



DEPARTAMENTO  
DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

# Trabajo Práctico

## Sudoku

14 de diciembre de 2015

Metaheurísticas  
2do Cuatrimestre de 2015

Integrante	LU	Correo electrónico
Kujawski, Kevin	459/10	kevinkuja@gmail.com
Ortiz de Zarate, Juan Manuel	45/10	jmanuoz@gmail.com

Instancia	Docente	Nota
Primera entrega		
Segunda entrega		



**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**  
Universidad de Buenos Aires

Ciudad Universitaria - (Pabellón I/Planta Baja)

Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA

Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Rep. Argentina

Tel/Fax: (54 11) 4576-3359

<http://www.fcen.uba.ar>

## Índice

1. Introducción	2
2. Descripción y formulación matemática	2
3. Descripción de la Solución	3
4. Decisiones tomadas y su justificación	4
5. Experimentos	5
6. Modo de uso y Requerimientos	6
7. Código fuente del programa	7
8. Conclusiones	8
9. Referencias	8

## 1. Introducción

Sudoku es un juego de lógica cuyo objetivo es rellenar una cuadrícula de tamaño 9x9, divididas a su vez en 9 cajas de 3x3, estas últimas llamadas cajas. Inicialmente contiene cierta cantidad de celdas con valores fijos pre-definidos y válidos, es decir, sus valores están entre [1,9], no hay repetidos por filas, columnas o cajas.

Las reglas del juego son:

1. Cada fila debe contener todos los números en el intervalo [1,9]
2. Cada columna debe contener todos los números en el intervalo [1,9]
3. Cada caja debe contener todos los números en el intervalo [1,9]

El objetivo del juego es rellenar las celdas en blanco de la cuadrícula inicial respetando las reglas del juego. A pesar de la simpleza del objetivo y las reglas del juego, hay 6670903752021072936960 formas posibles de ser rellenada una cuadrícula. Buscar una solución intentando todas las formas posibles es claramente imposible, y eso incentiva la utilización de una metaheurística para solucionar el juego.

En el presente trabajo, presentaremos una posible formulación matemática del Sudoku como un problema de optimización e dos propuestas de implementación utilizando dos metaheurísticas: Simulated annealing y Colonia de hormigas

## 2. Descripción y formulación matemática

Nuestra formulación matemática es una adaptación de (2). En esa formulación, las variables  $X_{ijk}$  son variables de decisión, definidas de la siguiente manera:

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{si el elemento (i,j) de la cuadrícula contiene el valor k} \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

La formulación como programación lineal entera es la siguiente:

$$\begin{aligned} \min \quad & 0 \\ \text{sujeto a} \quad & \sum_{i=1}^9 X_{ijk} = 1, , j = 1 : 9, k = 1 : 9 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^9 X_{ijk} = 1, , i = 1 : 9, k = 1 : 9 \quad (2)$$

$$\sum_{j=3q-2}^{3q} \sum_{i=3p-2}^{3p} X_{ijk} = 1, k = 1 : 9, p = 1 : 3, q = 1 : 3 \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^9 X_{ijk} = 1, , i = 1 : 9, j = 1 : 9 \quad (4)$$

$$X_{ijk} = 1 \forall (i, j, k) \in \text{INICIALES} \quad (5)$$

$$X_{ijk} \in 0, 1$$

Hay que notar que como se trata de un problema de satisfacibilidad, la formulación no necesita de una función objetivo, por eso la definimos como 0. Las restricciones (1),(2) y (3) garantizan que cada numero en el intervalo posible de la instancia solo aparezca una vez en cada columna, fila, y caja, respectivamente. La restricción (4) garantiza que todas las posiciones de la matriz esten rellenas. La restricción (5) fuerza que las variables fijas de la instancia permanezcas sin alterar.

### 3. Descripción de la Solución

## 4. Decisiones tomadas y su justificación

## 5. Experimentos

## 6. Modo de uso y Requerimientos

## **7. Código fuente del programa**

A continuación incluimos el código fuente del programa desarrollado.



## 8. Conclusiones

## 9. Referencias

1. B. Felgenhauer, e F. Jarvis. (2006, January). Mathematics of Sudoku I.
2. A. Bartlett, T. Chartier, A. N. Langville, e T. Rankin. (2008). An Integer Programming Model for the Sudoku Problem. *Journal of Online Mathematics and its Applications* MAA, (8):1-14.