



*Control en la Calidad de Optimización con Resolución del Problema de Ajedrez de las Ocho Reinas con el Algoritmo de Búsqueda Temple Simulado*

*Control in the Optimization Quality with Resolution of the Eight Queens Chess Problem with the Simulated Temple Search Algorithm*

*Controle na Qualidade de Otimização com Resolução do Problema de Xadrez das Oito Rainhas com o Algoritmo de Busca de Templos Simulados*

Mario Gerardo Moreno-Pallares <sup>I</sup>  
[mario.moreno01@epn.edu.ec](mailto:mario.moreno01@epn.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-9083-8816>

Rodrigo Rigoberto Moreno-Pallares <sup>II</sup>  
[rodrigo.moreno@esPOCH.edu.ec](mailto:rodrigo.moreno@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-1877-6942>

Edwin Fernando Mejia-Peñañiel <sup>III</sup>  
[efmejia@esPOCH.edu.ec](mailto:efmejia@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6888-4621>

**Correspondencia:** [mario.moreno01@epn.edu.ec](mailto:mario.moreno01@epn.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Revisión

\* **Recibido:** 20 de marzo de 2022 \* **Aceptado:** 18 de abril de 2022 \* **Publicado:** 24 de mayo de 2022

- I. Magister en Computación Mención en Sistemas Inteligentes, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- II. Magister en Ingeniería Industrial y Productividad Msc, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- III. Magister en Informática Aplicada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.

## Resumen

El algoritmo de Temple Simulado se utiliza para resolver problemas de optimización, ya sea para minimizar los gastos o aumentar las ganancias. La resolución del problema de ajedrez de las ocho reinas con el algoritmo mencionado anteriormente, en este trabajo se usó datos de tiempo de 1700000 y de temperatura de 100000. Eso dio un tiempo de ejecución promedio de 0.0681 segundos.

**Palabras Clave:** Algoritmo de Búsqueda; Temple Simulado; Problemas de Optimización; Ocho Reinas.

## Abstract

The Simulated Annealing algorithm is used to solve optimization problems, either to minimize expenses or increase profits. The resolution of the chess problem of the eight queens with the algorithm mentioned above, in this work was used time data of 1700000 and temperature of 100000. That gave an average execution time of 0.0681 seconds.

**Keywords:** Search Algorithm; Simulated Temple; Optimization Problems; Eight Queens.

## Resumo

O algoritmo Simulated Quenching é utilizado para resolver problemas de otimização, seja para minimizar custos ou aumentar lucros. Resolvendo o problema do xadrez das oito rainhas com o algoritmo mencionado acima, neste trabalho foram utilizados dados de tempo de trabalho de 1700000 e dados de temperatura de 100000, o que deu um tempo médio de execução de 0,0681 segundos.

**Palavras-chave:** Algoritmo de Busca; Têmpera simulada; Problemas de Otimização; Oito Rainhas.

## Introducción

El algoritmo de temple es conocido también como: recorrido simulado, cristalización simulada o enfriamiento simulado. Es un algoritmo de búsqueda para la optimización global de problemas, el objetivo es el de encontrar una buena aproximación al valor óptimo de la función en un espacio de búsqueda que es amplio, al valor óptimo se lo conoce como óptimo global [1].

El nombre del proceso del algoritmo está inspirado en el recocido del acero y cerámicas, técnica

en la que consiste en calentar y luego enfriar lentamente el material para que sus propiedades físicas varíen. El Temple Simulado es la unión de la ascensión de colinas con un camino aleatorio de un conjunto de sucesores que produce eficacia como completitud [1], [2].

El temple simulado es similar a colocar una pelota de ping-pong en la grieta las profunda de una superficie desigual, si esta pelota rodara sola se estancaría en un mínimo local, pero si se sacude la superficie esta puede llegar al mínimo global; es decir; la solución del temple simulado inicia sacudiendo con fuerza y luego gradualmente seguir reduciendo la intensidad de la sacudida [2].

El algoritmo del Temple Simulado es muy similar al ascenso de colinas, su bucle interno en vez de escoger el mejor movimiento escoge un movimiento aleatorio. Si el movimiento mejora la situación es siempre aceptado, el algoritmo acepta el movimiento con una probabilidad menor que 1, la probabilidad también baja cuando la temperatura baja, si el esquema disminuye la temperatura bastante despacio, el algoritmo encontrara un óptimo global con probabilidad cerca de 1 [2].

Para este caso en particular se implementó el algoritmo del Temple Simulado para resolver el problema de ajedrez de las ocho reinas, que consiste en poner ocho reinas en un tablero de ajedrez sin que se amenacen. Una reina amenaza aquellas piezas que se encuentren en su misma fila, columna o diagonal. El problema de las ocho reinas consiste en poner en un tablero de ajedrez ocho reinas sin que estas se amenacen, este caso fue propuesto por el ajedrecista alemán Max Bezzel en 1848.

Existen varias respuestas al problema anteriormente mencionado por ejemplo existen algoritmos que implementados con backtracking, búsquedas en profundidad, algoritmos genéticos, etc. El presente trabajo realiza una solución al problema de las ocho reinas mediante el algoritmo del Temple Simulado para comprobar si el algoritmo emite una respuesta óptima, el desarrollo del algoritmo se lo realizo en el lenguaje de programación c++ [3]–[6].

Este trabajo en la Sección II denominada Metodología y Materiales se encuentra la metodología usada para resolver el problema planteado , la Sección III Resultados muestra los datos que se obtuvo al realizar el algoritmo del Temple Simulado, la Sección IV Discusión de los resultados obtenidos y Sección V Conclusiones la cual muestra las conclusiones en base a los resultados obtenidos.

## Metodología y materiales

El algoritmo de Temple Simulado en este caso en particular de las ocho reinas es necesario minimizar el costo computacional, que ocasiona el resolver estos tipos de problemas de optimización combinatoria ya que tiene un conjunto de piezas y hay posiciones en las que se deben colocar cada pieza de forma que no se amenacen [7].

El seudocódigo del algoritmo de Temple Simulado es el siguiente[2]:

**Función** TEMPLE-SIMULADO(*problema*, *esquema*) **devuelve** un estado solución

**Entradas:** *problema*, un problema

*esquema*, una aplicación desde el tiempo a «temperatura» **variables locales:** *actual*, un nodo

*siguiente*, un nodo

*T*, una «temperatura» controla la probabilidad de un paso hacia abajo

*actual* ← HACER-NODO(ESTADO-INICIAL[*problema*])

**para**  $t \leftarrow 1$  **a**  $\infty$  **hacer**

*T* ← *esquema*[*t*]

**si**  $T = 0$  **entonces devolver** *actual*

*siguiente* ← un sucesor seleccionado aleatoriamente de *actual*

$\Delta E \leftarrow \text{VALOR}[\textit{siguiente}] - \text{VALOR}[\textit{actual}]$

**si**  $\Delta E > 0$  **entonces** *actual* ← *siguiente*

**en caso contrario** *actual* ← *siguiente* sólo con probabilidad  $e^{\Delta E/T}$

En el presente trabajo el seudocódigo fue implementado en lenguaje de programación c++, en este algoritmo se deben definir valores a la temperatura que es 100000 y el tiempo máximo para realizar las iteraciones es 1700000. El tiempo es el que decide si se sobrepasa su valor este devolvería la mejor respuesta que ha obtenido.

Los principales problemas al momento de la implementación del algoritmo de Temple Simulado para el problema de las ocho reinas fue: el decidir cuál es la mejor cantidad para el tiempo y la temperatura ya que si el tiempo es muy bajo este no llegaría a alcanzar la respuesta deseada, al igual que la temperatura si no empieza de forma adecuada.

Con las cantidades de la temperatura y el tiempo mencionados anteriormente se obtuvo un tiempo bajo para hallar la respuesta correcta al problema de las ocho reinas, cabe mencionar que el

programa implementado para este caso se ejecutó diez veces así obteniendo un promedio de tiempo de ejecución.

## Resultados

A continuación en la Tabla 1 se presenta los tiempos correspondientes a cada ejecución realizada, con el algoritmo del Temple Simulado.

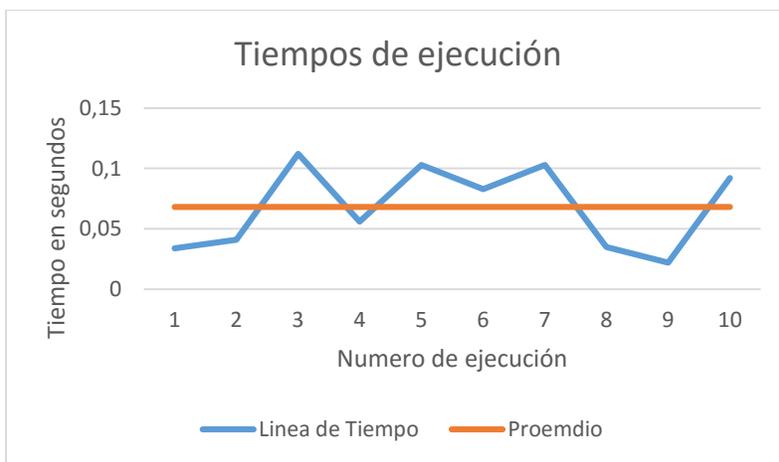


TABLA I  
TIEMPO DE EJECUCIÓN

Ejecucion	Tiempo (segundos)
1	0.034
2	0.041
3	0.112
4	0.056
5	0.103
6	0.083
7	0.103
8	0.035
9	0.022
10	0.092
Promedio	0.068

Tabla de valores de ejecución.

Como medida de dispersión de los datos de la Tabla 1, con respecto a la media o promedio se obtuvo el valor de 0.034 segundos. Para un mejor entendimiento se presenta la Figura 1.

## Discusión

En el presente trabajo en el que se realizó la implementación del algoritmo de Temple Simulado para la resolución del problema de las ocho reinas, al realizar las ejecuciones correspondientes para hallar sus tiempos de ejecución, se puede observar que al ocupar los datos de: temperatura con 100000 y el tiempo con 1700000 se obtiene un tiempo promedio de ejecución de 0.068 segundos.

## Conclusiones

El problema de las ocho reinas utilizando el algoritmo de Temple Simulado con tiempo de 1700000 da una respuesta óptima con un tiempo de ejecución bajo.

## Referencias

- [1] “revista enLinea.” [Online]. Available: <https://www.azc.uam.mx/publicaciones/enlinea2/3-2rec.htm>. [Accessed: 03-Feb-2019].
- [2] S. Norvig, P., & Russell, *Inteligencia artificial*, vol. 1, no. 3. 2014.
- [3] E. W. Weisstein, “Queens Problem.”
- [4] “Computer Science and Software Engineering.”
- [5] V. M. Saffarzadeh, P. Jafarzadeh, and M. Mazloom, “A Hybrid Approach Using Particle Swarm Optimization and Simulated Annealing for N-queen Problem.”
- [6] P. B. Gibbons and J. A. Webb, “Some New Results for the Queens Domination Problem.”
- [7] J. del C. P. Abarca, J. Y. J. Chávez, and B. M. Bahena, “Aplicaciones de recocido simulado en problemas de optimización combinatoria,” *Inven. la génesis la Cult. Univ. en Morelos*, vol. 11, no. 23, pp. 23–28, 2015.