



ESBOZO DE UNA PROPUESTA DE UN MODELO EDUCATIVO CENTRADO EN LOS PROCESOS DE PENSAMIENTO

-EN EL CONTEXTO TECNOLÓGICO DE HOY Y DE MAÑANA-

*Por : Hugo Hernando Andrade Sosa, Carlos Arturo Parra Ortega,
Grupo SIMON de Investigaciones en Modelos y Simulación.*

RESUMEN

Este esbozo se orienta a la definición de un modelo educativo que contemple la dinámica de cambio del mundo actual y las expectativas del futuro que se construye con la visión y la labor del presente, mundo caracterizado por un contexto tecnológico que aunque no genera cambios cualitativos de manera directa si los propicia o, al menos, los potencia o hace posible diversas alternativas. Se concibe que una práctica educativa se desarrolla en el ambiente generado por el modelo que integra tres componentes fundamentales: El paradigma de pensamiento, el enfoque educativo y los medios. Este artículo esboza un posible modelo de este tipo al integrar elementos del Pensamiento de Sistemas (P.S.), el enfoque constructivista de la psicología cognitiva (E.C) y la Dinámica de Sistemas (S.D.), útil informático de modelado y simulación para recrear las situaciones de aprendizaje; el ambiente así generado centra los propósitos de la educación en los procesos de pensamiento, en la medida que define su objetivo principal con base en el desarrollo de las habilidades de pensamiento y no en el dominio de contenidos.

Para instrumentalizar esta propuesta, se diseñó un ambiente educativo informatizado, el cual especifica roles del profesor y del alumno y utiliza materiales educativos con un alto componente informático al combinar características de software simulador, micromundos y tutores. Para apreciar la receptividad y opinión de profesores y estudiantes, se desarrolló una prueba piloto en el marco de un programa de Ciencias de sexto grado y se evalúan sus resultados para formular pruebas de mayor alcance. Esta labor de investigación se efectúa en el grupo SIMON de investigaciones en modelos y simulación de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga Colombia.



1. INTRODUCCIÓN

Por qué un desarrollo en lo que se ha denominado Informática Educativa requiere de una postura desde la perspectiva de un modelo educativo?. Por qué es necesario formular un nuevo modelo educativo?. Por qué dicho modelo debe consultar el presente, el futuro y el contexto tecnológico en el cual ellos están?. Por qué el modelo a desarrollar debe estar centrado en los procesos de conocimiento?.

Esta propuesta parte de considerar que, aún el significativo aporte técnico, los desarrollos en informática educativa, los medios educativos computarizados (MECS) no han propiciado el efecto transformador que a su introducción en el sistema educativo se esperaba. No se niega la importancia de los logros técnicos de la computación y los poderosos medios de tratamiento de datos a partir de ella desarrollados, pero si se le niega el posible efecto transformador del proceso educativo, en lo cualitativo, que se le ha pretendido otorgar. La sustentación de este supuesto básico no es el objeto de este artículo pero si ha sido el objeto de varias investigaciones¹.

La causa fundamental del limitado aporte de la informática educativa puede encontrarse en el hecho de que la introducción de los MECS al sistema educativo, generalmente se ha efectuado a manera de parches o agregados al modelo educativo existente, es decir, sin consultar dicho modelo y, menos aún, cuestionándolo o planteando posibilidades transformadoras viables en el contexto tecnológico.

Reafirmando las consideraciones anteriores se han formulado conclusiones que pueden exigir

una reorientación fundamental a los esfuerzos en informática educativa, una de estas conclusiones la formula L. B. Peña² a partir de las apreciaciones de F.B. Baker³: " Los problemas fundamentales de la informática educativa son educativos más que tecnológicos. El potencial educativo de un medio no depende tanto de sus características y potencialidades intrínsecas, cuanto de la forma como se lo utilice para conseguir unos fines educativos. Este potencial debe medirse en función de su capacidad para producir cambios cualitativos y no solo para hacer más eficiente lo que existe y quizás se debiera cambiar ."

Por lo anterior, se considera que las reales potencialidades de los MECS desarrollados, y las de muchos otros por desarrollar, que faciliten la experimentación y el recrear, mediante la simulación, las ideas propias del aprendiz y los conceptos asumidos como válidos por la comunidad científica, sólo serán apreciables en la dinámica que genere un nuevo modelo educativo que se formule en respuesta a las exigencias del mundo del futuro que ya es presente, y sobre la plataforma tecnológica que existe y cada día es mejor y más accesible.

Como lo propone Alvin Toffler⁴, la educación que exige el presente solo será posible si adelantamos de una vez nuestra visión del tiempo, es decir que la escuela actual debe dedicar mayor energía a preparar al hombre en función principalmente del futuro y no del pasado, como lo hizo la escuela de ayer o del presente como lo intenta hacer la de hoy. Y para fortalecer esta afirmación es suficiente con citar a Juana Sancho⁵ cuan-

¹ Erik de Corte, Aprendizaje apoyado en el computador: Una perspectiva a partir de investigaciones acerca del aprendizaje y la instrucción. (Barranquilla, Tercer congreso Iberoamericano de Informática Educativa, 1996)

² Peña Luis B., El desafío de la ciencia y la tecnología a la educación, la informática . (Bucaramanga, Simposio permanente sobre la Universidad, 1997)

³ Baker, F.B., Technology is not the issue: educational leyerage, for the micro-computer. (Educational technology, january, 1985, p. 54-56)

⁴ Toffler Alvin., El shock del Futuro. (Barcelona, plaza janés editores S. A. , 1970)

⁵ Sancho Gil, Juana M., La educación en el tercer milenio. Variaciones para una sinfonía por componer. (Barranquilla, Tercer congreso Iberoamericano de Informática Educativa, 1996)



do señala que " el volumen de información se dobla cada 10 años y un 90% de lo que un niño tendrá que dominar a lo largo de su vida no se ha producido, mientras la escuela pivota en torno a disciplinas establecidas hace un siglo."

Acorde a la anterior consideración, se concibe una dinámica educativa no moldeada de manera central por la idea de la instrucción en función

de adquirir un dominio en el uso de las técnicas del presente, sino una educación unificada por la idea de desarrollar las actitudes de pensamiento, la capacidad de pensar, la capacidad de aprender. Es decir un modelo educativo centrado en los procesos de pensamiento para la estructuración del conocimiento y la toma de decisiones con visión de futuro y no centrado en contenidos (conocimiento pasado y actual).

2. ESBOZO DEL MODELO

El modelo educativo se describe mediante un sistema que integra fundamentalmente aportes de tres componentes: el Pensamiento de Sistemas (P.S.), el Enfoque Pedagógico Constructivista (E.P.C.) y la Dinámica de Sistemas (D.S.) como metodología para la explicación y representación. La integración de estos tres componentes se da en el escenario de la Práctica Educativa

Sistémica (P.E.S.), la cual a su vez se desenvuelve matizada por el contexto cultural en el cual se desarrolla, contexto que podría constituirse en el cuarto elemento del modelo . La siguiente figura triangular esquematiza este sistema, la inclusión del cuarto elemento sugeriría una representación piramidal .

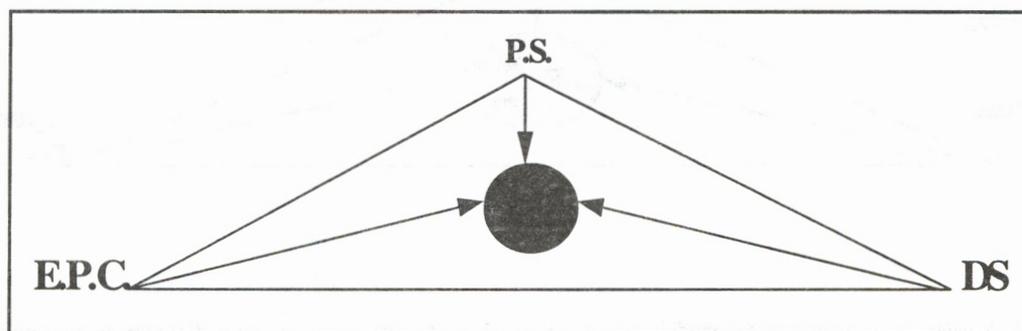


Figura 1. Esquema del Modelo Educativo Sistémico.

El modelo así descrito es posible formularlo a diferentes niveles de abstracción, de lo más general (mayor abstracción) a lo más específico (menor abstracción) . La figura 2. sugiere una vista piramidal de la descripción del modelo en la cual cada uno de los planos de la pirámide corresponden a un nivel de abstracción, es decir, se entiende cada plano como una representación muy particular del inmediatamente supe-

rior y comprendiendo que de cada uno pueden formularse varios para su nivel inmediatamente inferior.

En el nivel filosófico se integran en la praxis los componentes ontológico, epistemológico y metodológico. Para el nivel Educativo General la práctica educativa representa el Paradigma de Pensamiento (P.P), el Enfoque Pedagógico



(E.P.) y Métodos y Tecnología (M y T). En el nivel Educativo Sistémico la Práctica Educativa Sistémica (P.E.S.) integra al Enfoque Pedagógico Constructivista (E.P.C), al Pensamiento de Sistemas (P.S) y a la Dinámica de Sistemas

(D.S.). Finalmente, al nivel operativo el Ambiente Educativo Centrado en procesos de Pensamiento (A.E.C.P), se construye con aportes del constructivismo, las formas del P.S. y los útiles informáticos y metodológicos derivados de la D.S.

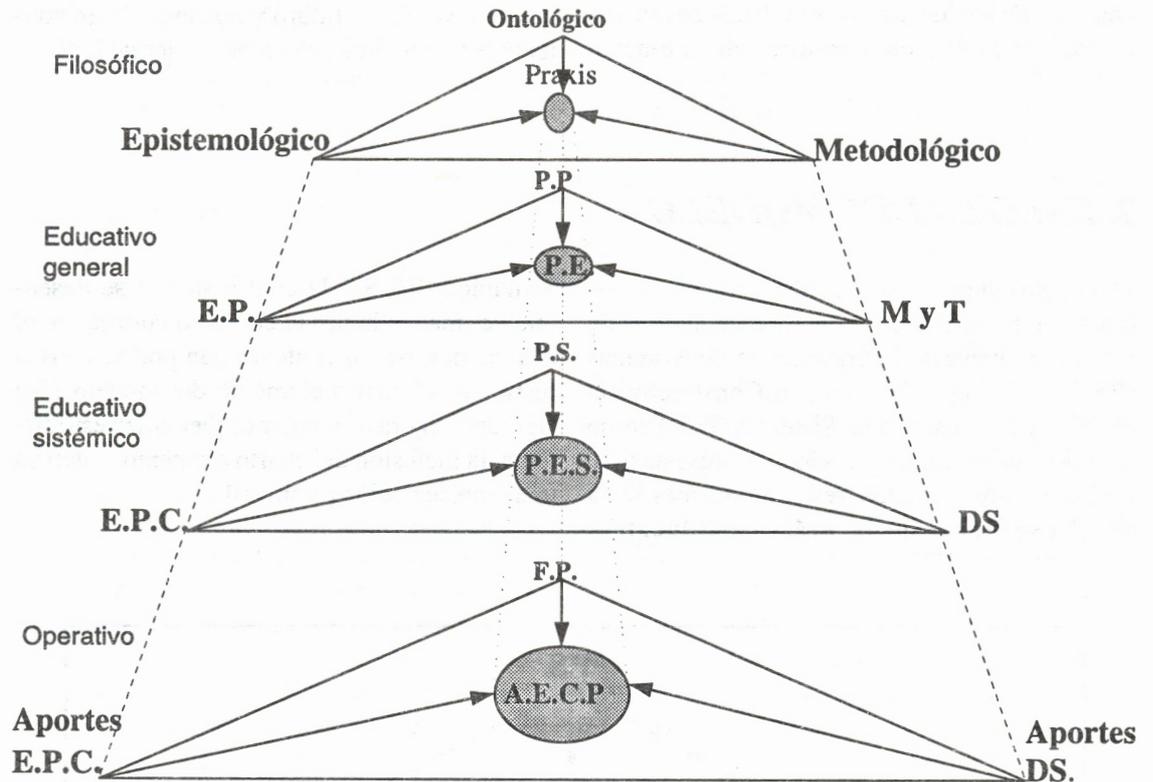


Figura 2. Niveles de abstracción del modelo educativo orientado al desarrollo de formas de pensamiento.

El nivel operativo representado en la anterior figura señala algunos de los componentes (que se desean destacar) de los aportes de cada uno de los elementos del nivel educativo sistémico. El pensamiento de sistemas se destaca con la propuesta de las formas de pensamiento, el enfoque constructivista con la especificación de los roles de los actores y la Dinámica de Sistemas con sus útiles informáticos que facilitan el mode-

lado y la simulación. Los diferentes aportes se integran para generar un ambiente que viabiliza la práctica educativa centrada en los procesos de pensamiento.

El modelo que se desea esbozar con cierto detalle, corresponde al nivel de abstracción educativo sistémico. La primera inquietud que surge es preguntarnos sobre la posibilidad de que los tres componentes aquí incluidos puedan integrarse en un todo sistémico llamado práctica educativa



sistémica. Corresponde a futuros documentos presentar, en función de los fundamentos, como el Pensamiento de Sistemas (P.S.), el Enfoque Pedagógico Constructivista (E.P.C.) y la Dinámica de Sistemas (D.S.) son posibles de integrar. Por

Constructivismo	Pensamiento de Sistemas	Dinámica de Sistemas
El que aprende posee ideas previas o preconceptos sobre el objeto de estudio	Las ideas se explican en el marco de un paradigma de pensamiento.	Las ideas corresponden a modelos mentales y pueden expresarse en modelos formales
Las ideas y preconceptos pueden describirse mediante mapas conceptuales	Se sugiere formas de pensamiento para orientar la conceptualización.	Los diagramas causales (conceptualización) y los estructurales (modelo) apoyan la representación
Se da la Identificación de Estructuras de razonamiento, entre ellas las lógico-matemáticas.	Se proponen siete formas de pensamiento Lógico-Matemático	Modelos estructurales , explicatorios y matemáticos que simulan el comportamiento.
El docente facilita el proceso de construcción del aprendizaje	El docente estimula procesos de pensamiento en el aprendizaje.	El docente guía al aprendiz en la construcción de su modelo.

ahora la siguiente tabla señala elementos que al nivel operativo sugieren dicha integración.

Tabla 1. Afinidades entre el aprendizaje por construcción, el Pensamiento de Sistemas y el modelado en DS.

La integración del PS y el enfoque constructivista, con el soporte metodológico de la D.S. tiene implicaciones en los objetivos educativos, en los roles del docente y del alumno, así como en el papel de los materiales y medios. Lo anterior hace necesario el diseño de un ambiente que integre dichos roles, acorde con los objetivos y con los materiales y medios, para los cuales el contexto tecnológico aporta el computador, el software y los recursos de la multimedia. A manera de ilustración a continuación se señalan algunas particularidades:

Es de destacar para el alumno los siguientes roles:

- Participar en la construcción de sus modelos mentales, en forma individual y en grupos.
- Desarrollar formas de pensamiento lógico-ma-

temático mediante actividades que propone el ambiente educativo.

- Recrear su modelo mental, formalizando y simulándolo en el computador, para luego colocarlo a prueba mediante la confrontación con el comportamiento de otros modelos y con el análisis y las discusiones con sus compañeros.

Aplicando el mismo razonamiento para el docente:

- Identificar los procesos de pensamiento de sus alumnos (p. ej. Estático vs Dinámico, Estructurado vs no estructurado, etc.).
- Identificar el conocimiento previo del alumno en el tema particular de estudio..
- Establecer estrategias de aprendizaje de acuerdo al conocimiento previo y los procesos de pensamiento identificados.
- Establecer el contenido de lo que se va a estudiar, en función del conocimiento previo y de



lo fundamental en los procesos de pensamiento.

Orientaciones generales para la Organización de la clase:

- Las actividades de la clase de carácter grupal serán de tipo debate, polémicas entre grupos, disertaciones, etc., llevadas a cabo por los aprendices con la guía del profesor.
- Los contenidos a aprender no son permanentes, sino modificables de acuerdo a las necesidades de la clase, el conocimiento previo detectado en los alumnos.
- El contenido de los programas de un curso debe incorporar elementos de otras disciplinas para aprovechar mejor el uso de analogías que facilitan el proceso de aprendizaje y dichos contenidos siempre serán utilizados como útiles para el ejercicio de las formas de pensamiento y como información susceptible de modificación con el desarrollo.

Características del software:

- Capacidad de Edición de Modelos Conceptuales facilitando la generación de ecuaciones explícitas.
- Presentación de Simulaciones por medio de tablas, gráficas y animación.

- Capacidad de recibir anotaciones tanto por parte del docente como de los alumnos.
- Servicio de librería de modelos prediseñados, facilidades para incorporar nuevos modelos y confrontación de comportamientos.

2.1 El paradigma del pensamiento de sistemas y su aplicación

El paradigma del PS, de combinarse con el enfoque constructivista, orientaría la educación hacia el desarrollo de procesos de pensamiento, o sea, "aprender a aprender" y produciría estudiantes con deseos de entender como trabajan realmente las cosas, y cómo estas pueden cambiar con el tiempo como consecuencia de cambios en las relaciones dinámicas que las sustentan (formación de investigadores) según varios autores⁶. Faltaría entonces construir herramientas adecuadas para instrumentalizar este planteamiento e idear alternativas para introducir el Pensamiento Sistémico como componente guía y objetivo del proceso educativo mismo. Para introducir el PS esta propuesta asume siete formas llamadas formas de pensamiento crítico. Las siete formas se describen a continuación, agregando actividades que permiten su desarrollo, y el grado de educación media para el cual se

Forma de Pensamiento	Características	Actividades para su desarrollo
Pensamiento estructural (PE)	Reconoce causalidad entre diversos factores	identificar ciclos causales simples, simulación por computador de fenómenos. (Grado 6).
Pensamiento dinámico (PD)	Identifica patrones de comportamiento	Asociar ciclos causales con su comportamiento, simulación por computador. (Grado 7).
Pensamiento genérico (PG)	Identifica similitudes y analogías entre fenómenos de naturaleza diferente	Usar arquetipos causales (Se requiere PE y PD).
Pensamiento operacional (PO)	Identifica como trabajan realmente las cosas	Probar modelos causales en computador (Grado 6-8).
Pensamiento científico (PC)	Cuantifica variables. Propone y prueba hipótesis	Manipular modelos preconstruidos, probar modelos propios (Grado 9).

⁶ RICHMOND, Barry. Systems Thinking at the 90s and beyond. System Dynamic Review Summer 1993.



Pensamiento continuo (PCO)	Aprecia y explica los fenómenos como resultado de interdependencias continuas, en lugar de hechos aislados	Diseñar y construir modelos, manipular micromundos basados en modelos de simulación (Grado 11).
----------------------------	--	---

Cree más apropiada cada una de ellas, con el uso de D.S.

Tabla 2. Formas de PS, características y actividades de desarrollo

La lista en la tabla de los niveles de actividad asociados con formas de PS ha surgido a través de este estudio⁷ y de observaciones de clases y estudiantes individuales en aplicaciones piloto de esta metodología. Según experiencias de este tipo llevadas a cabo en Estados Unidos y Europa, parece que mucha gente progresa a través de diferentes tipos y niveles de pensamiento en el orden listado⁸. Con esta suposición, se hacen las siguientes sugerencias acerca del currículo de PS, no sin antes recalcar dos puntos:

- La sugerencia no es que el PS sea un contenido o disciplina de currículo, sino una herramienta de aprendizaje, expresión y búsqueda de vías para mejorar el rendimiento del proceso educativo.
- Un poco de cada tipo y nivel de pensamiento será aprendido en cada grado, pero igualmente en cada uno de ellos se enfatizará en una forma de pensamiento en particular.

Esta secuencia curricular empieza en el sexto grado (Edad 10 a 11 años) en Colombia, debido a que muchas escuelas exigen a los estudiantes con tareas complejas a los estudiantes después del quinto grado. Ciertamente, unas formas del PS son posibles de desarrollar en grados más bajos. Cuando se aplica el PS en cada nivel, se sugiere una aplicación posterior más compleja.

⁷ Para mayor información consultar ANDRADE, Hugo. PARRA, Carlos. Propuesta de Aplicación del Pensamiento de Sistemas en la educación media, con un soporte informático. Ponencia presentada al III congreso iberoamericano de informática educativa. 1996.

⁸ Véase a DRAPER, Frank. Una secuencia propuesta para el desarrollo del PS en los grados 4-12. Systems Dynamic Review, Summer 1992, páginas 130-142.

para producir un desarrollo continuado entre las diversas formas de pensamiento.

2.2 El proceso educativo y el constructivismo

Como cualquier sistema, el sistema de educación formal está cambiando con el tiempo. En las últimas décadas se han visto varios experimentos innovativos en proceso educativo y en tecnología. Los salones abiertos, la instrucción apoyada por el computador y los cursos interdisciplinarios son algunas de las iniciativas que se experimentan, agregándoles ahora la promoción automática y la evaluación cualitativa.

A pesar de estos intentos, un proceso educativo sigue dominando la educación: el aprendizaje orientado a contenidos y dirigido por el profesor. En algún grado todos somos productos de este aprendizaje, donde el salón de clase se organiza en filas, al frente está el profesor, cuyo trabajo es transmitir lo que sabe a los estudiantes y los contenidos vienen predeterminados de antemano para en el último año presentar una prueba de conocimientos. El trabajo del estudiante consiste en recibir la mayor cantidad de información que se le transmite, para lo cual debe "estar quieto y prestar atención". Según varios autores, este enfoque educativo refleja a la sociedad industrial, en donde la producción de bienes se



realiza en masa y con cierto grado de especialización (al igual que sucede con los estudiantes y profesionales), pero marcha rezagada en cuanto a la capacidad de adaptación a condiciones cambiantes⁹. Existe cantidad de software educativo que refuerza este concepto, debido a que se diseña principalmente para la transmisión del conocimiento, o para la ejercitación del conocimiento que ya se tiene.

Contrasta con la anterior idea de proceso educativo, el enfoque constructivista y el Pensamiento de Sistemas, donde se asume que el aprendizaje es fundamentalmente una construcción en vez de un proceso de asimilación. Esto significa que para aprender el estudiante tiene que construir o reconstruir lo que está percibiendo, según sus procesos de pensamiento. La construcción es un proceso activo, en el cual el alumno no solo puede estar "quieto" y escuchar. Profesor y alumno tienen nuevos roles: El profesor provee de materiales y estrategias alternas para la construcción, con un contacto individual para cada alumno dentro del ambiente de educación; los estudiantes tienen la opción de trabajar en equipo o individualmente. Para que el enfoque constructivista sea viable, se requerirán no solo cambios en los roles señalados, sino en los demás componentes del sistema educativo, y a dicho cambio integral puede aportar significativamente el Paradigma del PS¹⁰ y las herramientas de aprendizaje que se apliquen, potencializadas con la tecnología computacional del presente.

2.3. La simulación con dinámica de sistemas

La Dinámica de Sistemas (DS) es una metodología útil para la representación estructural y explicatoria del porqué y el cómo del comportamiento dinámico de los fenómenos observados u objetos de estudio. Incluso de eventos cotidianos, pues el análisis de la conducta "asistida por realimentación" es una vía importante para enfocar y tomar decisiones concernientes a problemas de tipo social, natural, económico, ambiental y de otra índole¹¹.

La DS posee un gran potencial didáctico para la educación. El uso de herramientas de modelado matemático en el salón de clases crea nuevas oportunidades para, entre otros;

- Recrear las formas de PS señaladas, con modelos del objeto de estudio
- Interpretar y comprender los conceptos fundamentales de las teorías.
- Permitir investigar fenómenos complejos.
- Mejorar las posibilidades de que los estudiantes prueben sus propias ideas y las contrasten.
- Representar a mayor complejidad de la tradicional, las visiones propias y las aceptadas por la comunidad científica.
- Desarrollar un espíritu investigador y de aprendizaje profundo, develando los modelos mentales y formales que sustentan los conocimientos prácticos.

Para el caso particular del aprendizaje de ciencias, la instrucción convencional está orientada a la "enseñanza" de contenidos, todos ellos pre-determinados y parcelados de antemano y presentados con ecuaciones matemáticas denominadas tradicionalmente "fórmulas" de uso mecánico en la "solución" de problemas. Por el contrario, los modelos de DS ayudan a los estudian-

⁹ LITTO, Fredic. Repensando la educación en función de los cambios tecnológicos y sociales y el advenimiento de nuevas formas de comunicación. Conferencia del Tercer congreso iberoamericano de informática educativa. Barranquilla 1996.

¹⁰ Para apreciar un resumen de algunas experiencias internacionales al respecto refiérase a RICHMOND, Barry. Pensamiento de Sistemas más allá de los 90s. Systems Dynamic Review, Summer 1993.

¹¹ Referirse a MARTINEZ, Silvio y REQUENA, Alberto. Simulación por Ordenador. Alianza Editorial, 1988.



tes a darse cuenta de que el núcleo de las ciencias puede expresarse por un número limitado de representaciones y de uso de conceptos.

Basándose en experiencias internacionales y buscando las deficiencias de la educación de la física y sus orígenes¹², los profesores de ciencias en Alemania formularon los siguientes propósitos, los cuales se consideran válidos para nuestro sistema educativo:

- Enfatizar la enseñanza hacia la discusión cualitativa de hipótesis, en lugar de aspectos cuantitativos solamente.
- Dar a los estudiantes la oportunidad de explorar sus propias ideas acerca de fenómenos y formas de solucionarlos.
- Estudiar casos cercanos a la realidad.

Por medio del modelado por computador, bajo el enfoque de DS, se pueden hacer contribuciones importantes al ejercicio de dichos propósitos.

2.3.1. Ejemplo. La DS acentúa estructuras conceptuales en la física.

La estructura de un concepto de un dominio físico consiste en unas cantidades interrelacionadas y unas reglas para su uso. La mecánica newtoniana puede ser reducida a un pequeño conjunto de definiciones y principios generales. Los más importantes son¹³:

Definiciones:

- Velocidad: Cambio de posición
- Aceleración: Cambio de velocidad
- Momentum: Cantidad de movimiento
- Fuerza: Cambio de momentum

Principio general:

En todo movimiento hay fuerzas actuando en un

cuerpo. Si se desea predecir el movimiento de un cuerpo primero encuentre las fuerzas, vea de qué dependen y luego súmelas.

Para los físicos algunas definiciones pueden ser inusuales, el término cambio se refiere a la dinámica del cambio de una magnitud, incluso los libros de texto hablan de velocidad como "desplazamiento por tiempo", pero esas palabras no reflejan la característica central de velocidad, la cual es un proceso de cambio de posición.

La figura 3 muestra un modelo simple desarrollado con el software de simulación Evolución 2.0¹⁴, y basado en las definiciones y principios anteriores. Este modelo es suficiente para describir y predecir una gran cantidad de fenómenos de la mecánica clásica, entre los cuales se cuentan:

- Paracaidismo, incluyendo investigaciones en la fase de apertura del paracaídas.
- Oscilaciones mecánicas pendulares.
- Movimiento planetario, problema de dos y tres cuerpos.
- Otros fenómenos que involucran fuerza, velocidad y movimiento.

Las soluciones a todos estos problemas pueden basarse en el mismo núcleo del modelo de la figura 3. Los estudiantes deben seguir el principio "encuentre las fuerzas, mire de qué dependen y luego relacionelas". El modelo puede duplicarse para movimiento bidimensional o para problemas de dos cuerpos, con los cambios adecuados

Los modelos preferiblemente deben ser desarrollados en clase, como trabajos grupales, mientras el profesor sugiere los elementos necesarios para que el alumno trabaje en su construcción (del modelo), y luego lo pruebe utilizando

¹² Véase a SCHECKER, Horst. Systems Dynamics in a High School Physics. Systems Dynamic Review, exploring the boundaries. 1994.

¹³ SCHECKER, Horst. *Ibíd.*

¹⁴ Evolucion 2.0 es un software de Simulación desarrollado por el grupo SIMON de investigaciones como apoyo al modelado matemático con DS.

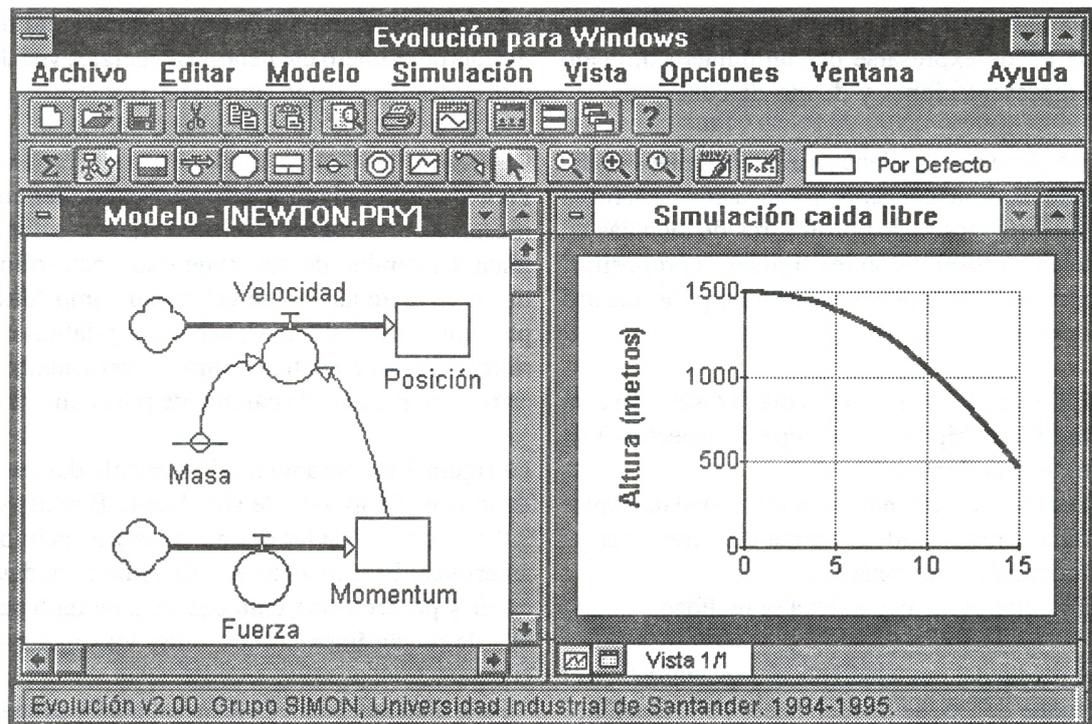


Figura 3. Modelo newtoniano estándar en DS

las herramientas computacionales adecuadas (Evolución 2.0 u otras), aunque se debe enfatizar la confrontación de los modelos y de sus resultados por medio del debate o exposiciones grupales.

3. HERRAMIENTAS DE APRENDIZAJE INFORMATIZADAS CON SOPORTE DE DS

Para integrar el enfoque constructivista con el paradigma del PS, es esencial disponer del conjunto correcto de herramientas de aprendizaje para su uso en el salón de clases y fuera de él, además, debe conocerse las teorías de aprendizaje para una mejor aplicación¹⁵. Para llevar a cabo un proceso de aprendizaje autodirigido, orientado a la investigación, los libros de texto y los tableros tienen que compartir el escenario con una herramienta emergente: el computador personal. El computador, con sus capacidades de sonido y animación gráfica mejorándose rápidamente, contiene el potencial para comprimir es-

pacio y tiempo, utilizando básicamente software simulador. Tanto la medida de los pasos y la secuencia del descubrimiento se pueden dejar al control del educando individual o al de un grupo de aprendices.

Para las experiencias efectuadas por el grupo SIMON, al software de simulación Evolución 2.0 se le agregaron seis formas diferentes para representar simulaciones, de modo de que el aprendiz disponga de varias maneras de ver los resultados de sus modelos sin recurrir a tablas o a

¹⁵ GALVIS PANQUEVA, Alvaro. INGENIERIA DEL SOFTWARE EDUCATIVA. Editorial Uniandes, 1990.



gráficos de tipo XY. Las formas agregadas fueron: Uso de Barras, Diagramas de Tortas, Objetos moviéndose a lo largo de uno o dos ejes, Objetos dejando estelas detrás de sí cuando se

mueven, Objetos que crecen y objetos que se multiplican¹⁶. A través de estas formas de representación se pretende un mayor entendimiento de la conducta real del fenómeno a estudiar.

4. CONCLUSIONES

- Un modelo educativo centrado en los procesos de pensamiento parece responder a la necesidad de llevar a la práctica el aprender a aprender, lo cual hoy es solo frase de discurso y no realidad del aula.
- El P.S., la D.S. y el enfoque pedagógico constructivista muestran puntos importantes de convergencia que les permiten integrarse en un modelo centrado en los procesos.
- La aplicación de la Informática en los procesos educativos, requiere comprensión acerca de los procesos mentales, identificar la forma como aprendemos y diferentes métodos para representar nuestras realidades.
- Los cambios que en el sistema educativo pueda ocasionar la incorporación de escuelas de pensamiento y metodologías de modelado, generan variaciones en los roles de docentes y estudiantes, y nuevas características deseables en los instrumentos de apoyo al proceso educativo, incluyendo el software.
- Las semejanzas que presentan el Pensamiento de Sistemas y la visión constructivista del aprendizaje facilitan la incorporación de la metodología de modelado Dinámico de Sistemas (DS) dentro de un ambiente educativo informatizado donde el aprendizaje es dirigido por el estudiante.
- Las condiciones de infraestructura, reglamentación y funcionamiento de nuestras instituciones educativas no son las más aptas para implantar este tipo de propuesta, razón por la cual se recomienda primero una campaña de sensibilización no sólo hacia la informática, sino hacia el Pensamiento de Sistemas y su combinación con el constructivismo, para no generar un rechazo posterior por parte de los docentes o los administradores de la educación.

*Hugo Hernando Andrade Sosa, Carlos Arturo Parra Ortega,
Grupo SIMON de Investigaciones en Modelos y Simulación.
Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática.
Universidad Industrial de Santander.*