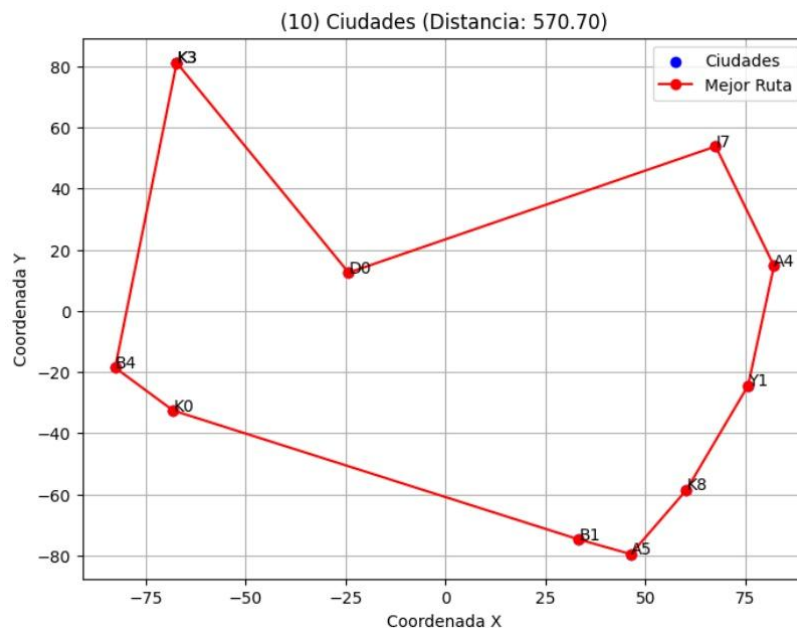


EJERCICIO 2: OPTIMIZACIÓN DE COLONIAS DE HORMIGAS

A. Analizar el código propuesto En la carpeta Taller3/P2_TSP se coloca el código del modelado del TSP usando LP, correr el caso 1, con un mipgap de 0.05 y tiempo límite de 30 segundos, marcar los tiempos que se demora para 10, 20, 30, 40 y 50 ciudades. Comparar los resultados que se puede obtener usando la heurística del vecino cercano (Taller3/P2_TSP/util_nearest_neighbor.py). Subjetivamente, ¿qué tal te parece las soluciones que ha arrojado el modelo sin aplicar todavía una heurística que ayude al modelo?

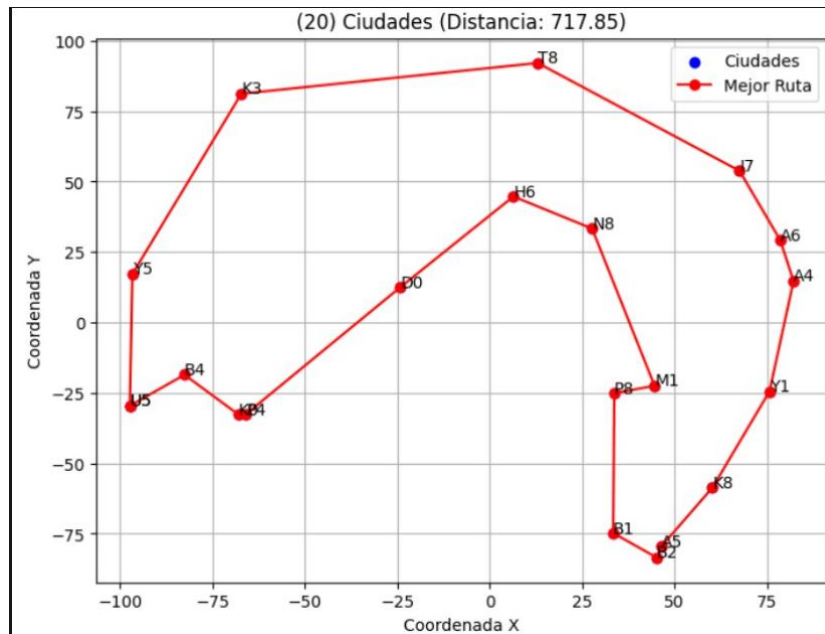
Con 10 ciudades.

```
Tiempo de ejecución: 00:00
Distancia mínima entre nodos: 13.857849761056004
Distancia máxima entre nodos: 196.87965867503937
Distancia promedio entre nodos: 109.71153649851156
Distancia Total mínima posible: 154.46173282445946
Distancia Total máxima posible: 370.7081587787027
Heurísticas aplicadas: []
No se encontró una solución óptima, la siguiente es la mejor solución encontrada:
Distancia total recorrida: 570.6995632723516
```



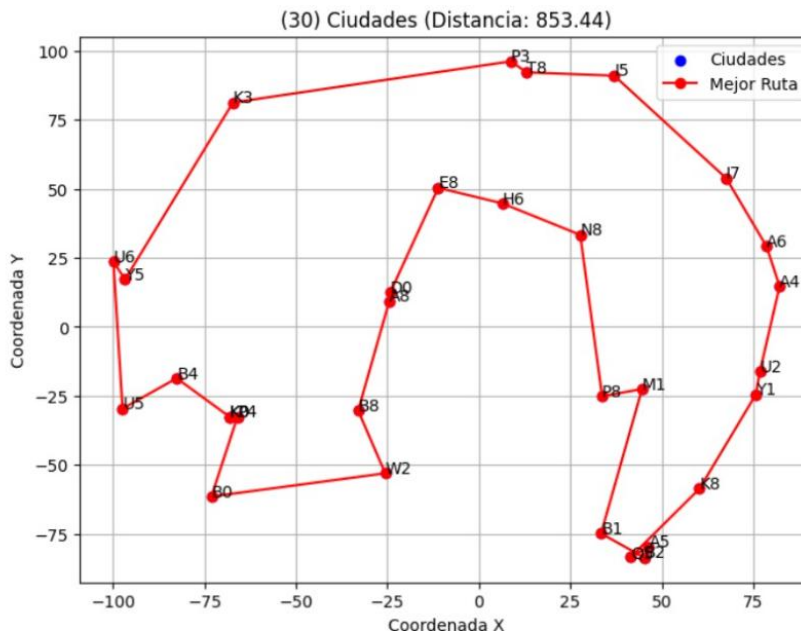
Con 20 ciudades.

Tiempo de ejecución: 00:06
 Distancia mínima entre nodos: 2.099999999999943
 Distancia máxima entre nodos: 199.3987211593896
 Distancia promedio entre nodos: 104.14313439828004
 Distancia Total mínima posible: 265.6078359957001
 Distancia Total máxima posible: 637.4588063896803
 Heurísticas aplicadas: []
 No se encontró una solución óptima, la siguiente es la mejor solución encontrada:
 Distancia total recorrida: 717.848382621475



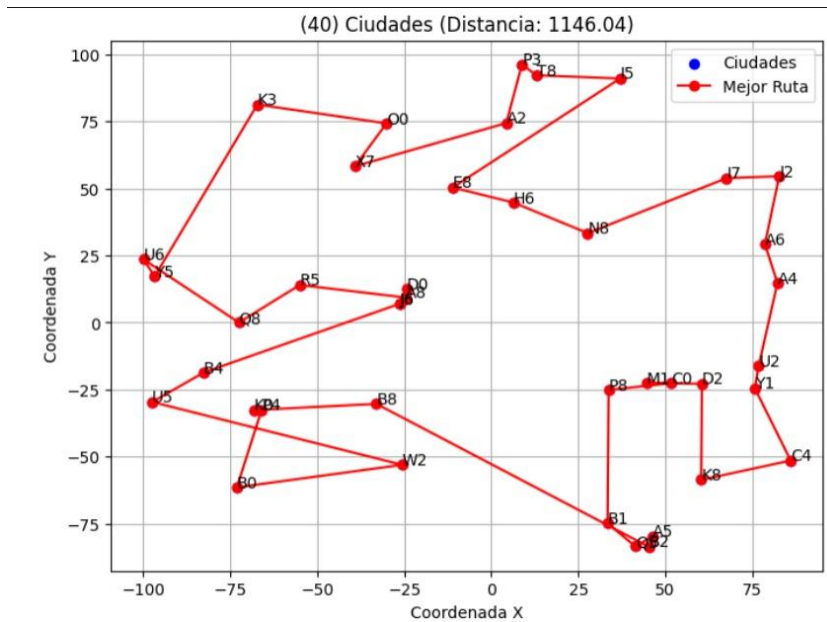
Con 30 ciudades.

Tiempo de ejecución: 00:30
 Distancia mínima entre nodos: 2.099999999999943
 Distancia máxima entre nodos: 199.3987211593896
 Distancia promedio entre nodos: 103.75681401513364
 Distancia Total mínima posible: 396.9630525567511
 Distancia Total máxima posible: 952.7113261362026
 Heurísticas aplicadas: []
 No se encontró una solución óptima, la siguiente es la mejor solución encontrada:
 Distancia total recorrida: 853.4357011379819



Con 40 ciudades.

Tiempo de ejecución: 00:30
 Distancia mínima entre nodos: 2.0999999999999943
 Distancia máxima entre nodos: 202.6153992173349
 Distancia promedio entre nodos: 101.09527133150198
 Distancia Total mínima posible: 515.9763566575099
 Distancia Total máxima posible: 1238.3432559780238
 Heurísticas aplicadas: []
 No se encontró una solución óptima, la siguiente es la mejor solución encontrada:
 Distancia total recorrida: 1146.042945257636



Con 50 ciudades.

Pueden mejorar con una buena solución inicial (heurística).

B. Analizar el parámetro tee

El parámetro tee se encuentra deshabilitado, activarlo para cualquier interacción, investigar su funcionalidad y comprender su salida en pantalla.

```
GLPSOL--GLPK LP/MIP Solver 5.0
Parameter(s) specified in the command line:
--mipgap 0.05 --tmlim 30 --write /tmp/tmpz6ge1oew.glpk.raw --wglp /tmp/tmpi7d_apa3.glpk.glp
--cpxlp /tmp/tmpvslbct4o.pyomo.lp
Reading problem data from '/tmp/tmpvslbct4o.pyomo.lp'...
/tmp/tmpvslbct4o.pyomo.lp:24867: warning: lower bound of variable 'x5004' redefined
/tmp/tmpvslbct4o.pyomo.lp:24867: warning: upper bound of variable 'x5004' redefined
2551 rows, 2550 columns, 12153 non-zeros
2550 integer variables, 2500 of which are binary
27367 lines were read
Writing problem data to '/tmp/tmpi7d_apa3.glpk.glp'...
22258 lines were written
GLPK Integer Optimizer 5.0
2551 rows, 2550 columns, 12153 non-zeros
2550 integer variables, 2500 of which are binary
Preprocessing...
2501 rows, 2500 columns, 12103 non-zeros
2500 integer variables, 2450 of which are binary
Scaling...
A: min|aij| = 1.000e+00 max|aij| = 5.000e+01 ratio = 5.000e+01
GM: min|aij| = 8.824e-01 max|aij| = 1.133e+00 ratio = 1.284e+00
EQ: min|aij| = 8.097e-01 max|aij| = 1.000e+00 ratio = 1.235e+00
2N: min|aij| = 5.000e-01 max|aij| = 1.562e+00 ratio = 3.125e+00
Constructing initial basis...
Size of triangular part is 2500
Solving LP relaxation...
GLPK Simplex Optimizer 5.0
2501 rows, 2500 columns, 12103 non-zeros
0: obj = 6.807892165e+03 inf = 4.349e+02 (99)
166: obj = 4.550162237e+03 inf = 0.000e+00 (0) 1
* 518: obj = 8.245630794e+02 inf = 3.016e-14 (0) 3
OPTIMAL LP SOLUTION FOUND
Integer optimization begins...
Long-step dual simplex will be used
+ 518: mip = not found yet >= -inf (1; 0)
+ 4610: >>>> 1.956890893e+03 >= 8.535037015e+02 56.4% (377; 3)
+ 5230: >>>> 1.166745269e+03 >= 8.585139752e+02 26.4% (425; 7)
+ 6593: >>>> 1.119910650e+03 >= 8.598618454e+02 23.2% (292; 430)
+ 12683: mip = 1.119910650e+03 >= 8.638871443e+02 22.9% (621; 526)
+ 18098: mip = 1.119910650e+03 >= 8.737523294e+02 22.0% (995; 538)
+ 22738: mip = 1.119910650e+03 >= 8.766541561e+02 21.7% (1314; 549)
+ 28200: mip = 1.119910650e+03 >= 8.785191704e+02 21.6% (1671; 561)
+ 32704: mip = 1.119910650e+03 >= 8.791129714e+02 21.5% (1953; 568)
TIME LIMIT EXCEEDED; SEARCH TERMINATED
Time used: 30.1 secs
Memory used: 13.8 Mb (14473102 bytes)
Writing MIP solution to '/tmp/tmpz6ge1oew.glpk.raw'...
5110 lines were written
Tiempo de ejecución: 00:30
Distancia mínima entre nodos: 2.09999999999999943
Distancia máxima entre nodos: 202.6153992173349
Distancia promedio entre nodos: 97.67061537707829
Distancia Total mínima posible: 623.5663461067393
Distancia Total máxima posible: 1496.5592306561741
Heurísticas aplicadas: []
No se encontró una solución óptima, la siguiente es la mejor solución encontrada:
```

El parámetro Tee = True activa el volcado (output) del solver en la consola mientras el modelo se está resolviendo.

¿Por qué activar el parámetro tee?

Este seguimiento del modelo de optimización es crucial para diagnosticar su progreso (estancamiento o mejora), evaluar la justificación de extender los límites de tiempo según los tiempos de convergencia observados, y determinar si la solución actual es suficientemente buena antes de alcanzar el óptimo, mediante el análisis del MIPGap. En esencia, esto nos proporciona una visión integral para optimizar el rendimiento del modelo y la calidad de sus soluciones de manera eficiente.

C. Aplicar heurística de límites a la función objetivo

Ejecutar el caso 2, con 70 ciudades. Se ha colocado una heurística que trata de predecir cuánto será el recorrido total. Realizar la corrida de este caso: a) con heurística y b) sin heurística. Explicar los resultados y responder.

70 ciudades con heurística

```
TIME LIMIT EXCEEDED; SEARCH TERMINATED
Time used: 40.2 secs
Memory used: 13.5 Mb (14152792 bytes)
Writing MIP solution to '/tmp/tmpsr9wkwxg.glpk.raw'...
9952 lines were written
Tiempo de ejecución: 00:40
Distancia mínima entre nodos: 0.6403124237432862
Distancia máxima entre nodos: 234.3041826344549
Distancia promedio entre nodos: 100.75829712883072
Distancia Total mínima posible: 887.2378335850225
Distancia Total máxima posible: 2129.370800604054
Heurísticas aplicadas: ['limitar_funcion_objetivo']
No se encontró una solución óptima, la siguiente es la mejor solución encontrada:
Distancia total recorrida: 1783.2192996034296
```

70 ciudades sin heurística

```
Tiempo de ejecución: 00:40
Distancia mínima entre nodos: 0.6403124237432862
Distancia máxima entre nodos: 234.3041826344549
Distancia promedio entre nodos: 100.75829712883072
Distancia Total mínima posible: 887.2378335850225
Distancia Total máxima posible: 2129.370800604054
Heurísticas aplicadas: []
No se encontró una solución óptima, la siguiente es la mejor solución encontrada:
Distancia total recorrida: 1637.939543767602
```

La siguiente tabla compara una búsqueda del TSP con y sin la heurística "limitar_funcion_objetivo" en 70 ciudades. Los resultados muestran que la distancia total recorrida fue mayor con la heurística (1783.21) que sin ella (1637.94), mientras que el tiempo de ejecución fue el mismo (00:40). Esto sugiere que, en este caso, la heurística no mejoró la solución y posiblemente la empeoró al restringir la búsqueda de manera desfavorable.

Métrica	Con heurística	Sin heurística
Distancia total recorrida	1783.21	1637.94
Heurísticas aplicadas	<code>['limitar_funcion_objetivo']</code>	<code>[]</code>
Tiempo de ejecución	00:40	00:40

1. ¿Cuál es la diferencia entre los dos casos?

El caso sin heurística recorrió menos distancia total que el caso con la heurística aplicada ya que la heurística que fue utilizada no mejoró la calidad de la solución en este caso específico; de hecho, la empeoró.

2. ¿Sirve esta heurística para cualquier caso? ¿Cuál pudiera ser una razón?

La heurística no necesariamente sirve para cualquier caso, ya que la heurística puede ser demasiado restrictiva por lo que se puede haber forzado al algoritmo a evitar explorar soluciones que, aunque inicialmente parecieran costosas, podrían conducir a un mejor recorrido global.

D. Aplicar heurística de vecinos cercanos

Ejecutar el caso 3, con 100 ciudades. Se ha colocado una heurística de vecinos cercanos.

Realizar la corrida de este caso:

a) con heurística

```

Time used: 60.0 secs. Memory used: 16.4 Mb.
+ 20282: mip = 2.041471814e+03 >= 1.272890171e+03 37.6% (1041; 126)
TIME LIMIT EXCEEDED; SEARCH TERMINATED
Time used: 60.5 secs
Memory used: 18.4 Mb (19295614 bytes)
Writing MIP solution to '/tmp/tmpjghqui9o.glpk.raw'...
25259 lines were written
Tiempo de ejecución: 01:02
Distancia mínima entre nodos: 0.6403124237432862
Distancia máxima entre nodos: 245.61115609841502
Distancia promedio entre nodos: 100.94053659793771
Distancia Total mínima posible: 1269.7606127710123
Distancia Total máxima posible: 3047.4254706504294
Heurísticas aplicadas: ['vecino_cercano']
No se encontró una solución óptima, la siguiente es la mejor solución encontrada:
Distancia total recorrida: 2041.4718136560437

```

b) sin heurística.

```

Time used: 60.1 secs. Memory used: 18.9 Mb.
+ 14426: mip = 2.078932583e+03 >= 1.239081976e+03 40.4% (619; 13)
TIME LIMIT EXCEEDED; SEARCH TERMINATED
Time used: 62.2 secs
Memory used: 22.7 Mb (23794532 bytes)
Writing MIP solution to '/tmp/tmpb_vnmwf4.glpk.raw'...
20210 lines were written
Tiempo de ejecución: 01:04
Distancia mínima entre nodos: 0.6403124237432862
Distancia máxima entre nodos: 245.61115609841502
Distancia promedio entre nodos: 100.94053659793771
Distancia Total mínima posible: 1269.7606127710123
Distancia Total máxima posible: 3047.4254706504294
Heurísticas aplicadas: []
No se encontró una solución óptima, la siguiente es la mejor solución encontrada:
Distancia total recorrida: 2078.932582948095

```

1. ¿Cuál es la diferencia entre los dos casos?

La heurística 'vecino_cercano' mejoró el resultado, reduciendo la distancia total recorrida en aproximadamente 37.46 unidades. Por lo tanto, el tiempo y los recursos usados fueron similares, por lo tanto la mejora fue eficiente y no costosa.

2. ¿Sirve esta heurística para cualquier caso? ¿Cuál pudiera ser una razón?

Esta heurística no necesariamente puede servir para todos los casos.

Esta heurística de vecino cercano es útil cuando las ciudades son uniformes pero puede fallar cuando las ciudades se encuentren más alejadas entre sí y puede quedarse atrapada en mínimos locales

E. Escribe tus conclusiones

Si se usa una heurística se debe ajustar y probar con distintas cantidades de ciudades y distancias. Por lo tanto, se debería usar comúnmente combinada con otros mecanismos, como feromonas o búsqueda local, en ACO o algoritmos híbridos.