

PROGRAMACIÓN EVOLUTIVA: PRÁCTICA 2



PABLO FERNÁNDEZ JARA
VÍCTOR GÓMEZ-JAREÑO GUERRERO
GRUPO 06

En esta práctica se ha implementado un algoritmo evolutivo para resolver un problema de asignación cuadrática que consiste en encontrar la asignación óptima de los n edificios del hospital en las n localizaciones disponibles, conociendo la distancia entre localizaciones y el flujo de personas por hora existente entre los edificios.

El objetivo principal de esta práctica ha sido implementar un algoritmo evolutivo con la finalidad de resolver un problema de asignación cuadrática. Este problema consiste en diseñar la ubicación óptima de n edificios de un hospital. en este caso disponemos de los siguientes datos: número de edificios, distancia entre localizaciones y flujo de personas por hora. Hemos usado los archivos: ajuste.txt, datos12.txt, datos15.txt, datos30.txt, tai100a.txt y tai256c.txt

Selección:

Los métodos de selección son los siguientes:

- **Estocástica:** Generamos un número a partir de $1/\text{tamaño de la población}$. Calculamos una distancia entre las marcas de $1/N$, siendo N el tamaño de la población. Cogemos los individuos sumando la distancia al número aleatorio hasta que alcanzamos un número determinado de individuos escogidos.
- **Ranking:** Hacemos una clasificación acorde al fitness decreciente de los individuos y calculamos una probabilidad de selección. Si lo cumple, se selecciona.
- **Restos:** De un individuo escogemos puntuación*0,25 copias. Los que faltan se escogen por otro método de selección. En nuestro caso escogemos el método de Ruleta.
- **Ruleta:** Parecido a la estocástica, pero en este escogemos el tamaño de cada individuo en la franja dependiendo de su puntuación acumulada. Después se van a escoger al azar lugares en el segmento recién dividido y se escogen.
- **Torneo Determinístico:** Se escogen dos individuos al azar y seleccionamos el mejor de esos dos. Y así hasta rellenar el tamaño de la población.
- **Torneo Probabilístico:** Es igual que el anterior pero en vez de seleccionar el mejor de los dos, creamos un número aleatorio y si es mayor que 0.75 (número establecido por nosotros), escogemos el mejor de los dos, si no, el peor.
- **Truncamiento:** Ordenamos los individuos por su fitness, cogemos el mismo individuo un número $1/0.5$ veces. Así hasta rellenar toda la población de nuevo. De esta manera escogemos solo los mejores.

Mutación:

Los métodos de mutación son los siguientes:

- **Heurística:** Dentro del cromosoma se seleccionan N elementos (2 o 3). Después generamos todos los individuos posibles con las permutaciones de esos N elementos. Si hemos cogido 3 elementos, se generan 6 individuos distintos. De esos nuevos individuos elegimos al mejor calculando su fitness y nos quedamos con ese.

- Inserción: Se inserta una o varias localizaciones elegidas al azar en unas posiciones elegidas al azar. Con varias inserciones se realiza un desplazamiento.
- Intercambio: Se seleccionan dos puntos al azar y se intercambian los valores.
- Inversión: Consiste en seleccionar dos puntos al azar e invertir los elementos que hay entre dichos puntos.
- Personal: Consiste en seleccionar dentro del individuo 4 posiciones aleatorias: B, A, C y D. Con $B > A$ y $C > D$. Creamos dos pilas para guardar la secuencia entre A y B, y en la otra la secuencia entre C y D. Aparte hemos declarado dos cromosomas auxiliares en los que hemos inicializado con el valor del cromosoma que queremos mutar. Se intercambiarán los valores de estos cromosomas volcando en las posiciones el valor de cada una de las pilas respectivamente. Finalmente se evaluarán los dos cromosomas auxiliares para saber cuál tiene mejor fitness y se devolverá el mejor.

Cruce:

Los métodos de cruce son los siguientes:

- CO(Codificación Ordinal): Se ordenan todas las ciudades en una lista dinámica de referencia según cierto criterio. Para construir un individuo se van sacando una a una las ciudades recorridas, codificando en el j -ésimo gen del individuo la posición que tiene la j -ésima ciudad en la lista dinámica. Ese número siempre es un entero entre 1 y $m-j+1$.
- CX(Cruce por ciclos): Cada ciudad hereda sucesivamente la posición de alguno de los progenitores, de acuerdo con sus posiciones en un ciclo. Cuando no se puede heredar más porque ya está repetido, se rellena con el otro padre.
- ERX(Cruce por recombinación de rutas): La descendencia se construye combinando las rutas que interconectan las ciudades de los progenitores. Se construye la tabla de conectividades entre ciudades de uno u otro progenitor. Se construye el primer descendiente tomando la ciudad inicial de uno de los progenitores. De entre todas las ciudades a que está conectada la anterior se toma la menos conectada y en caso de empate se toma una de ellas al azar. Se repite el paso anterior considerando todas las nuevas ciudades conectadas a la última. Así hasta terminar con éxito o no poder continuar. En caso de no poder seguir, se comienza de nuevo.
- OX(Cruce por orden prioritario): El cruce por orden consiste en copiar en cada uno de los hijos una subcadena de uno de los padres mientras se mantiene el orden relativo de las ciudades que aparecen en el otro padre. Para cada progenitor se parte de uno de los puntos de corte y se copian las ciudades del otro progenitor conservando el orden relativo y omitiendo las que ya estén presentes. Al llegar al final de la cadena se continúa por el principio hasta retornar al punto de partida. Los individuos no intercambian ciudades, sino el orden relativo existente entre ellas.
- OX-PP(Cruce por orden con posiciones prioritarias): El cruce por orden consiste en copiar en cada uno de los hijos una subcadena de uno de los padres mientras se mantiene el orden relativo de las ciudades que aparecen en el otro padre. Para cada progenitor se parte de uno de los puntos de corte y se copian las ciudades del otro progenitor conservando el orden relativo y omitiendo las que ya estén presentes. Al

llegar al final de la cadena se continúa por el principio hasta retornar al punto de partida. No se elige un tramo para intercambiarlo entre los progenitores, sino un conjunto de posiciones al azar (entre 2 o 3).

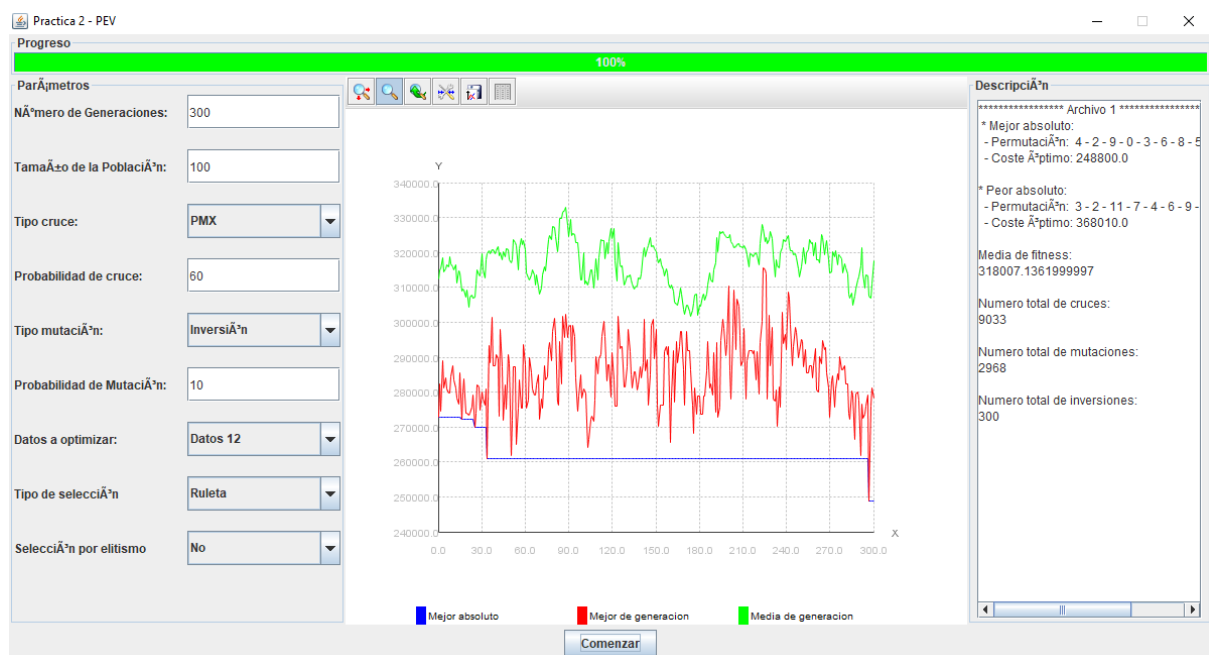
- Personal: Hemos declarado dos variables auxiliares y en ellas hemos fijado la primera posición a la primera posición de los respectivos padres. Una vez hecho esto, llamamos al método auxiliar de completar que llena el cromosoma recorriendo el cromosoma del otro padre y si hay conflicto porque el valor ya está repetido, pues simplemente no lo mete y avanza la iteración. Una vez llenos los dos cromosomas auxiliares, introducimos sus valores en los hijos y ya calculamos su fitness.
- PMX(Cruce por emparejamiento parcial): Consiste en elegir un tramo de uno de los progenitores y cruzar preservando el orden y la posición de la mayor cantidad posible de ciudades del otro. Se eligen dos puntos de corte aleatoriamente. Se intercambian las dos subcadenas comprendidas entre dichos puntos en los hijos que se generan. Para los valores que faltan en los hijos se copian los valores de los padres: Si un valor no está en la subcadena intercambiada, se copia igual. Si está en la subcadena intercambiada, entonces se sustituye por el valor que tenga dicha subcadena en el otro padre.

Elitismo:

Garantiza que los mejores individuos de la población estén en la siguiente generación. El tamaño de esta élite es el 2% de la población.

Ejecuciones:

datos12.txt



Individuo: 4-2-9-0-3-6-8-5-11-10-2-1-7

Aptitud máxima: 368010.0

Aptitud mínima: 248800.0

Media: 318007.13

Cruces totales: 9033

Mutaciones totales: 2968

Inversiones totales: 300

Tabla:

Población: 100

Generaciones: 100

Selección: Ruleta

Cruce: CX 60%

Mutación: Inserción 10%

Elitismo: No

Número ejecución	Permutación	Coste
1	5 - 4 - 9 - 11 - 7 - 6 - 3 - 2 - 8 - 10 - 0 - 1	258444.0
2	7 - 3 - 5 - 4 - 10 - 6 - 8 - 2 - 9 - 0 - 11 - 1	267384.0
3	5 - 9 - 7 - 3 - 1 - 11 - 2 - 4 - 0 - 6 - 8 - 10	262678.0
4	1 - 3 - 6 - 11 - 9 - 7 - 8 - 0 - 10 - 5 - 4 - 2	255072.0
5	2 - 10 - 9 - 4 - 7 - 8 - 6 - 0 - 1 - 11 - 5 - 3	252922.0
6	7 - 3 - 11 - 8 - 10 - 2 - 4 - 0 - 5 - 6 - 9 - 1	263540.0
7	5 - 7 - 9 - 0 - 11 - 8 - 3 - 4 - 6 - 10 - 2 - 1	261642.0
8	7 - 4 - 10 - 11 - 8 - 1 - 3 - 5 - 9 - 2 - 0 - 6	264606.0
9	1 - 11 - 4 - 0 - 2 - 5 - 10 - 6 - 8 - 3 - 7 - 9	265828.0
10	9 - 4 - 6 - 11 - 2 - 5 - 7 - 0 - 10 - 8 - 3 - 1	258306.0

11	2 - 10 - 8 - 7 - 3 - 9 - 5 - 0 - 1 - 11 - 4 - 6	259594.0
12	6 - 9 - 11 - 8 - 2 - 4 - 7 - 10 - 3 - 0 - 1 - 5	259914.0
13	6 - 3 - 1 - 11 - 2 - 8 - 7 - 4 - 9 - 5 - 0 - 10	254814.0
14	1 - 2 - 6 - 0 - 7 - 9 - 5 - 8 - 3 - 10 - 11 - 4	253930.0
15	6 - 7 - 4 - 0 - 3 - 11 - 9 - 5 - 10 - 8 - 2 - 1	263976.0
16	10 - 11 - 3 - 0 - 1 - 5 - 7 - 6 - 9 - 4 - 2 - 8	261126.0
17	1 - 2 - 6 - 4 - 10 - 7 - 8 - 5 - 9 - 11 - 0 - 3	267622.0
18	8 - 7 - 5 - 0 - 4 - 3 - 6 - 2 - 9 - 10 - 11 - 1	268886.0
19	1 - 2 - 8 - 4 - 5 - 9 - 6 - 3 - 10 - 0 - 11 - 7	261342.0
20	10 - 7 - 8 - 0 - 5 - 2 - 6 - 11 - 9 - 4 - 3 - 1	261908.0

Mejor solución:

Coste óptimo: 252922.0

Fenotipo: 2 - 10 - 9 - 4 - 7 - 8 - 6 - 0 - 1 - 11 - 5 - 3

Peor solución:

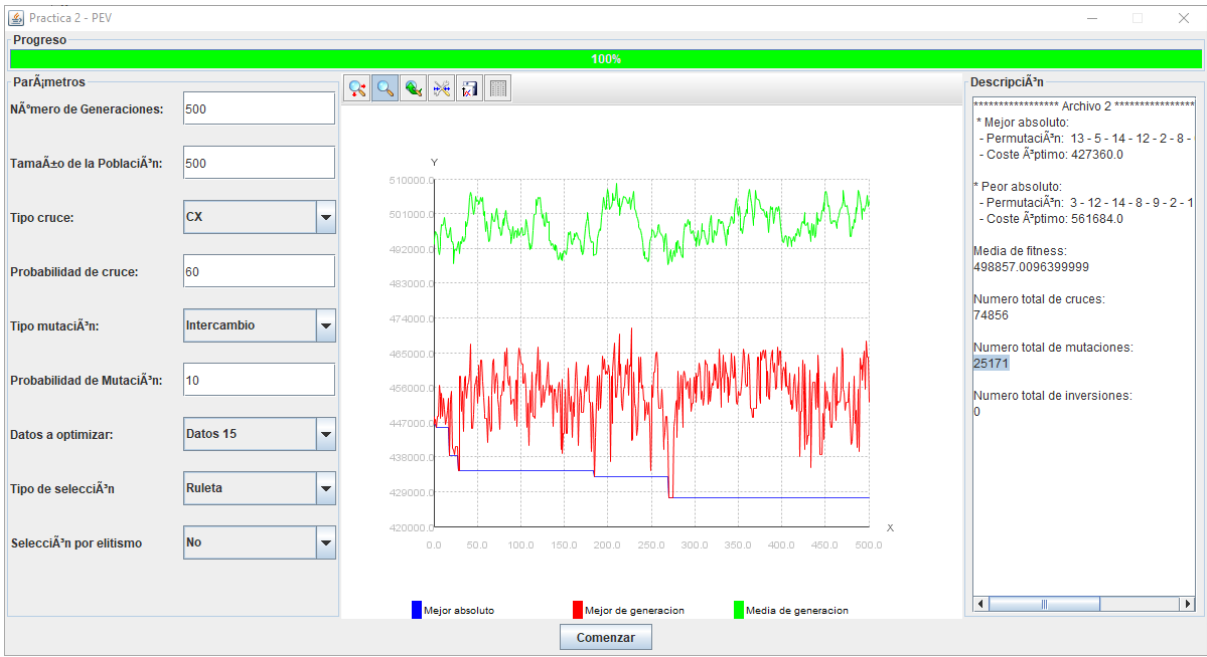
Coste óptimo: 268886.0

Fenotipo: 8 - 7 - 5 - 0 - 4 - 3 - 6 - 2 - 9 - 10 - 11 - 1

Media: 261176.7

Desviación estándar: 4514.2595970987

datos15.txt



Individuo: 13 - 5 - 14 - 12 - 2 - 8 - 6 - 10 - 11 - 1 - 4 - 0 - 7 - 9 - 3
Aptitud máxima: 561684.0
Aptitud mínima: 427360.0
Media: 498857.0096399999
Cruces totales: 74856
Mutaciones totales: 25171
Inversiones totales: 0

Tabla:

Población: 150
Generaciones: 300
Selección: Ruleta
Cruce: ERX 60%
Mutación: Intercambio 10%
Elitismo: No

Número ejecución	Permutación	Coste
1	6 - 3 - 2 - 7 - 1 - 14 - 5 - 8 - 11 - 10 - 4 - 0 - 9 - 13 - 12	434736.0

2	3 - 14 - 11 - 13 - 10 - 4 - 1 - 6 - 2 - 9 - 5 - 0 - 12 - 7 - 8	422402.0
3	14 - 0 - 10 - 5 - 6 - 4 - 1 - 9 - 3 - 8 - 7 - 11 - 2 - 12 - 13	421082.0
4	1 - 7 - 11 - 0 - 2 - 13 - 6 - 12 - 10 - 5 - 3 - 9 - 4 - 14 - 8	434752.0
5	8 - 6 - 9 - 3 - 12 - 5 - 4 - 13 - 2 - 14 - 11 - 1 - 10 - 7 - 0	434952.0
6	11 - 10 - 3 - 6 - 13 - 8 - 14 - 4 - 12 - 5 - 7 - 9 - 1 - 0 - 2	435288.0
7	14 - 10 - 13 - 9 - 7 - 0 - 5 - 6 - 12 - 4 - 1 - 8 - 11 - 3 - 2	439952.0
8	7 - 9 - 8 - 1 - 6 - 14 - 2 - 10 - 12 - 13 - 5 - 3 - 4 - 0 - 11	430118.0
9	4 - 0 - 12 - 7 - 11 - 5 - 1 - 6 - 3 - 10 - 13 - 14 - 2 - 8 - 9	435654.0
10	10 - 8 - 12 - 3 - 6 - 7 - 2 - 5 - 0 - 13 - 1 - 4 - 14 - 9 - 11	435516.0
11	0 - 3 - 14 - 12 - 2 - 4 - 9 - 1 - 11 - 7 - 10 - 13 - 5 - 6 - 8	417628.0
12	10 - 4 - 1 - 14 - 3 - 8 - 0 - 2 - 11 - 7 - 13 - 5 - 6 - 9 - 12	437942.0
13	8 - 0 - 1 - 13 - 9 - 10 - 11 - 14 - 5 - 3 - 7 - 4 - 2 - 12 - 6	435922.0
14	1 - 2 - 5 - 4 - 11 - 13 - 3 - 7 - 6 - 9 - 12 - 8 - 10 - 14 - 0	422986.0
15	3 - 4 - 1 - 10 - 5 - 6 - 2 - 13 - 0 - 8 - 11 - 9 - 7 - 12 - 14	438326.0
16	7 - 13 - 5 - 6 - 10 - 2 - 14 - 4 - 1 - 12 - 3 - 0 - 11 - 9 - 8	431776.0
17	0 - 10 - 12 - 1 - 2 - 4 - 6 - 3 - 14 - 11 - 13 - 9 - 7 - 5 - 8	430280.0
18	13 - 1 - 4 - 11 - 0 - 2 - 6 - 7 - 5 - 10 - 12 - 8 - 9 - 14 - 3	441696.0
19	3 - 0 - 10 - 5 - 1 - 8 - 13 - 6 - 4 - 2 - 14 - 11 - 9 - 12 - 7	441608.0

20	7 - 11 - 14 - 4 - 2 - 1 - 13 - 8 - 6 - 3 - 10 - 9 - 0 - 5 - 12	429746.0
----	---	----------

Mejor solución:

Coste óptimo: 417628.0

Fenotipo: 0 - 3 - 14 - 12 - 2 - 4 - 9 - 1 - 11 - 7 - 10 - 13 - 5 - 6 - 8

Peor solución:

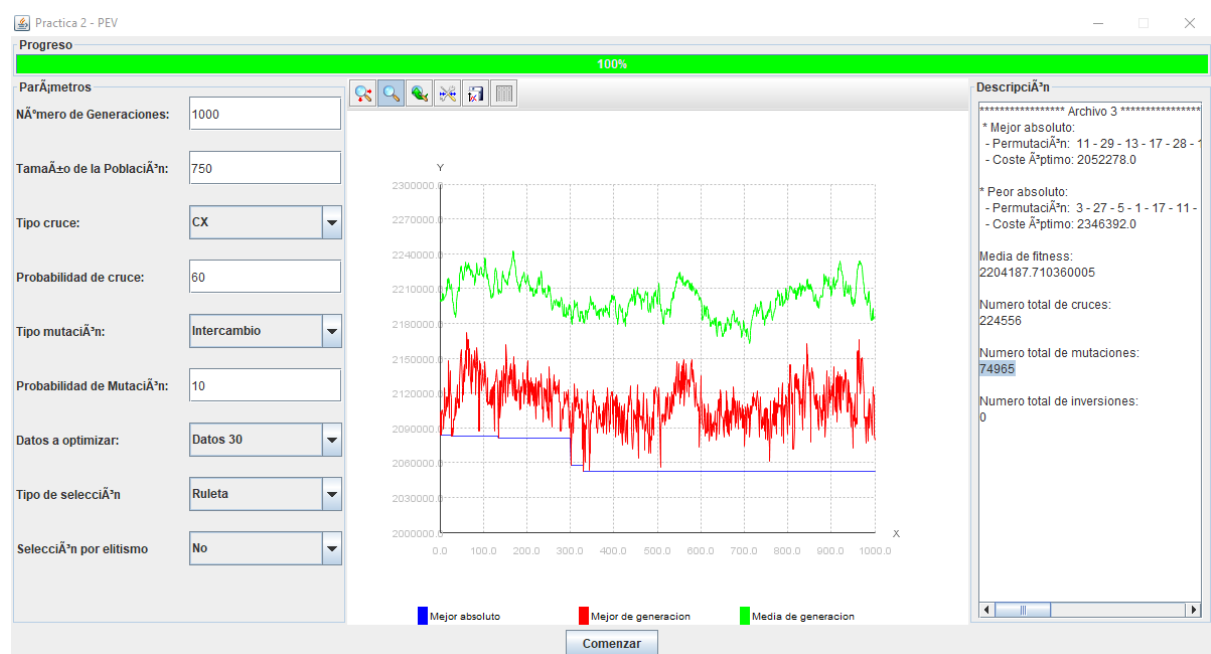
Coste óptimo: 441696.0

Fenotipo: 13 - 1 - 4 - 11 - 0 - 2 - 6 - 7 - 5 - 10 - 12 - 8 - 9 - 14 - 3

Media: 432618.1

Desviación estándar: 6721.93238511

datos30.txt



Individuo: 11 - 29 - 13 - 17 - 28 - 19 - 6 - 2 - 26 - 20 - 18 - 0 - 1 - 24 - 8 - 5 - 21 - 16 - 27 - 10 - 22 - 23 - 3 - 7 - 4 - 25 - 9 - 14 - 12 - 15

Aptitud máxima: 2346392.0

Aptitud mínima: 2052278.0

Media: 2204187.710360005

Cruces totales: 224556

Mutaciones totales: 74965

Inversiones totales: 0

Tabla:

Población: 300

Generaciones: 500

Selección: Ruleta

Cruce: OX 60%

Mutación: Inversión 10%

Elitismo: No

Número ejecución	Permutación	Coste
1	8 - 15 - 19 - 4 - 18 - 27 - 12 - 14 - 23 - 10 - 26 - 22 - 11 - 17 - 29 - 21 - 20 - 6 - 25 - 0 - 24 - 1 - 7 - 5 - 13 - 2 - 16 - 28 - 9 - 3	2062188.0
2	8 - 2 - 26 - 23 - 9 - 13 - 24 - 3 - 10 - 18 - 4 - 21 - 19 - 29 - 27 - 7 - 17 - 1 - 28 - 11 - 0 - 5 - 20 - 14 - 6 - 25 - 16 - 22 - 12 - 15	2060404.0
3	2 - 17 - 11 - 23 - 4 - 27 - 26 - 21 - 9 - 14 - 3 - 16 - 24 - 19 - 0 - 8 - 10 - 22 - 6 - 5 - 20 - 1 - 12 - 13 - 28 - 18 - 25 - 29 - 7 - 15	2066920.0
4	24 - 17 - 8 - 5 - 4 - 14 - 2 - 25 - 6 - 9 - 12 - 21 - 10 - 26 - 3 - 23 - 19 - 0 - 13 - 15 - 22 - 11 - 7 - 20 - 29 - 27 - 18 - 16 - 1 - 28	2042330.0
5	17 - 16 - 14 - 28 - 13 - 20 - 6 - 1 - 27 - 9 - 26 - 22 - 18 - 3 - 23 - 12 - 0 - 10 - 24 - 11 - 2 - 15 - 7 - 8 - 29 - 21 - 19 - 25 - 5 - 4	2068680.0
6	23 - 7 - 22 - 2 - 6 - 0 - 12 - 18 - 14 - 8 - 27 - 9 - 13 - 11 - 1 - 24 - 16 - 29 - 20 - 25 - 28 - 10 - 5 - 21 - 15 - 17 - 26 - 19 - 3 - 4	2055248.0
7	1 - 18 - 10 - 28 - 13 - 7 - 6 - 16 - 9 - 0 - 21 - 5 - 19 - 12 - 29 - 22 - 8 - 17 - 26 - 20 - 15 - 23 - 2 - 14 - 3 - 27 - 4 - 11 - 24 - 25	2054888.0
8	13 - 19 - 11 - 5 - 16 - 7 - 28 - 25 - 22 - 29 - 17 - 0 - 21 - 14 - 2 - 8 - 9 - 3 - 26 - 10 - 12 -	2052608.0

	18 - 27 - 1 - 4 - 15 - 20 - 23 - 24 - 6	
9	15 - 20 - 8 - 10 - 2 - 6 - 4 - 17 - 5 - 19 - 18 - 26 - 29 - 1 - 9 - 3 - 0 - 24 - 13 - 22 - 27 - 28 - 25 - 11 - 14 - 16 - 23 - 7 - 12 - 21	2040126.0
10	12 - 4 - 17 - 25 - 5 - 28 - 3 - 20 - 23 - 1 - 8 - 18 - 21 - 13 - 14 - 22 - 24 - 16 - 0 - 27 - 9 - 19 - 10 - 7 - 11 - 29 - 26 - 15 - 2 - 6	2047958.0
11	8 - 22 - 5 - 1 - 28 - 26 - 2 - 21 - 3 - 11 - 15 - 20 - 24 - 4 - 25 - 18 - 17 - 27 - 13 - 10 - 0 - 12 - 19 - 14 - 7 - 6 - 23 - 16 - 9 - 29	2055178.0
12	25 - 10 - 14 - 19 - 0 - 12 - 8 - 7 - 21 - 29 - 6 - 15 - 22 - 1 - 3 - 4 - 5 - 27 - 20 - 9 - 2 - 17 - 23 - 18 - 16 - 13 - 24 - 26 - 11 - 28	2058816.0
13	17 - 24 - 27 - 19 - 9 - 12 - 15 - 3 - 10 - 6 - 4 - 22 - 7 - 8 - 25 - 13 - 20 - 18 - 28 - 5 - 26 - 23 - 16 - 14 - 29 - 1 - 21 - 0 - 2 - 11	2064584.0
14	9 - 29 - 19 - 4 - 1 - 16 - 10 - 15 - 26 - 22 - 13 - 3 - 28 - 14 - 2 - 8 - 5 - 6 - 20 - 7 - 24 - 23 - 27 - 25 - 18 - 0 - 17 - 21 - 12 - 11	2046266.0
15	11 - 14 - 4 - 27 - 9 - 25 - 0 - 12 - 15 - 10 - 16 - 2 - 28 - 17 - 6 - 26 - 23 - 13 - 8 - 18 - 22 - 7 - 29 - 3 - 21 - 20 - 19 - 24 - 1 - 5	2059624.0
16	27 - 17 - 29 - 21 - 0 - 22 - 11 - 18 - 23 - 1 - 7 - 12 - 20 - 6 - 28 - 16 - 19 - 5 - 14 - 24 - 2 - 9 - 4 - 10 - 8 - 13 - 3 - 26 - 25 - 15	2064808.0
17	18 - 28 - 17 - 22 - 2 - 23 - 16	2060822.0

	- 7 - 9 - 3 - 6 - 14 - 8 - 11 - 10 - 24 - 1 - 12 - 5 - 13 - 0 - 27 - 25 - 29 - 15 - 26 - 21 - 19 - 20 - 4	
18	27 - 17 - 8 - 21 - 10 - 3 - 15 - 18 - 9 - 1 - 25 - 13 - 7 - 26 - 22 - 0 - 16 - 6 - 11 - 20 - 12 - 19 - 23 - 14 - 28 - 5 - 29 - 2 - 24 - 4	2065222.0
19	6 - 26 - 22 - 18 - 8 - 24 - 3 - 4 - 20 - 16 - 25 - 1 - 2 - 5 - 14 - 27 - 19 - 13 - 9 - 10 - 0 - 11 - 17 - 23 - 21 - 29 - 12 - 15 - 7 - 28	2059348.0
20	11 - 9 - 5 - 13 - 27 - 25 - 6 - 17 - 28 - 24 - 29 - 16 - 8 - 22 - 7 - 2 - 4 - 12 - 26 - 19 - 1 - 3 - 23 - 10 - 0 - 18 - 20 - 15 - 14 - 21	2043158.0

Mejor solución:

Coste óptimo: 2040126.0

Fenotipo: 15 - 20 - 8 - 10 - 2 - 6 - 4 - 17 - 5 - 19 - 18 - 26 - 29 - 1 - 9 - 3 - 0 - 24 - 13 - 22 - 27
- 28 - 25 - 11 - 14 - 16 - 23 - 7 - 12 - 21

Peor solución:

Coste óptimo: 2068680.0

Fenotipo: 7 - 16 - 14 - 28 - 13 - 20 - 6 - 1 - 27 - 9 - 26 - 22 - 18 - 3 - 23 - 12 - 0 - 10 - 24 - 11 -
2 - 15 - 7 - 8 - 29 - 21 - 19 - 25 - 5 - 4

Media: 2056458.8

Desviación estándar: 8374.121718733