

Evaluación de sistemas y usuarios mediante técnicas de simulación.

José Maclovio Sautto vallejo, Ricardo Peña Galeana, Arturo de León Chapa y Virgilio Cruz Guzmán.

Sautto1128@yahoo.com.mx, rpgaleana@msn.com, aleon@msn.com, vir7609@yahoo.com.mx

Universidad Autónoma de Guerrero

Resumen

Propuesta metodológica para el diseño de bases de datos de sistemas, que permitan reproducir, mediante un modelo de simulación, la actividad de los usuarios en el sistema. Esto posibilita hacer estudios para valorar tanto el sistema de cómputo, como a los usuarios mismos. Se presentan resultados de esta propuesta en un sistema de autoaprendizaje de matemáticas para 1er. Año en la educación básica realizadas en escuelas del Puerto de Acapulco.

Palabras claves: Simulación digital, sistemas de autoaprendizaje, evaluación de aprendizaje.

Msc: 97C80

Introducción.

La revolución tecnológica desarrollada con la aparición de las computadoras personales y su impacto en distintas esferas de nuestra sociedad, posibilitó la aparición de un sin número de aplicaciones de cómputo –software- con las más diversas finalidades. Primero para mejoras en el funcionamiento de los sistemas productivos, lo que dio un importante impulso a las bases de datos, concebidas para el manejo de la información mínima necesaria para el buen funcionamiento de una empresa. Después, con el tiempo, se acumuló una gran cantidad de información que proporcionaba información histórica y que, presentada adecuadamente, constituye un buen apoyo para la toma de decisiones. Lo que dio lugar a lo que hoy conocemos como Bodega de Datos (Data Warehouse).[1][2] La búsqueda de nuevo conocimiento, que pudiera contribuir a mejorar el funcionamiento de los sistemas productivos que generan ese cúmulo de información, dio lugar a la Minería de datos (Data Mine). (Figura 1) [3]

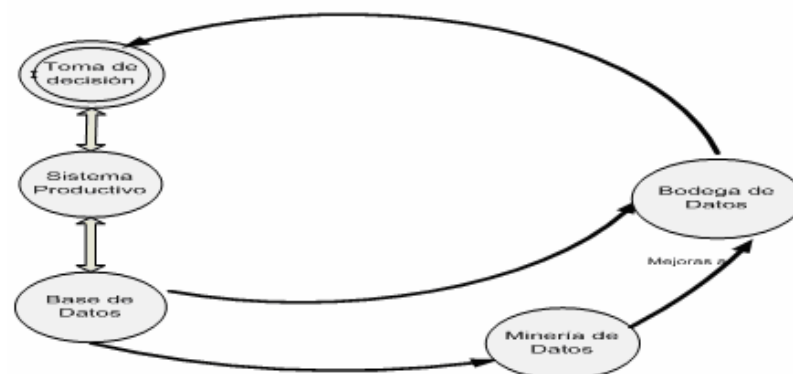


Figura 1

El primer problema al que se enfrentan estas dos líneas de desarrollo (Minería y bodega de datos), es al mal diseño de las bases de datos, lo que ha hecho resaltar la importancia de diseñarlas correctamente.

La propuesta aquí presentada, es a nivel de diseño de la base de datos concebida como “la información mínima necesaria para reproducir la actividad realizada al generar la información de la base de datos”, es decir además de generar la información necesaria para el adecuado funcionamiento del sistema, nos permite mediante un modelo de simulación realizar distintos estudios sobre el comportamiento de los usuarios en el sistema.

Esta nueva concepción de base de datos nos permite realizar estudios con mayor objetividad sobre la amabilidad de las aplicaciones de cómputo y sobre los procesos en que están involucrados.

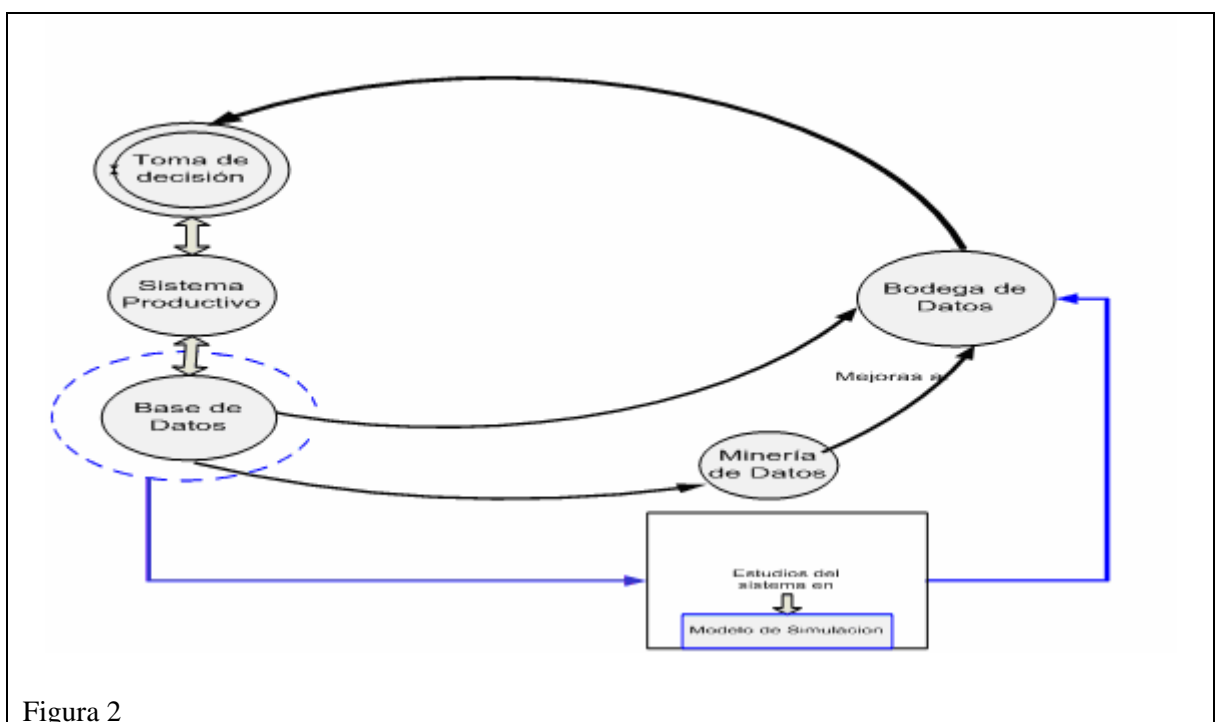
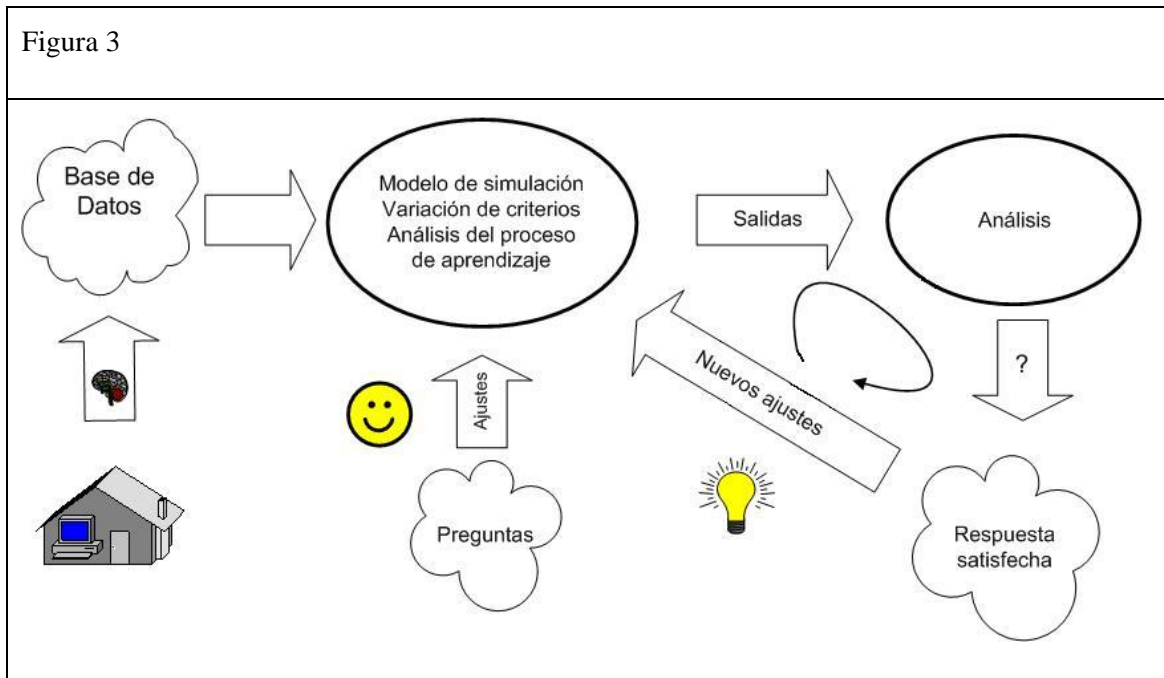


Figura 2

Dependiendo del tipo de sistema que está generando la información, se debe construir un modelo lógico de simulación del sistema para su posterior evaluación, la construcción de este modelo lógico implica el establecimiento de un marco teórico para la evaluación del sistema en cuestión. Una vez alimentada la base de datos, se podrán aplicar metodologías de análisis desarrolladas en simulación digital para reproducir la actividad de semanas, meses o años, en cuestión de segundos y fijar la atención en aquellos puntos que se consideren importantes en el análisis dinámico de la evolución de la problemática en cuestión. A partir de las entradas observadas, se podrán hacer variaciones en el modelo con la finalidad de evaluar las nuevas salidas y validarlas con la realidad.

La figura 3 ilustra la metodología propuesta. La primera parte consiste en el diseño y alimentación de la base de datos acorde al modelo de simulación. Una vez alimentada la base de datos se estará

en condiciones de hacer preguntas sobre el comportamiento de usuarios y de la aplicación misma. Al establecer una pregunta, se ajusta el modelo de simulación para observar con detenimiento las partes del proceso que creemos puedan dar respuesta a nuestra interrogante. Se corre el modelo y se generan salidas, las cuales se analizan para ver si dan la respuesta esperada. Si no habrá que hacer nuevos ajustes y nuevas corridas en el modelo hasta obtener la respuesta.



Para su ejemplificación aquí presentamos la aplicación de la propuesta a un sistema de autoaprendizaje de matemáticas de primer año de primaria básica que se experimentó en las escuelas de Acapulco.

1 Propuesta aplicada a sistema MATE1

El concepto fundamental en los sistemas de enseñanza es el de objetos de aprendizaje. La definición que en este trabajo se presenta sobre objeto de aprendizaje, está contenida en las iniciativas presentadas por: las instituciones internacionales Instructional Management System Global Learning Consortium Inc. [4], Learning Technology Standards Committee [5], Information Technology for Learning, Education, and Training [6] y Advanced Distributed Learning The Sharable Content Object Reference Model [7].

Cabe aclarar que la evaluación, no se contempla como algo integrado necesariamente al recurso computacional que llamamos objeto de aprendizaje. En este trabajo se exige el establecimiento de criterios objetivos de evaluación para que la aplicación determine el momento a partir del cual va a considerar que el objeto ha sido aprendido por el alumno-usuario del sistema.

A partir de este concepto elemental es posible construir un marco teórico para definir objetos de aprendizaje compuestos, es decir objetos compuestos por objetos elementales de aprendizaje. Y a partir de la aplicación del criterio de aprendizaje definido en los objetos elementales, es posible

obtener mecanismos para la evaluación de estos objetos compuestos [8] y definir relaciones entre los objetos de aprendizaje como objetos anidados o contenidos en, es decir objetos de aprendizaje contenidos en otros objetos de aprendizaje.

Se define el Estado de Conocimiento de cada uno de los usuarios, como un vector de valores booleanos, en una relación biyectiva con los objetos de aprendizaje elementales contenidos en el sistema [8], los valores iniciales del vector de aprendizaje son todos ceros. Una vez que el sistema detecte que los criterios de aprendizaje definido en un Objeto de aprendizaje son satisfechos por el usuario, asigna el valor de uno, a la coordenada correspondiente del vector de estado de conocimiento. Suponiendo que todos los objetos de aprendizaje tienen un mismo peso, el aprendizaje del usuario está definido como la suma de las componentes del vector dividido entre la

dimensión de éste. $E = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n}$. Valor que oscila entre 0 y 1.

Se define la **gráfica de aprendizaje**, como la variación de E con respecto al tiempo, esto es:

$E(t) = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n}$ al tiempo t. Esta claro que esta gráfica de aprendizaje puede asociarse a cada usuario del sistema.

Otro concepto importante es la **Trayectoria de aprendizaje** ($T_x(t)$). Es una sucesión de nodos, cada uno de los cuales representa un objeto de aprendizaje y el tiempo t_i en el cual fue alcanzado por el usuario. Cada individuo x tiene asociada una sola trayectoria de aprendizaje, la cual evoluciona a lo largo del tiempo. La trayectoria proporciona el orden en que el estudiante ha ido dominando los objetos de aprendizaje, mientras que la gráfica, solo toma en cuenta la cantidad de objetos aprendidos.

Descripción del experimento

La experimentación se llevó a cabo en los meses de mayo y junio del 2002. Los primeros días de mayo fueron para acondicionar el local, platicar con los maestros de primer año, seleccionar a los alumnos y darles de alta en la aplicación.

El experimento inicio el martes 14 de mayo y concluyó el martes 25 de junio del 2002. Se utilizaron cinco computadoras personales PC, dándose de alta a 9 niños en cada máquina, pensando en darles la oportunidad de utilizarla en promedio 20 minutos diarios (pensando en tres horas diarias de trabajo). La política de trabajo consistió en permitir al alumno abandonar antes o permanecer unos minutos más dependiendo de su disposición.

La tabla 1 muestra los alumnos atendidos en la máquina uno, las siguientes columnas indican el grupo al que pertenece el alumno; el número de días (o sesiones) en que fueron expuestos los alumnos a la aplicación, el tiempo total en minutos y el promedio por sesión también en minutos.

Tabla 1. Alumnos por máquina

PC	Alumno	GPO	Días	T_Min.	Prom
1	Silvia Vannesa Calvo Duran	A	13	225	17.31
1	Guillermo Uriel Jaimes Palma	A	13	287	22.08
1	Jesús Antonio Rosales García	A	11	316	28.73
1	Arlette Adriana García Luna	B	10	179	17.90
1	Itzel Sofía Paco Ramírez	B	12	218	18.17
1	José Eduardo Rodríguez Costilla	B	10	162	16.20
1	Ivonne de los Ángeles Palacios Lemus	C	5	85	17.00
1	América Janet Ricardez Arronis	C	8	146	18.25
1	Marel Jacinto Flores	C	11	166	15.09

La tabla 2 muestra los días laborados por cada máquina, tomando en cuenta suspensiones de clases y los días en que se descompusieron algunas de ellas, motivo por el cual difieren en el número de días laborados. La tercera columna señala el número de sesiones que, de acuerdo a lo previsto, se pudieron haber dado (considerando 9 niños en sesiones de 20 minutos); en la cuarta, el número de sesiones utilizadas; en la quinta, se muestra el porcentaje de utilización. Las siguientes tres columnas representan lo mismo, solo que referidos al tiempo (en minutos).

Resultados de la experimentación

Tabla 2. Días laborados por máquina

		Sesiones		Utilización	Tiempo (minutos)		utilización
máquina	días	posibles	reales	%	posible	real	%
1	19	171	93	54.39%	3420	1784	52.16%
2	23	207	106	51.21%	4140	2376	57.39%
3	23	207	117	56.52%	4140	1598	38.60%
4	11	99	48	48.48%	1980	897	45.30%
5	11	99	55	55.56%	1980	1110	56.06%
Total	87	783	419	53.51%	15660	7765	49.58%

La primera observación que se puede hacer sobre la tabla anterior, es la baja utilización del equipo de cómputo. Hay que recordar que el tiempo posible de utilización esta calculado sobre tres horas diarias, oficialmente son cuatro, y la utilización promedio en tiempo fue del 50% sobre las tres horas diarias. Estamos diciendo que solo se trabajó, en promedio, hora y media diario.

La tabla 3 muestra los encabezados de las tablas 4 y 5.

Tabla 3. Descripción de encabezados de la 4 y 5

Columna	Descripción	Columna	Descripción
1	Máquina	10	Resta
2	Alumno	11	Resta Vertical
3	Grupo	12	Mitad
4	Contar	13	Geometría
5	Comparar	14	Simetría
6	Escritura	15	Decenas
7	Lectura	16	Minutos en la aplicación
8	Suma	17	% de temas acreditados bajo el criterio D(4) ó U(3)
9	Suma vertical	18	Evaluación anterior hecha por el docente
		19	Evaluación posterior hecha por el docente

En la tabla 4 donde se puede comparar la evaluación hecha por los docentes antes y después de utilizar el sistema y la realizada por la aplicación tomando el criterio de aprendizaje D(4): diferencia entre ejercicios correctos e incorrectos mayor a 4- ó el criterio U(3): últimos tres o más ejercicios resueltos correctamente. Cuando se cumpliera cualquiera de esos dos criterios se consideró que el aprendizaje del objeto de conocimiento se había alcanzado, y se indico con un “1” en el cuerpo de la tabla. Cabe aclarar que solo se consideraron los objetos de conocimiento que coinciden con los del programa de 1er. Año, por lo que no se consideraron “El reloj”, “números ordinales”, ni “números romanos”. En la misma Tabla 4 (Solo se presentan la máquina uno), se indica el tiempo real de interacción del alumno con la aplicación.

Las últimas cuatro columnas de la tabla 4, deja ver lo subjetivo de los criterios de evaluación aplicados por los docentes en nuestro experimento.

Tabla 4. Comparación de las evaluaciones realizadas

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1	A	1	1			1	1			1	1			225	50%	7	7
1	2	A	1	1			1	1	1						287	42%	7	7
1	3	A	1	1	1		1	1				1			316	58%	7	8
1	4	B	1	1	1		1	1	1			1			179	58%	8	8
1	5	B	1		1		1	1	1		1				218	50%	7	6
1	6	B	1	1	1		1	1	1			1			162	58%	8	8
1	7	C	1				1		1						85	25%	5	
1	8	C					1		1						146	17%	8	
1	9	C	1	1			1	1							166	33%	7	

La la tabla 5 agrupa a los alumnos por grupo y los números del encabezado de la tabla coinciden con lo expuesto en la tabla 2, es decir tiempo, evaluación hecha por la aplicación y la evaluación de docentes y corresponde a la maquina No. 2.

Tabla 5. Evaluación comparativa organizada por grupos

Alumno	3	16	17	18	19
Ismael García Morales	A	399	100.00%	5	7
Alan Eduardo Nava Chacón	A	348	41.67%	7	7
Valeria Rubí Pineda	A	333	50.00%	7	8
Natalia Mendoza Ortiz	B	234	66.67%	5	8
Ivette de los Ángeles Palacios Lemus	B	163	33.33%	5	6
Fernando Villanueva Giles	B	244	58.33%	7	8
Magda Karina Gallardo González	C	280	33.33%	8	
Víctor Javier Palacios	C	262	66.67%	8	
Yesenia J. Badillo Hernández	C	113	41.67%	8	

Finalmente la tabla 6 presenta un resumen de tiempo total de la experimentación utilizada por los estudiantes de los distintos grupos participantes.

Tabla 6. Utilización de máquinas por grupo

grupo	tiempo	%
A	3472	44.82%
B	2352	30.36%
C	1923	24.82%

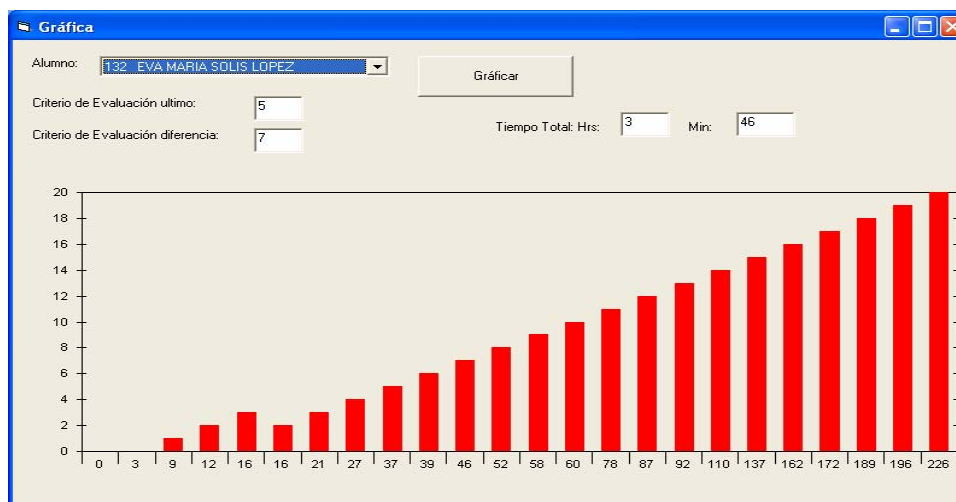
Ese podría ser un buen indicador para evaluar a los docentes, como se habrá notado, en las tablas anteriores falta también la segunda evaluación de la maestra del primero C. (no la entregó y ésta era la evaluación final del curso, la última vez que se solicitó fue a inicios del siguiente periodo escolar y no la había entregado).

La evaluación de docentes es el primer resultado inesperado en esta investigación.

Gráfica de aprendizaje.

El primer concepto relacionado con el aprendizaje es la rapidez, es decir, que tan rápido aprende el estudiante los distintos objetos de conocimiento que conforman el sistema.

Figura 1. Gráfica de aprendizaje



La aplicación de evaluación muestra una gráfica de la gráfica de aprendizaje, como se muestra en la Figura 1. Para seleccionar a un alumno de la base de datos, se hace mediante un combo que presenta el listado de los estudiantes. La opción *graficar* ordena a la aplicación procesar el archivo referido al estudiante seleccionado y presenta una gráfica de barras, de tiempo vs # Objetos de conocimiento. En el eje *x* se indica el minuto en el cual alcanzo ese nivel de evaluación. El eje *y* indica la cantidad de objetos de conocimiento alcanzados. La interface indica también el tiempo total de interacción del alumno con el sistema.

La 06 muestra los valores tabulares que dieron origen a la gráfica de aprendizaje del alumno, es decir el conteo de los objetos de conocimiento que han sido alcanzados por el estudiante y el tiempo en que esto ocurrió.

Tabla 7. Valores tabulares de la gráfica de aprendizaje

Tiempo	No. De Obj	Tiempo	No. De Obj	Tiempo	No. De Obj
9	1	46	7	137	15
12	2	52	8	162	16
16	3	58	9	172	17
16	2	60	10	189	18
21	3	78	11	196	19
27	4	87	12	226	20
37	5	92	13		
39	6	110	14		

Trayectoria de aprendizaje

La trayectoria de aprendizaje indica el orden en que el estudiante fue aprendiendo los distintos objetos de conocimiento. Por ejemplo; la trayectoria de aprendizaje asociado a la alumna analizada en su rapidez de conocimiento se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Trayectoria de aprendizaje

Trayectoria de aprendizaje							
Unidad	Objeto de con.	#	tiempo	Unidad	Objeto de con.	#	tiempo
2	Contar 2	1	9	2	Suma Vertical1	10	60
3	Lectura ordinales 1	2	12	1	Contar 1	11	78
4	Geometría 1	3	16	5	romanos3	12	87
4	Geometría 1	2	16	5	Lectura números	13	92
1	Escritura1	3	21	4	geometria1	14	110
2	Escritura2	4	27	5	decenas2	15	137
2	sucesiones2	5	37	4	decenas1	16	162
3	contar3	6	39	2	Resta2	17	172
1	sucesiones 1	7	46	1	Resta1	18	189
5	geometría 2	8	52	1	Suma1	19	196
5	La mitad	9	58	2	suma2	20	226

La primera columna y la quinta señalan la unidad (en la aplicación) donde se encuentra el objeto de conocimiento; las columnas dos y seis, el nombre del objeto de conocimiento; mientras que las

columnas tres y siete, llevan el conteo de los objetos aprendidos por la alumna. El tiempo (en minutos) de interacción en el sistema al momento en que se alcanza el conocimiento, se muestra en las columnas cuatro y ocho.

La trayectoria nos acerca más a lo que hace el usuario, por ejemplo: en el tiempo 16, la alumna esta haciendo ejercicios de geometría y por un momento satisface alguno de los indicadores de aprendizaje, que en este caso fueron U(7) ó D(5) y en el mismo minuto dejo de satisfacerlo. Este es el motivo por el que aparece dos veces Geometría 1 y en la segunda ocasión se produce un descenso en el número de objetos aprendidos por la alumna. Esto explica el efecto de inestabilidad en la evaluación.

Conclusiones.

En el artículo, se mostró la posibilidad de evaluar distintos criterios para evaluar el aprendizaje y ver los efectos que esto tiene en el avance de los estudiantes. El análisis de las trayectorias de aprendizaje, se evidencio que no se manifestó ningún patrón asumido por los estudiantes, esto cuestiona algunas creencias en cuanto a la existencia de una trayectoria particular de aprendizaje que debe ser asumida por el conjunto de los estudiantes. Se evidencio también la subjetividad en la evaluación de los profesores, mientras que el sistema daba una misma evaluación a un grupo de estudiantes, el maestro los maestros asignaron diferentes valores.

Finalmente, la posibilidad de observar el proceso de aprendizaje de cada uno de los alumnos participantes en el experimento, nos permite diseñar experimentos para observar y contestar distintas inquietudes que tengamos sobre el proceso de aprendizaje en estos sistemas. Es posible también evaluar al sistema mismo, en un análisis más detallado se observo, que en el caso de las sumas, en las cuales se definieron 7 distintos niveles de dificultad, fue excesivo, el cuarto nivel fue saltado por todos los participantes y el quinto nivel tocados por muy pocos. Se puede realizar también preguntas sobre los tiempos de aprendizaje del usuarios en el manejo mismo del sistema, etc. Creemos que uno de los resultados más importantes fue el poco tiempo de exposición, inferior a las 10 hrs. Para cubrir la totalidad de los objetos de aprendizaje del sistema.

Bibliografía

- [1] Raúl Gutiérrez, José Torres-Jiménez, Michel Rosengaus, Rene Lobato; **Design and Development of a Data Warehouse for Atmospheric Conditions**; Advances in Information Science and Soft Computing, WSEAS Press, ISBN 960 8052 602 pp. 120-124, 2002
- [2] W. H. Inmon, W. H.; **InmonBuilding the Data Warehouse (3rd Edition)**; Publisher: Wiley; 3 edition (March 15, 2002) ISBN: 0471081302
- [3] Hernández, Ramírez, Ferri; "*Introducción A La Minería De Datos*" Editorial Pearson, 2004.
- [4] IMS Instructional Managament System Global Learning Consortium Inc. (<http://www.imsproject.org/>) 21/03/2004
- [5] IEEE LTSC Learning Technology Standards Committee (<http://ltsc.ieee.org>) 21/04/2004
- [6] ISO/IEC JTC1/SC36 – Information Technology for Learning, Education, and Training (<http://jtc1sc36.org>) 21/03/2004
- [7] ADL-SCORM Advanced Distributed Learning – The Sharable Content Object Reference Model (<http://www.adlnet.org>) 16/05/2003
- [8] Sautto, J.M. “Digital Simulation Used To Evaluate Self-Learning Applications And Its Users”, Revista Investigación Operacional, Volumen 26, N.1, 2005, pag 71-78 Edit. Universidad de la Habana.