Algorítmica

Grado en Ingeniería Informática

Práctica 3

El viajante de comercio

Autores

María Jesús López Salmerón

Nazaret Román Guerrero

Laura Hernández Muñoz

José Baena Cobos

Carlos Sánchez Páez

Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación

Curso 2017-2018

Índice

Índice de figuras

1. Descripción de la práctica

El objetivo de esta práctica es abarcar el problema del viajante de comercio (TSP, *Travel Salesman Problem*) mediante estrategias voraces. En concreto, seguiremos tres heurísticas diferentes:

1. **Vecino más cercano**.
2. **Inserción más económica**.
3. **Derivado de Kruskal**.

Todas las heurísticas desarrolladas tienen varias características en común:

- **Conjunto de candidatos**. Ciudades a visitar.
- **Conjunto de seleccionados**. Aquellas ciudades que vayamos incorporando al circuito.
- **Función solución**. Todas las ciudades han sido visitadas y hemos vuelto a la primera.
- **Función de factibilidad**. La ciudad no ha sido visitada aún.

Por tanto, será la función de selección la que diferencie una de otra.

2. Vecino más cercano

- **Función de selección**. Seleccionaremos aquella ciudad cuya distancia euclídea sea menor con respecto a la última ciudad añadida al conjunto de seleccionados.

Para abarcar más posibilidades, ejecutaremos el algoritmo voraz teniendo en cuenta todas las posibles ciudades de inicio, quedándonos con la distancia total más pequeña.

3. Inserción más económica

- **Función de selección**. Seleccionamos la ciudad que incremente mínimamente la distancia total del circuito.

4. Derivado de Kruskal

- **Función de selección**. Elegiremos aquella arista cuyo coste sea menor y cuyas ciudades no hayan sido visitadas aún.

5. Comparación de estrategias

ulysses16.tsp	
Vecino más cercano	77.1269
Inserción más económica	51.9733
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	74.1087

gr96.tsp	
Vecino más cercano	603.302
Inserción más económica	620.367
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	512.309

a280.tsp	
Vecino más cercano	3094.28
Inserción más económica	3192.42
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	2586.77

att48.tsp	
Vecino más cercano	39236.9
Inserción más económica	40341.7
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	33523.7

pa561.tsp	
Vecino más cercano	18347
Inserción más económica	17688.4
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	19330.8

lin105.tsp	
Vecino más cercano	16939.4
Inserción más económica	19063.7
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	14383

pr76.tsp	
Vecino más cercano	130921
Inserción más económica	136636
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	108159

tsp225.tsp	
Vecino más cercano	4633.2
Inserción más económica	4734.51
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	3859

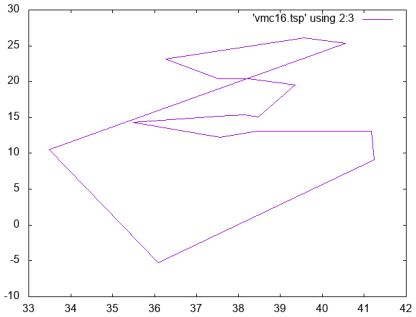
ch130.tsp	
Vecino más cercano	7198.74
Inserción más económica	7455.72
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	6110.86

berlin52.tsp	
Vecino más cercano	8182.19
Inserción más económica	9064.04
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	7544.37

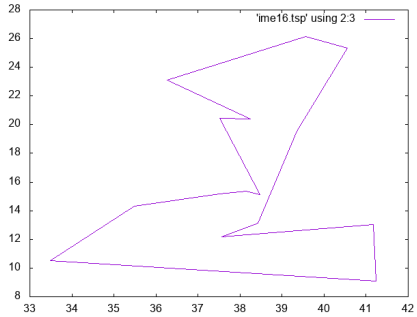
rd100.tsp	
Vecino más cercano	9427.33
Inserción más económica	9655.6
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	9724.75

st70.tsp	
Vecino más cercano	761.689
Inserción más económica	824.228
Derivado de Kruskal	
Solución más óptima	678.597

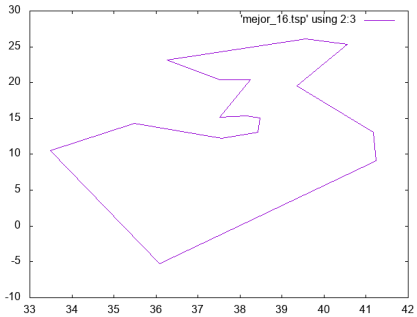
Figura 1: Comparación de resultados.



(a) Vecino más cercano



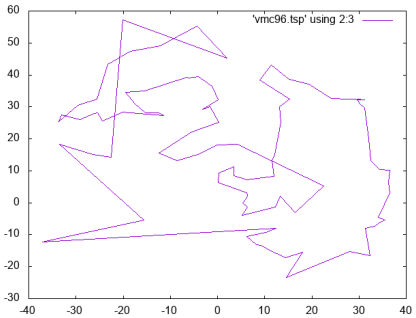
(b) Inserción más económica



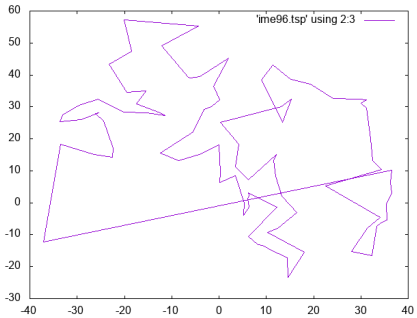
(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

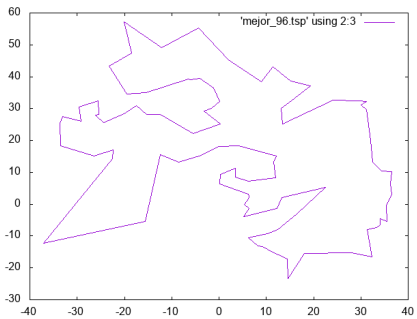
Figura 2: *ulysses16.tsp*



(a) Vecino más cercano



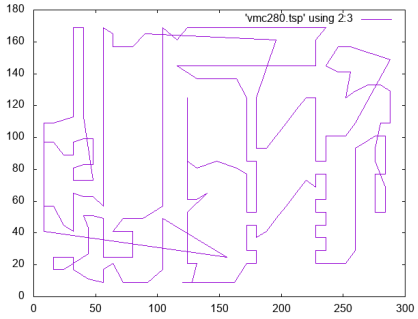
(b) Inserción más económica



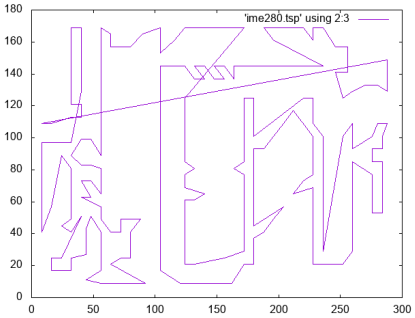
(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

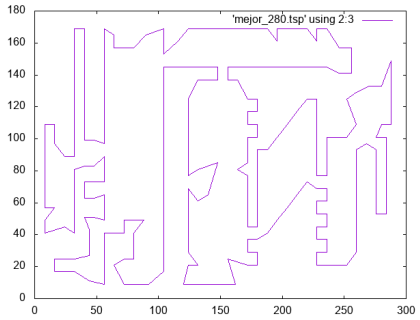
Figura 3: *gr96.tsp*



(a) Vecino más cercano



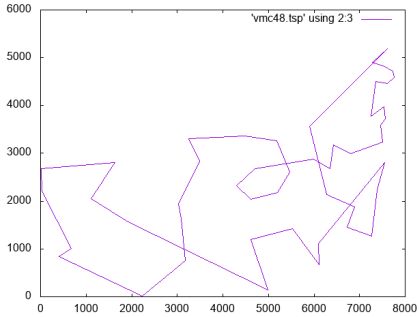
(b) Inserción más económica



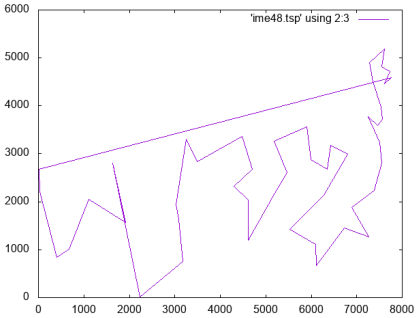
(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

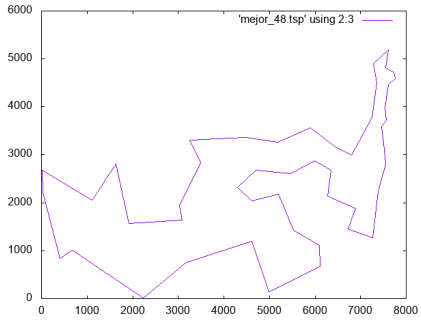
Figura 4: *a280.tsp*



(a) Vecino más cercano



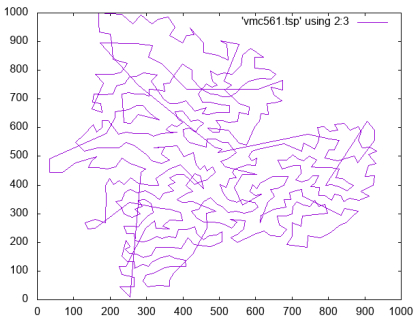
(b) Inserción más económica



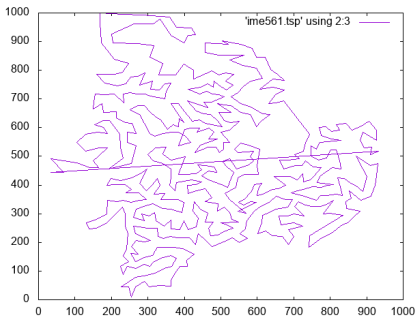
(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

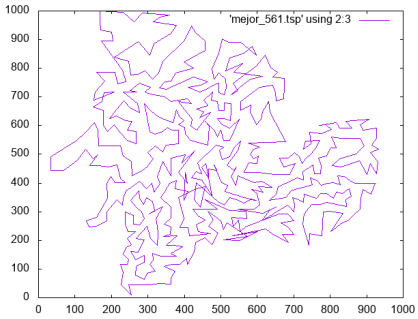
Figura 5: *att48.tsp*



(a) Vecino más cercano



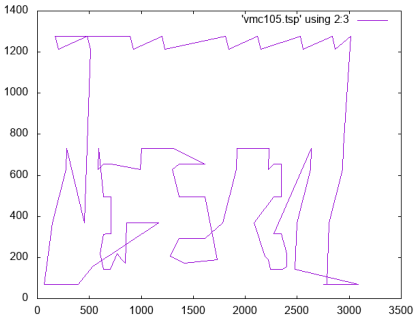
(b) Inserción más económica



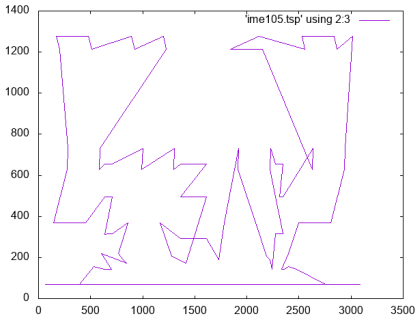
(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

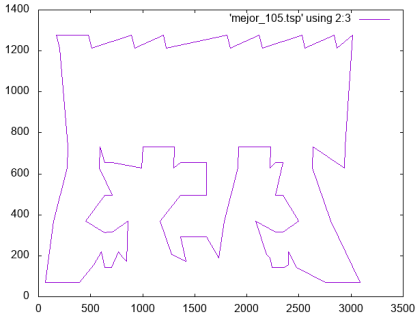
Figura 6: *pa561.tsp*



(a) Vecino más cercano



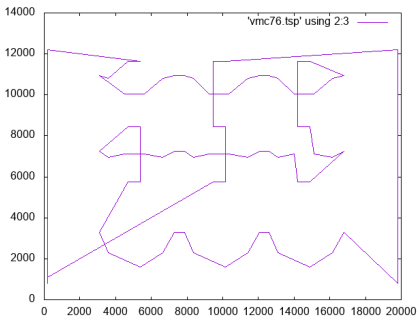
(b) Inserción más económica



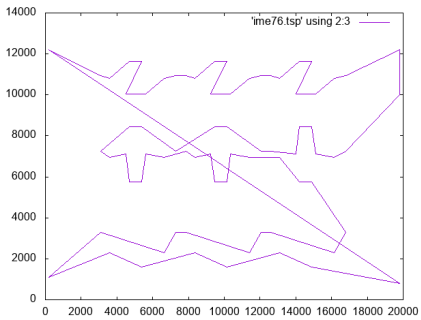
(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

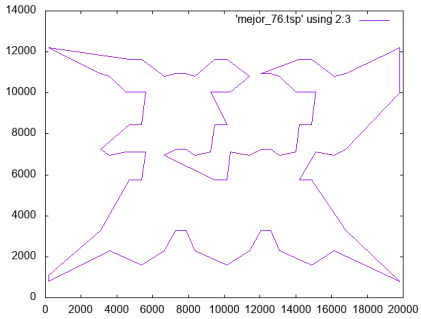
Figura 7: *lin105.tsp*



(a) Vecino más cercano



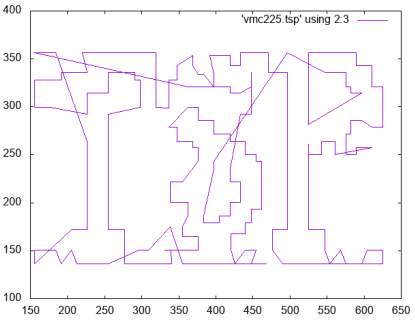
(b) Inserción más económica



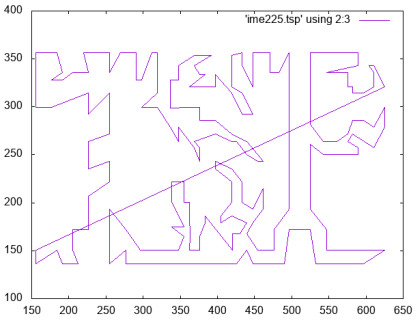
(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

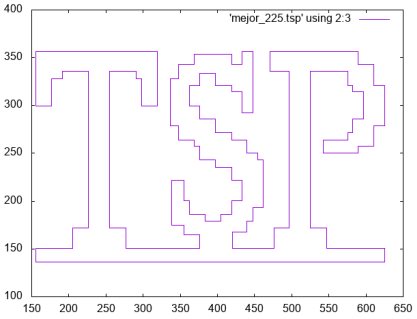
Figura 8: *pr76.tsp*



(a) Vecino más cercano



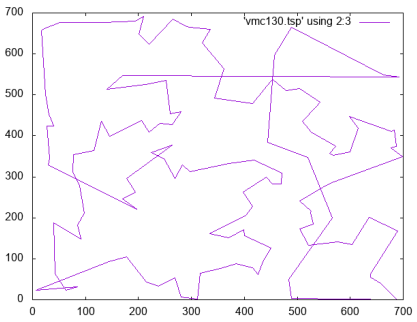
(b) Inserción más económica



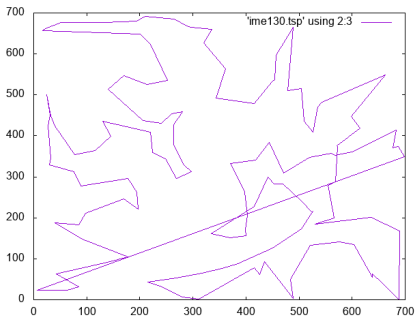
(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

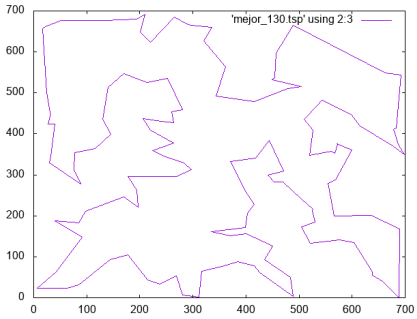
Figura 9: *tsp225.tsp*



(a) Vecino más cercano



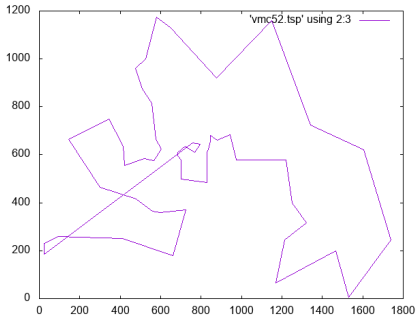
(b) Inserción más económica



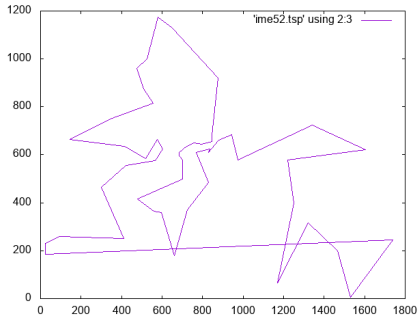
(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

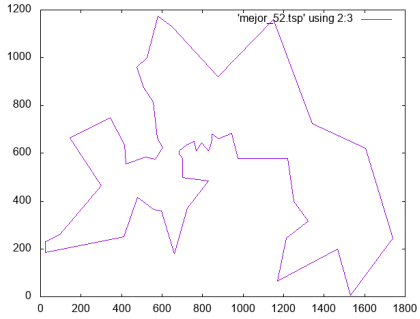
Figura 10: *ch130.tsp*



(a) Vecino más cercano



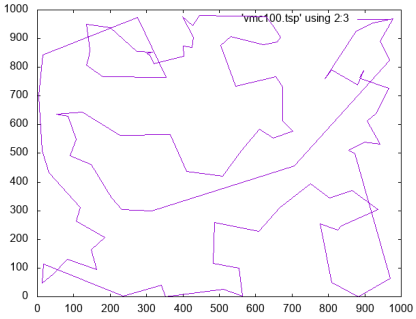
(b) Inserción más económica



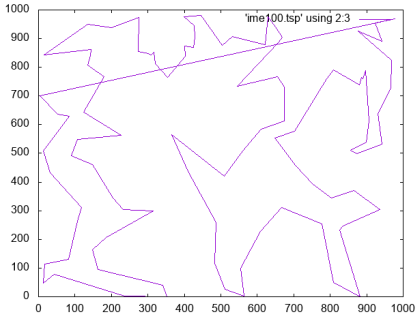
(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

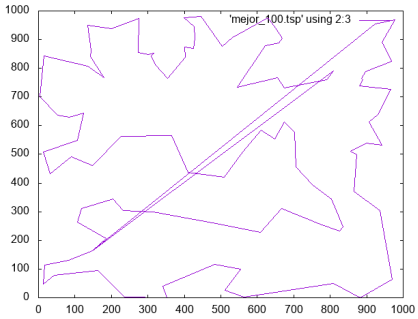
Figura 11: *berlin52.tsp*



(a) Vecino más cercano



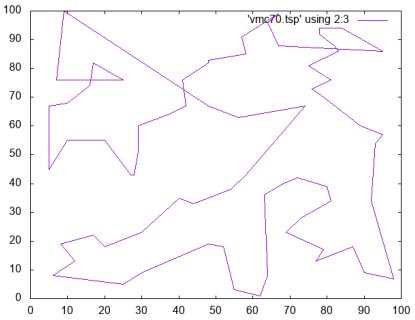
(b) Inserción más económica



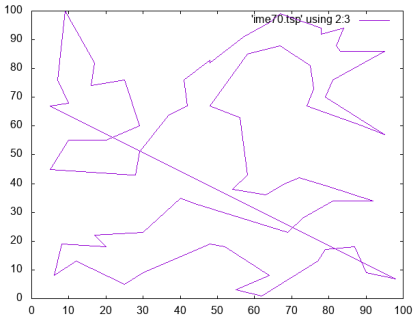
(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

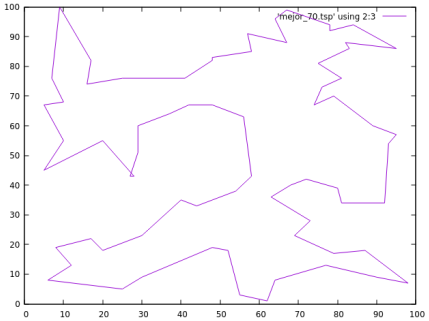
Figura 12: *rd100.tsp*



(a) Vecino más cercano



(b) Inserción más económica



(c) Derivado de Kruskal

(d) Versión óptima

Figura 13: *st70.tsp*

6. Anexo: código fuente

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <vector>
#include <climits>
#include <cmath>
#include <string>
#include <limits>
using namespace std;

#define TEST 0

struct ciudad {
  int n;
  double x;
  double y;
};

bool operator==(const ciudad &una, const ciudad &otra) {
  return una.x == otra.x && una.y == otra.y;
}
bool operator!=(const ciudad &una, const ciudad &otra) {
  return !(una == otra);
}

ostream& operator<<(ostream &flujo, const vector<ciudad> &v) {
  for (auto it = v.begin(); it != v.end(); ++it) {
    if (it != v.begin())
      flujo << "->";
    flujo << it->n ;
  }
  return flujo;
}

class TSP {

private:
  vector<ciudad> ciudades;
  double distancia_total;
  vector<ciudad> camino;
  vector<vector<double>> matriz_distancias;
  vector<bool> visitados;

  double calcularDistanciaCamino(const vector<ciudad> &path) {
    double distancia = 0;
    for (int i = 0, j = 1; j < path.size(); i++ , j++)
      distancia += distanciaEuclidea(path[i], path[j]);
```

```
47      return distancia;
48    }
49
50    double distanciaEuclidea(const ciudad &una, const ciudad &otra) {
51      double resultado;
52      if (una == otra)
53        resultado = 0;
54      else
55        resultado = sqrt(pow(una.x - otra.x, 2) + pow(una.y - otra.y, 2));
56      return resultado;
57    }
58
59    int CiudadMasCercana(ciudad actual) {
60      double distancia_minima = INFINITY;
61      int ciudad = -1;
62      for (int i = 0; i < ciudades.size(); i++) {
63        if (matriz_distancias[actual.n][i] < distancia_minima &&
          ↪  !visitados[i]) {
64          distancia_minima = matriz_distancias[actual.n][i];
65          ciudad = i;
66        }
67      }
68      return ciudad;
69    }
70
71    pair<vector<ciudad>, double> VecinoMasCercanoParcial(int inicial) {
72      vector<ciudad> resultado;
73      ciudad actual = ciudades[inicial];
74      ciudad siguiente;
75      bool fin = false;
76      resultado.push_back(actual);
77      while (!fin) {
78        visitados[actual.n] = true;            //Pongo como visitados
79        int indice_siguiente = CiudadMasCercana(actual);  //Busco el indice
          ↪  de la siguiente ciudad
80        if (indice_siguiente != -1)             // Si he recorrido todas
          ↪  las ciudades, añado la primera.
81          siguiente = ciudades[indice_siguiente];
82        else {
83          fin = true;
84          siguiente = resultado[0];  //Volvemos al inicio
85        }
86        resultado.push_back(siguiente);
87        actual = siguiente;
88      }
89      double distancia = calcularDistanciaCamino(resultado);
90      pair<vector<ciudad>, double> par;
91      par.first = resultado;
```

```
92      par.second = distancia;
93      return par;
94    }
95
96    void InicializarMatrizDistancias() {
97      for (int i = 0; i < ciudades.size(); i++)
98        for (int j = 0; j < ciudades.size(); j++)
99          matriz_distancias[i][j] = distanciaEuclidea(ciudades[i],
            ↪  ciudades[j]);
100   }
101
102   void Reservar(int n) {
103     visitados.resize(n);
104     matriz_distancias.resize(n);
105     for (int i = 0; i < n; i++)
106       matriz_distancias[i].resize(n);
107   }
108
109   void ResetVisitados() {
110     for (auto it = visitados.begin(); it != visitados.end(); ++it)
111       *it = false;
112   }
113
114   void Triangularizar(ciudad & norte, ciudad & este,
115                       ciudad & oeste) {
116
117     double x_max, x_min, y_max;
118     x_max = numeric_limits<double>::min();
119     y_max = numeric_limits<double>::min();
120     x_min = numeric_limits<double>::max();
121
122     for (int i = 0; i < ciudades.size(); i++) {
123       if (ciudades[i].x > x_max) {  //Más al este
124         x_max = ciudades[i].x;
125         este = ciudades[i];
126       }
127       if (ciudades[i].x < x_min) {  //Más al oeste
128         x_min = ciudades[i].x;
129         oeste = ciudades[i];
130       }
131       if (ciudades[i].y > y_max) {  //Más al norte
132         y_max = ciudades[i].y;
133         norte = ciudades[i];
134       }
135     }
136   }
137
138   void seleccionarNuevaCiudad() {
```

```
139       ciudad actual;
140       ciudad a_insertar;
141       int indice;
142       double dist_minima = numeric_limits<double>::max();
143       double d_aux;
144       for (int i = 0; i < ciudades.size(); i++) {    //Itero por todas las
          ↪  posibles ciudades
145         actual = ciudades[i];
146         if (!visitados[actual.n]) {        //Si no la he visitado
147           for (int j = 1; j < camino.size() - 1; j++) {    //Veo en que
              ↪  posición podría insertarla
148             vector<ciudad> aux = camino;
149             aux.insert(aux.begin() + j, actual);
150             d_aux = calcularDistanciaCamino(aux);
151             if (d_aux < dist_minima) {    //Me quedo con la que menos
                ↪  incrementa la distancia
152               dist_minima = d_aux;
153               a_insertar = actual;
154               indice = j;
155             }
156           }
157         }
158       }
159       camino.insert(camino.begin() + indice, a_insertar);
160       visitados[a_insertar.n] = true;
161     }
162
163   public:
164     TSP() {
165       distancia_total = 0;
166       ResetVisitados();
167     }
168     TSP(char *archivo) {
169       CargarDatos(archivo);
170       distancia_total = 0;
171       ResetVisitados();
172     }
173     ~TSP() {
174
175     }
176
177     void VecinoMasCercano() {
178       pair<vector<ciudad>, double> minimo, temp;
179       minimo = VecinoMasCercanoParcial(0);    //Calculo el vecino más
          ↪  cercano comenzando por el primero
180       for (int i = 0; i < ciudades.size(); i++) {
181         ResetVisitados();
182         temp = VecinoMasCercanoParcial(i);
```

```
183 #if TEST
184       cout << temp.first << endl;
185       cout << "Distancia " << temp.second << endl;
186 #endif
187       if (temp.second < minimo.second)
188         minimo = temp;
189     }
190     camino = minimo.first;
191     distancia_total = minimo.second;
192   }
193
194
195   int GetTamanio() {
196     return ciudades.size();
197   }
198
199   void DerivadoKruskal() {
200
201   }
202
203   void CargarDatos(char *archivo) {
204     ifstream datos;
205     string s;
206     int n;
207     ciudad aux;
208     datos.open(archivo);
209     if (datos.is_open()) {
210       datos >> s;  //Leo DIMENSIÓN (cabecera)
211       datos >> n;  //Leo NÚMERO de ciudades y reservo espacio en
        ↪  matrices y vector.
212       Reservar(n);
213
214       for (int i = 0; i < n; i++) {
215         datos >> aux.n;  // Leo número de ciudad
216         aux.n--;      //Decremento el número: los índices del archivo
          ↪  comienzan en 1. Los del vector en 0.
217         datos >> aux.x >> aux.y; //Leo coordenadas
218         ciudades.push_back(aux);
219       }
220       datos.close();
221     }
222     else
223       cout << "Error al leer " << archivo << endl;
224
225     InicializarMatrizDistancias();
226   }
227
228   void imprimirResultado() {
```

```
229       cout << endl << "Mejor solución:" << endl;
230       cout << camino << endl;
231       cout << "Distancia: " << distancia_total << endl;
232     }
233
234     void Exportar(const char *name) {
235       ofstream salida;
236       salida.open(name);
237       if (salida.is_open()) {
238         salida << "DIMENSION: ";
239         salida << ciudades.size() << endl;
240         salida << "DISTANCIA: " << distancia_total << endl;
241         for (auto it = camino.begin(); it != camino.end(); ++it) {
242           salida << it->n + 1 << " " << it->x << " " << it->y << endl;
243         }
244         salida.close();
245       }
246       else
247         cout << "Error al exportar." << endl;
248     }
249
250     void InsercionMasEconomica() {
251       camino.clear();
252       ciudad norte, este, oeste;
253       //Hallo triángulo inicial
254       Triangularizar(norte, este, oeste);
255       //Añado al camino
256       camino.push_back(oeste);
257       camino.push_back(norte);
258       camino.push_back(este);
259       camino.push_back(oeste);
260
261       visitados[norte.n] = true;
262       visitados[este.n] = true;
263       visitados[oeste.n] = true;
264
265       cout << "Circuito Parcial:" << endl;
266       imprimirResultado();
267
268
269       //Voy eligiendo la siguiente
270       while (camino.size() != ciudades.size())    //Mientras no recorramos
          ↪  todas las ciudades
271         seleccionarNuevaCiudad();
272       //Añado el inicio
273       //camino.push_back(camino[0]);
274       distancia_total = calcularDistanciaCamino(camino);
275
```

```
276     }
277
278 };
279
280
281 int main(int argc, char **argv) {
282
283   if (argc != 2) {
284     cerr << "Error de formato: " << argv[0] << " <fichero>." << endl;
285     exit(-1);
286   }
287
288   string nombre = "";
289
290   /*********** Vecino más cercano*******************/
291   cout << "*********************************************" << endl;
292
293   TSP vecino_mas_cercano(argv[1]);
294   cout << "Heurística del Vecino más cercano." << endl;
295   vecino_mas_cercano.VecinoMasCercano();
296   vecino_mas_cercano.imprimirResultado();
297
298   nombre = "vmc";
299   nombre += to_string(vecino_mas_cercano.GetTamanio());
300   nombre += ".tsp";
301   vecino_mas_cercano.Exportar(nombre.c_str());
302   cout << "Exportado archivo " << nombre << endl;
303
304   cout << "*********************************************" << endl;
305
306
307   /*********** Inserción más económica*******************/
308
309   cout << "*********************************************" << endl;
310
311
312   TSP insercion_mas_economica(argv[1]);
313
314   cout << "Heurística de la inserción más económica." << endl;
315   insercion_mas_economica.InsercionMasEconomica();
316   insercion_mas_economica.imprimirResultado();
317
318   nombre = "ime";
319   nombre += to_string(insercion_mas_economica.GetTamanio());
320   nombre += ".tsp";
321   insercion_mas_economica.Exportar(nombre.c_str());
322   cout << "Exportado archivo " << nombre << endl;
323
```

```
324     cout << "*********************************************" << endl;
325
326
327
328     /*********** Derivado de Kruskal******************/
329
330     cout << "*********************************************" << endl;
331
332
333     TSP derivado_kruskal(argv[1]);
334
335     cout << "Heurística derivada de Kruskal." << endl;
336     derivado_kruskal.DerivadoKruskal();
337     derivado_kruskal.imprimirResultado();
338
339     nombre = "kruskal";
340     nombre += to_string(derivado_kruskal.GetTamanio());
341     nombre += ".tsp";
342     derivado_kruskal.Exportar(nombre.c_str());
343     cout << "Exportado archivo " << nombre << endl;
344
345     cout << "*********************************************" << endl;
346
347
348 }
```

Figura 14: Programa que calcula el orden según las distintas heurísticas

```
1  #include <iostream>
2  #include <fstream>
3  #include <vector>
4  #include <climits>
5  #include <cmath>
6  #include <string>
7
8  using namespace std;
9
10
11 struct ciudad {
12   int n;
13   double x;
14   double y;
15 };
16
17 bool operator==(const ciudad &una, const ciudad &otra) {
18   return una.x == otra.x && una.y == otra.y;
19 }
20 bool operator!=(const ciudad &una, const ciudad &otra) {
```

```
21    return !(una == otra);
22  }
23
24  ostream& operator<<(ostream &flujo, const vector<ciudad> &v) {
25    for (auto it = v.begin(); it != v.end(); ++it) {
26      if (it != v.begin())
27        flujo << "->";
28      flujo << it->n ;
29    }
30    return flujo;
31  }
32
33
34  class TSP {
35
36  private:
37    vector<ciudad> ciudades;
38    double distancia_total;
39    vector<ciudad> camino;
40
41    double calcularDistanciaCamino(const vector<ciudad> &path) {
42      double distancia = 0;
43      for (int i = 0, j = 1; j < path.size(); i++ , j++)
44        distancia += distanciaEuclidea(path[i], path[j]);
45      return distancia;
46    }
47
48    double distanciaEuclidea(const ciudad &una, const ciudad &otra) {
49      double resultado;
50      if (una == otra)
51        resultado = 0;
52      else
53        resultado = sqrt(pow(una.x - otra.x, 2) + pow(una.y - otra.y, 2));
54      return resultado;
55    }
56
57
58  public:
59    TSP() {
60      distancia_total = 0;
61    }
62    TSP(char *archivo) {
63      CargarDatos(archivo);
64      distancia_total = 0;
65    }
66    ~TSP() {
67
68    }
```

```
69
70  int GetTamanio() {
71    return ciudades.size();
72  }
73
74
75  void SegunOrden(char *archivo) {
76    camino.clear();
77    ifstream datos;
78    string s;
79    int n;
80    int auxiliar;
81    datos.open(archivo);
82    if (datos.is_open()) {
83      datos >> s;  //Leo cabecera
84      datos >> n;  //Leo número ciudades
85      for (int i = 0; i < ciudades.size(); i++) {
86        datos >> auxiliar;    //Leo número de ciudad
87        auxiliar--;
88        bool fin = false;
89        for (auto it = ciudades.begin(); it != ciudades.end() && !fin;
          ↪  ++it) {  //Busco la ciudad y la inserto en el camino
90          if (it->n == auxiliar) {
91            camino.push_back(*it);
92            fin = true;
93          }
94        }
95      }
96      camino.push_back(camino[0]);
97      distancia_total = calcularDistanciaCamino(camino);
98    }
99    else
100     cout << "Error al leer" << archivo << endl;
101 }
102
103 int getDistancia(){
104   return distancia_total;
105 }
106
107 void CargarDatos(char *archivo) {
108   ifstream datos;
109   string s;
110   int n;
111   ciudad aux;
112   datos.open(archivo);
113   if (datos.is_open()) {
114     datos >> s;  //Leo DIMENSIÓN (cabecera)
115     datos >> n;  //Leo NÚMERO de ciudades .
```

```
116
117         for (int i = 0; i < n; i++) {
118           datos >> aux.n;  // Leo número de ciudad
119           aux.n--;      //Decremento el número: los índices del archivo
              ↪  comienzan en 1. Los del vector en 0.
120           datos >> aux.x >> aux.y; //Leo coordenadas
121           ciudades.push_back(aux);
122         }
123         datos.close();
124       }
125       else
126         cout << "Error al leer " << archivo << endl;
127     }
128
129     void Exportar(const char *name) {
130       ofstream salida;
131       salida.open(name);
132       if (salida.is_open()) {
133         salida << "DIMENSION: ";
134         salida << ciudades.size() << endl;
135         salida << "DISTANCIA: " << distancia_total << endl;
136         for (auto it = camino.begin(); it != camino.end(); ++it) {
137           salida << it->n + 1 << " " << it->x << " " << it->y << endl;
138         }
139         salida.close();
140       }
141       else
142         cout << "Error al exportar." << endl;
143     }
144
145 };
146
147 // Modo de uso: ./programa coordenadas orden
148 int main(int argc, char **argv) {
149
150   if (argc != 3) {
151     cerr << "Error de formato: " << argv[0] << " <coordenadas> <orden>."
        ↪  << endl;
152     exit(-1);
153   }
154
155   string nombre = "";
156
157   /*********** Vecino más cercano*******************/
158   TSP instancia(argv[1]);
159
160
161
```

```
162
163   instancia.SegunOrden(argv[2]);
164
165   nombre = "mejor_";
166   nombre += to_string(instancia.GetTamanio());
167   nombre += ".tsp";
168   instancia.Exportar(nombre.c_str());
169   cout << "Exportado archivo " << nombre << endl;
170
171   cout<<"DISTANCIA "<<instancia.getDistancia()<<endl;
172
173
174 }
```

Figura 15: Programa que calcula la distancia del circuito a partir de un fichero con coordenadas y una lista ordenada de ciudades con sus respectivas coordenadas.

```
1  #!/bin/bash
2
3  ./calcular_distancia ../datosTSP/a280.tsp ../datosTSP/a280.opt.tour
4  ./calcular_distancia ../datosTSP/att48.tsp ../datosTSP/att48.opt.tour
5  ./calcular_distancia ../datosTSP/berlin52.tsp
   ↪  ../datosTSP/berlin52.opt.tour
6  ./calcular_distancia ../datosTSP/ch130.tsp ../datosTSP/ch130.opt.tour
7  ./calcular_distancia ../datosTSP/gr96.tsp ../datosTSP/gr96.opt.tour
8  ./calcular_distancia ../datosTSP/lin105.tsp ../datosTSP/lin105.opt.tour
9  ./calcular_distancia ../datosTSP/pa561.tsp ../datosTSP/pa561.opt.tour
10 ./calcular_distancia ../datosTSP/st70.tsp ../datosTSP/st70.opt.tour
11 ./calcular_distancia ../datosTSP/pr76.tsp ../datosTSP/pr76.opt.tour
12 ./calcular_distancia ../datosTSP/rd100.tsp ../datosTSP/rd100.opt.tour
13 ./calcular_distancia ../datosTSP/tsp225.tsp ../datosTSP/tsp225.opt.tour
14 ./calcular_distancia ../datosTSP/ulysses16.tsp
   ↪  ../datosTSP/ulysses16.opt.tour
```

Figura 16: Script que genera archivos de coordenadas a partir de la mejor opción dada como lista.

```
1  #!/bin/bash
2
3  ./tsp ../datosTSP/a280.tsp
4  ./tsp ../datosTSP/att48.tsp
5  ./tsp ../datosTSP/berlin52.tsp
6  ./tsp ../datosTSP/ch130.tsp
7  ./tsp ../datosTSP/gr96.tsp
8  ./tsp ../datosTSP/lin105.tsp
9  ./tsp ../datosTSP/pa561.tsp
10 ./tsp ../datosTSP/st70.tsp
11 ./tsp ../datosTSP/pr76.tsp
```

```
./tsp ../datosTSP/rd100.tsp
./tsp ../datosTSP/tsp225.tsp
./tsp ../datosTSP/ulysses16.tsp
```

Figura 17: Script que genera archivos de coordenadas a partir de las tres heurísticas desarrolladas.

```
#!/usr/bin/gnuplot


set terminal png size 640,480

set output 'a280_mejor.png'
plot 'mejor_280.tsp' using 2:3 with lines

set output 'a280_vmc.png'
plot 'vmc280.tsp' using 2:3 with lines

set output 'a280_ime.png'
plot 'ime280.tsp' using 2:3 with lines

#set output 'a280_kruskal.png'
#plot 'kruskal280.tsp' using 2:3 with lines



set output 'att48_mejor.png'
plot 'mejor_48.tsp' using 2:3 with lines

set output 'att48_vmc.png'
plot 'vmc48.tsp' using 2:3 with lines


set output 'att48_ime.png'
plot 'ime48.tsp' using 2:3 with lines

#set output 'att48_kruskal.png'
#plot 'kruskal48.tsp' using 2:3 with lines



set output 'berlin52_mejor.png'
plot 'mejor_52.tsp' using 2:3 with lines

set output 'berlin52_vmc.png'
plot 'vmc52.tsp' using 2:3 with lines

set output 'berlin52_ime.png'
```

```
42 plot 'ime52.tsp' using 2:3 with lines
43
44 #set output 'berlin52_kruskal.png'
45 #plot 'kruskal52.tsp' using 2:3 with lines
46
47
48
49 set output 'ch130_mejor.png'
50 plot 'mejor_130.tsp' using 2:3 with lines
51
52 set output 'ch130_vmc.png'
53 plot 'vmc130.tsp' using 2:3 with lines
54
55 set output 'ch130_ime.png'
56 plot 'ime130.tsp' using 2:3 with lines
57
58 #set output 'ch130_kruskal.png'
59 #plot 'kruskal130.tsp' using 2:3 with lines
60
61
62
63 set output 'gr96_mejor.png'
64 plot 'mejor_96.tsp' using 2:3 with lines
65
66 set output 'gr96_vmc.png'
67 plot 'vmc96.tsp' using 2:3 with lines
68
69 set output 'gr96_ime.png'
70 plot 'ime96.tsp' using 2:3 with lines
71
72 #set output 'gr96_kruskal.png'
73 #plot 'kruskal96.tsp' using 2:3 with lines
74
75
76
77
78 set output 'lin105_mejor.png'
79 plot 'mejor_105.tsp' using 2:3 with lines
80
81 set output 'lin105_vmc.png'
82 plot 'vmc105.tsp' using 2:3 with lines
83
84 set output 'lin105_ime.png'
85 plot 'ime105.tsp' using 2:3 with lines
86
87 #set output 'lin105_kruskal.png'
88 #plot 'kruskal105.tsp' using 2:3 with lines
89
```

```
90
91
92
93  set output 'pa561_mejor.png'
94  plot 'mejor_561.tsp' using 2:3 with lines
95
96  set output 'pa561_vmc.png'
97  plot 'vmc561.tsp' using 2:3 with lines
98
99
100 set output 'pa561_ime.png'
101 plot 'ime561.tsp' using 2:3 with lines
102
103 #set output 'pa561_kruskal.png'
104 #plot 'kruskal561.tsp' using 2:3 with lines
105
106
107
108
109 #set output 'st70_mejor.png'
110 #plot 'mejor_70.tsp' using 2:3 with lines
111
112 #set output 'st70_vmc.png'
113 #plot 'vmc70.tsp' using 2:3 with lines
114
115 #set output 'st70_ime.png'
116 #plot 'ime70.tsp' using 2:3 with lines
117
118 #set output 'st70_kruskal.png'
119 #plot 'kruskal70.tsp' using 2:3 with lines
120
121
122
123 set output 'pr76_mejor.png'
124 plot 'mejor_76.tsp' using 2:3 with lines
125
126 set output 'pr76_vmc.png'
127 plot 'vmc76.tsp' using 2:3 with lines
128
129 set output 'pr76_ime.png'
130 plot 'ime76.tsp' using 2:3 with lines
131
132 #set output 'pr76_kruskal.png'
133 #plot 'kruskal76.tsp' using 2:3 with lines
134
135
136
137 set output 'rd100_mejor.png'
```

```
plot 'mejor_100.tsp' using 2:3 with lines

set output 'rd100_vmc.png'
plot 'vmc100.tsp' using 2:3 with lines

set output 'rd100_ime.png'
plot 'ime100.tsp' using 2:3 with lines

#set output 'rd100_kruskal.png'
#plot 'kruskal100.tsp' using 2:3 with lines



set output 'tsp225_mejor.png'
plot 'mejor_225.tsp' using 2:3 with lines

set output 'tsp225_vmc.png'
plot 'vmc225.tsp' using 2:3 with lines

set output 'tsp225_ime.png'
plot 'ime225.tsp' using 2:3 with lines

#set output 'tsp225_kruskal.png'
#plot 'kruskal225.tsp' using 2:3 with lines




set output 'ulysses16_mejor.png'
plot 'mejor_16.tsp' using 2:3 with lines

set output 'ulysses16_vmc.png'
plot 'vmc16.tsp' using 2:3 with lines

set output 'ulysses16_ime.png'
plot 'ime16.tsp' using 2:3 with lines

#set output 'ulysses16_kruskal.png'
#plot 'kruskal16.tsp' using 2:3 with lines
```

Figura 18: Script que genera las gráficas de los problemas a partir de archivos de coordenadas.

```
#!/bin/bash

echo "Ejecutando tres heurísticas..."
./ejecucion_tres_heuristicas.sh

```

```
6  echo "Ejecutando mejor opción..."
7  ./ejecucion_mejor_opcion.sh
8
9  echo "Ejecutando gnuplot..."
10 ./gnuplot.sh
```

Figura 19: Script genera todo lo necesario para la práctica.