

# **INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES**

## **ICI4144-1**

### **TAREA N°2 - GRUPO MESSI (10)**

#### **Integrantes:**

**María Ignacia Morales Soriano**  
**Andrés Marcelo Vidal Soto**  
**Benjamín Ignacio Rojas Henríquez**

#### **Docentes:**

**Ricardo Soto**  
**Leslie Pérez Cáceres**

#### **Ayudantes:**

**Javier Peña**  
**Nicolle Ojeda**

**28 DE NOVIEMBRE 2022**

# Descripción General

La metaheurística utilizada es el algoritmo genético y es de tipo poblacional inspirada en la teoría darwiniana de la selección natural. Una de las desventajas del algoritmo genético es que las soluciones que tiende a seleccionar son iguales a las ya seleccionadas con anterioridad por lo que según aumentan las iteraciones las soluciones son cada vez más iguales. La razón por lo cual fue elegida para esta tarea fue debido a que este algoritmo permite encontrar soluciones factibles y óptimas con mayor facilidad dado que este método trabaja con un conjunto de soluciones iniciales.

## Implementación

En primer lugar, se definirán las variables del problema, sus restricciones, dominios y luego, los componentes utilizados, los parámetros de la metaheurística y el diagrama de flujo.

Sea:

$n$  = Número de comunas

$N = \{1, 2, \dots, n\}$

$c_i$  = Costo de asignar una antena a la comuna  $i$

$M_{ij}$  = Comuna  $i$  que es es aledaña a la comuna  $j$

La variable de decisión está dada por:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{si la comuna ha sido asignada} \\ 0, & \text{si no ha sido asignada} \end{cases}$$

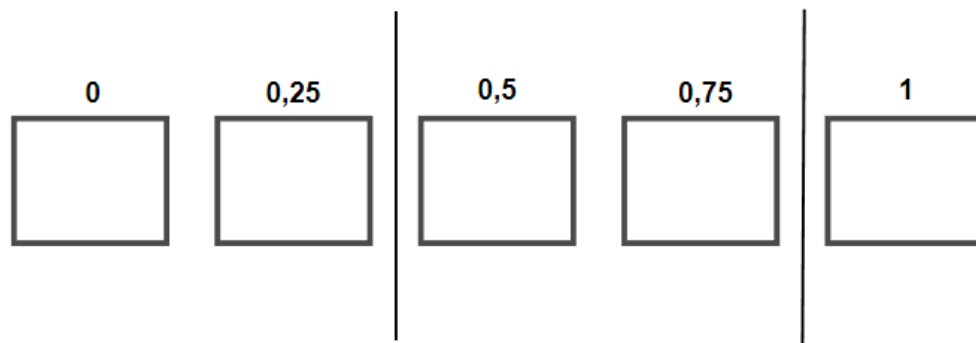
$$\text{minimizar } \sum_{i=1}^n x_i c_i, \forall i$$

Sujeto a la restricción:

$$\text{minimizar } \sum_{j=1}^n M_{ij} x_j \geq 1, \forall i \in N$$

- Representación de la solución: se utilizó un vector el cual posee 36 espacios para cada solución de los cuales cada columna representa una comuna de la región. Si en la posición  $x_i$  del vector este tiene un 1 significa que la comuna correspondiente a la posición posee una antena en caso contrario se asigna el valor 0.
- Estrategia evolutiva: Se eligió una estrategia evolutiva de tipo  $(\mu + \lambda)$  para el planteamiento del problema. Los valores seleccionados para  $\mu$  y  $\lambda$  son 6 y 2 respectivamente.

- Selección de padres: Se utilizó la selección por ruleta la cual consiste en que todos los padres tienen oportunidad de ser seleccionados pero, esta probabilidad es dependiente de su función objetivo. Al tratarse de un problema de minimización se debe ajustar la función objetivo para que quien tiene valores más bajos tengan mejores chances de ser seleccionados.
- Recombinación: se utilizó el operador cruzamiento en dos puntos, este se implementó seleccionando dos números aleatorios para seleccionar cada uno de los tramos donde se realizará el cruzamiento. Por ejemplo en una solución de tamaño 5 los números aleatorios 0.3 y 0.8 nos generan el siguiente cruzamiento.



- Mutación: Para las mutaciones se eligió el operador bitflip el cual consiste en intercambiar los valores en las posiciones  $x_i$  del vector. La posibilidad de que una solución deba mutar es de 0.5 y la posibilidad de que se realice una mutación efectiva en una posición es de un 0.1. Por lo que cada solución hija tiene un 50% de probabilidad de mutar pero, cada posición tiene un 10% de chance de cambiar su valor (cada una de las posiciones del vector es analizada).
- Penalización: La penalización debe ser aplicada si y sólo si la una solución objetivo no satisface las necesidades del problema. Esta se planteó calculando el promedio de los costos que implica instalar una antena en cada una de las comunas este promedio entrega un valor de 2.12 luego se calcula el producto entre este promedio y la mitad del total de ciudades (debido a que como mínimo se necesita que una ciudad entregue energía a sí misma y a uno de sus vecinos para que la solución sea viable) generando un resultado de 38.2 este resultado es sumado a la función objetivo.

$\alpha$  = promedio de los costos por ciudad

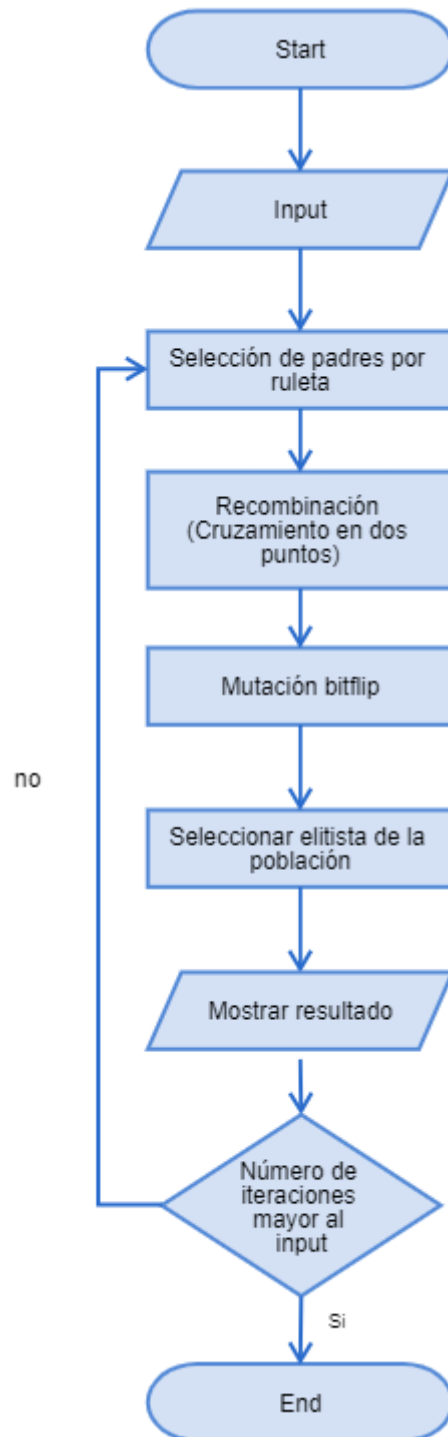
$\beta$  = número de ciudades / 2

$$\alpha \times \beta = 38.2$$

$$f(x) + 38.2 = \text{función objetivo penalizada}$$

- Selección de la población: Por último la población se escoge de manera elitista por lo que los mejores 6 resultados entre padres e hijos serán los seleccionados.

El diagrama de flujo es el siguiente:



## Recursos utilizados

- Soluciones iniciales: Las soluciones iniciales fueron escogidas de forma aleatoria con la única condición de que estas debían satisfacer el problema planteado.

$$S_1 = 010001000100100000010100001000000001$$

$$S_2 = 011010101010100010101010101001010100$$

$$S_3 = 010110100100001101101001011010100010$$

$$S_4 = 100001000001000000101001000111000000$$

$$S_5 = 010110100100001110101001100100010011$$

$$S_6 = 000000000000010000001000000001001000$$

Y la matriz M que consideramos es:

$$M =$$
[illegible]

### **Mejor Solución**

- La mejor solución encontrada por la metaheurística tras 10 generaciones fue la siguiente.

S = 110001010100001101101001001010100010

Esta solución tiene un valor de 32.5 y esta implica que debe construirse una antena en las siguientes localizaciones:

- Calle Larga
- San Esteban
- La Ligua
- Petorca
- Hijuelas
- Olmué
- Quillota
- Cartagena
- El Quisco
- San Antonio
- Llay-Llay
- San Felipe
- Quilpué
- Puchuncaví
- Villa Alemana

## Resultados

Ejecución	Función Objetivo
1	<p>La solución: 0 Es [0,1,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1] = 55.2 (No factible)</p> <p>La solución: 1 Es [0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0] = 34.2</p> <p>La solución: 2 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,1,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 37.0</p> <p>La solución: 3 Es [1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0] = 34.0</p> <p>La solución: 4 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,1,0,1,0,1,0,0,1,1,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,1] = 36.5</p> <p>La solución: 5 Es [0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0] = 48.7 (No factible)</p>
2	<p>La solución: 0 Es [1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0] = 34.0</p> <p>La solución: 1 Es [0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0] = 34.2</p> <p>La solución: 2 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,1,0,1,0,1,0,0,1,1,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,1] = 36.5</p> <p>La solución: 3 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,1,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 37.0</p> <p>La solución: 4 Es [0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0] = 48.7 (No factible)</p> <p>La solución: 5 Es [0,1,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,1] = 55.2 (No factible)</p>
3	<p>La solución: 0 Es [1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0] = 34.0</p> <p>La solución: 1 Es [0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0] = 34.2</p> <p>La solución: 2 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,1,0,1,0,1,0,0,1,1,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0] = 36.5</p> <p>La solución: 3 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,1,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 37.0</p>



	<p>La solución: 4 Es [0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0] = 48.7 (No factible)</p> <p>La solución: 5 Es [0,1,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,1] = 55.2 (No factible)</p>
4	<p>La solución: 0 Es [1,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 32.5</p> <p>La solución: 1 Es [1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,0,1,0,0,1,0] = 34.0</p> <p>La solución: 2 Es [0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0] = 34.2</p> <p>La solución: 3 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,1,0,1,0,1,0,0,1,1,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,1] = 36.5</p> <p>La solución: 4 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,1,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 37.0</p> <p>La solución: 5 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,1,0,1,0,0,0,1,0,1,1,0,1,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0] = 43.5</p>
5	<p>La solución: 0 Es [1,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 32.5</p> <p>La solución: 1 Es [1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,0,1,0,0,1,0] = 34.0</p> <p>La solución: 2 Es [0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0] = 34.2</p> <p>La solución: 3 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,1,0,1,0,1,0,0,1,1,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,1] = 36.5</p> <p>La solución: 4 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,1,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 37.0</p> <p>La solución: 5 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,1,0,1,0,0,0,1,0,1,1,0,1,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0] = 43.5</p>
6	<p>La solución: 0 Es [1,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 32.5</p> <p>La solución: 1 Es [1,1,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 33.5</p> <p>La solución: 2 Es [1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0] = 34.0</p> <p>La solución: 3 Es [0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0] = 34.2</p>

	<p>La solución: 4 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,1,0,1,0,1,0,0,1,1,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,1] = 36.5</p> <p>La solución: 5 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,1,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 37.0</p>
7	<p>La solución: 0 Es [1,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 32.5</p> <p>La solución: 1 Es [1,1,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 33.5</p> <p>La solución: 2 Es [1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0] = 34.0</p> <p>La solución: 3 Es [0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0] = 34.2</p> <p>La solución: 4 Es [0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,1,1,1,0,1,0,0,0,1,0] = 35.0</p> <p>La solución: 5 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,1,0,1,0,1,0,0,1,1,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,1] = 36.5</p>
8	<p>La solución: 0 Es [1,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 32.5</p> <p>La solución: 1 Es [1,1,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 33.5</p> <p>La solución: 2 Es [1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0] = 34.0</p> <p>La solución: 3 Es [0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,0] = 34.2</p> <p>La solución: 4 Es [0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,1,1,1,0,1,0,0,0,1,0] = 35.0</p> <p>La solución: 5 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,1,0,1,0,1,0,0,1,1,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,1] = 36.5</p>
9	<p>La solución: 0 Es [1,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 32.5</p> <p>La solución: 1 Es [1,1,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 33.5</p> <p>La solución: 2 Es [1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0] = 34.0</p> <p>La solución: 3 Es [0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,0] = 34.2</p>

	<p>1,0,1,0,0] = 34.2</p> <p>La solución: 4 Es [0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,1,1,1,0,1,0,0,0,1,0] = 35.0</p> <p>La solución: 5 Es [0,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,1,1,1,0,1,0,1,0,0,1,1,0,0,1,0,0,0,1,0,0,1,1] = 36.5</p>
10	<p>La solución: 0 Es [1,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 32.5</p> <p>La solución: 1 Es [1,1,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0] = 33.5</p> <p>La solución: 2 Es [1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0] = 33.5</p> <p>La solución: 3 Es [1,0,0,0,0,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,1,0,0,1,0] = 34.0</p> <p>La solución: 4 Es [0,1,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,1,0,0] = 34.2</p> <p>La solución: 5 Es [0,1,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,1,0,0,1,0,0,1,1,1,0,1,0,0,0,1,0] = 35.0</p>

Gen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Media	40.9	40.9	40.9	36.28	36.28	34.6	34.3	34.3	34.3	33.8	36.7
D. estándar	8.1	8.1	8.1	3.6	3.6	1.6	1.2	1.2	1.2	0.8	2.99

## Conclusiones:

En definitiva, se aprendió a implementar el algoritmo genético para el problema de set covering. El desafío más grande de implementar la metaheurística fue decidir los operadores que se iban a utilizar para generar mejores resultados. Se pueden mejorar los resultados utilizando una nueva combinación de los operadores como el de recombinación, mutación, selección de padres, selección de población, estrategia evolutiva y número de generaciones generadas.

Este tipo de técnicas si pueden ser utilizadas en la realidad chilena, por ejemplo: para llegar a un destino (en aplicaciones como Uber, Didi, Cabify), creación del fixture del campeonato de fútbol, desarrollar algoritmos de inteligencia artificial que mejoren la educación, entre otras aplicaciones.