchas maneras distintas? La evidencia indica que, cuanto más significativo para un alumno en particular es un problema, mayor es la probabilidad de que dicho conocimiento sea internalizado, relacionado con experiencias y conocimientos previos, y empleado en otros contextos (Eden, Eisenberg, Fisher y Repenning, 1996; Norman y Spohrer, 1996; Reeves, 1993). Las personas aprenden mejor cuando se hallan inmersas en un tema, motivadas, adquiriendo las destrezas necesarias para resolver el problema que tienen entre manos. Adicionalmente, las diferencias individuales existentes entre las personas deben ser consideradas. Por lo tanto, es necesario definir un conjunto de ejercicios suficientemente diversos, como para poder presentar a cada individuo un conjunto relevante y motivador. Adicionalmente, el sistema instruccional debe poseer información sobre diferentes estrategias de enseñanza, que permitan obtener el máximo de potencialidad del alumno. Estas metodologías pueden ser almacenadas en bibliotecas (Arruarte, 1993).

El sistema experto tiene el control del funcionamiento del sistema instruccional al interior de la sesión de ejercitación. Éste se en-

carga de relacionar la información existente respecto del alumno y su nivel de conocimientos actual, con las actividades que han sido definidas previamente por el educador, ajustando el nivel de complejidad de los ejercicios a cada alumno. Además, evalúa el desempeño experimentado por el alumno en los ejercicios previos, para mantener actualizado el modelo de conocimientos de éste. Esta labor se conceptualiza en reglas, que determinan las actividades a presentar, la complejidad del ejercicio a realizar, cambiando dinámicamente según la historia del niño, los niveles de ayuda necesarios, el grado de realimentación adecuado y el manejo de comportamiento anormal en el ejercicio o en la sesión. Las reglas, al ser parametrizadas, permiten modificar y afinar su funcionamiento, sin tener que modificar el código con el cual ellas han sido especificadas.

La funcionalidad del sistema tutorial no debe limitarse a ofrecer instancias de ejercitación. En la medida en que el sistema experto logra configurar un perfil del alumno con el que ha tomado contacto, puede compartir dicha información con el educador, de modo de enriquecer aún más el conocimiento que éste posee respecto de la cantidad y profundidad de conocimientos que maneja el alumno. De esta forma, es posible delegar, en un experto humano, la aplicación de estrategias o el desarrollo de habilidades de orden superior, que resultan difíciles de encapsular en un sistema computacional de instrucción. Asimismo, el sistema debe poder ser objeto de una evaluación crítica por parte del educador o experto humano, la cual se puede traducir en un afinamiento de variables y parámetros que inciden en el funcionamiento interno del sistema.

El sistema descrito, que es un primer prototipo del modelo propuesto, se implementó en un PC utilizando Visual Basic y la base de datos Access. Se involucraron psicólogos, educadores e ingenieros, donde cada uno aportó con el dominio que le corresponde. El arte, en un trabajo interdisciplinario donde cada uno tiene una visión diferente del mismo problema bajo la perspectiva de su especialidad, es lograr compartir una misma visión del proyecto, desarrollando un lenguaje común.

Como trabajo futuro, queda validar el trabajo realizado analizando tanto el comportamiento de educador y del educando, como la facilidad de introducir otros dominios, como ser la enseñanza del lenguaje. No planteado, pero interesante de estudiar, es ver la extensión del modelo a un trabajo colaborativo donde varios niños, cada uno con su PC, trabajan simultáneamente sobre tareas afines.

Referencias Bibliográficas

- Arruarte, A.** (1993). Estrategias de Enseñanza de Aplicación General asociadas al Componente Pedagógico de un ITS. Technical Report UPV/EHU/LSI/TR 793. Donostia: Universidad del País Vasco, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos.
- Arruarte, A.; Elorriaga, J.A.; Fernández-Castro, I.; Ferrero, B.** (1996). Knowledge Reusability: Some Experiences in Intelligent Tutoring Systems. [Publicación en Internet] Ponencia presentada en ITS'96 Workshop on Architectures and Methods for Designing Cost-Effective and Reusable ITS's. (Disponible en [<http://advlearn.lrdc.pitt.edu/itsarch/papers/arruarte.html>])
- Bandet, J.; Mialaret, G.; Brandicourt, R.** (1968). Los Comienzos del Cálculo. Buenos Aires: Kapelusz.
- Blumenthal, R.; Meiskey, L.; Dooley, S.; Sparks, R.** (1996). Reducing Development Costs With Intelligent Tutoring Systems Shells. [Publicación en Internet] Ponencia presentada en ITS'96 Workshop on Architectures and Methods for Designing Cost-Effective and Reusable ITS's. (Disponible en [<http://advlearn.lrdc.pitt.edu/its-arch/papers/blumenthal.html>])
- Cunningham, D.** (1996). Differentiate between Instructionism, Constructivism and Constructionism. [Publicación en Internet] Material del curso: Learning and Cognition in Education - P540. (Disponible en [<http://education.indiana.edu/-cep/courses/P540>])
- Davies, P. & Brailsford, T.** (1996). Development Tools. [Publicación en Internet] Nottingham: University of Nottingham, Department of Life Science, Bio-Informatics Research Group. (Disponible en [<http://ibis.nott.ac.uk/guidelines/ch63/chap6-3.html>])
- Dickson, L.; Brown, M.; Gibson, O.** (1991). El Aprendizaje de las Matemáticas. Barcelona: Editorial Labor S.A.
- Eden, H.; Eisenberg, M.; Fisher, G.; Reppenning, A.** (1996, Abril). Making Learning a Part of Life. Communications of ACM, Vol. 39, N° 4, pp. 40-42.
- Kamii, K.** (1984). El número en la educación preescolar. Madrid: Editorial Visor.

- National Council of Teachers of Mathematics, Comission on Standards for School Mathematics (Estados Unidos).** (1992). Estándares Curriculares y de Evaluación para la Educación Matemática. Sevilla: Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.
- Norman, D. & Spohrer, J.** (1996, Abril). Learner-Centered Education. Communications of ACM, Vol. 39, N° 4, pp. 24-27.
- Reeves, T.** (1993). Evaluating Interactive Multimedia. En D. Gayeski (Ed.), Multimedia for Learning: Development, Application, Evaluation (pp. 97-112). NJ: Educational Technology Publications.
- Rencoret, M.** (1994). Iniciación Matemática: Un Modelo de Jerarquía de Enseñanza. Santiago: Ed. Andrés Bello.
- Rickel, J.** (1989, Enero/Febrero). Intelligent Computer-Aided Instruction: A Survey Organized Around System Components. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 19, N° 1, pp. 40-57.
- Rosas, R.; Strasser, K.; Nussbaum, M.; Buzeta, R.; Moulian, M.** (1996). Enseñando al Homo Ludens: Propuesta de un Modelo para el Diseño de Sistemas Instruccionales Lúdicos Autorregulados. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Self, J. & Cumming, G.** (1991). Learner Models in Collaborative Intelligent Educational Systems. AAI/AI-ED Technical Report No. 55. Lancaster: Lancaster University, Computer Department.
- Van der Mast, Ch.** (1995). Developing Educational Software: Integrating Disciplines and Media. [Publicación en Internet] Thesis Technische Universiteit Delft. (Disponible en [<http://is.twi.tudelft.nl/~charles/thesis/thesis-contents.ps.gz>]).
- III International Conference on ITS** (1996, Junio). Workshop on Architectures and Methods for Designing Cost-Effective and Reusable ITS's. [Publicación en Internet] Convocatoria a Talleres efectuados durante la conferencia. Montreal: Université de Montréal, Département d'Informatique et de Recherche Opérationnelle.(Disponible en [<http://www.iro.umontreal.ca/labs/safari/ConfITS96/Workshop.html>]).