

APLICACIÓN DE SOFTWARE DE SIMULACIÓN EN ENSEÑANZA DE FLUIDOSTÁTICA

Hugo A. Kofman

*Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral
Santiago del Estero 2829 TEL 0342-4571164 – hkofman@fiquis.unl.edu.ar*

En este trabajo se presentan dos simulaciones que pueden ser aplicadas con mucha facilidad a la enseñanza del Teorema General de la Hidrostática y de la Flotación de cuerpos. El software, de libre distribución, se concibe como parte integrante del material didáctico que utiliza el docente en sus clases. En tal carácter se abordan los distintos aspectos que debe dominar para obtener los mejores resultados en el trabajo de aula: contenido conceptual, modelo físico, modelo matemático, función pedagógica y diseño didáctico.

In this paper, two simulations that can be easily applied to the teaching of the General Theorem of Hydrostatic and Flotation of bodies are presented. This free distribution software is conceived as a part of the didactic material to be used for the teacher in his classroom. Thus, the different aspects that should be well known by him in order to obtain the best results in the classroom work are treated: conceptual content, physical model, mathematical model, pedagogic function and didactic design.

Introducción:

En Internet son cada vez más los sitios de los cuales se pueden obtener simulaciones para enseñanza de diversos temas de Física. En la mayor parte de los casos se trata de las llamadas Applets, que son programas relativamente simples, elaborados en lenguaje Java y que forman parte de páginas Web. En otros casos se trata de las “demos” cedidas en forma gratuita por autores que ofrecen los programas completos para la venta.

Sin embargo, por lo general, estas aplicaciones no vienen acompañados por un material explicativo que de cuenta del modelo físico utilizado y sus limitaciones. En tal sentido, resulta frecuente encontrarse con resultados de simulaciones que resultan completamente absurdos o que simplemente distan bastante de los resultados que se encontrarían mediante la experiencia real. Tal situación no invalida en modo alguno la utilización de esos materiales, sólo que se exige una discusión previa que permita al docente conocer en profundidad cual es el modelo físico que se utiliza y cómo se implementa el mismo a nivel matemático.

Por otra parte, tales herramientas no vienen acompañadas por propuestas didácticas basadas en objetivos pedagógicos previamente definidos, lo cual dificulta o impide aprovechar todas las potencialidades de las mismas.

Las cuestiones mencionadas son tratadas específicamente en este trabajo, en relación a dos aplicaciones que forman parte del Programa FLUIDOS. El mismo fue desarrollado, con la colaboración de un alumno pasante, en el marco de un proyecto de investigación educativa de

una Universidad Nacional, para ser aplicados en talleres de perfeccionamiento docente a nivel de escuelas medias. A posteriori, fueron utilizados en la enseñanza de nivel medio y universitario básico, con interesantes resultados. Se trata de simulaciones predefinidas que corren en entorno Windows 95 en adelante, y son de manejo prácticamente intuitivo.

Se intenta así brindar al docente una herramienta que le puede ser de utilidad, y a cuyo desarrollo y perfeccionamiento puede aportar a través del análisis crítico en su aplicación a nivel del aula.

Función pedagógica de las simulaciones

La simulación es la experimentación con un modelo (Varsavsky, 1982). En este caso se trata de un modelo matemático implementado en la computadora, el cual está basado siempre en un modelo físico idealizado (Kofman, 2000). De modo que la simulación de ningún modo se concibe como reemplazo de la experiencia real de laboratorio. Ésta cumple un rol fundamental en el acercamiento de los alumnos a los fenómenos físicos y a su estudio conceptual. Más aún, si esos experimentos son capaces de generar una fuerte motivación, a través de su impacto perceptual o de su contenido paradójico, así como por su influencia en el desarrollo de aptitudes procedimentales.

Sin embargo, se considera que la incorporación de simulaciones puede resultar sumamente favorable en ese marco, fundamentalmente para ampliar el ámbito de la experimentación, con todas las ventajas que nos brinda la posibilidad de manejar a voluntad un conjunto de variables, que no siempre resultan accesibles en el experimento real.

La flexibilidad y rapidez con la que trabajan las computadoras permite realizar un gran número de simulaciones en muy poco tiempo. De esta manera los alumnos pueden desarrollar un trabajo exploratorio, tratando de dar respuesta a problemas cualitativos relativamente abiertos, lo cual es prácticamente imposible mediante la realización de muchos experimentos reales o resolución de problemas numéricos. De esa manera pueden llegar a conclusiones acerca del comportamiento de un sistema o la discusión de una ley física, tomando decisiones sobre los caminos a recorrer para llegar a las metas propuestas.

En cuanto al posible rol de la computadora en el proceso de aprendizaje, se coincide con Martínez, R y otros (2000) en que ésta “ *es entendida como una herramienta cognitiva que puede apoyar y facilitar el proceso en la dinámica del grupo, y a la cual el conjunto de individuos puede unir su inteligencia y compartirla durante el desarrollo de su emprendimiento*”. Mediante este procedimiento, las simulaciones adquieren una función significativa en la formación de conceptos, a través de una actividad colaborativa y cooperativa, apoyada en el constructivismo. Para eso es necesario la transformación de las prácticas educativas, lo cual es responsabilidad principal del docente.

Sin embargo, la potencialidad del trabajo con simulaciones va más allá del aprendizaje a nivel conceptual y procedimental en lo que hace al tema específico, puesto que al apoyarse en el aprendizaje autónomo de grupo, promueve el desarrollo de la llamada metacognición. La misma, según Maldonado Granados, L. F. y otros (2000). “*se refiere al conocimiento que el individuo tiene sobre los procesos de cognición y de estados tales como la memoria, la atención, el conocimiento, la conjetura y la ilusión etc.*” “*La metacognición como poder*

regulador del propio aprendizaje la visualizamos a través de las manifestaciones del docente sobre algunos elementos como: el pensar sobre su propio pensamiento, planear, estar consciente de los recursos necesarios, ser sensible a la retroalimentación y evaluar la efectividad de las acciones propias, entre otras”.

Esto resulta posible a partir de que los alumnos asumen una tarea en la cual ellos mismos deben tomar decisiones sobre los caminos a recorrer, formulan hipótesis, dan argumentos en pro de unas u otras proposiciones, y además toman conciencia de que trabajan con un modelo matemático del sistema físico.

El diseño didáctico

La conducción de la actividad antes mencionada por parte del docente, requiere de ciertos requisitos previos, algunos de los cuales fueron ya mencionados en forma indirecta: necesidad de dominar el contenido conceptual, de conocer perfectamente el modelo físico y matemático y de definir la función pedagógica de la actividad.

Cabe ahora puntualizar la importancia del diseño didáctico y los aspectos que hay que tener en cuenta para ese objetivo. Se trata de elaborar la guía de actividades, con las cuestiones a las cuales el alumno deberá dar respuesta con ayuda de las simulaciones. Este es el aspecto principal que corresponde al docente como tarea previa. Los problemas deberán estar adaptados a la realidad del grupo de alumnos con que se trabaje, y tendrán que ser lo suficientemente abiertos como para permitir la decisión creativa de los alumnos, pero lo suficientemente definidos como para que el alumno pueda conocer los objetivos a los que debe direccionar sus acciones.

La dificultad con que el docente se encuentra frecuentemente es que los alumnos no están habituados a trabajar de esa manera. Para ellos los problemas son (generalmente) tan definidos que sólo admiten un cierto procedimiento para llegar a un único resultado. De ahí que resulten comunes las dificultades de interpretación: ¿Que me pide el problema ? ¿Que tengo que hacer?.

Estos problemas pueden ser superados mediante ensayos piloto hechos con anticipación, sometiendo la propuesta a pruebas previas por parte de otros docentes y de grupos reducidos de alumnos elegidos al azar. Además, hay que apoyarse en su capacidad de adaptación, que normalmente es superior que la de los mayores.

El desarrollo de la actividad dependerá de las posibilidades concretas con que se cuente. Da buen resultado el trabajo en un gabinete con varias computadoras, dividiendo el curso en grupos de 3 o cuatro alumnos por máquina, de manera que cada grupo trabaje con autonomía, con asistencia del docente, y realizando a posteriori la puesta en común y la elaboración de informes escritos. Si no se cuenta con estas condiciones, se puede trabajar en turnos distintos y aun planteando la actividad como tarea para el hogar, para lo cual habrá que asegurar que todos los grupos puedan tener acceso a una computadora. Esta última modalidad tiene incluso una ventaja: los alumnos disponen de mayor tiempo para realizar sus trabajos.

1- Teorema General de la Hidrostática y Principio de Pascal

En este tema se trabaja con la aplicación llamada PRESIONES HIDROSTICAS del programa FLUIDOS. El sistema representado consiste en un recipiente cilíndrico con líquido y aire, que se cierra en su punto superior por medio de un pistón. Sobre el mismo se puede colocar distintas pesas, las que se desplazan mediante el mecanismo de arrastre con el ratón (botón izquierdo presionado y desplazamiento del puntero). El nivel del líquido se puede modificar mediante una barra de desplazamiento. El tipo de líquido se puede seleccionar dentro de una lista, en la que figuran sus densidades (en g/cm^3).

La presión se mide a través de la lectura de los manómetros (muestran el valor de la presión absoluta o manométrica según la opción seleccionada) y también mediante el “manómetro manual” que se acciona mediante el posicionamiento del puntero del ratón dentro del líquido (se lee profundidad y presión).

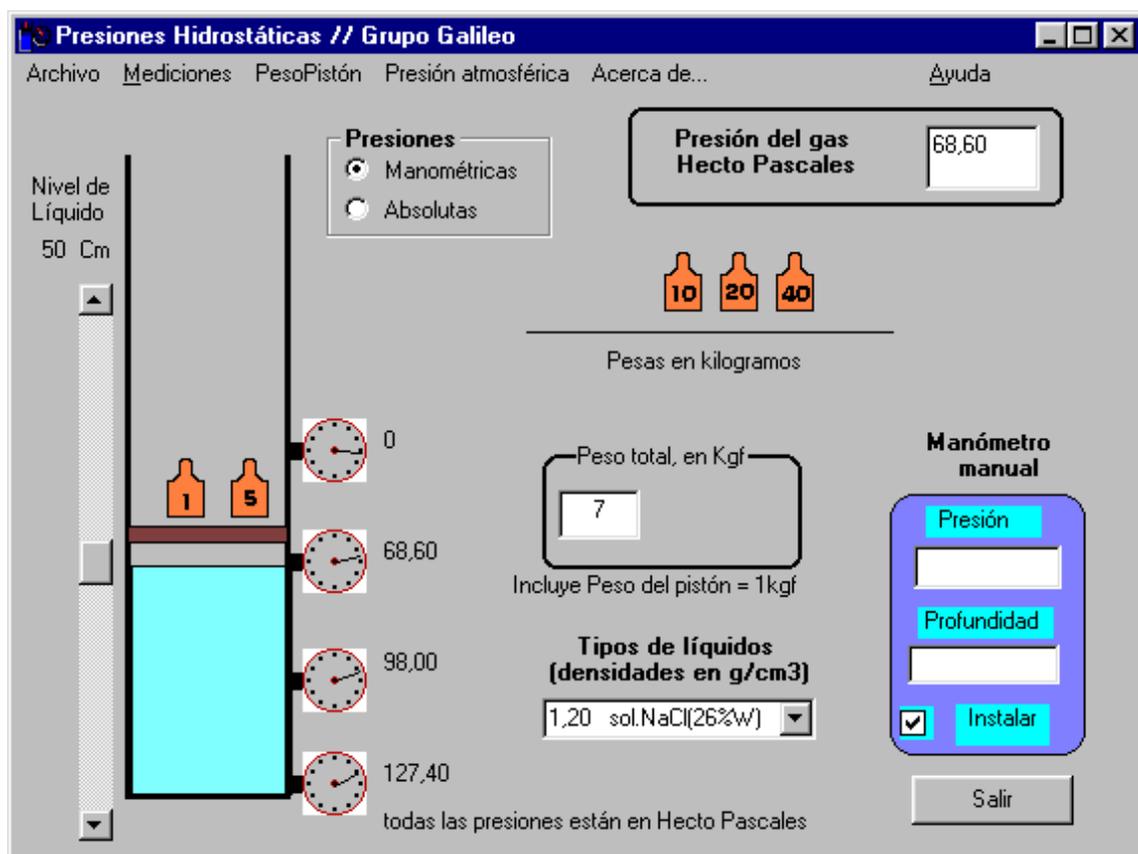


Fig 2: Pantalla de la aplicación PRESIONES HIDROSTÁTICAS

Modelo Físico de la simulación

Se desprecian las fuerzas de rozamiento, de modo que las únicas fuerzas a considerar son las de presión y las de gravedad. Se utiliza el modelo de gases ideales para el gas que está sobre el líquido.

La presión dentro del aire del recipiente se puede calcular sumando a la presión atmosférica el valor que resulta de dividir el peso de las pesas más el peso del pistón, por el área del mismo (en este caso $0,01 \text{ m}^2$)

Por ejemplo, en la pantalla mostrada se tienen 7 kg en total, y no se incluye la presión atmosférica (opción Presión Manométrica):

$$P_{\text{gas}} = \frac{7 \text{ Kg } 9,8 \text{ m/S}^2}{0,01 \text{ m}^2} = 6860 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 68,60 \text{ HPa} \quad (1)$$

La presión dentro del líquido se calcula mediante el teorema general de la hidrostática:

$$P = P_{\text{gas}} + \rho \cdot g \cdot h \quad (2)$$

Donde ρ es la densidad del líquido (Kg/m^3), g la aceleración de la gravedad ($9,8 \text{ m/S}^2$) y h es la profundidad en el líquido (m)

Ejemplo de guía para el alumno

Utilizar el software indicado para responder al siguiente cuestionario. Para ello hay que realizar las experiencias simuladas que se considere conveniente, explicar las respuestas basándose en las observaciones realizadas y valores obtenidos, y con el Teorema General de la Hidrostática.

1. Cuándo aumentamos la presión de una parte del interior de un recipiente cerrado (gas), ¿que ocurre con la presión en todas las partes del gas y del líquido encerrado en el recipiente?. Formule una respuesta cualitativa y cuantitativa. Dé un ejemplo de aplicación.
2. ¿ Cómo varía la presión de un líquido con la profundidad?. Formule una respuesta cualitativa y cuantitativa.
3. ¿ Cómo es la dependencia de la presión con la densidad del líquido?
4. Al colocar y sacar distintas pesas se puede observar el porqué se les llama fluidos compresibles a los gases y fluidos incompresibles a los líquidos. Relate que es lo que se observa al respecto.
5. ¿ Cómo se explica la variación de la presión en relación a las pesas colocadas sobre el pistón?

Cuestiones a considerar por el docente

La primer pregunta se puede resolver colocando cierta carga sobre el pistón. Se observa en forma inmediata que la presión aumenta en todos los medidores. Una observación más detallada nos lleva a comprobar que los incrementos son todos iguales. Se trata del Principio de Pascal, que fundamenta por ejemplo el funcionamiento de la prensa hidráulica. En el caso que los alumnos no perciban este fenómeno, el docente deberá orientarlo con ciertas preguntas. Con la expresión del Teorema Fundamental de la Hidrostática se puede explicar el

fenómeno, porque estaríamos aumentando la presión p_{gas} , con lo que se produce igual incremento en el valor de p , para cualquier profundidad.

La segunda pregunta se puede responder dejando fijas las pesas y observando los medidores ubicados a distintos niveles. En primera instancia se observa en forma cualitativa que a mayor profundidad habrá mayor presión. Para hacer un análisis cuantitativo hay que realizar ciertos cálculos de manera que los valores adquieran sentido. Una posibilidad es calcular la presión debida sólo al líquido (diferencia de la presión total con la presión del aire debajo del pistón). Esa presión será proporcional a la profundidad (ecuación 2), de manera que su valor, por ejemplo, se debe duplicar cuando se duplica la profundidad. Difícilmente los alumnos recorran este camino por sí solos. En caso de no hacerlo, se les puede sugerir que estudien la “presión debida sólo al peso del líquido”.

La tercera cuestión es similar a la anterior. La parte cualitativa es también de observación inmediata y se resuelve cambiando el líquido. Para llegar a una respuesta cuantitativa se debe calcular la presión debida al peso del líquido, pudiéndose comprobar que ésta es proporcional a la densidad (constancia del cociente entre esa presión y la densidad del líquido).

La pregunta cuatro tiene que ver con la propiedad principal que diferencia a un líquido de un gas: el primero no experimenta casi variación de volumen cuando varía la presión (fluido incompresible), mientras que el gas sufre grandes variaciones de volumen con la presión.

La última pregunta está relacionada al concepto mismo de presión: está definida como el cociente entre la intensidad de la fuerza de presión y el área sobre la que se ejerce, de manera que a mayor fuerza tendremos mayor presión.

2 - Flotación de cuerpos sólidos en líquidos

En este tema se trabaja con la aplicación llamada FLOTACIÓN del programa FLUIDOS. El sistema representado consiste en un sólido que puede flotar en un líquido, pudiendo variarse las densidades de ambos.

El software calcula la fracción sumergida de un sólido en flotación, y representa gráficamente la situación correspondiente. Puede darse el caso de la flotación, del hundimiento o del equilibrio del cuerpo en medio del líquido, cuando se igualan las densidades. También es posible incorporar un segundo líquido en la parte superior (no miscible con el anterior), en cuyo caso se pueden también estudiar las distintas alternativas que se presentan.

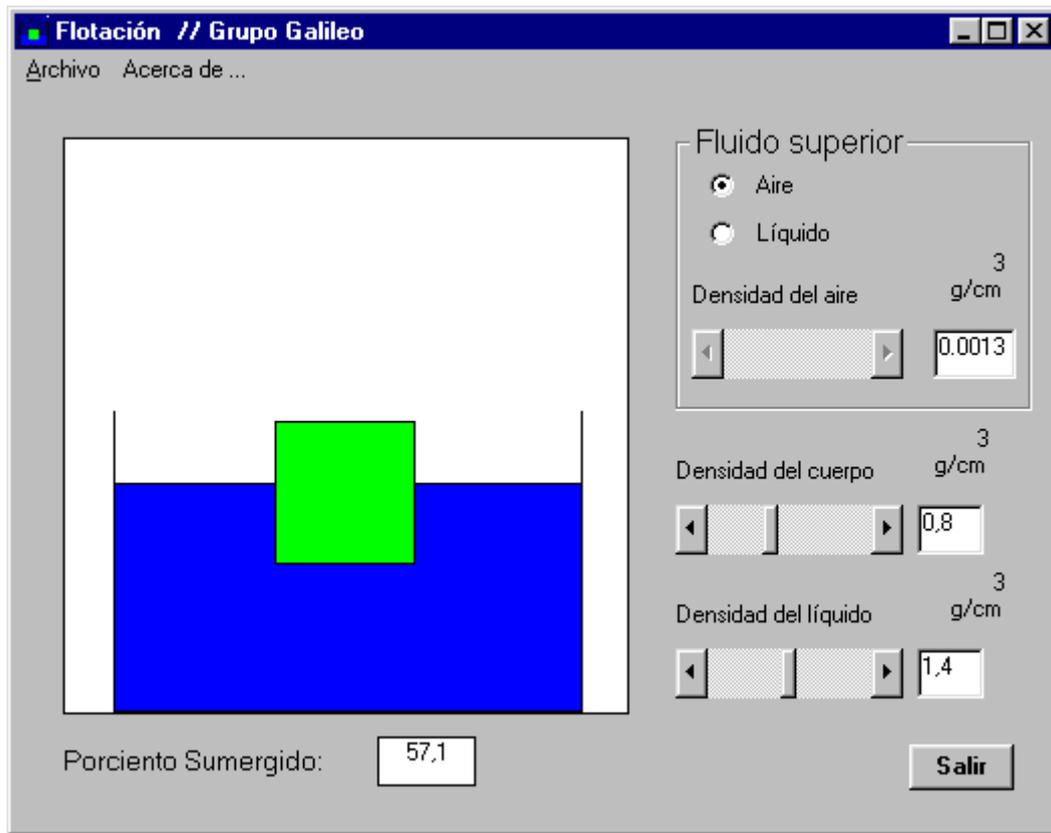


Fig 2: Pantalla de la aplicación FLOTACIÓN

Modelo Físico de la simulación

Se trata de un modelo estático en el que se desprecian las fuerzas de tensión superficial, de modo que las únicas fuerzas que se deben tener en cuenta son: el Peso del Cuerpo y la Fuerza de Empuje de Arquímedes. Llamando V al volumen del cuerpo, X a la fracción sumergida del mismo (ejemplo $X = 0,5$ para el 50% sumergido), ρ_s la densidad del sólido y ρ_l la densidad del líquido, se puede obtener la fracción sumergida igualando los módulos de la fuerza Peso del cuerpo con el de la fuerza de Empuje. Se muestra a continuación el cálculo para el ejemplo mostrado en pantalla:

$$\rho_s V g = \rho_l X V g \quad (3) \quad X = \rho_s / \rho_l = 0,8 / 1,4 = 0,571 \quad (4)$$

En el caso que se tenga un segundo líquido en la parte superior, la fuerza de empuje se calcula sumando las contribuciones de cada uno de los líquidos:

$$\rho_s V g = \rho_{LI} X V g + \rho_{LS} (1-X) V g \quad (5)$$

Donde ρ_{LI} es la densidad del líquido inferior, y ρ_{LS} es la densidad del líquido superior:

$$X = \frac{\rho_s - \rho_{LS}}{\rho_{LI} - \rho_{LS}} \quad (6)$$

Ejemplo de guía para el alumno

Utilizar el software indicado para responder al siguiente cuestionario. Para ello hay que realizar las experiencias simuladas que se considere conveniente, explicar las respuestas sobre la base de las observaciones realizadas y a la expresión de la fuerza de empuje hidrostática.

1. ¿ Que condición debe cumplir un cuerpo sólido para flotar en un líquido?
2. ¿ Por que los témpanos tienen un volumen tan grande bajo la superficie en flotación?
¿Que ocurre con el poliuretano expandido (“telgopor”)?
3. ¿ Que ocurre cuando se igualan las densidades del cuerpo y el líquido.
4. ¿ Que condición se debe cumplir para que un cuerpo quede flotando entre dos líquidos no miscibles (como el agua y el aceite)? ¿Cómo se puede hacer para que el cuerpo tenga la mitad exacta de su volumen en cada líquido?

Cuestiones a considerar por el docente

La primer pregunta está orientada a que el alumno vincule la flotación con la relación entre las densidades del sólido y del líquido. Si el sólido tiene densidad menor, flotará en el líquido, en caso que tenga mayor densidad se hundirá y cuando tenga igual densidad se mantendrá en un equilibrio indiferente dentro del líquido, pudiendo ser trasladado a cualquier altura. Esto se explica a partir de las expresiones del peso y del empuje hidrostático.

La segunda pregunta indaga un poco más sobre la situación de flotación. En todos los casos la fuerza de empuje debe igualar al peso en la condición de equilibrio. Como la fuerza de empuje es proporcional al volumen sumergido (y a la densidad del líquido), un cuerpo de mayor peso y densidad tendrá que tener un mayor volumen sumergido para poder flotar.

$$\text{Peso} = \text{Fuerza de Empuje} \quad \Rightarrow \quad V_c \cdot \rho_c \cdot g = V_s \cdot \rho_L \cdot g$$

El hielo tiene una densidad apenas menor que el agua líquida (ρ_c apenas menor que ρ_L), entonces será el volumen del cuerpo (V_c) apenas superior al volumen sumergido (V_s). En cambio para el telgopor: $\rho_c \ll \rho_L$, entonces será $V_c \gg V_s$.

Para responder a la tercer pregunta, se igualan las densidades y por lo tanto se igualan los volúmenes en la ecuación anterior. El equilibrio se obtiene con el cuerpo totalmente sumergido en el líquido.

Para responder a la última pregunta, los estudiantes modifican las variables correspondientes y deben llegar a la conclusión de que la densidad del cuerpo debe tener un valor intermedio entre la de los dos líquidos: menor que la del líquido inferior y mayor que la del líquido superior. Como caso particular, se tiene el equilibrio con la mitad exacta del cuerpo en cada líquido, cuando la densidad del cuerpo es el promedio entre las densidades de los líquidos. Estas situaciones se pueden demostrar, considerando que ahora actúan dos fuerzas de empuje, una debida al líquido inferior y otra al superior.

A modo de conclusión

Al igual que con cualquier material de estudio, es primordial que el docente domine los contenidos conceptuales relacionados al mismo. Pero con las simulaciones es preciso, también, tener una noción clara de la estructura de la misma: su modelo físico y matemático. Para que la aplicación resulte fructífera se requiere además de una elaboración a nivel didáctico en base a los objetivos pedagógicos establecidos. El mismo, con seguridad, deberá ser puesto a punto en base al análisis y evaluación de la actividad desarrollada. En esto, sería importante la colaboración y transmisión de experiencias entre los propios docentes.

A pesar del esfuerzo requerido y de que no existen las mejores condiciones a nivel del contexto educativo, se considera que bien vale el intento. La motivación que desde el comienzo se observará en los alumnos es una muestra de las posibilidades que se abren a partir de una planificada y reflexiva aplicación de estas herramientas que nos posibilitan las nuevas tecnologías.

Referencias Bibliográficas:

KOFMAN, HUGO A. 2000. *Modelos y simulaciones computacionales en la enseñanza de la física*. Revista Educación en Física .Vol. 6 Págs. 13 a 22. (Uruguay).

MALDONADO GRANADOS, LUIS FACUNDO Y ORTEGA DEL CASTILLO, NEHEREY. 2000. *Pedagogía computacional y aprendizaje autónomo*, Congreso RIBIE 2000, Viña del Mar, Chile.

MARTINEZ, RUBEN DARIO; MONTERO, YOLANDA HAYDEÉ; PEDROSA, MARÍA EUGENIA; MARTIN, ELSA INÉS. 2000. *Sobre herramientas cognitivas y aprendizaje colaborativo*, Congreso RIBIE 2000, Viña del Mar, Chile.

VARSAVSKY, OSCAR. 1982. *Metodología: Modelos Matemáticos y experimentación numérica*, capítulo VI de Obras Escogidas. (Centro Editor de América Latina, Buenos Aires).

WILSON, JERRY D. 1996. *Física*. (Prentice Hall Hispanoamericana, S. A. , Mexico)