2022

Alejandro Arenas Vasco

Movilidad eficiente al alcance de todos.

UNIVERSIDAD EAFIT

Una breve presentación

Alejandro Arenas Vasco (aarenas2@eafit.edu.co)

Ingeniero de producción – Universidad EAFIT

Máster en estadística e investigación operativa – Universidad Politécnica de Catalunya

Estudiante de doctorado de ingeniería matemática – Universidad EAFIT

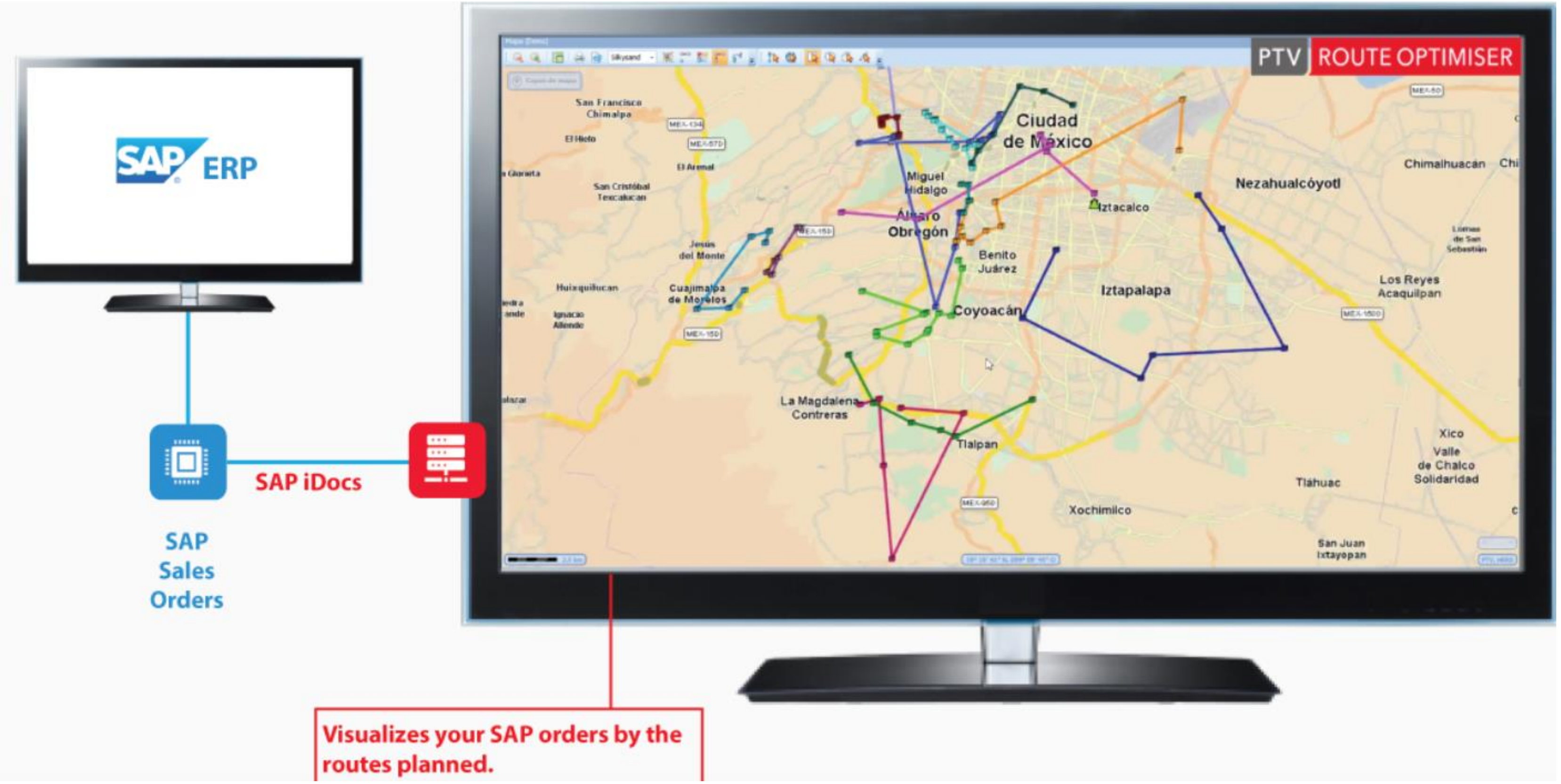
Motivación

Motivación

Respondamos la siguiente pregunta:

Si estuviesen manejando y quisieran ir a Sabaneta, ¿cómo buscarían la mejor ruta?

Motivación



Cambiemos la pregunta:

¿Cómo organiza una multinacional las rutas de sus vehículos?

Motivación

Lugar	Demanda (cajas)
UPB	0
Colegio San ignacio	5
Inem	3
Colegio Maria Montessori	2
Colegio la Inmaculada	4
Universidad de Medellín	5
Universidad Nacional	7
Politecnico Jaime Isaza Cadavid	5
Universidad de Antioquia	9
Universidad CES	1
EAFIT	3

Y… si la flota son dos motocargueros para entregar los siguientes paquetes en 10 clientes diferentes:

Motivación

Lugar	Demanda (cajas)
UPB	0
Colegio San ignacio	5
Inem	3
Colegio Maria Montessori	2
Colegio la Inmaculada	4
Universidad de Medellín	5
Universidad Nacional	7
Politecnico Jaime Isaza Cadavid	5
Universidad de Antioquia	9
Universidad CES	1
EAFIT	3

Tienen 15 minutos para organizar la ruta de menos kilómetros usando dos vehículos con capacidad máxima para 30 cajas.

Sólo pueden usar un mapa de la ciudad.

Una solución usando software de código abierto

Solución

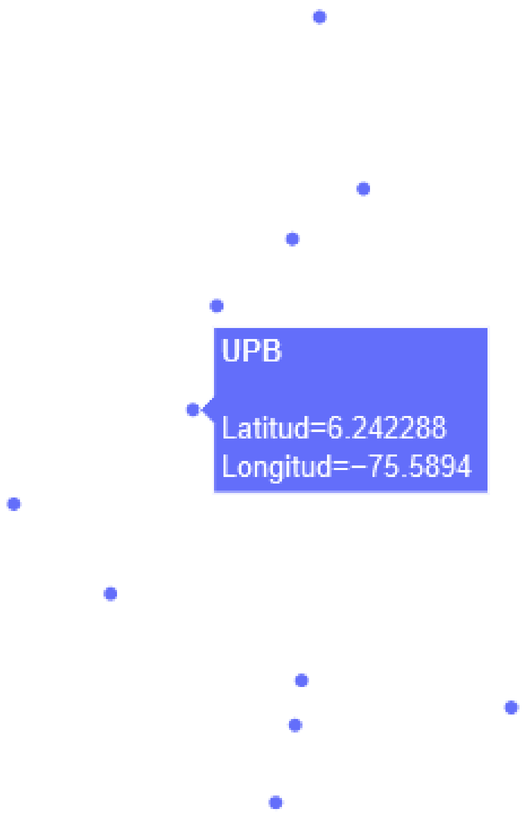
Para la solución es necesario:

Solución

Lugar	Latitud	Longitud
UPB	6.242288	-75.589395
Colegio San ignacio	6.254069	-75.586685
Inem	6.206538	-75.577755
Colegio Maria Montessori	6.286836	-75.57494
Colegio la Inmaculada	6.221419	-75.598803
Universidad de Medellín	6.231613	-75.609844
Universidad Nacional	6.261658	-75.578054
Politecnico Jaime Isaza Cadavid	6.21	
Universidad de Antioquia	6.26	
CES	6.20	
EAFIT	6.19	

Inicialmente se pueden obtener las geocordenadas de cada uno de los puntos requeridos. Este proceso es sencillo usando Google Maps.

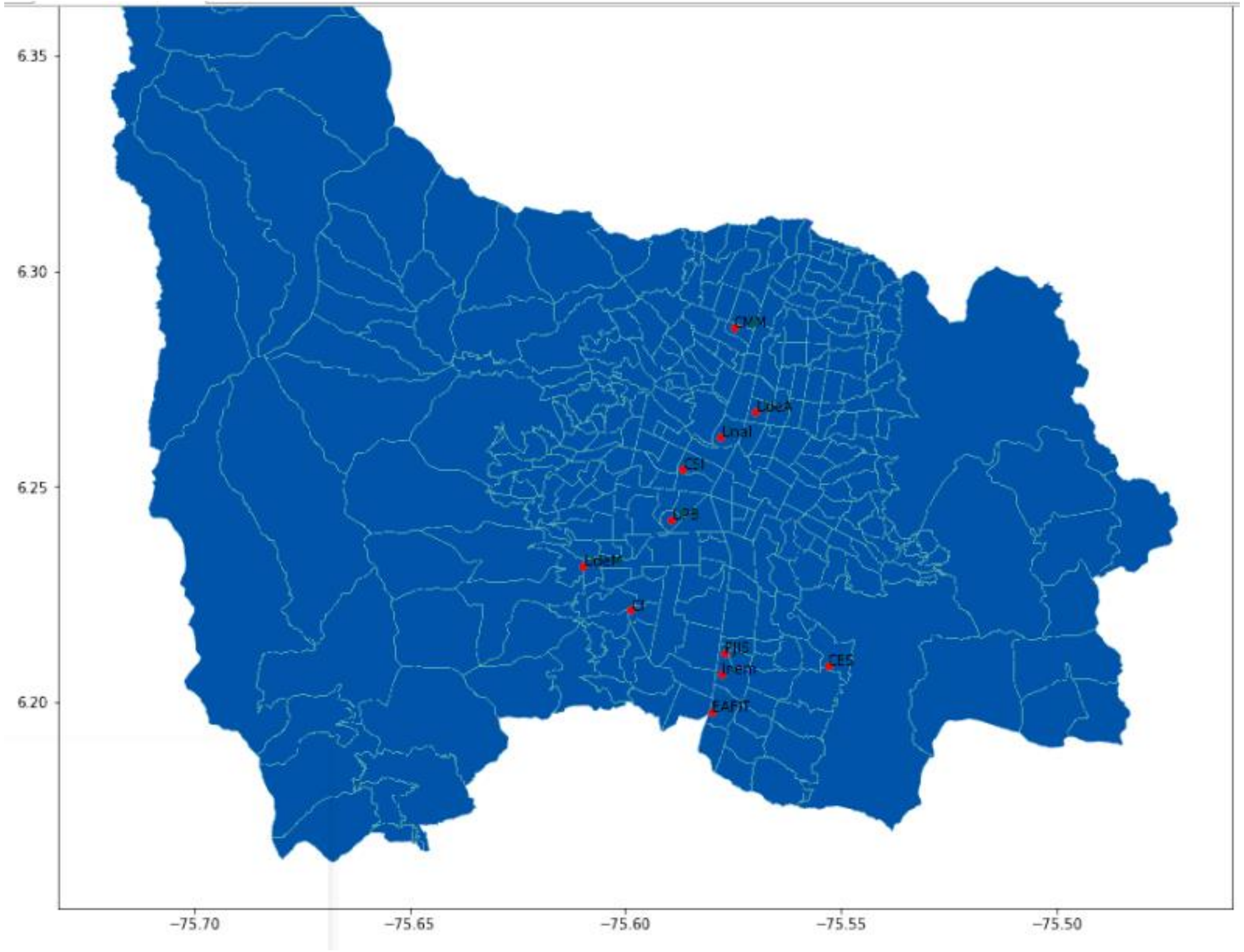
Solución



Se puede obtener una noción espacial de nuestros clientes usando un sencillo Script:

Solución

Si la idea es conocer la ubicación dentro de Medellín, se puede usar un Script diferente:



Solución

Ya tenemos mejores referencias, sin embargo algunas preguntas surgen:

¿Qué es ser más eficiente?

¿Qué información requiero?

¿Cómo lo soluciono?

Ruteo

Ruteo

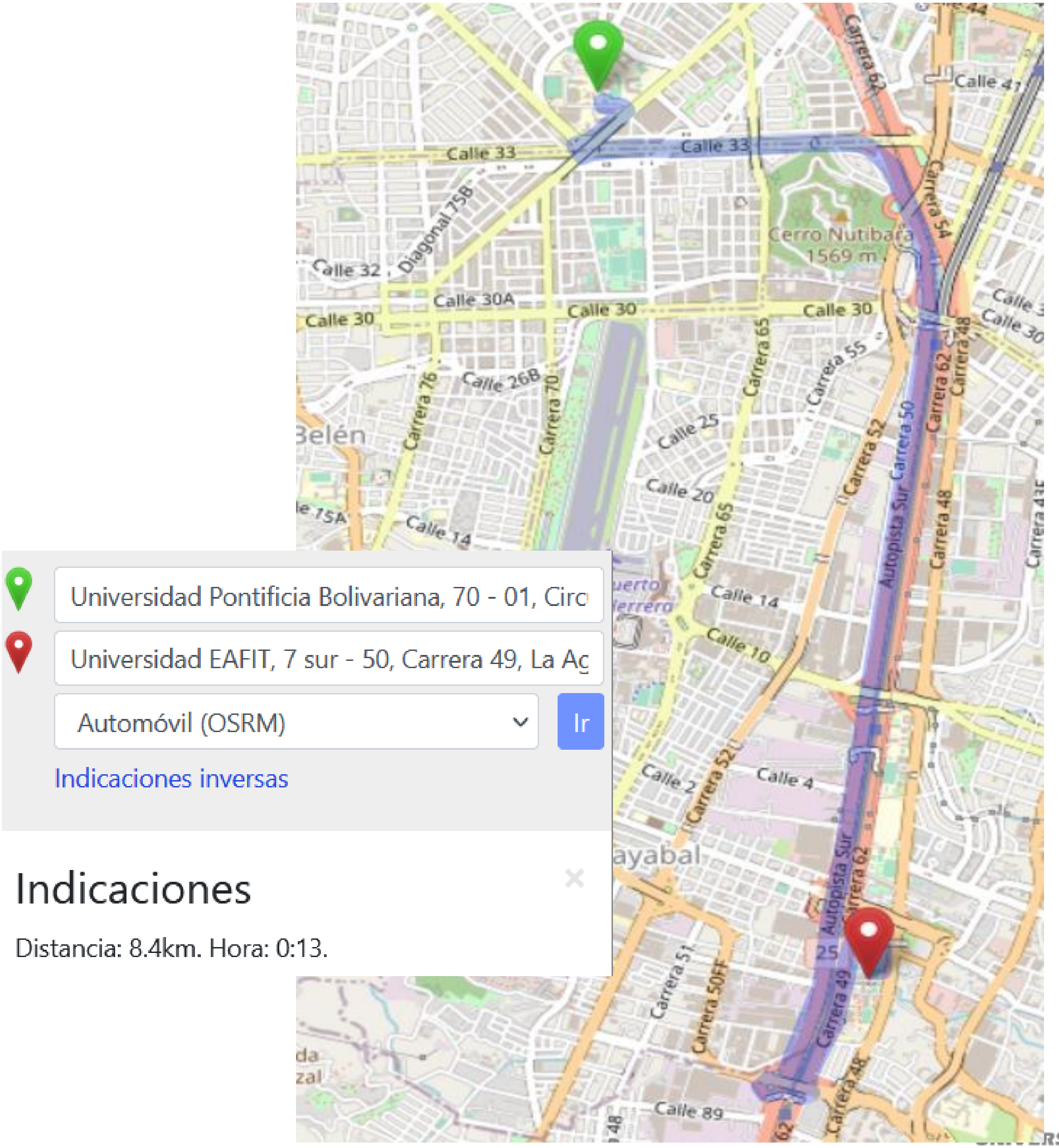
	UPB	CSI	INEM	CMM	CI	UdeM	Unal	PJIC	UdeA	CES	EAFIT	UPB
UPB	0	2.401	7.22	7.703	3.945	3.923	3.061	6.668	7.168	8.122	8.355	0
CSI	1.617	0	7.627	5.285	6.004	5.219	2.092	7.075	6.532	9.051	8.469	1.617
INEM	6.5	6.417	0	10.548	6.575	6.937	7.045	0.567	10.013	4.499	2.396	6.5
CMM	6.542	5.233	10.727	0	9.017	8.995	3.82	10.175	3.996	12.151	11.569	6.542
CI	3.887	6.257	4.573	10.339	0	2.688	5.822	5.141	9.929	7.758	4.685	3.887
UdeM	4.222	5.329	6.489	9.411	2.349	0	6.157	7.057	10.264	8.792	6.601	4.222
Unal	5.08	1.709	9.265	3.723	7.555	7.533	0	8.713	5.076	10.689	10.107	5.08
PJIC	7.137	7.054	1.822	11.185	6.908	7.574	7.682	0	10.65	3.207	2.729	7.137
UdeA	5.887	4.578	10.072	4.828	8.362	8.34	3.129	9.52	0	9.921	10.914	5.887
CES	8.338	8.483	5.265	12.638	7.498	8.783	9.135	4.034	12.103	0	5.312	8.338
EAFIT	9.568	9.485	3.075	13.612	6.26	8.132	10.109	3.642	13.077	6.753	0	9.568
UPB	0	2.401	7.22	7.703	3.945	3.923	3.061	6.668	7.168	8.122	8.037	0

Una buena forma de empezar es saber cuántos kilómetros hay entre cada uno de los puntos del problema.

¿Qué consideraciones debe tener esta distancia?

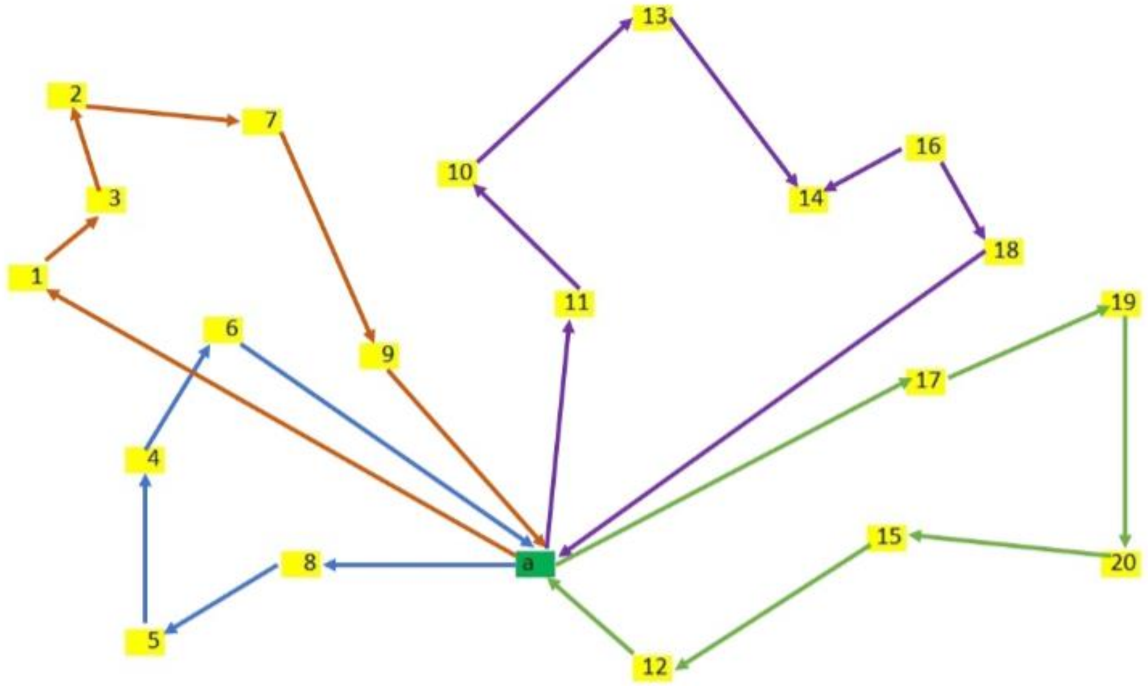
Ruteo

Obtener estas distancias no es difícil (ni costoso). Para ellos se pueden usar páginas de código libre como www.openstreetmap.org



Ruteo

Fue propuesto en 1959 por George Dantzig y J. H. Ramser. Consiste en atender todos los clientes en un grafo con una flota de vehículos y desde un depósito.



Ruteo

El VRP, visto desde la optimización, es un problema NP-hard (no se puede resolver en tiempo polinomial).

A continuación se presenta una de sus formulaciones.

The variables for the MDMVRP are exactly the same as in the MDVRP. Meanwhile, the formulation is:

$$\text{MDMVRP} := \min \sum_{k\in K}\sum_{i\in N}\sum_{j\in N} C_{ij}^{k} X_{ij}^{k}$$

$$\begin{aligned}
\textit{subject to} \sum_{k\in K}\sum_{j\in N} X_{ij}^{k} &= 1 \quad \forall i \in C\\
\sum_{i\in C} d_i \sum_{j\in N} X_{ij}^{k} &\le q_k \quad \forall k \in K\\
\sum_{j\in N} X_{hj}^{k} &= W_h^{k} \quad \forall h \in D, \forall k \in K\\
\sum_{i\in N} X_{ih}^{k} &= W_h^{k} \quad \forall h \in D, \forall k \in K\\
\sum_{i\in N} X_{ih}^{k} - \sum_{j\in N} X_{hj}^{k} &= 0 \quad \forall h \in C, \forall k \in K \qquad (26)\\
X_{ij}^{k} &\in \{0,1\} \quad \forall i,j \in N, \forall k \in K\\
\sum_{j\in N} W_i^{k} &\le maxdepo_i \quad \forall i \in D\\
U_i &= 1 \quad \forall i \in D\\
2 \le U_i &\le |N| \quad \forall i \in C\\
U_j &\ge (U_i + 1) - M\left(1 - \sum_{k\in V} X_{ij}^{k}\right) \quad \forall i \in N, \forall j \in C
\end{aligned}$$

Ruteo

Sin embargo, el ruteo ha encontrado su camino en los softwares de código abierto y sin necesidad de la formulación abstracta:

La solución final

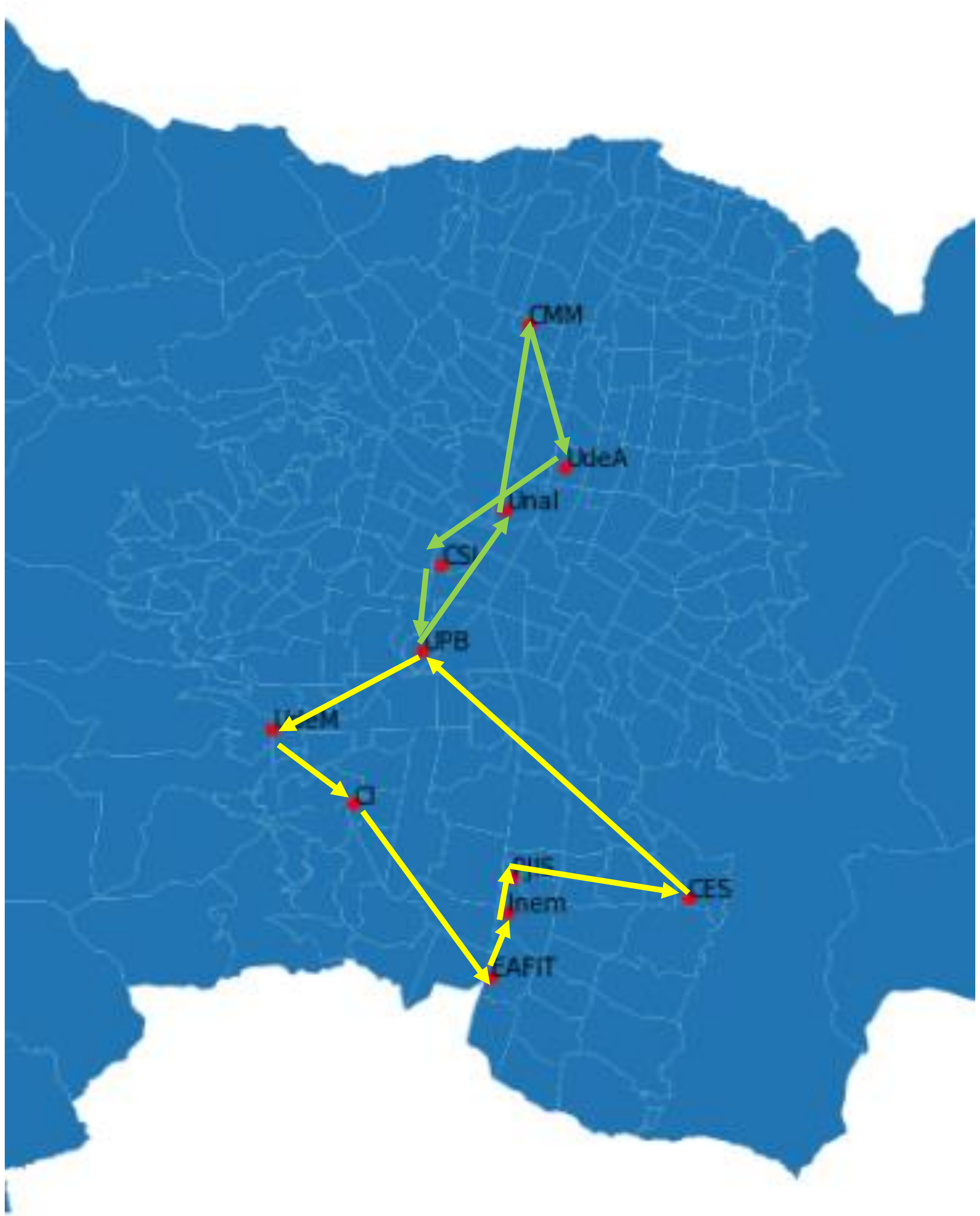
Solución

La solución con
menor kilometraje es:

```
INFO:vrpy.master_solve_pulp:total cost = 43.119
43.119
{1: ['Source', 5, 4, 10, 2, 7, 9, 'Sink'], 2: ['Source', 6, 3, 8, 1, 'Sink']}
```

R1	26.144	R2	16.975

```
In [11]: print(prob.best_routes_load)
{1: 21, 2: 23}
```



¿Alguna pregunta?

UNIVERSIDAD EAFIT

GRACIAS