

# DESARROLLO DE ALGORITMOS COMO HERRAMIENTA PEDAGÓGICA EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

*Martel, Maximiliano (1º Autor)<sup>1</sup>, Muros, Nicolás P. <sup>1</sup>, Fernandez, Elías S.<sup>1</sup>, Fonseca, Ivan<sup>1</sup>, Sanchez-Varretti, Fabricio O.<sup>1</sup>, García, Guillermo D.<sup>1</sup>*

*(1) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael.*

*Gral. J. J. de Urquiza 340M5602GCH.*

## RESUMEN.

La implementación de sistemas ligados al desarrollo de capacidades de programación e investigación resulta cada vez más importante en los entornos académicos actuales. Por tanto, y considerando el gran crecimiento de las TICs en la universidad, se propone mediante este proyecto la implementación sistemática de dichos recursos, acentuando particularmente el desarrollo de software orientado a la investigación y estudio de cátedras incluidas en las currículas de las carreras dictadas en la Universidad Tecnológica Nacional.

Estos recursos generan en el alumno la capacidad de relacionar conceptos teórico-prácticos mediante la realización de ejercicios [1], desde una perspectiva lógica y práctica, resolviéndolos a través de programación C++; este lenguaje es el más utilizado por su flexibilidad y adaptabilidad.

La realización de las actividades tiene como objetivo la inserción del estudiante en un ámbito de investigación científica-tecnológica y desarrollo de conocimiento, para lo cual es requerido un manejo adecuado de los temas específicos a dichas investigaciones, de esta manera se refuerza el nivel educativo.

La adquisición de estos recursos le permiten al educando la resolución práctica de diversos sistemas, tales como problemas físicos de interacción entre moléculas (en función de su masa, fuerzas interactuantes, y energía), implementando algoritmos que simulan modelos idealizados de sistemas magnéticos (modelo Ising).

Se intenta acercar al alumno a la resolución de sistemas dinámicos mediante el uso del Método de Monte Carlo y algoritmo de Metrópolis [2], implementando modelos de red, los cuales son ampliamente utilizados en el estudio de otras ramas de la ciencia, tales como la biología [3], interacciones sociales [4], comunicaciones [5], redes complejas [6], redes adaptativas o de aprendizaje, entre otros.

**Palabras Claves:** Investigación, programación, educación, simulación.

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo herramientas útiles para la investigación científica, la práctica profesional y la jerarquización académica, se basa en la implementación de recursos pedagógicos, académicos y científicos novedosos [7]. En el caso del presente trabajo, consiste en una serie de ejercicios teórico-prácticos, cursos y materias electivas destinadas a desarrollar en el alumno una forma crítica, ordenada y sistemática de pensamiento, guiada por la implementación algorítmica y problemas motivadores.

Si bien el objetivo final de la actividad es la inserción de los estudiantes en el ámbito de la investigación creativa y el desarrollo de innovaciones tecnológico-científicas y la práctica profesional, hasta ahora las actividades realizadas han tenido resultados a nivel netamente educativo. Utilizando como plataforma pedagógica de mediación de conocimientos, la programación en lenguaje C++, los alumnos logran simular la interacción entre moléculas; considerando su masa, fuerzas de interacción, etc. De esta manera, comenzando con interacciones simples entre partículas cargadas, y modelos sencillos de magnetismo a nivel atómico (*modelo de Ising*) el alumno avanza en la complejidad conceptual, algorítmica y lógica. Con esto se logra la relación, integración y profundización de conocimientos adquiridos en las asignaturas correspondientes a las materias básicas de ingeniería y su adecuada aplicación en las materias de las especialidades.

La metodología utilizada enfatiza el trabajo en equipo, mediante el debate continuo de los distintos enfoques al enfrentar un problema, y evaluando a su vez la solución óptima.

## 2. EJERCICIOS PARTICULARES.

Los modelos, poseen la particular característica de poder ser implementados en cualquier lenguaje de programación imperativo como el C++, Fortran, java, etc. Toda implementación logra que el alumno desarrolle herramientas de pensamiento y abstracción.

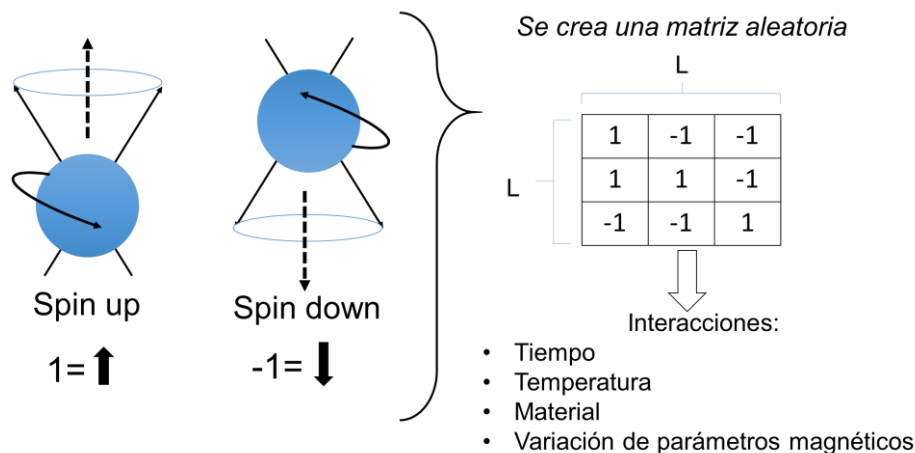
Los modelos seleccionados para la actividades de formación de los alumnos de la Regional San Rafael son: 1) Modelo de Ising y 2) Dinámica de tres/varios cuerpos.

### 2.1 Modelo Ising.

El modelo de Ising posee transición magnética de fase de segundo orden. Logró su reconocimiento por describir la conocida Ley de Curie.

El modelo ha sido resuelto de forma exacta en una red bidimensional mediante la teoría de renormalización, por Lars Onsager. Sin embargo, simples modificaciones de este modelo no poseen solución analítica. Sin embargo, se han utilizado aproximaciones para su solución analítica, entre ellas la más conocida es la de Campo Medio.

Este problema considera sitios (espines) colocados en una red regular cuadrada y bidimensional. Los espines pueden tomar sólo dos valores correspondientes a las magnetizaciones positiva (up) y negativa (down). Este problema, además de ser pionero en el área de la física estadística, permite ser generalizado a otros sistemas de otras áreas del conocimiento.



#### 2.1.1 Resultados obtenidos

Se plantearon matrices cuadradas de  $L \times L$  con valores aleatorios de magnetización (positiva o negativa), donde se evaluaron los valores de magnetización específica en relación a los Pasos Monte Carlo (PMC), manteniendo constante el valor de temperatura ( $T * Kb$ ) por cada programa creado. Los resultados de dichos programas superpuestos se pueden observar en *Gráfico 1*, donde se ve claramente que los valores de magnetización específica de un material dado varían directamente en relación al valor adoptado de  $T * Kb$ .

El algoritmo implementado es el Modelo Ising, en el cual,

- 1) Se elige un sitio al azar en la red y se propone invertir el valor de su spin.
- 2) Se determina el cambio de energía de la configuración resultante.

- 3) Si la energía disminuye (variación negativa), el cambio es aceptado;
- 4) Si la energía aumenta, la posibilidad de aceptar el cambio está dada por la ecuación

$$Pc = e^{\frac{-dE}{T \cdot Kb}} \quad (1)$$

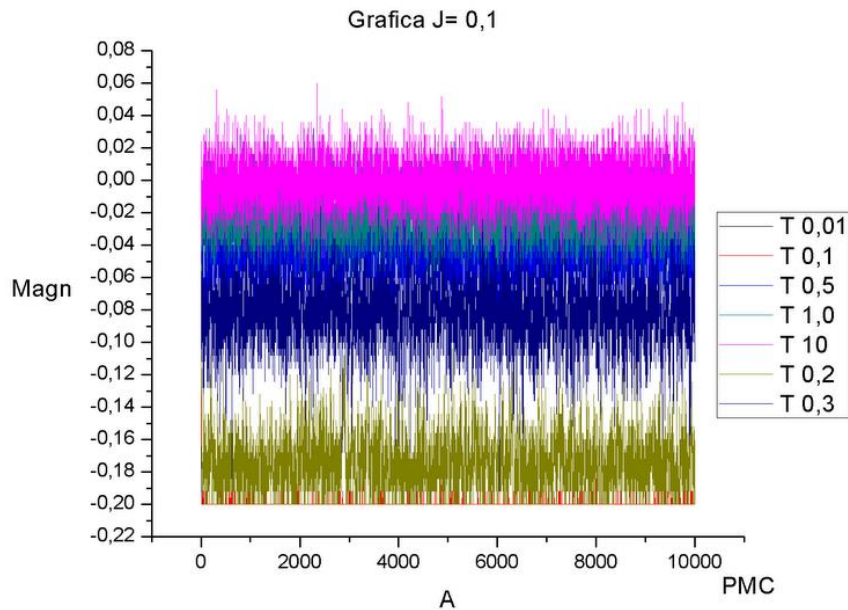
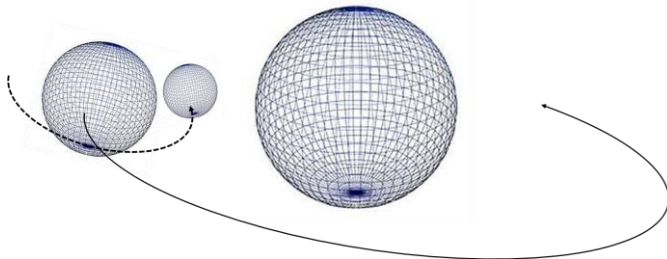


Gráfico 1: Magnetización específica en función de PMC a distintos valores  $T=T \cdot Kb$

### 2.2 Problema de los tres cuerpos.

El problema de tres cuerpos, es un problema que no posee solución analítica pero que puede ser de interés al estudiante tanto por su aplicación a tecnologías aero-espaciales como a otros problemas de múltiples cuerpos (dinámica molecular). La dinámica planetaria es descrita por sistemas de ecuaciones diferenciales acopladas. El estudio de los métodos numéricos de integración pueden introducir al alumno del nivel inicial en las complejidades de las ecuaciones diferenciales acopladas, sin necesidad de entrar en las complejidades de las soluciones analíticas. Mediante algoritmos sencillos de integración y derivación, y aplicando el álgebra vectorial elemental, el alumno puede simular la dinámica planetaria, observando la evolución temporal de cuerpos celestes: un sistema solar (pequeño), el movimiento de satélites, meteoritos, etc.



### 3. Vinculación vertical en la educación

El problema de Ising presenta al alumno un sistema que explícitamente explica el comportamiento de sistemas magnéticos. Estos sistemas se estudian en asignaturas correspondientes al segundo nivel.

El problema de tres cuerpos presenta un sistema de interés para asignaturas que involucran ecuaciones diferenciales acopladas y, habiendo conocido los métodos algorítmicos de integración, el alumno afronta los problemas diferenciales con una visión integral y detallada de los sistemas modelados.

El conocimiento de las herramientas de algoritmación permite al alumno afrontar problemas novedosos de todas las áreas del conocimiento. Es de destacar que dependiendo del nivel que cursa el alumno (y de sus tiempos disponibles) es posible guiarlo para se familiarice con los problemas abiertos de la ciencia y la tecnología.

#### 4. Vinculación horizontal en la educación

En el primer nivel de las especialidades se presenta el movimiento de partículas no interactuantes (gas ideal) y el modelado algorítmico de estos sistemas ayuda a la profundización de los significados adquiridos en las conceptualizaciones específicas de ese nivel.

La currícula del primer nivel no incluye contenidos explícitos de algoritmación; sin embargo, los algoritmos utilizados no son de una complejidad que excluya al alumno. Se destaca que los alumnos académicamente menos exitosos deberán dedicar horas extra a los primeros pasos. Estos primeros pasos pueden resultar frustrantes si la guía y el esfuerzo no son constantes, y dicha frustración puede llevar, eventualmente, al educando a abandonar. Por tanto se propone el constante acompañamiento e interacción por parte del alumno y el profesional destinado a mediar la tarea.

#### 5. CONCLUSIONES.

El estudio de los casos particulares para la implementación algorítmica ayuda a los alumnos a lograr herramientas de abstracción y hace que se tome una real dimensión de la máxima: "todo problema puede ser expresado como la suma de problemas más sencillos".

La capitalización de esta máxima hace más sencillo el alcanzar los objetivos de las asignaturas, así como lograr resignificaciones más profundas de los conceptos esenciales de las mismas.

En síntesis, aquellos alumnos que participan de las actividades de algoritmación enriquecen su formación académica y se inician en la investigación básica o aplicada en tempranos estadios de su carrera de grado.

Sería de gran interés, el lograr una interacción con los alumnos egresados de las especialidades para evaluar el impacto de estas actividades en su desarrollo conceptual y profesional.

#### 4. REFERENCIAS.

- [1] Dr Sampieri, Roberto Hernández. (2006). "*Metodología de la investigación*". Cuarta edición. Editorial Mc Graw-Hill. México.
- [2] Metropolis, N; Rosenbluth, A.W; Rosenbluth, M.N; Teller, A.H; Teller, E; (1953). "*Equation of State Calculation by fast Computing Machines*". The journal of Chemical Physics. 21, 6, páginas. USA.
- [3] Montoya, Pimm, Solé. "*Ecological Complexity Untagged*", Nature Reviews Genetics. July (2006).
- [4] Jierui Xie, Boleslaw K. Szymanski, Xiaoming Liu, "*SLPA: Uncovering Overlapping Communities in Social Networks via A Speaker-listener Interaction Dynamic Process*" , <http://arxiv.org/> (2011)
- [5] James P.G. Sterbenza, David Hutchison, Egemen K. Çetinkaya, Abdul Jabbar, Justin P. Rohrer, Marcus Schöller, Paul Smith, "*Resilience and survivability in communication networks: Strategies, principles, and survey of disciplines*", Computer Networks, Volume 54, Issue 8, 1 June 2010.
- [6] Barabási, Albert-László y Zoltán Oltvai, "Network Biology", Nature Reviews Genetics 5, 101-113 (2004).
- [7] Elliott, John. (1990). "*La investigación-acción en educación*". España. Cuarta edición. Ediciones Morata S. L.

#### Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) - Facultad Regional San Rafael (FRSR). A la secretaria de Ciencia y Técnica de la UTN – FRSR. También al Grupo de Físico Química de Sistemas Complejos (GFQSC) de la UTN - FRSR y a los organizadores del COINI.