

Introducción a la computación evolutiva

Trabajo Final



UNICEN
**Universidad Nacional del Centro
de la Provincia de Buenos Aires**

Estudiante:

Figueiredo

benjamin

Docente

Dr. Virginia Yannibelli

Introducción

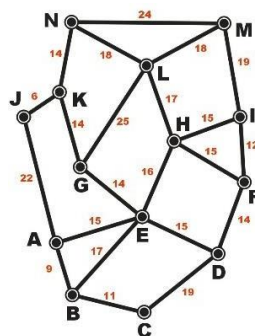
La computación evolutiva es un área perteneciente a las ciencias de la computación, que particularmente se centra en el estudio de algoritmos basados en la teoría de la evolución de Darwin, llamados algoritmos evolutivos. Estos algoritmos son meta-heurísticos (métodos aproximados diseñados para resolver problemas de optimización combinatoria, mejores que las heurísticas tradicionales) de búsqueda y optimización que respetan las bases de la evolución natural: la selección natural y las variaciones genotípicas (cruzamiento y mutación genética). Se enfocan en tres tipos de problemas: de optimización, de modelamiento y de simulación. En el presente trabajo se diseñará un algoritmo de este tipo para resolver el reconocido problema del viajante, un problema de optimización, el cual será presentado a continuación.

Problema presentado

Como se mencionó anteriormente, la problemática a abordar es el problema del viajante. Más concretamente, es el siguiente:

Dado un conjunto de N ciudades, y el costo del viaje entre cada par de esas ciudades, el problema del viajante consiste en encontrar el camino de mínimo costo que permita visitar todas las ciudades del conjunto (pasando sólo una vez por cada ciudad) y retornar a la ciudad de partida.

Para poder comprender el contexto, se presenta una representación visual del mismo



El objetivo entonces será diseñar un algoritmo evolutivo que sea capaz de encontrar un camino óptimo dado un conjunto de puntos conectados entre sí, con pesos asociados a esas conexiones.

Diseño de la aplicación evolutiva

Con respecto al diseño de la aplicación evolutiva, se implementaron los algoritmos modelados en el trabajo de cursada. Se diseñó la aplicación de manera que se puedan aplicar todas las combinaciones posibles entre los distintos métodos, con el objetivo de poder evaluar la eficacia del algoritmo ante distintas variaciones. Particularmente, se implementaron los distintos métodos:

- Selección de padres:
 - Torneo
 - Rueda de ruleta
- Cruzamiento:
 - Cruce basado en arcos
 - Cruce basado en un punto
- Mutación:
 - Mutación por intercambio
 - Mutación por inversión
- Selección de sobrevivientes:
 - Steady-state
 - Elitismo

Dados los métodos, se permiten dieciséis combinaciones diferentes para la ejecución del algoritmo, teniendo también como factores determinantes el tamaño de la población, el número de generaciones, la probabilidad de cruce y la probabilidad de mutación. Con esto, se tiene suficiente material como para probar distintas configuraciones y poder realizar un análisis comparativo entre los distintos métodos de ejecución del algoritmo evolutivo, con respecto al problema del TSP. A continuación, se detallan las distintas secciones del algoritmo evolutivo diseñado.

Datos concretos del problema

Como datos del problema se pueden encontrar:

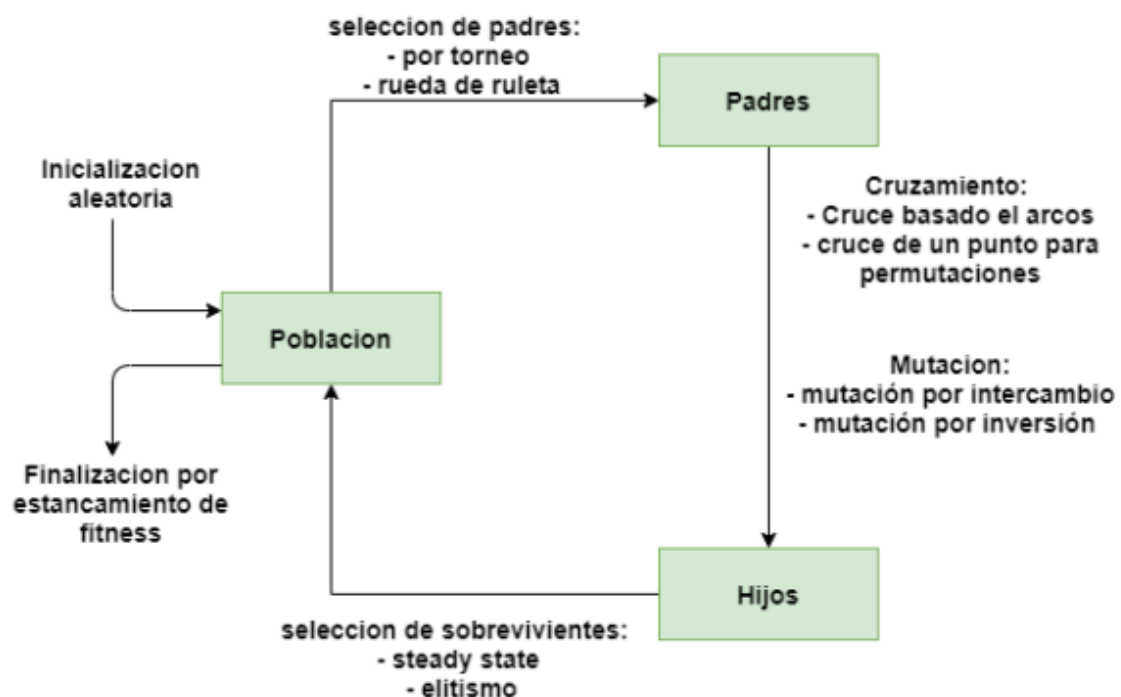
- ➔ N ciudades
- ➔ Costo (i, j): costo de ir desde la ciudad i a la ciudad j

Entrada

En este caso, la entrada será representada como una matriz de NXN donde las posiciones de la misma son ciudades, y los valores contenidos en las celdas representa el costo de viajar entre las mismas. Particularmente, se presentan las instancias br17 y p43 del problema del viajante; a modo de ejemplo, se muestra la instancia br17

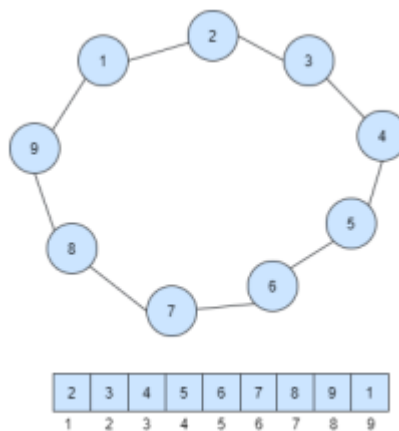
	0	2	4	6	8	10	12	14	16								
0	0	3	5	48	48	8	8	5	5	3	3	0	3	5	8	8	5
2	3	0	3	48	48	8	8	5	5	0	0	3	0	3	8	8	5
4	5	3	0	72	72	48	48	24	24	3	3	5	3	0	48	48	24
6	48	48	74	0	6	6	12	12	48	48	48	48	74	6	6	12	12
8	48	48	74	0	6	6	12	12	48	48	48	48	74	6	6	12	12
10	8	8	50	6	6	0	8	8	8	8	8	8	8	50	0	0	8
12	8	8	50	6	6	0	8	8	8	8	8	8	8	50	0	0	8
14	5	5	26	12	12	8	8	0	5	5	5	5	26	8	8	0	0
16	5	5	26	12	12	8	8	0	5	5	5	5	26	8	8	0	0
0	3	0	3	48	48	8	8	5	5	0	3	0	3	8	8	5	5
2	3	0	3	48	48	8	8	5	5	0	3	0	3	8	8	5	5
4	5	3	0	72	72	48	48	24	24	3	3	5	3	0	48	48	24
6	48	48	74	0	6	6	12	12	48	48	48	48	74	6	6	12	12
8	48	48	74	0	6	6	12	12	48	48	48	48	74	6	6	12	12
10	8	8	50	6	6	0	8	8	8	8	8	8	8	50	0	0	8
12	8	8	50	6	6	0	8	8	8	8	8	8	8	50	0	0	8
14	5	5	26	12	12	8	8	0	5	5	5	5	26	8	8	0	0
16	5	5	26	12	12	8	8	0	5	5	5	5	26	8	8	0	0

Esquema de ejecución general del algoritmo



Representación o codificación de las soluciones

El problema presentado corresponde a un problema de secuenciación (permutaciones). En estos algoritmos se debe decidir el orden en el que deberían ocurrir ciertos eventos; particularmente, en el problema del viajante es importante que ciudad es la siguiente inmediatamente después de la ciudad actual. Entonces, la representación de la solución se da mediante un arreglo de tamaño N (N arcos recorridos), en donde la posición del arreglo indica la ciudad actual y el valor en esa posición la ciudad a la que se ira a partir de la actual. Por una cuestión de optimización, si bien la representación es hecha mediante arreglos, también se utilizan diccionarios para el manejo de las soluciones.



Proceso de decodificación

Para posteriormente poder calcular la función de evaluación, se necesita saber el costo de los arcos entre ciudades. Dado que las soluciones no contienen esta información, es necesario decodificarlas; para esto, cada posición del arreglo se toma en conjunto con su valor, para luego con estos datos acceder a la matriz de entrada, la cual contiene los datos necesarios para la función de fitness.

Función de evaluación

Según lo planteado en la problemática, se debe encontrar un camino mínimo que pase por las N ciudades y retorne a la de origen. La función de evaluación determina la calidad de las soluciones, y en este caso la calidad será medida mediante la longitud del camino que la solución representa. Entonces, la función de evaluación es

$$fitness(i) = \frac{1}{longitud\ del\ camino}$$

El hecho de utilizar la inversa de la longitud del camino hace que el problema de

minimización pase a ser de maximización; dicho esto, lo que se busca es maximizar esta función de fitness.

Proceso de generación de la población inicial

El proceso de la construcción de la población inicial será a partir de la generación de soluciones aleatorias; estas deben ser compatibles con la codificación, por lo que se generaran arreglos que sigan la dupla <ciudad actual, ciudad siguiente>. Además, se debe asegurar en cada solución que todas las ciudades sean alcanzadas y no repetidas (ya que es una permutación), así como también que la última ciudad alcanzada sea adyacente a la ciudad de origen.

Proceso de selección de padres

En primer lugar, se define un operador de selección de padres basado en ranking, ya que soluciona los problemas de la selección basada en fitness (convergencia prematura, selección aleatoria). Este operador define a cada solución una probabilidad en base al fitness relativo, planteando un ranking ascendente y asociando una probabilidad según la posición en el mismo. Para mapear el conjunto de ciudades a una probabilidad, se utiliza el mapeo exponencial de manera de tener una mayor presión selectiva, es decir, una mayor diferencia entre las probabilidades de las distintas soluciones.

Selección de padres: algoritmo de selección por torneo

Una de las posibles variantes de selección de padres ante una permutación es la selección por torneo. Para poder llevar acabo esta, se toman dos parejas al azar de la población, y de cada pareja se selecciona al mejor conjunto de ciudades, quedando así una única pareja de padres. Esta selección no requiere conocimiento global de la población, lo que la hace una buena opción ante poblaciones grandes. Como se mencionó, de cada pareja seleccionada al azar se toma el mejor conjunto; pero, ¿Cómo se comparan los mismos? Esto se hace estableciendo una política de comparación. Esta política es determinada según cuatro factores, los cuales son: posición de del conjunto de ciudades en la población, tamaño k de la muestra (en este caso se eligió $k = 2$, pero hay que tener en cuenta que cuanto más grande sea k , más se incrementa la presión selectiva), probabilidad p de que el mejor conjunto de ciudades de la muestra sea seleccionado (en este caso se eligió $p=1$, de manera que sea determinístico) y si el conjunto de ciudades es elegido con o sin reemplazo (en este caso, se eligió con reemplazo).

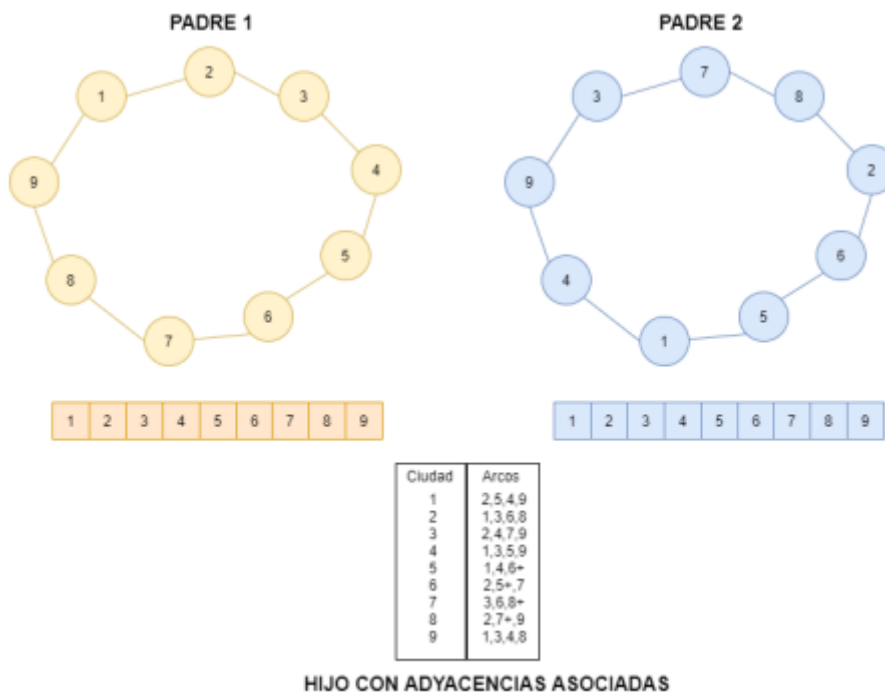
Selección de padres: algoritmo de selección por rueda de ruleta

En el caso de la selección por rueda de ruleta, las ciudades son ubicadas en una rueda de ruleta en donde cada una ocupa un espacio proporcional a su probabilidad de selección; la rueda es girada N veces de manera de seleccionar a N conjuntos de ciudades que estarán en el mating pool.

Operadores de cruce genético

Operador de cruce: cruce basado en arcos

Este operador se basa en la idea de que un hijo debería ser creado solamente a partir de los arcos que están presente en uno o en los dos padres. Para poder lograr esto, se construye una tabla en donde cada ciudad hija tiene asociadas las adyacencias de sus padres, como se muestra a continuación



Con la tabla ya armada, se hace un proceso de selección de ciudades para el hijo según criterios (random, lista más corta de arcos, arcos en común) y se va construyendo el mismo. Se muestra un ejemplo

Choices	Element selected	Reason	Partial result
All	1	Random	[1]
2,5,4,9	5	Shortest list	[1 5]
4,6	6	Common edge	[1 5 6]
2,7	2	Random choice (both have two items in list)	[1 5 6 2]
3,8	8	Shortest list	[1 5 6 2 8]
7,9	7	Common edge	[1 5 6 2 8 7]
3	3	Only item in list	[1 5 6 2 8 7 3]
4,9	9	Random choice	[1 5 6 2 8 7 3 9]
4	4	Last element	[1 5 6 2 8 7 3 9 4]

Y de esta forma, se van generando los hijos a partir de la información de adyacencia de los padres.

Operador de cruce: cruce de un punto para permutaciones

Este operador combina la información de ambos padres según el cruce de un punto, pero respetando la condición de las permutaciones (cada valor ocurre solamente una vez en la solución). Para realizar esto, se toma un punto de referencia c ($1 \leq c < N$) y mediante la información de los padres, se generan los hijos de la siguiente manera

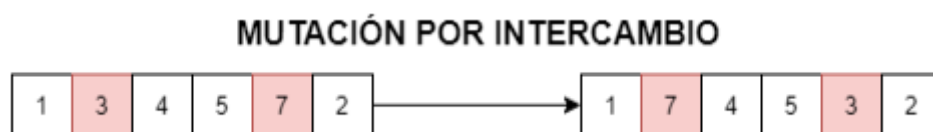


De esta manera, se generan los nuevos hijos a partir de información de ambos padres; al ser la solución representada como una permutación, es útil este cruce en el contexto del problema, ya que los hijos generados representan posibles secuencias de caminos válidos.

Operadores de mutación genética

Operador de mutación: mutación por intercambio

Este tipo de mutación es compatible con el problema ya que preserva información de adyacencias. El mismo consta de elegir dos posiciones al azar e intercambiar sus valores. Gráficamente se visualiza de la siguiente manera



Se puede observar que la información sobre adyacencias es preservada; en este caso, solamente se rompen cuatro links (1-3, 3-4, 5-7, 7-2).

Operador de mutación: mutación por inversión

Al igual que el operador anterior, este tipo de mutación también preserva la mayor parte de información sobre adyacencias. Para aplicar el mismo, se eligen dos posiciones al azar de la solución y se invierten los valores existentes entre dichas posiciones. Se muestra a continuación una representación gráfica como ejemplo

MUTACIÓN POR INVERSIÓN



En este caso, la cantidad de links rotos es dos (1-3, 7-2), por lo que también es un buen operador.

Proceso de selección de sobrevivientes

Selección de sobrevivientes: Steady-state

Este mecanismo tiene como objetivo eliminar los peores individuos; para esto, se reemplazan los n peores conjuntos de ciudades por los n mejores conjuntos generados. Para evitar la convergencia prematura, se combina con la política de no permitir duplicados, aunque esto no sería indispensable en caso de que la población sea grande.

Selección de sobrevivientes: elitismo

El proceso de elitismo siempre preservará al mejor individuo hasta el momento, de esta manera asegurando que la solución obtenida hasta el momento no empeorará de una generación a la siguiente. En este caso, se podría combinar con la selección de padres por torneo (para preservar la diversidad).

Condición de finalización para la ejecución del algoritmo

La condición de finalización del algoritmo se determina cuando se llega a la cantidad de generaciones establecidas por parámetro, y/o por estancamiento de fitness. El estancamiento de fitness se dará, en este caso, cuando se obtenga el mismo fitness durante el número de generaciones establecido en el parámetro de estancamiento de generaciones.

Implementación de la aplicación evolutiva

Para la implementación de la aplicación evolutiva se utilizó Python como lenguaje base, tanto para el algoritmo como para la interfaz de la misma. Se utilizó la biblioteca `tsplib95` para poder utilizar los datos de las instancias presentadas por la catedra. Utilizando el framework `Flask`, se desarrolló una interfaz web simple de manera que se pueda ejecutar el algoritmo, así como también visualizar sus resultados.

En el archivo `'tspFinal.py'`, se encuentra el código fuente relacionado a los algoritmos evolutivos planteados en el diseño.

En el archivo `'halmitonianPath.py'`, se encuentra la implementación del algoritmo

de Hamilton, el cual sirve para determinar un camino desde x que pase por todos los nodos presentes hasta llegar a x nuevamente; este mismo se utiliza para la generación de la población inicial, así como también para la implementación del cruce genético basado en arcos.

En el archivo 'casos_ejecucion.py', se encuentran todas las instancias de los experimentos realizados, los cuales se mostrarán más adelante.

En la carpeta 'experiments', se encuentran todos los experimentos realizados, tanto para br17 como para p43, para los cuales se generó un archivo txt y un grafo que representa la mejor solución alcanzada por cada configuración en particular.

Por último, en la carpeta 'web', se encuentran todos los archivos relacionados a la web desarrollada.

Uso de la aplicación evolutiva

Para hacer uso de la web mencionada anteriormente, se debe acceder [aquí](#).

Tenga en cuenta que la misma es deployada en un server gratuito, por lo que para la instancia p43 (la que contiene más cantidad de datos) puede presentar demoras significativas.

El código fuente tanto de la web como del algoritmo se encuentran en el siguiente [repositorio](#). Si se quiere probar localmente el algoritmo, en el archivo 'casos_ejecucion.py', hay varias instancias con distintos parámetros configurados.

Experimentos computacionales realizados

Con respecto a los experimentos computacionales realizados, como se mencionó anteriormente se pueden probar diversas variaciones para resolver el problema. Principalmente se optó por definir como constante la probabilidad de cruzamiento (dejándola en uno), y probar las siguientes configuraciones para los dos archivos provistos por la catedra:

➔ Configuración 1:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Torneo
- Cruzamiento: basado en arcos
- Mutación: intercambio

- Selección de sobrevivientes: Steady-state
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 2:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Torneo
- Cruzamiento: basado en arcos
- Mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: Elitismo
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 3:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Torneo
- Cruzamiento: basado en arcos
- Mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: Steady-state
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 4:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Torneo
- Cruzamiento: basado en arcos
- Mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: Elitismo
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 5:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Torneo
- Cruzamiento: basado en un punto
- Mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: Steady-state
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 6:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Torneo
- Cruzamiento: basado en un punto
- Mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: Elitismo
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 7:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Torneo
- Cruzamiento: basado en un punto
- Mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: Steady-state
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 8:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Torneo
- Cruzamiento: basado en un punto
- Mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: Elitismo
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 9:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Rueda de ruleta
- Cruzamiento: basado en arcos
- Mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: Steady-state
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 10:

- Tamaño de población: 100/200

- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Rueda de ruleta
- Cruzamiento: basado en arcos
- Mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 11:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Rueda de ruleta
- Cruzamiento: basado en arcos
- Mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: Steady-state
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 12:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Rueda de ruleta
- Cruzamiento: basado en arcos
- Mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 13:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Rueda de ruleta
- Cruzamiento: basado en un punto
- Mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: Steady-state
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 14:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Rueda de ruleta

- Cruzamiento: basado en un punto
- Mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 15:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Rueda de ruleta
- Cruzamiento: basado en un punto
- Mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: Steady-state
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

➔ Configuración 16:

- Tamaño de población: 100/200
- Generaciones: 500/1000
- Selección de padres: Rueda de ruleta
- Cruzamiento: basado en un punto
- Mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de mutación: 0.1/0.2

A continuación, se realiza un análisis comparativo de los resultados, para determinar cuál combinación de parámetros es mejor en torno a tiempos y costos.

Análisis comparativo de los resultados obtenidos

Como se mencionó, los experimentos se ejecutaron tanto sobre las instancias br17 como p43 del problema, presentadas por la catedra. Se muestran los resultados obtenidos para las distintas configuraciones mencionadas.

Br17

Config1

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo

- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 16.088285446166992 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config3

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 28.125193119049072 secs

Costo del mejor viaje: 89

Config5

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 14.371289253234863 secs

Costo del mejor viaje: 89

Config7

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 44.17870545387268 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config9

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 12.932394742965698 secs

Costo del mejor viaje: 91

Config11

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos

- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 27.618422746658325 secs

Costo del mejor viaje: 89

Config13

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 14.189873933792114 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config15

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 28.950932025909424 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config17

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 2.5464577674865723 secs

Costo del mejor viaje: 117

Config19

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 5.015624284744263 secs

Costo del mejor viaje: 100

Config21

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio

- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 2.5976221561431885 secs

Costo del mejor viaje: 98

Config23

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 4.753883123397827 secs

Costo del mejor viaje: 100

Config25

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 4.679783821105957 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config27

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 14.909126043319702 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config29

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 2.452587604522705 secs

Costo del mejor viaje: 98

Config31

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo

- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 4.9583046436309814 secs

Costo del mejor viaje: 98

Config33

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 16.33730411529541 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config35

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 29.672294855117798 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config37

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 79.76020240783691 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config39

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 304.02411222457886 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config41

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1

- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 13.446659326553345 secs

Costo del mejor viaje: 91

Config43

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 30.044627904891968 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config45

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 80.91384077072144 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config47

Parámetros:

- Tamaño población: 200

- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 310.52208161354065 secs

Costo del mejor viaje: 87

Config49

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 2.3693580627441406 secs

Costo del mejor viaje: 100

Config51

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2

- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 5.148825645446777 secs

Costo del mejor viaje: 98

Config53

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 7.151182413101196 secs

Costo del mejor viaje: 100

Config55

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 21.088963747024536 secs

Costo del mejor viaje: 98

Config57

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500

- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 2.562500238418579 secs

Costo del mejor viaje: 100

Config59

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 8.61251163482666 secs

Costo del mejor viaje: 89

Config61

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 4.749997854232788 secs

Costo del mejor viaje: 98

Config63

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 45.95923471450806 secs

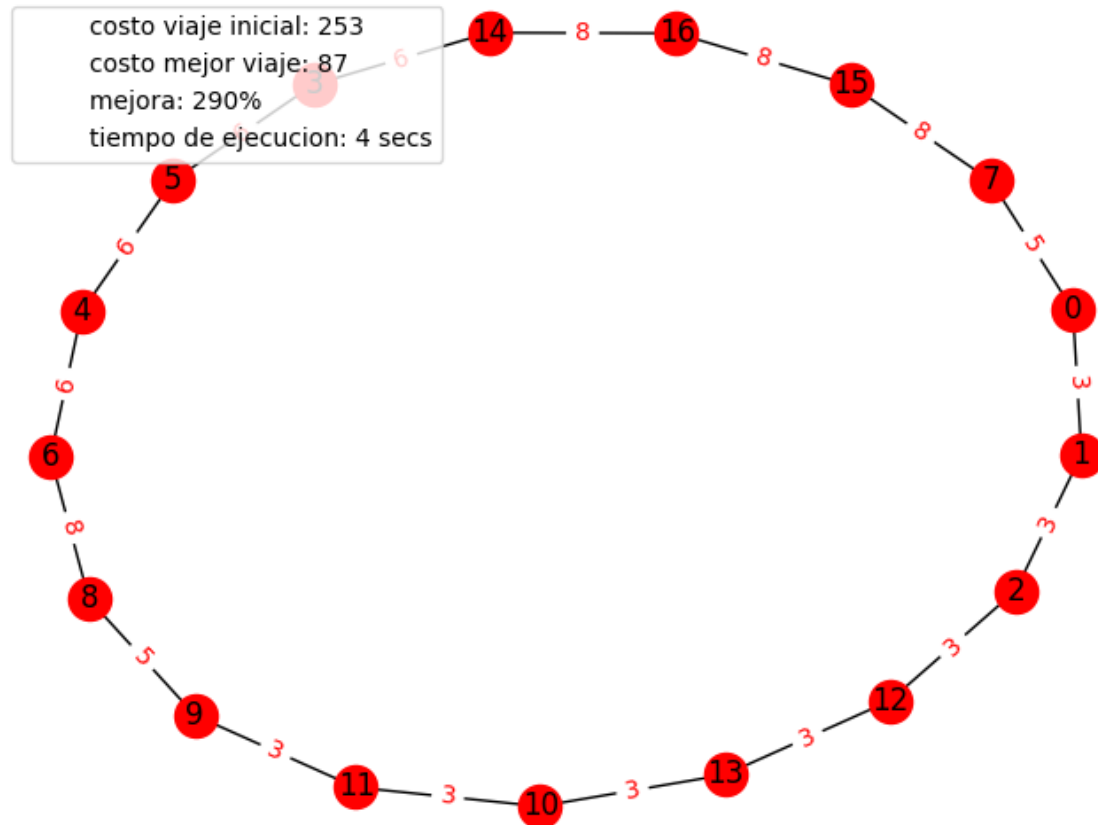
Costo del mejor viaje: 93

Analizando los resultados obtenidos, se puede visualizar que el mejor tiempo de ejecución obtenido es 2.3693580627441406 segundos (con un costo de viaje de 100) y el peor tiempo de ejecución obtenido es 310.52208161354065 segundos (con un costo de viaje de 87), teniendo una diferencia entre ellos de 308.1527235 segundos. A su vez, el mejor costo de viaje obtenido es 87, en contraste con el peor costo de viaje que es 117, teniendo una diferencia entre ellos de 30, obteniendo una mejora de la peor solución hacia la mejor de 34.48%. Se puede visualizar que en varias configuraciones se obtuvo el mejor costo de viaje, por lo que, para este caso, se elige el mejor tiempo de ejecución obtenido en estas ejecuciones: 4.679783821105957 segundos. Así, se puede determinar que para la instancia del problema br17, la mejor combinación obtenida es un costo de viaje de 87, con un tiempo de ejecución de 4.679783821105957 segundos (config25) con los siguientes parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto

- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

A continuación, se visualiza el grafo obtenido a partir de la ejecución mencionada.



p43

Config2

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1

- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 86.31838870048523 secs

Costo del mejor viaje: 5939

Config4

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 406.0606737136841 secs

Costo del mejor viaje: 5893

Config6

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 70.2935221195221 secs

Costo del mejor viaje: 6095

Config8

Parámetros:

- Tamaño población: 200

- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 270.0496037006378 secs

Costo del mejor viaje: 5905

Config10

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 275.95053911209106 secs

Costo del mejor viaje: 5906

Config12

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2

- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 324.2775356769562 secs

Costo del mejor viaje: 5919

Config14

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 81.25665593147278 secs

Costo del mejor viaje: 5938

Config16

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 187.51583623886108 secs

Costo del mejor viaje: 5872

Config18

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500

- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 10.214277267456055 secs

Costo del mejor viaje: 5937

Config20

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 13.782628536224365 secs

Costo del mejor viaje: 5889

Config22

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 5.984374046325684 secs

Costo del mejor viaje: 6000

Config24

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 29.18762445449829 secs

Costo del mejor viaje: 5876

Config26

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 6.500014781951904 secs

Costo del mejor viaje: 5921

Config28

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo

- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 16.94369602203369 secs

Costo del mejor viaje: 5989

Config30

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 13.439826965332031 secs

Costo del mejor viaje: 5917

Config32

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 12.780261039733887 secs

Costo del mejor viaje: 5973

Config34

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 97.12996745109558 secs

Costo del mejor viaje: 5928

Config36

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 502.3636350631714 secs

Costo del mejor viaje: 5801

Config42

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos

- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 125.96512508392334 secs

Costo del mejor viaje: 5903

Config44

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: torneo
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 402.06917214393616 secs

Costo del mejor viaje: 5880

Config46

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 923.4981682300568 secs

Costo del mejor viaje: 5902

Config50

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 6.072078704833984 secs

Costo del mejor viaje: 6008

Config52

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 23.344104528427124 secs

Costo del mejor viaje: 5876

Config54

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio

- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 26.203065872192383 secs

Costo del mejor viaje: 6002

Config56

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 105.03532266616821 secs

Costo del mejor viaje: 6015

Config58

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 8.009164333343506 secs

Costo del mejor viaje: 5897

Config60

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 18.05230689048767 secs

Costo del mejor viaje: 5879

Config62

Parámetros:

- Tamaño población: 100
- Numero generaciones: 500
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.1
- Estancamiento de generaciones: 100

Tiempo ejecución: 26.413338661193848 secs

Costo del mejor viaje: 6108

Config64

Parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en un punto
- Método de mutación: inversión
- Selección de sobrevivientes: elitismo

- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

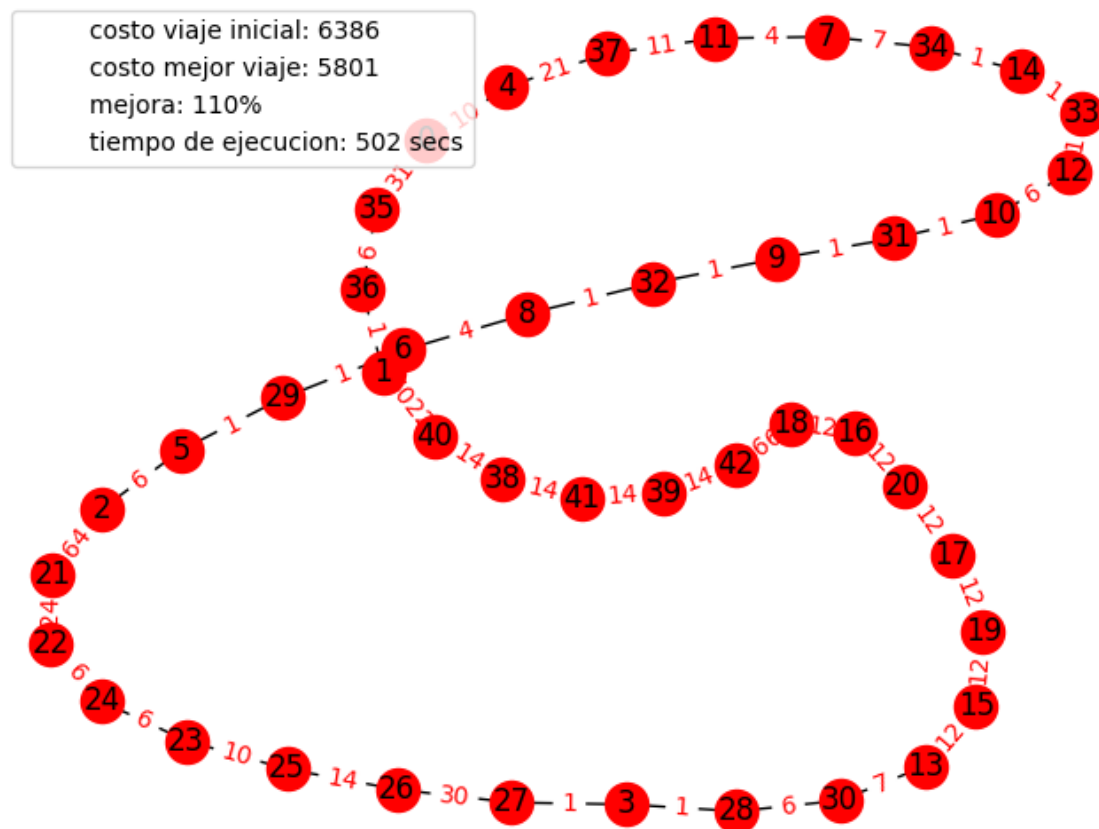
Tiempo ejecución: 105.61368036270142 secs

Costo del mejor viaje: 6014

Analizando los resultados obtenidos, se puede visualizar que el mejor tiempo de ejecución obtenido es 5.984374046325684 segundos (con un costo de viaje de 6000) y el peor tiempo de ejecución obtenido es 502.3636350631714 segundos (con un costo de viaje de 5801), teniendo una diferencia entre ellos de 496.379261 segundos. A su vez, el mejor costo de viaje obtenido es 5801, en contraste con el peor costo de viaje que es 6108, teniendo una diferencia entre ellos de 307, obteniendo una mejora de la peor solución hacia la mejor de 5.29%. Para los experimentos presentados en esta instancia, se da que la mejor solución está acompañada del peor tiempo de ejecución, pero, en este caso se está analizando la búsqueda del mejor costo de viaje, por lo que no se realiza un análisis en torno a la mejor correlación entre tiempo/costo de viaje. Así, se puede determinar que para la instancia del problema p43, la mejor combinación obtenida es un costo de viaje de 5801, con un tiempo de ejecución de 502.3636350631714 segundos (config36) con los siguientes parámetros:

- Tamaño población: 200
- Numero generaciones: 1000
- Selección de padres: rueda de ruleta
- Método de cruzamiento: cruce basado en arcos
- Método de mutación: intercambio
- Selección de sobrevivientes: steady-state
- Probabilidad de cruce: 1
- Probabilidad de mutación: 0.2
- Estancamiento de generaciones: 100

A continuación, se visualiza el grafo obtenido a partir de la ejecución mencionada.



Conclusión

Los algoritmos evolutivos son de gran utilidad para la mejora de heurísticas ya existentes, ya que proveen la flexibilidad necesaria para la generalización de los problemas, así como también simpleza a la hora de diseñarlos, teniendo una gran variedad de implementaciones posibles las cuales se ajustan a las necesidades de los problemas. En este caso, se puede ver mediante los experimentos realizados las mejoras a partir de una solución inicial, así como también la variedad de opciones que hay para probar los casos.

Es importante tener un enfoque distinto sobre la resolución de problemas, para el día de mañana tener las herramientas necesarias para abordarlos. Con respecto a lo aprendido, los temas y problemas abordados fueron de gran interés, poniéndose por encima de la complejidad de los mismos, lo que es un punto a destacar. También, el desarrollo de la web fue de gran aprendizaje, puesto que es la primera que realizo.

A futuro, se espera seguir profundizando en este tema, con el objetivo de poder manejar con más dinamismo el area de computación evolutiva.