

# Optimización logística en distribución de recursos con simulated annealing

Joao Lisboa  
Ian Rivera

## **Simulacion estocastica**

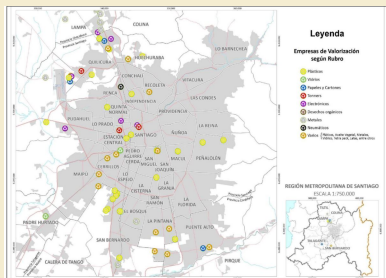
Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias Fisicas y Matematicas  
Departamento de Ingenieria Matematica

16. 12. 2023

# 1 Introducción y objetivos

# 1 - Introducción y objetivos

En este proyecto se analizó la bibliografía del *Capacitated Facility Location Problem*, y se aplicó el método estudiado, que usa *simulated annealing*, con el objetivo de estudiar la localización óptima de plantas de reciclaje de metal intermediarias en la región Metropolitana de Santiago, en Chile. El objetivo principal de este proyecto es minimizar el costo total de la recolección de materiales de reciclaje.



## 2 Investigación

## 2 - Investigación

En el estudio bibliográfico del CFLP, se encontró una implementación diseñada e implementada por Macarena Muñoz basada en Simulated Annealing para resolver otro problema de Optimización, además de abordar el problema de ruteo de camiones con límites de capacidad, en la región de O'Higgins. Por esto se decide aplicar dicha implementación en el contexto del reciclaje de metales en la Región Metropolitana. .

| Paper                        | Área de aplicación                       | País/Región    | Depósitos | Clientes |
|------------------------------|--|----------------|-----------|----------|
| Watson-Gandy and Dohm (1973) | Distribución de bebidas y alimentos      | Reino Unido    | 40        | 300      |
| Bednar and Strohmeier (1979) | Distribución de productos a consumidores | Austria        | 3         | 50       |
| Or and Pierskalla (1979)     | Localización de bancos de sangre         | Estados Unidos | 3         | 117      |
| Jacobsen and Madsen (1980)   | Distribución de diarios                  | Dinamarca      | 42        | 4510     |
| Nambiar et al. (1981)        | Localización de planta de caucho         | Malasia        | 15        | 300      |
| Perl and Daskin (1984, 1985) | Distribución de productos                | Estados Unidos | 4         | 318      |
| Labbé and Laporte (1986)     | Localización de buzones de cartas        | Bélgica        | S/I       | S/I      |
| Nambiar et al. (1989)        | Localización de planta de caucho         | Malasia        | 10        | 47       |
| Semet and Taillard (1993)    | Distribución de comestibles              | Suiza          | 9         | 90       |
| Kulcar (1996)                | Recolección de desechos                  | Bélgica        | 13        | 260      |
| Murty and Djang (1999)       | Localización de equipo militar           | Estados Unidos | 29        | 331      |
| Bruns et al. (2000)          | Entrega de paquetes                      | Suiza          | 200       | 3200     |
| Chan et al. (2001)           | Evacuaciones médicas                     | Estados Unidos | 9         | 52       |
| Lin et al. (2002)            | Entrega de cuentas                       | Hong Kong      | 2         | 27       |
| Lee et al. (2003)            | Diseño de redes ópticas                  | Corea          | 50        | 50       |
| Wasner and Zapfel (2004)     | Entrega de paquetes                      | Austria        | 10        | 2042     |
| Billionnet et al. (2005)     | Diseño de redes de telecomunicaciones    | Francia        | 6         | 70       |

S/I: Sin información



UNIVERSIDAD  
DE CHILE

# 3 Recoleccion de Datos

La recolección de datos de coordenadas espaciales de los centros de acopio y de valorización se hizo con el ultimo informe del Catalogo de empresas de valorización de residuos región metropolitana de Santiago 2022 Santiago REcicla. Además se hicieron ciertos supuestos aproximados como por ejemplo cual es la demanda diaria de traslado de materiales reciclables.

[illegible]

## 4 CFLP y Simmulated annealing



## 4 - CFLP y Simulated annealing

$$\text{mín } z = \sum_{i \in I} (O_i \cdot y_i) + \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{k \in K} (c_{ijk} \cdot x_{ijk}) + \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (F_i \cdot x_{ijk}) \quad (1)$$

sujeto a

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in I} x_{ijk} = 1 \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{j \in V} d_j \cdot x_{ijk} \leq Q \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{i \in V} d_j \cdot f_{ij} \leq W_i \cdot y_i \quad \forall i \in I \quad (4)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ijk} - \sum_{j \in V} x_{jik} = 0 \quad \forall i \in V, \forall k \in K \quad (5)$$

# 5 Aplicando el método

Nos basamos en la implementación de la tesis, haciendo uso de los datos óptimos concluidos en esta, y tomando en cuenta suposiciones propias,

| Parámetro | Valor |
|-----------|-------|
| $T_0$     | 250   |
| $T_f$     | 4,3   |
| $\alpha$  | 0,94  |
| n_max     | 11    |
| n_ini     | 11    |

Tabla 4.8 Conjunto de parámetros calibrados.

**Pseudocódigo método propuesto (Input:  $T_0$ ,  $T_f$ ,  $\alpha$ ,  $n_{\max}$ ,  $n_{\text{ini}}$ , A, B, C, CapacC, CapacV ; Output: X1)**

*Definición de parámetros.*

|  |   |
|--|---|
| $T_0$ : Temperatura inicial  | C: Demanda de clientes                                |
| $T_f$ : Tempertura final   | CapacC: Capacidad disponible inicial de los depósitos |
| $\alpha$ : Descenso de temperatura   | CapacV: Capacidad de un vehículo                      |
| $n_{\max}$ : Número de iteraciones   | CostoInsC: Costo de abrir un depósito                 |
| $n_{\text{ini}}$ : Número de iteraciones del método de construcción de la solución inicial | X1: Solución final                                    |
| A: Matriz de coordenadas de clientes   | $f(X)$ : Función de evaluación                        |
| B: Matriz de coordenadas de depósitos  |   |

**Paso 1:** Mientras  $n < n_{\text{ini}}$  hacer

**Paso 1.1:** Función generar solución inicial (X), guardar la solución de menor costo en X0.

**Paso 1.2:** Hacer  $n = n + 1$

**Paso 2:** Hacer  $X1 = X0$

**Paso 3:** Hacer  $X2 = X0$ ,  $T = T_0$ ,  $n = 0$ ,  $t = 0$ .

**Paso 4:** Mientras  $T > T_f$  hacer:

**Paso 4.1:** Mientras  $n < n_{\max}$  hacer:

**Paso 4.1.1:** Hacer  $n = n + 1$

**Paso 4.1.2:** Generar un número pseudoaleatorio  $r \in U[0,1]$ .

**Paso 4.1.3:** Si  $r < 0,5$ , entonces generar un número pseudoaleatorio  $r_1 \in U[0,1]$ .

Si  $r_1 < 0,5$ , entonces generar solución X según Función *Abrir Depósito*.

Sino, generar solución X según Función *Cerrar Depósito*

**Paso 4.1.4:** Sino generar un número pseudoaleatorio  $r_1 \in U[0,1]$ .

Si  $r_1 < 0,25$ , generar solución X según Función *Dos-opt*.

Si  $0,25 \leq r_1 < 0,5$ , generar solución X según Función *Inserción*.

Si  $0,5 \leq r_1 < 0,75$ , generar solución X según Función *Swap*.

Si  $0,75 \leq r_1 < 1$ , generar solución X según Función *Intercambio*.

**Paso 4.1.5:** Si  $f(X) < f(X2)$  entonces hacer  $X2 = X$ ,

**Paso 4.1.6:** Sino generar un número pseudoaleatorio  $r \in U[0,1]$ .

**Paso 4.1.7:** Si  $r < \exp\left(-\frac{f(X2)-f(X)}{T}\right)$ , entonces hacer  $X2 = X$ .

**Paso 4.1.8:** Si  $f(X2) < f(X1)$  entonces hacer  $X1 = X2$ ,

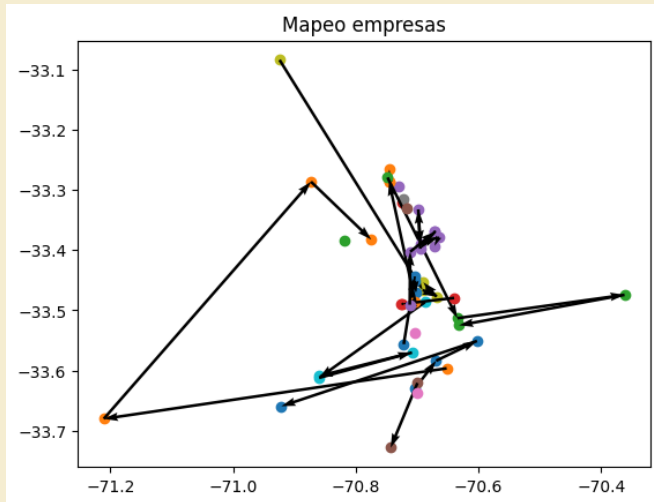
**Paso 4.2:** Hacer  $T = \alpha T$ .

**Paso 5:** Retornar X1

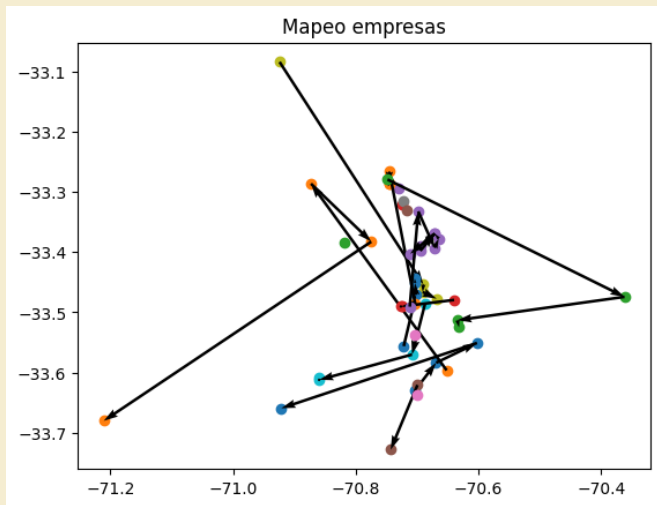
Tabla 3.4 Pseudocódigo método propuesto basado en *Simulated Annealing*

# 6 Resultados

## Solución inicial, sin haber aplicado el método



Solución luego de aplicar el método



# 7 Conclusiones



El método nos entrega una solución satisfactoria para el problema, sin embargo hay problemas dentro del código que pueden generar conflicto.

Además, es claro que la decisión de cerrar o abrir empresas no es una netamente de eficiencia, también se deben tomar en cuenta factores éticos antes de tomar una decisión concreta.

Cosas a mejorar \*Construcción solución inicial \*Tomar en cuenta distintas capacidades de distintos vehículos

# Literatura Citada

