



OPTIMIZACIÓN DE LAS RUTAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS CONGELADOS

Santiago Algorta, Tiago Garrel, Tomás Sanz

Tutores: Dr. Ing. Pedro Piñeyro, Dra. Ing. Libertad Tansini

26 DE ABRIL, 2024

Índice

1. Definición de VRP

2. Descripción y modelado del problema

3. Procedimiento heurístico

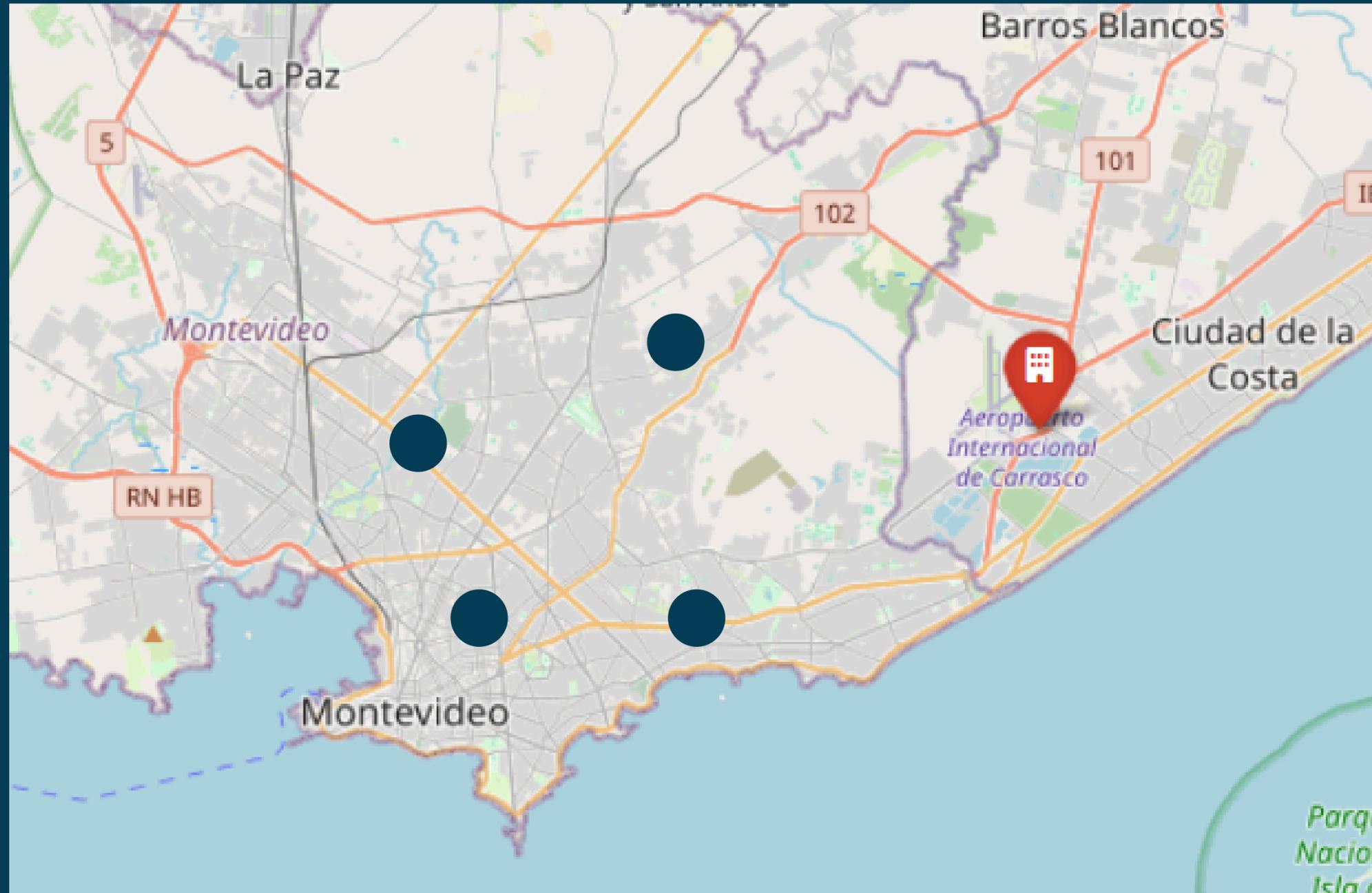
4. Resolución del problema

5. Comparación de modelo y realidad

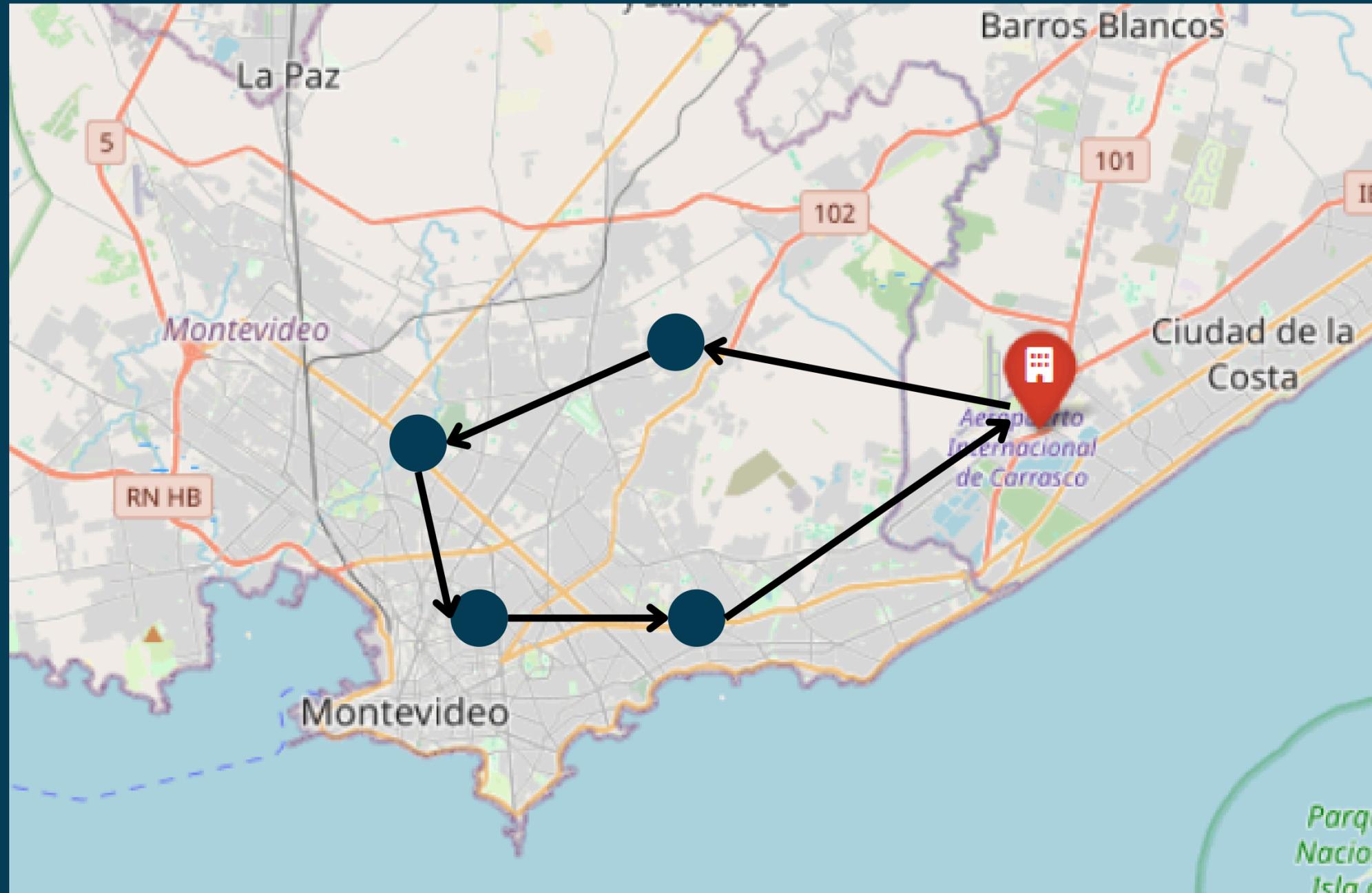
6. Comparación de modelo y TMS

7. Conclusión

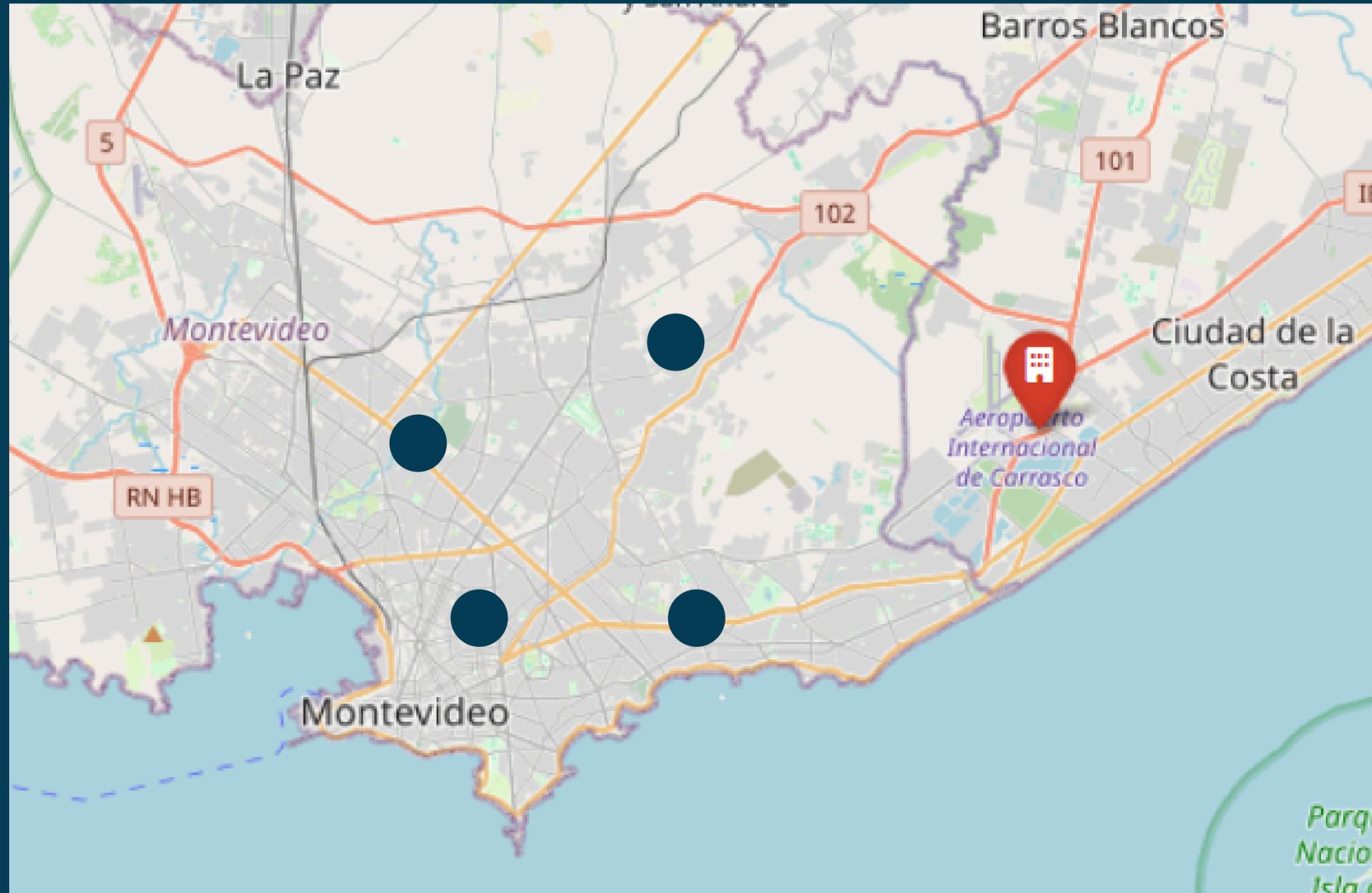
Problema del Viajante (TSP)



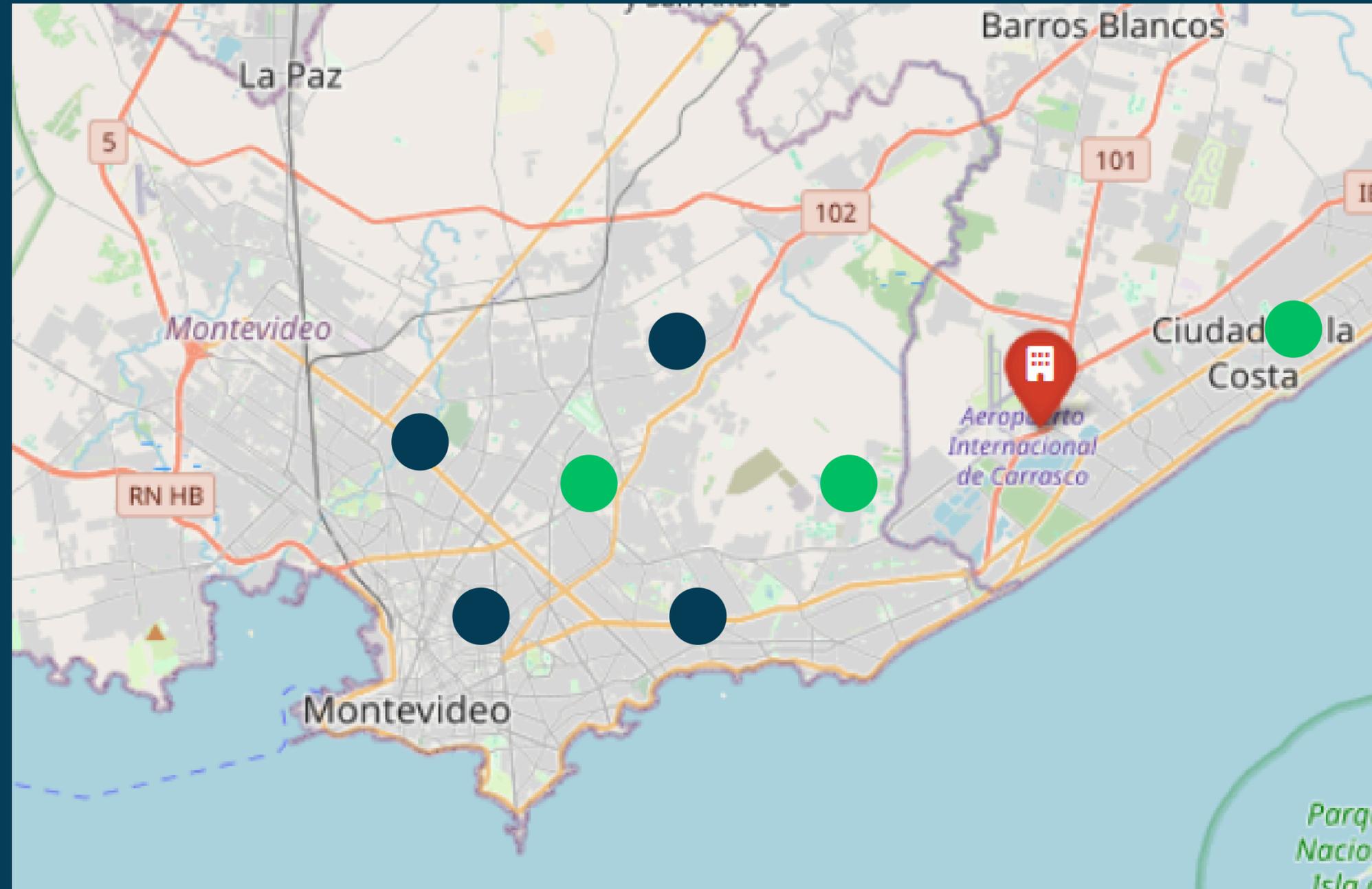
Problema del Viajante (TSP)



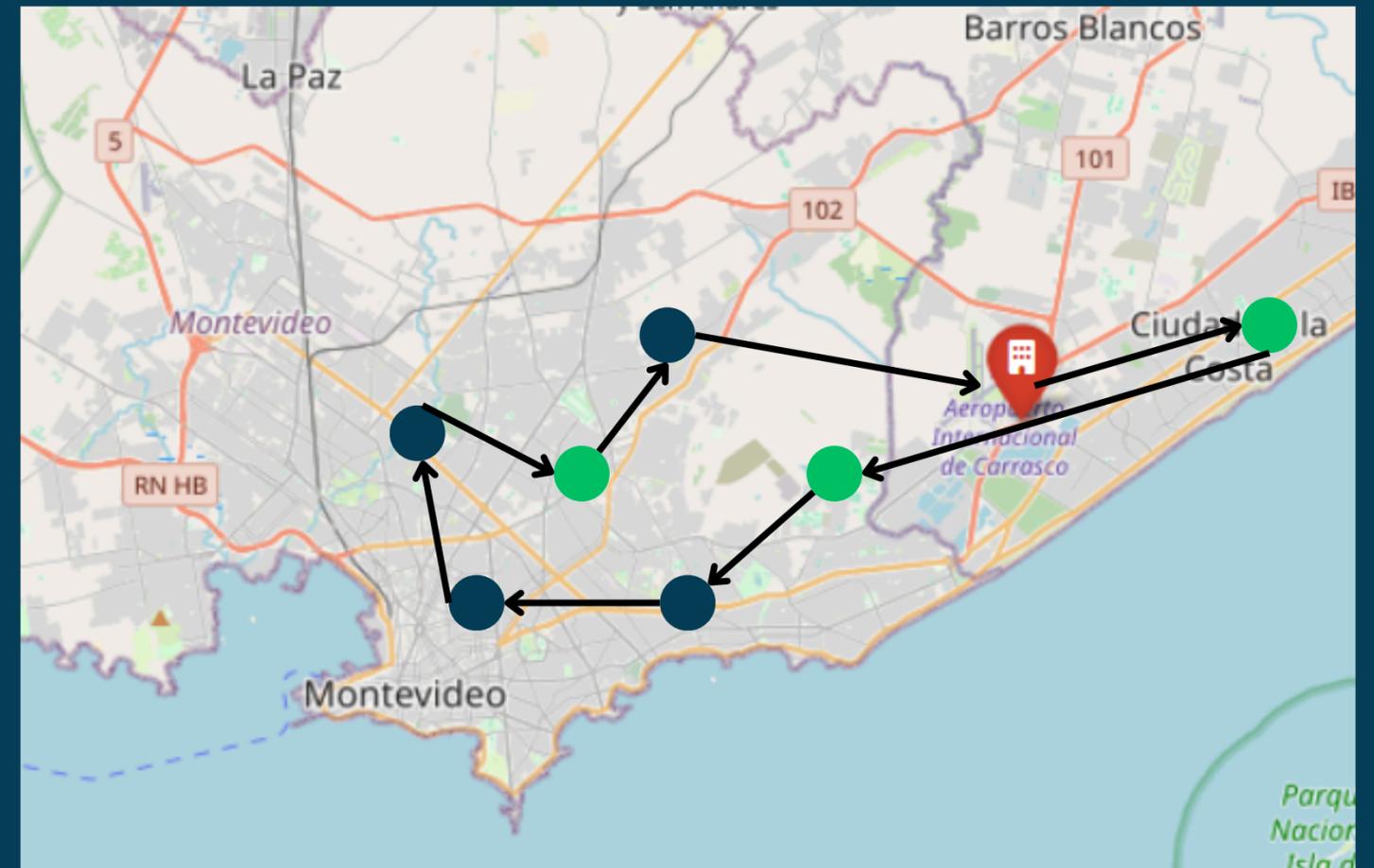
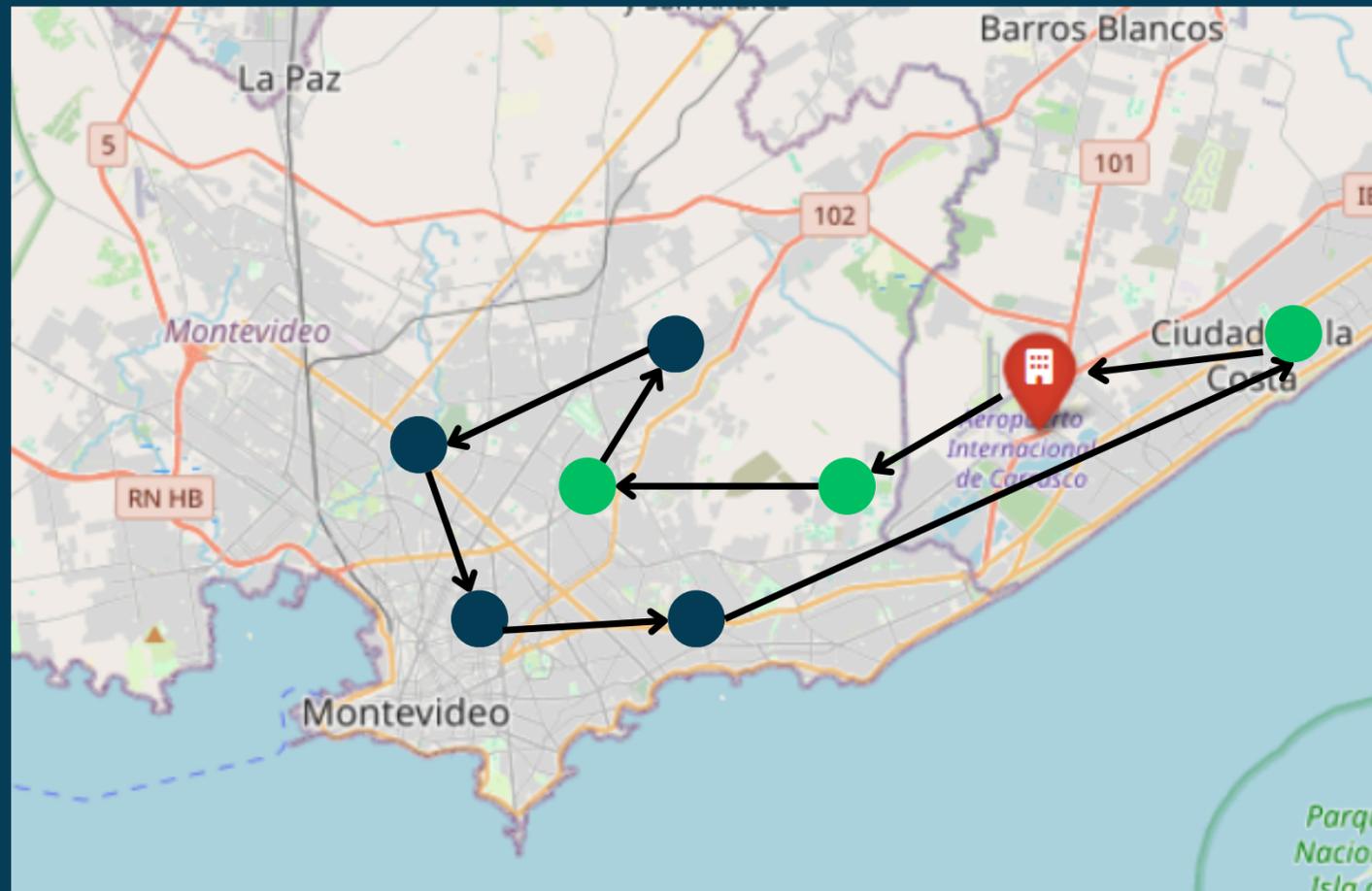
Problema del Viajante (TSP)



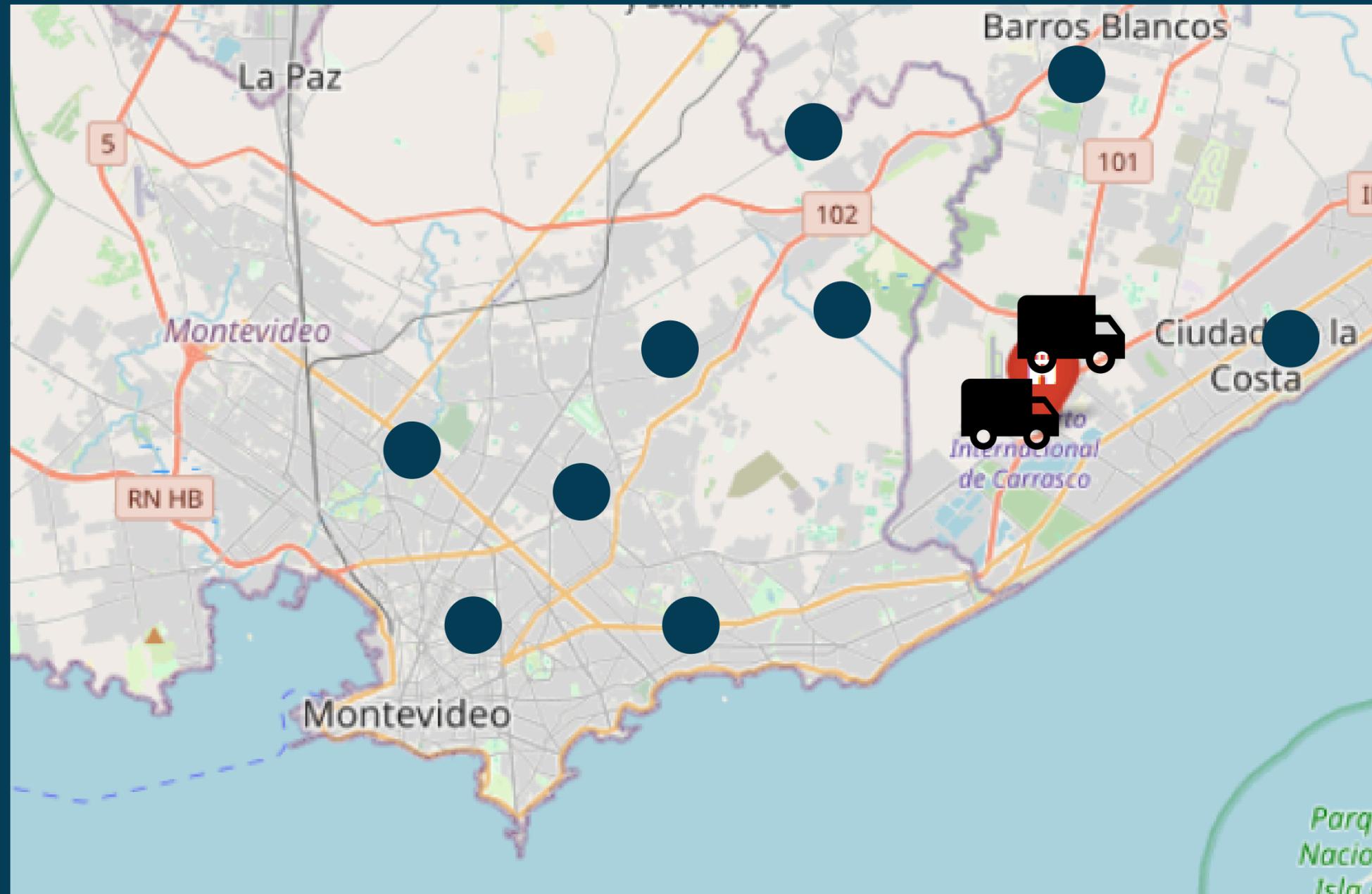
Problema del Viajante (TSP)



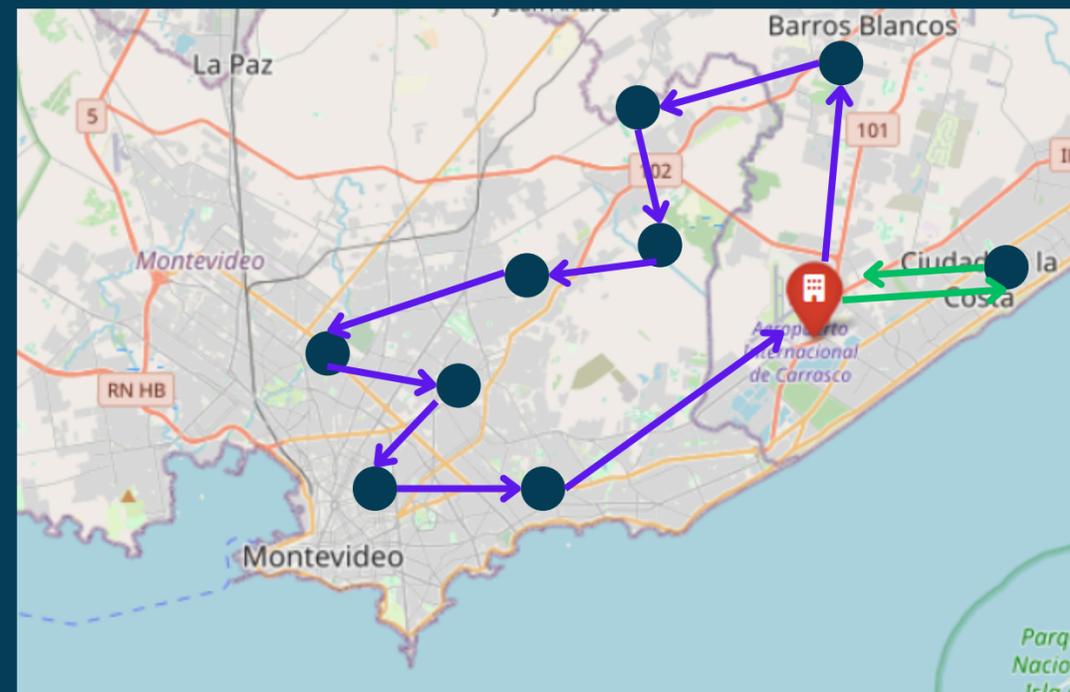
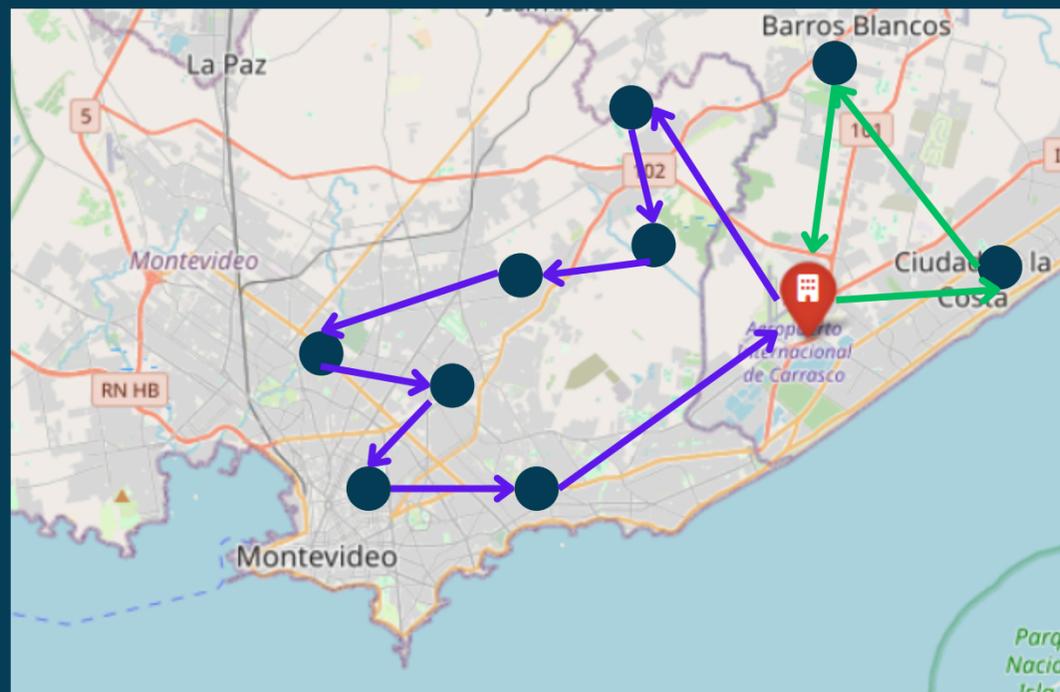
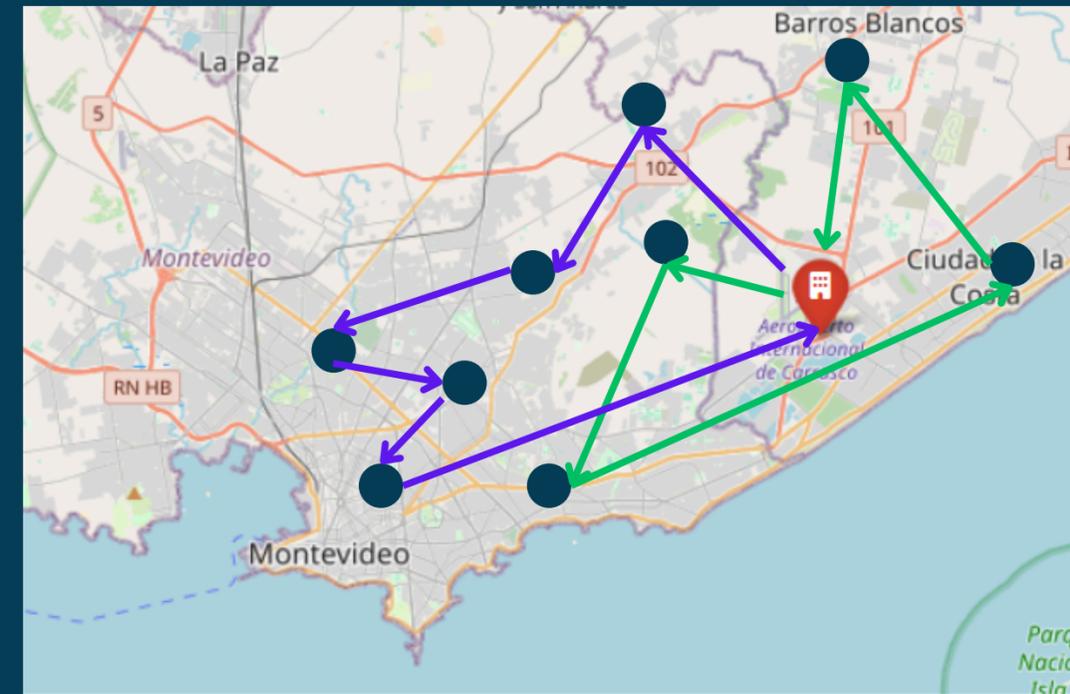
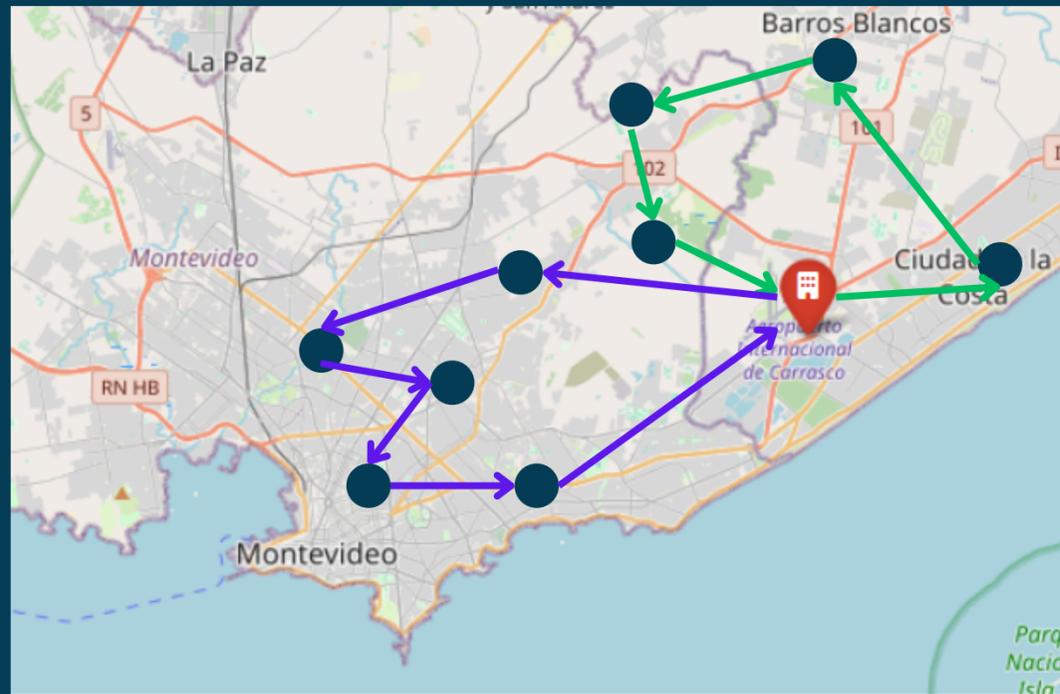
Problema del Viajante (TSP)



Problema de Ruteo de Vehículos (VRP)



Problema de Ruteo de Vehículos (VRP)



Problema de Ruteo de Vehículos (VRP)

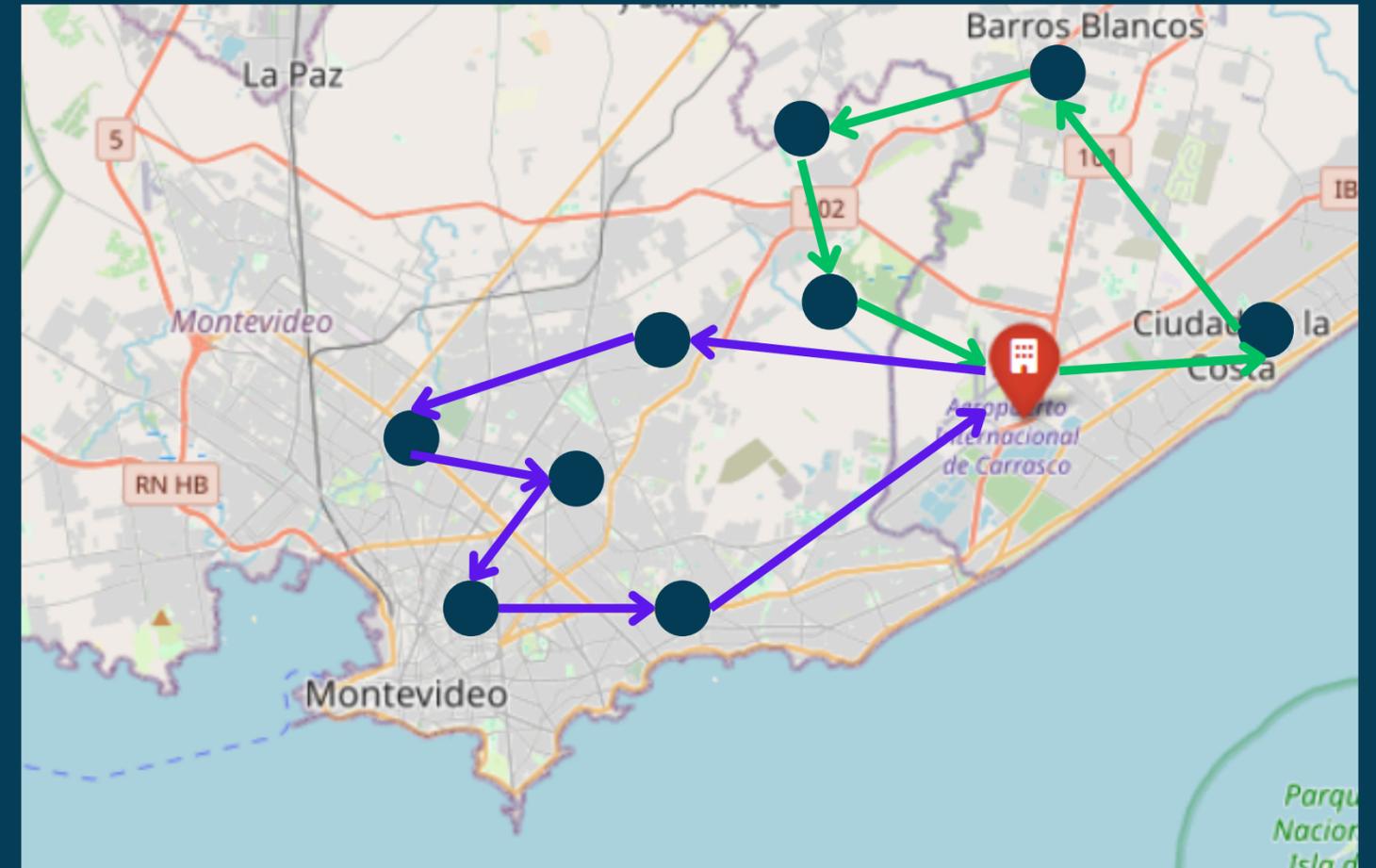


Objetivo del VRP

- ★ Costos
- ★ Distancia
- ★ Tiempos de traslado
- ★ Emisiones de dióxido de carbono

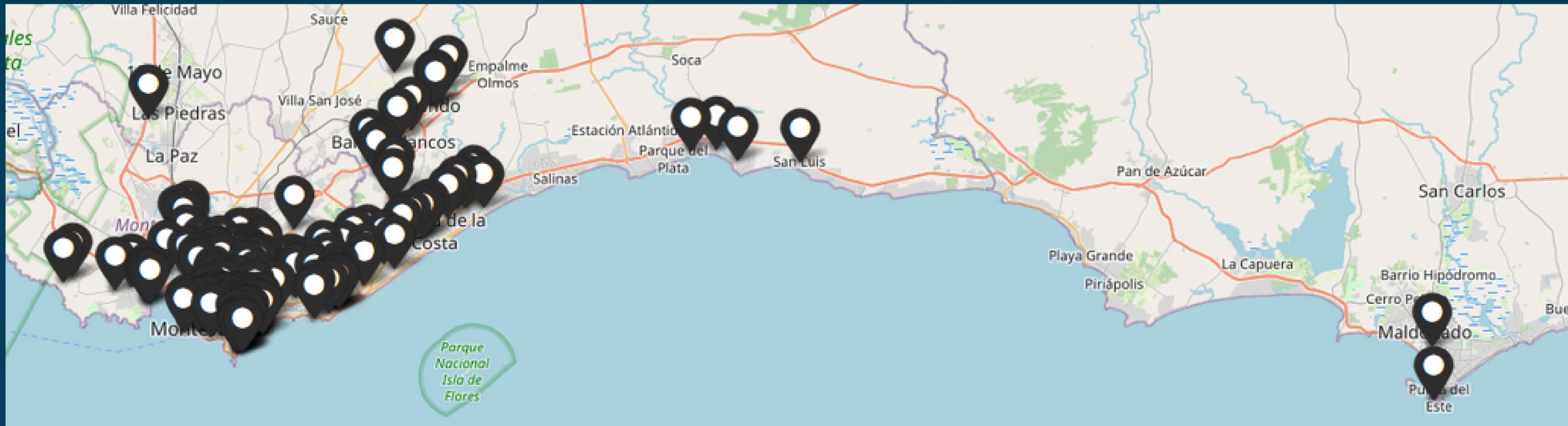


Problema NP-Hard



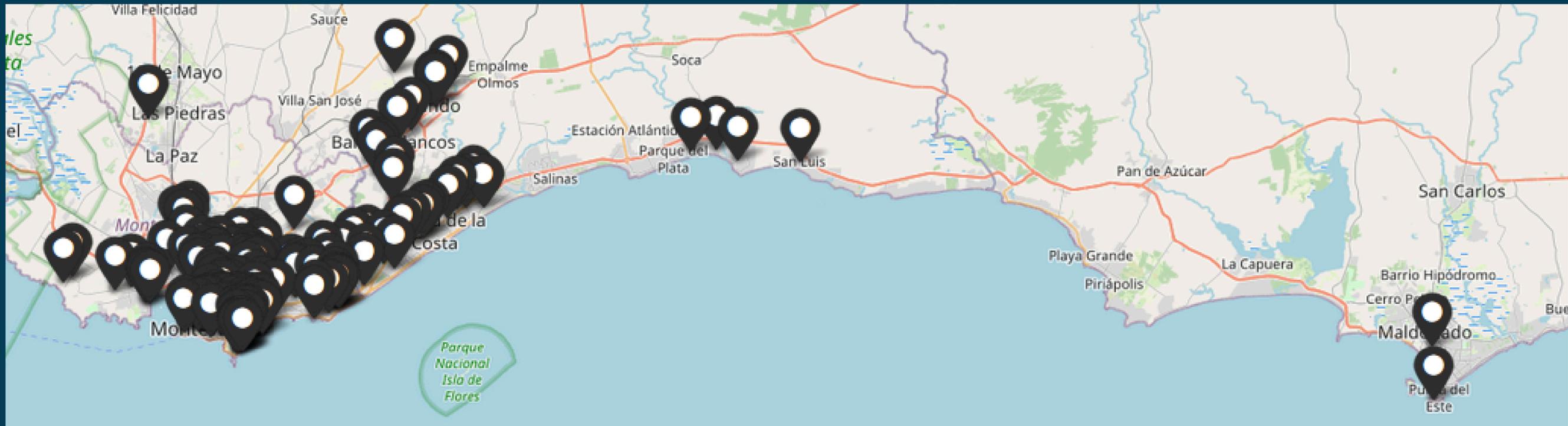
Descripción del caso

- Empresa que realiza entregas de **productos congelados**.
- Entregas a una media de **180 clientes** por día.
- La demanda diaria de los clientes **es conocida**.



Descripción del caso

- Los clientes cuentan con **horarios de atención** y **tiempos de servicio** conocidos.
- Se conoce las coordenadas de los clientes.
- Se cuenta con **20 minutos** para planificar el ruteo de las entregas.



Descripción del caso

- Se cuenta con una **flota heterogénea** de 14 vehículos.
 - Capacidades.
 - Zonas de entrega.
 - Transporte de helados.
- El objetivo de la empresa es **disminuir los costos** de las entregas.
- Costos asociados a la **distancia recorrida** y al **retorno tardío**.

Modelado

FUNCIÓN OBJETIVO

$$\min \underbrace{\sum_{(i,j) \in A} \sum_{k \in K} c_{ij} x_{ij}^k}_{\text{Costo por Km recorrido}} + Q \underbrace{\sum_{k \in K} g_k}_{\text{Costo por llegada tarde}}$$

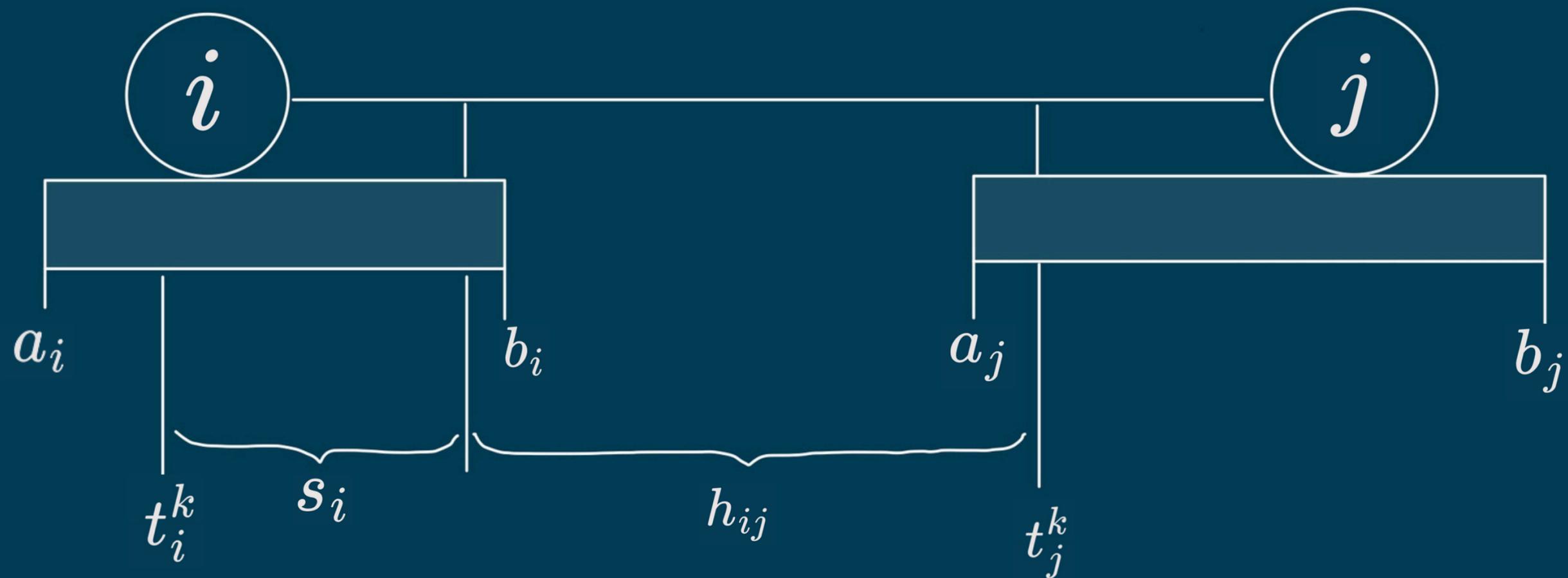
Costo por
Km recorrido

Costo por
llegada tarde

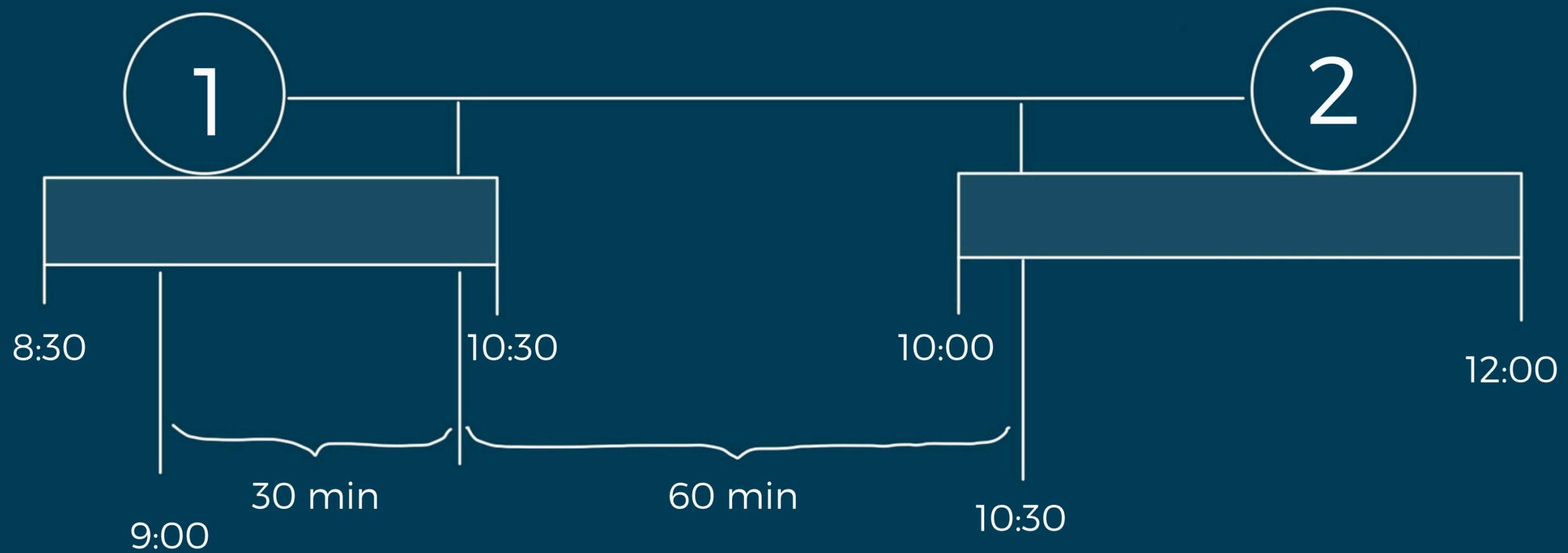
Modelado

CONSIDERACIONES

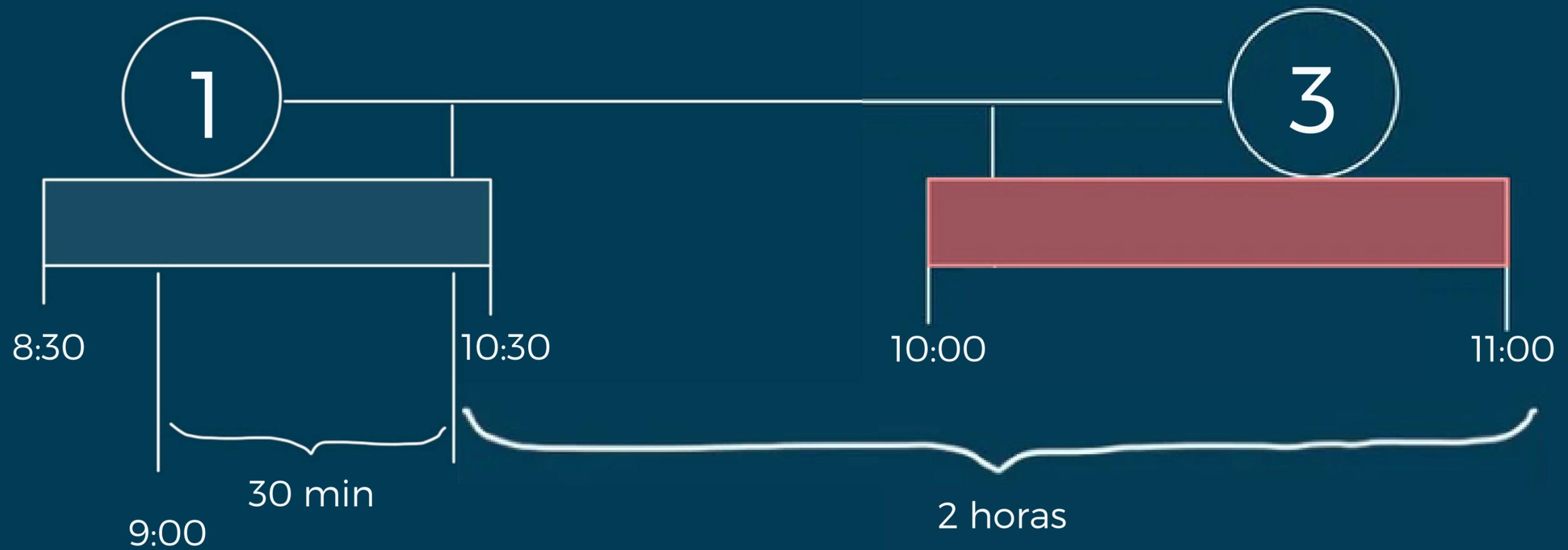
- ◆ Ventanas de tiempo



Modelado



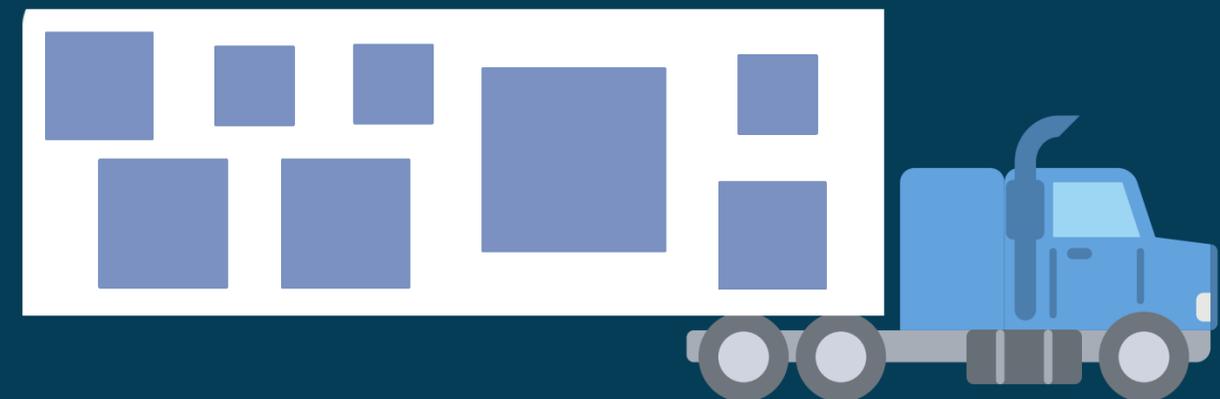
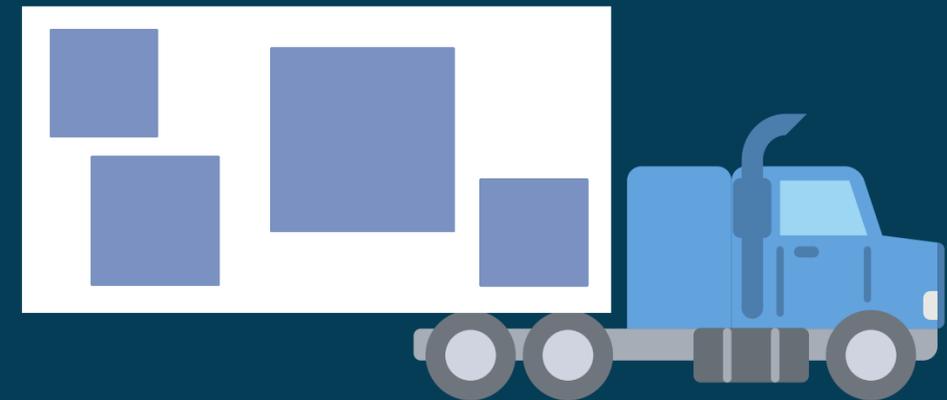
Modelado



Modelado

CONSIDERACIONES

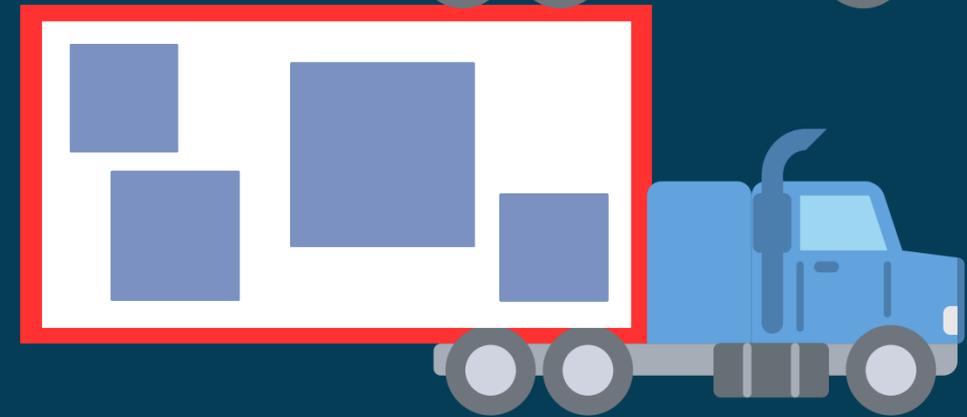
- ◆ Ventanas de tiempo
- ◆ Limitantes de peso y volumen



Modelado

CONSIDERACIONES

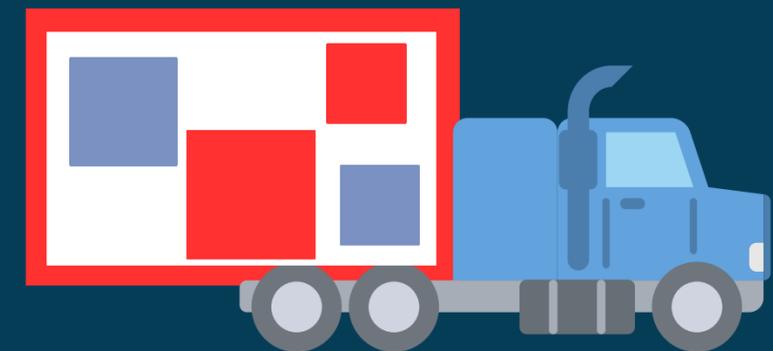
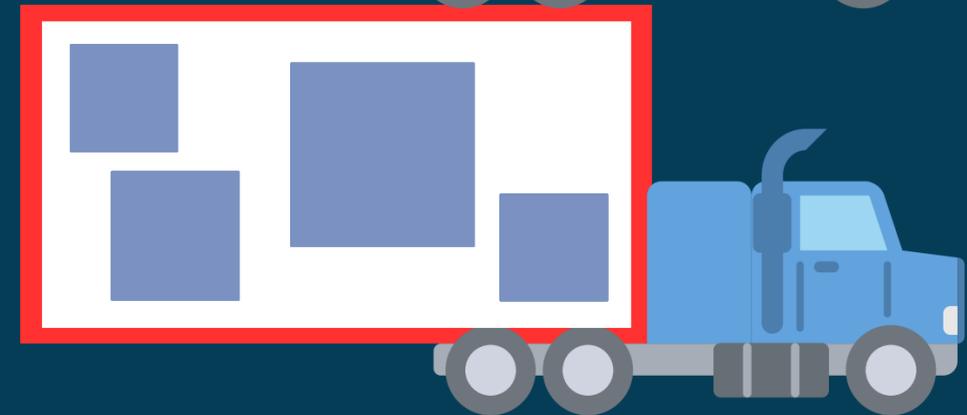
- ✦ Ventanas de tiempo
- ✦ Limitantes de peso y volumen
- ✦ Traslado de helados



Modelado

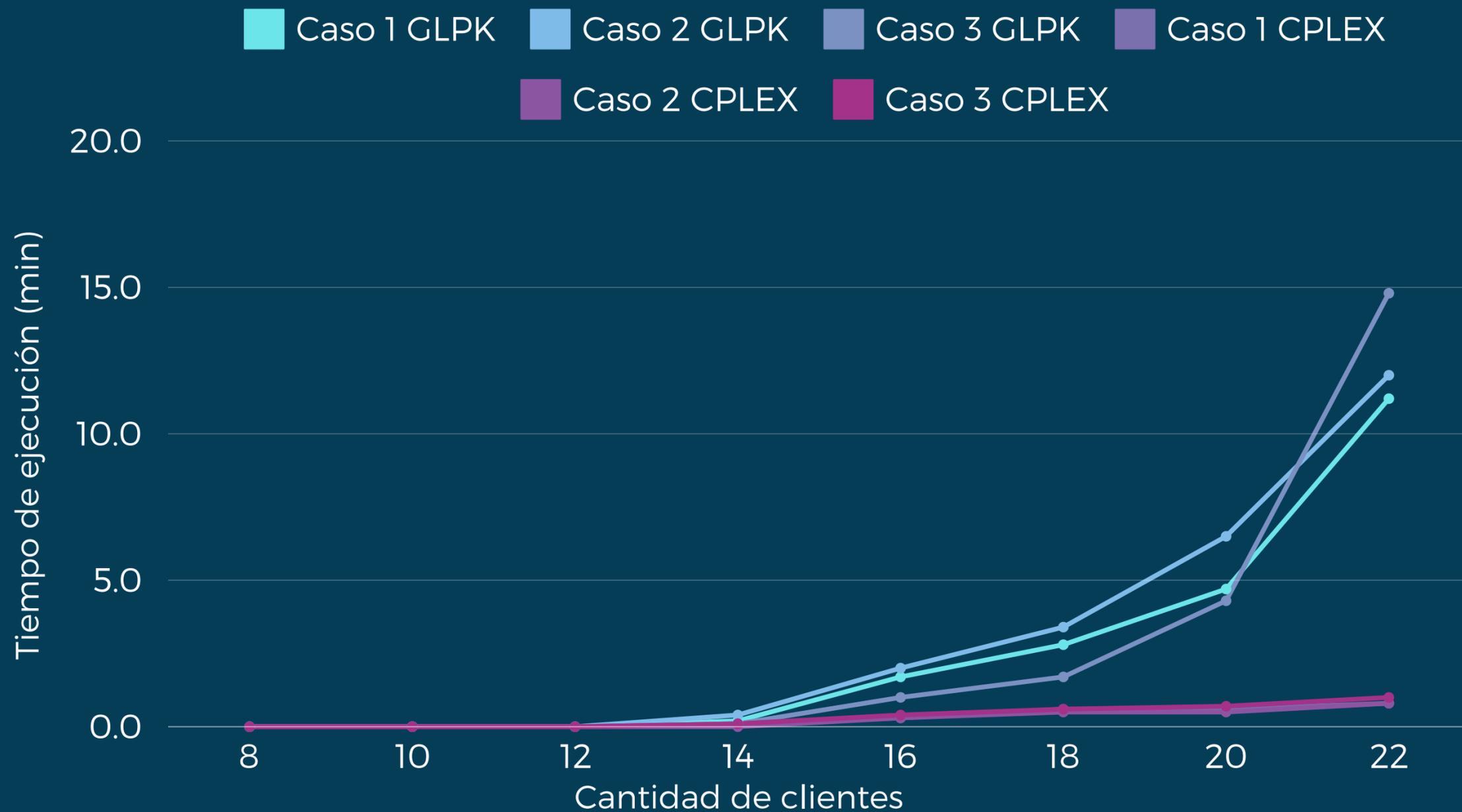
CONSIDERACIONES

- ✦ Ventanas de tiempo
- ✦ Limitantes de peso y volumen
- ✦ Traslado de helados
- ✦ Limitantes de zonas de atención



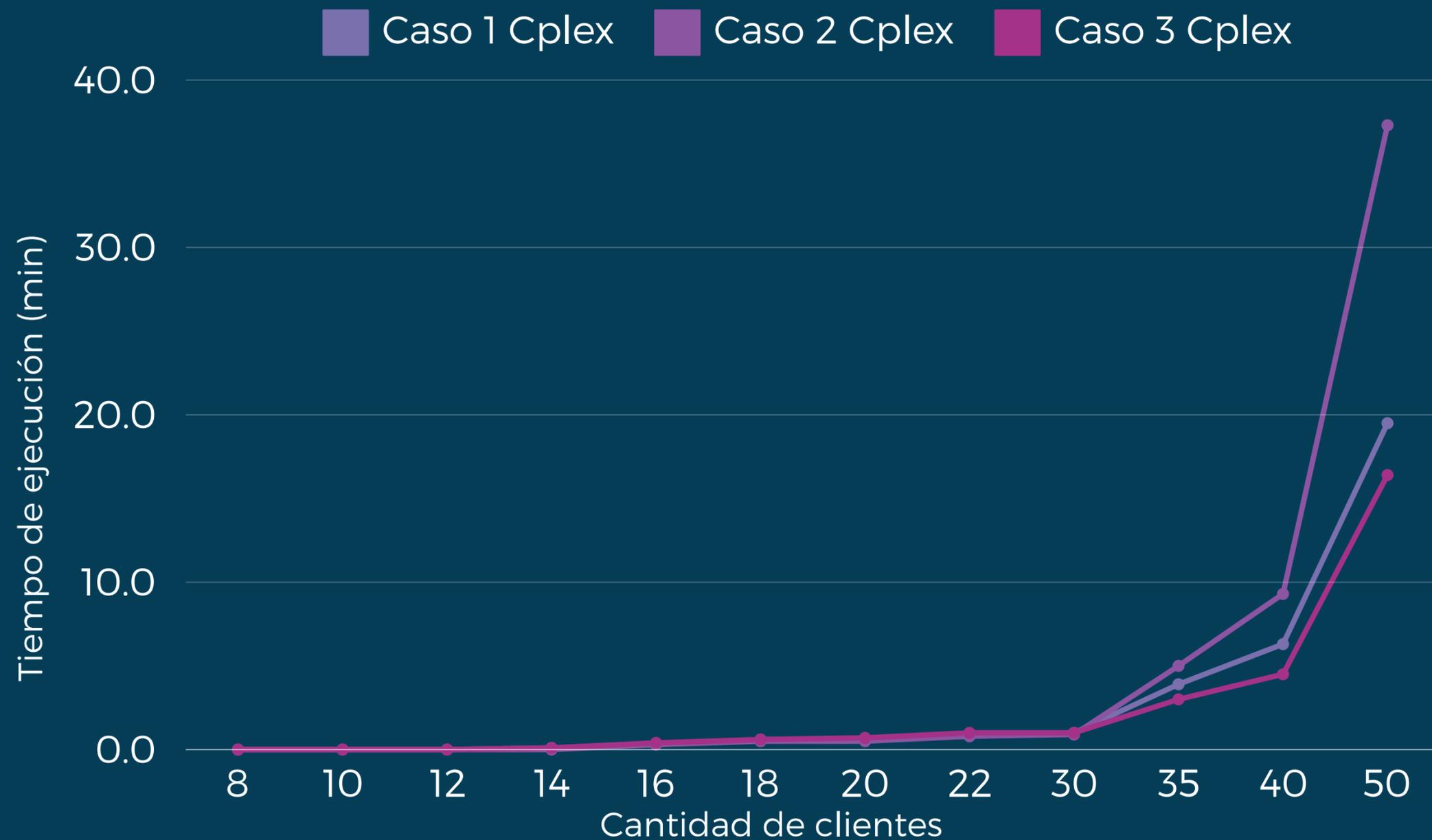
Elección de solver

Tiempos de ejecución en función de cantidad de clientes para Gap de optimalidad de 10%.



Pruebas de Carga CPLEX

Tiempos de ejecución en función de cantidad de clientes para Cap de optimalidad de 10%.



Algoritmo de división en zonas

Algoritmo de división en zonas

1

DEFINICIÓN DE
CANTIDAD DE
ZONAS

Algoritmo de división en zonas

1

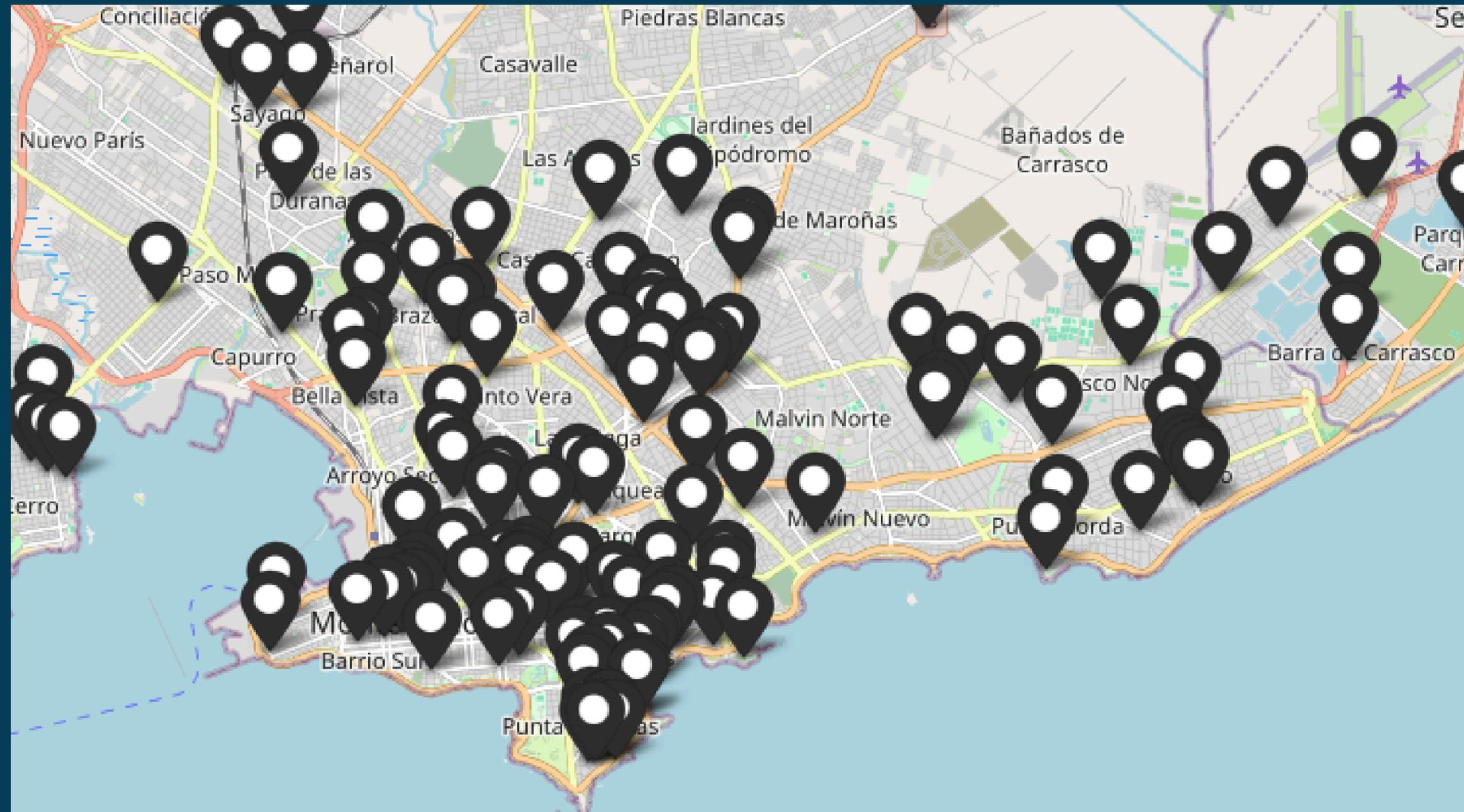
DEFINICIÓN DE
CANTIDAD DE
ZONAS

2

PRIMERA
DIVISIÓN

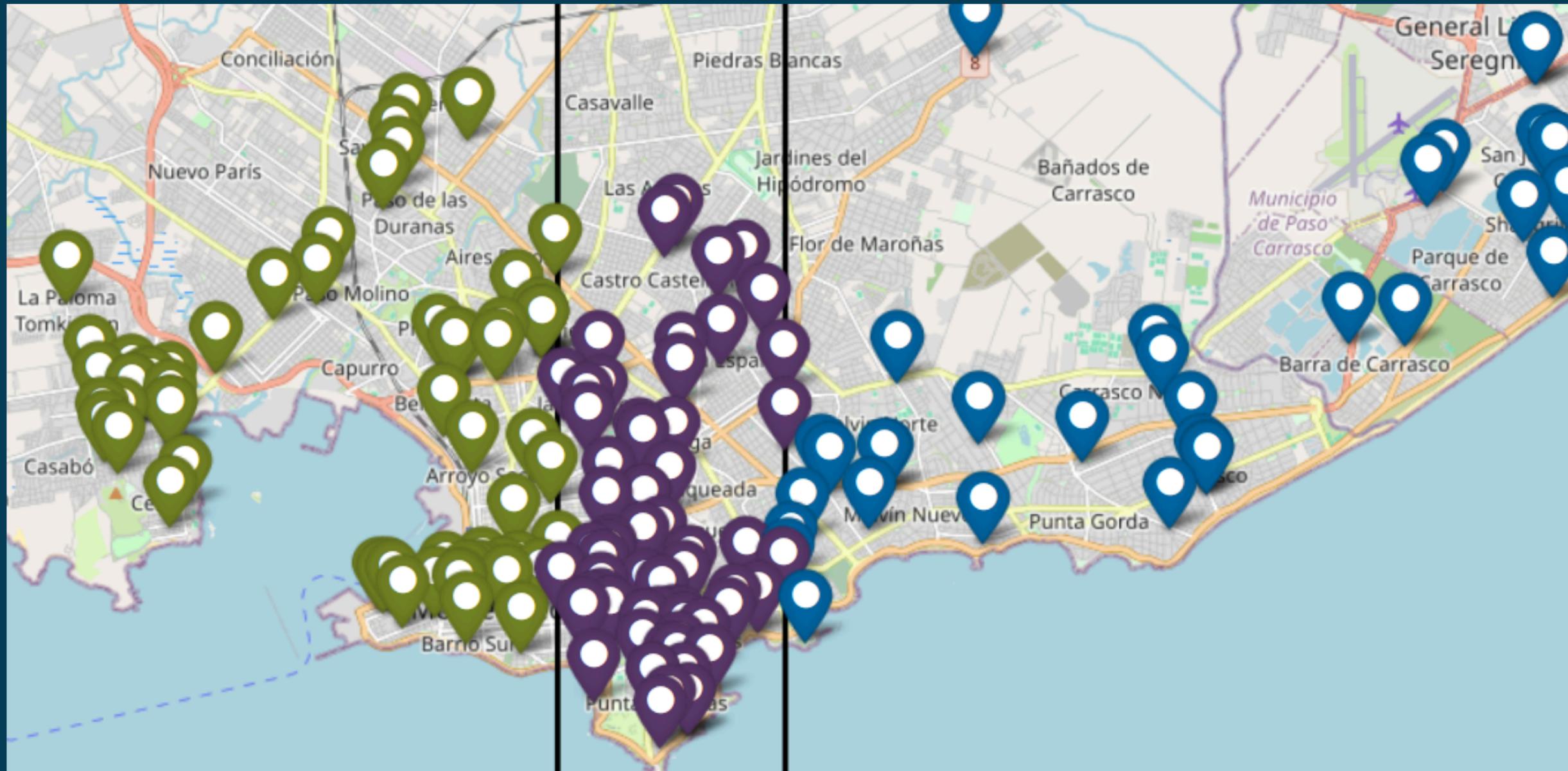
Primera división

División longitudinal



Primera división

División longitudinal



Algoritmo de división en zonas

1

DEFINICIÓN DE
CANTIDAD DE
ZONAS

2

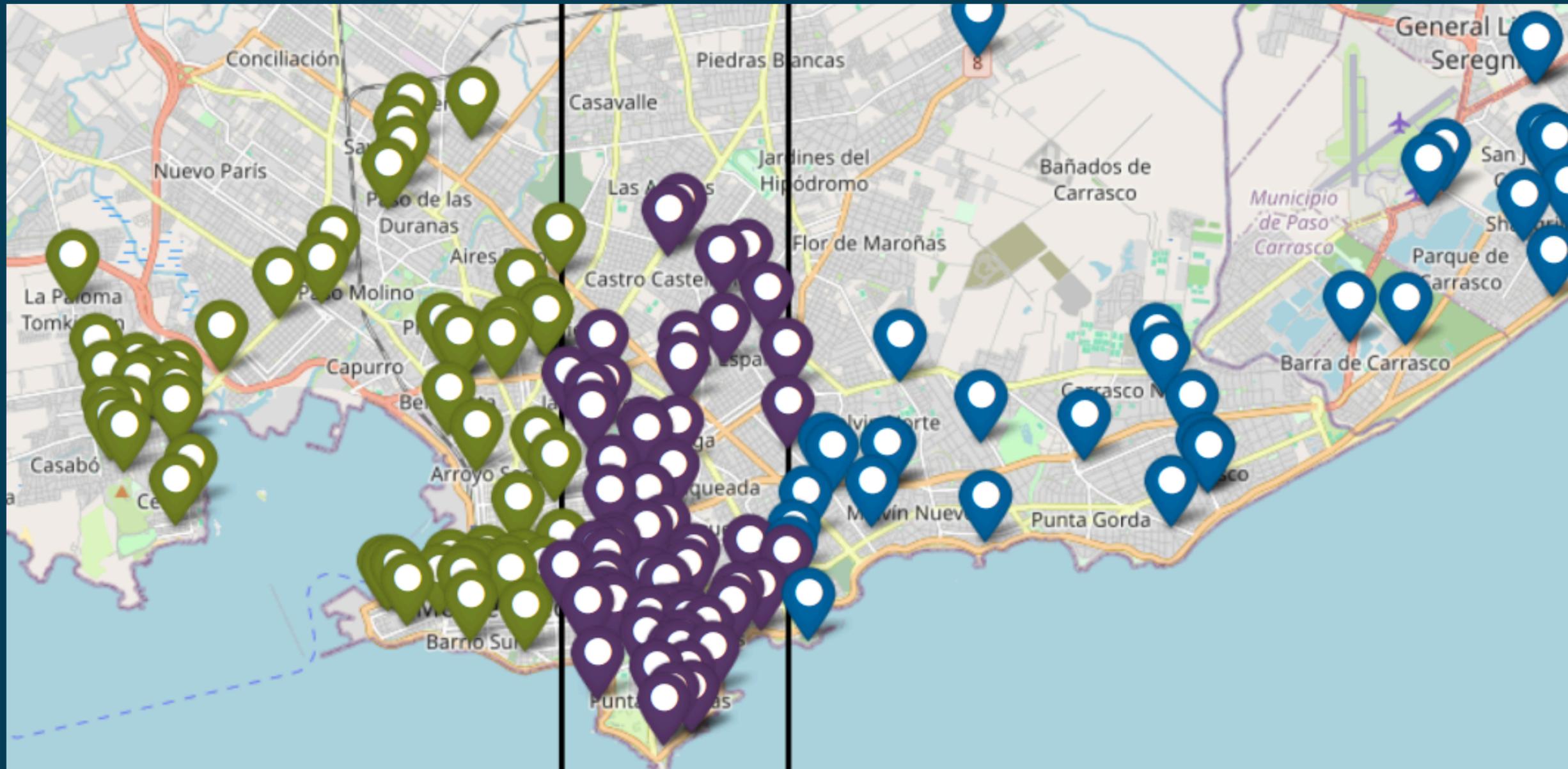
PRIMERA
DIVISIÓN

3

SEGUNDA
DIVISIÓN

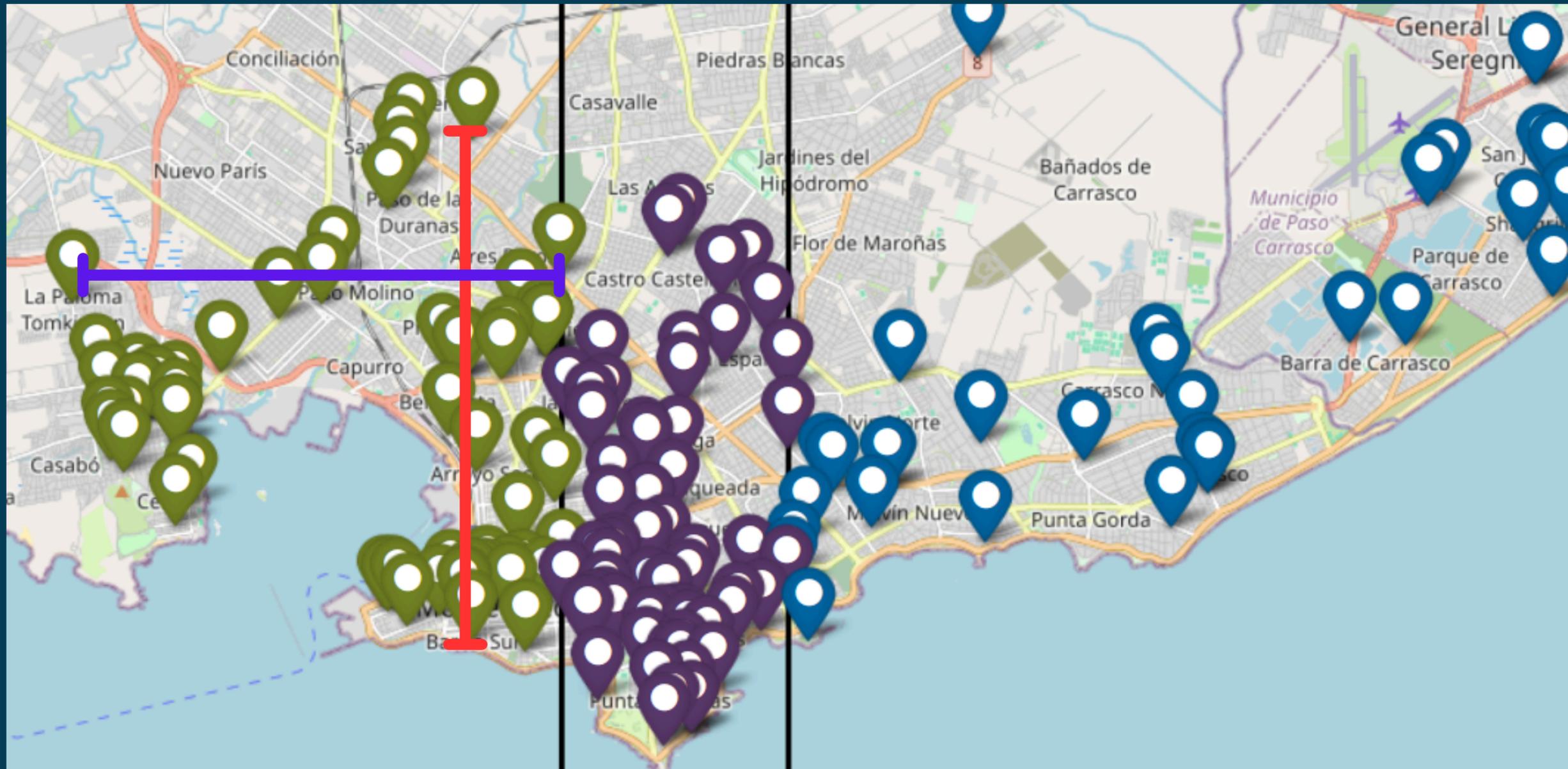
Segunda división

Partición de cada zona a la mitad



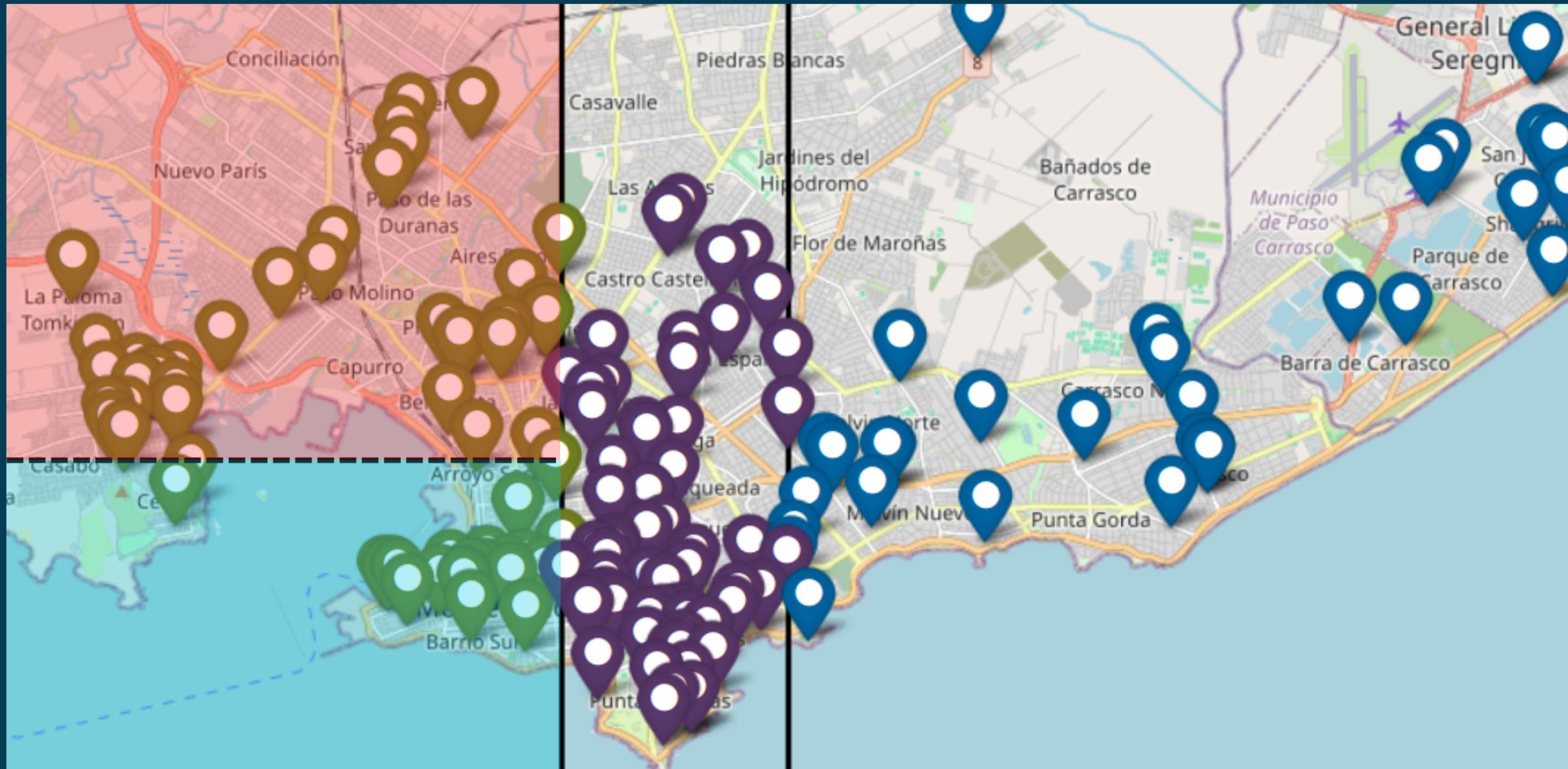
Segunda división

Partición de cada zona a la mitad



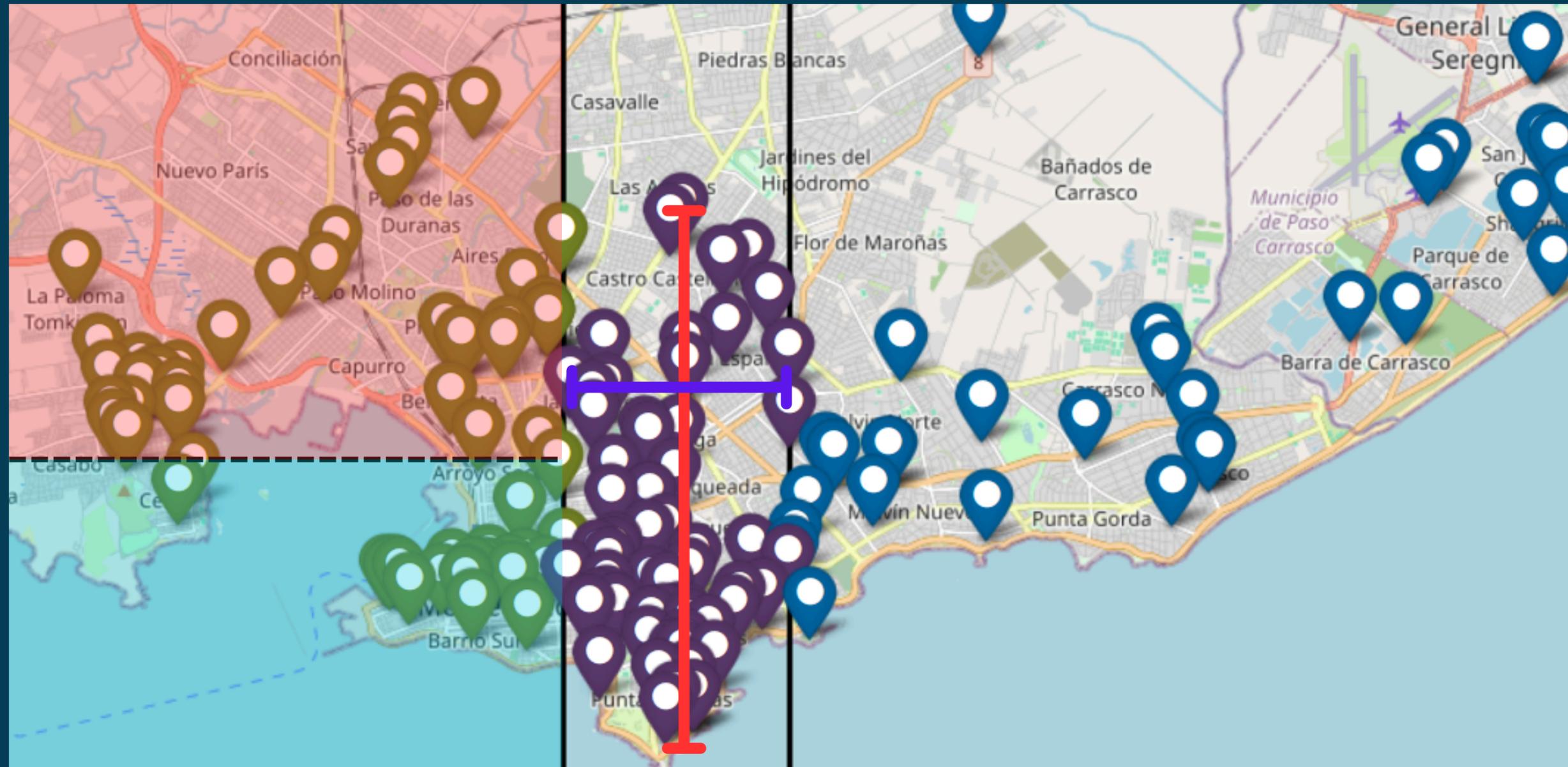
Segunda división

Partición de cada zona a la mitad



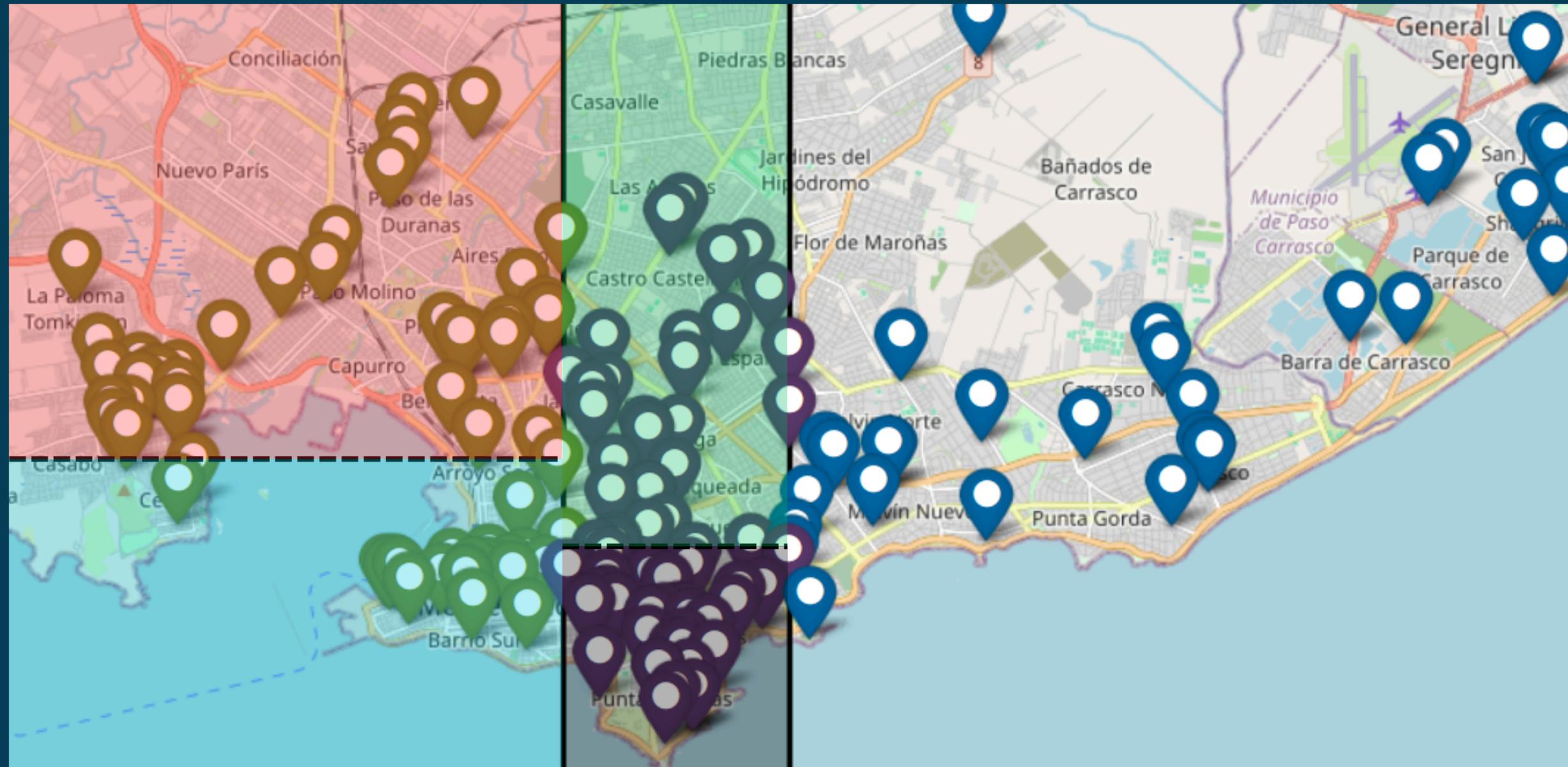
Segunda división

Partición de cada zona a la mitad



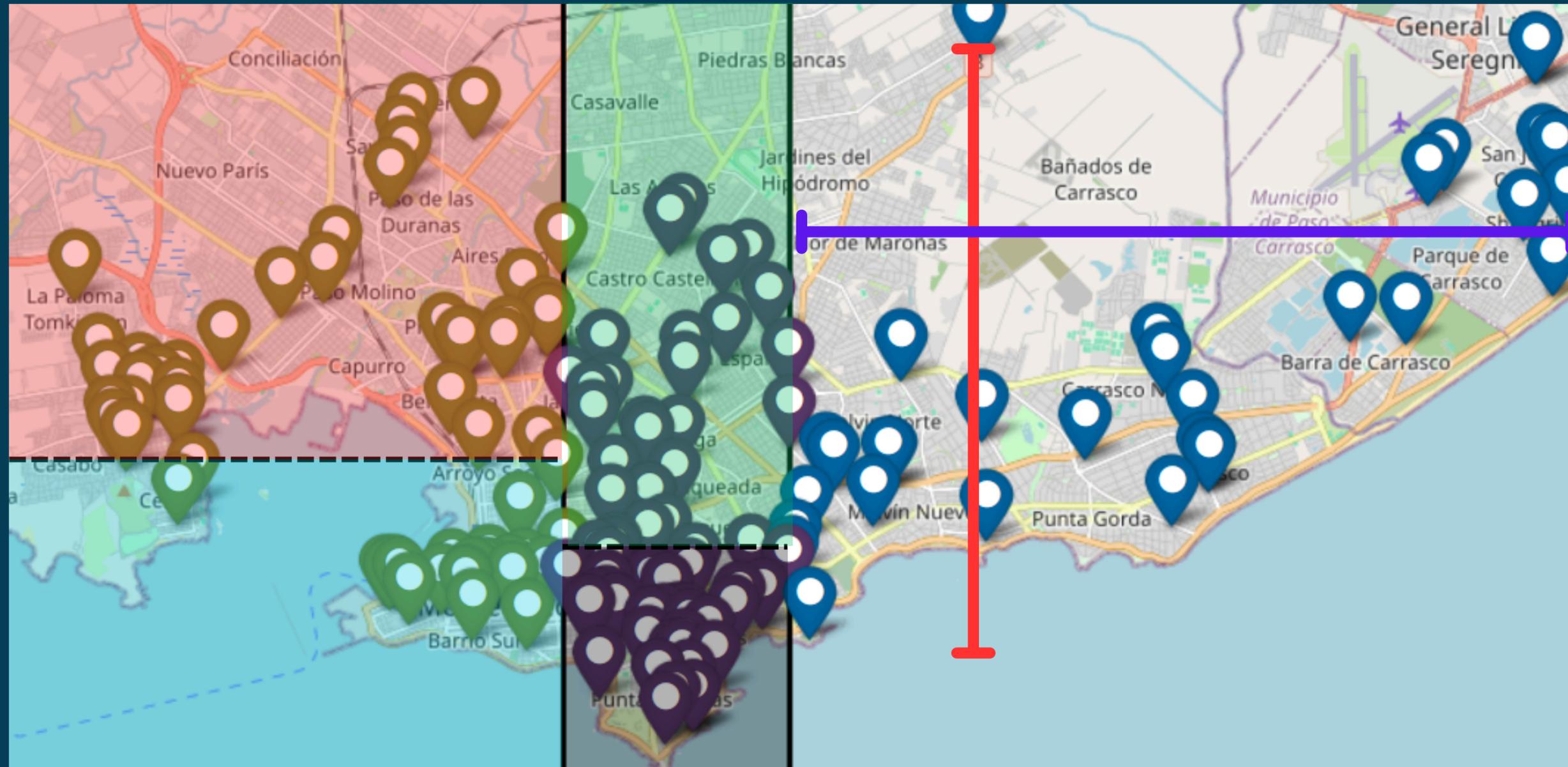
Segunda división

Partición de cada zona a la mitad



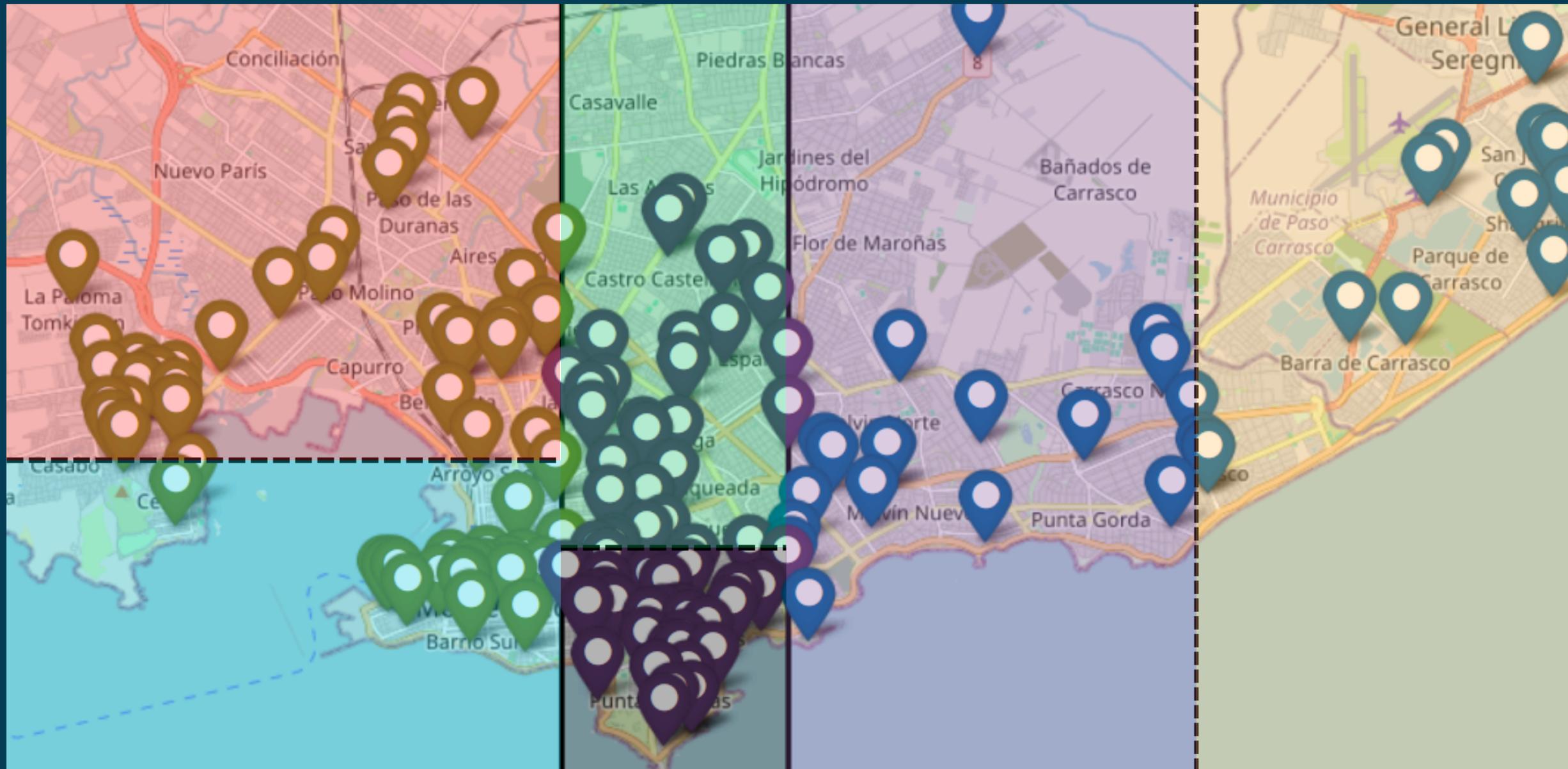
Segunda división

Partición de cada zona a la mitad



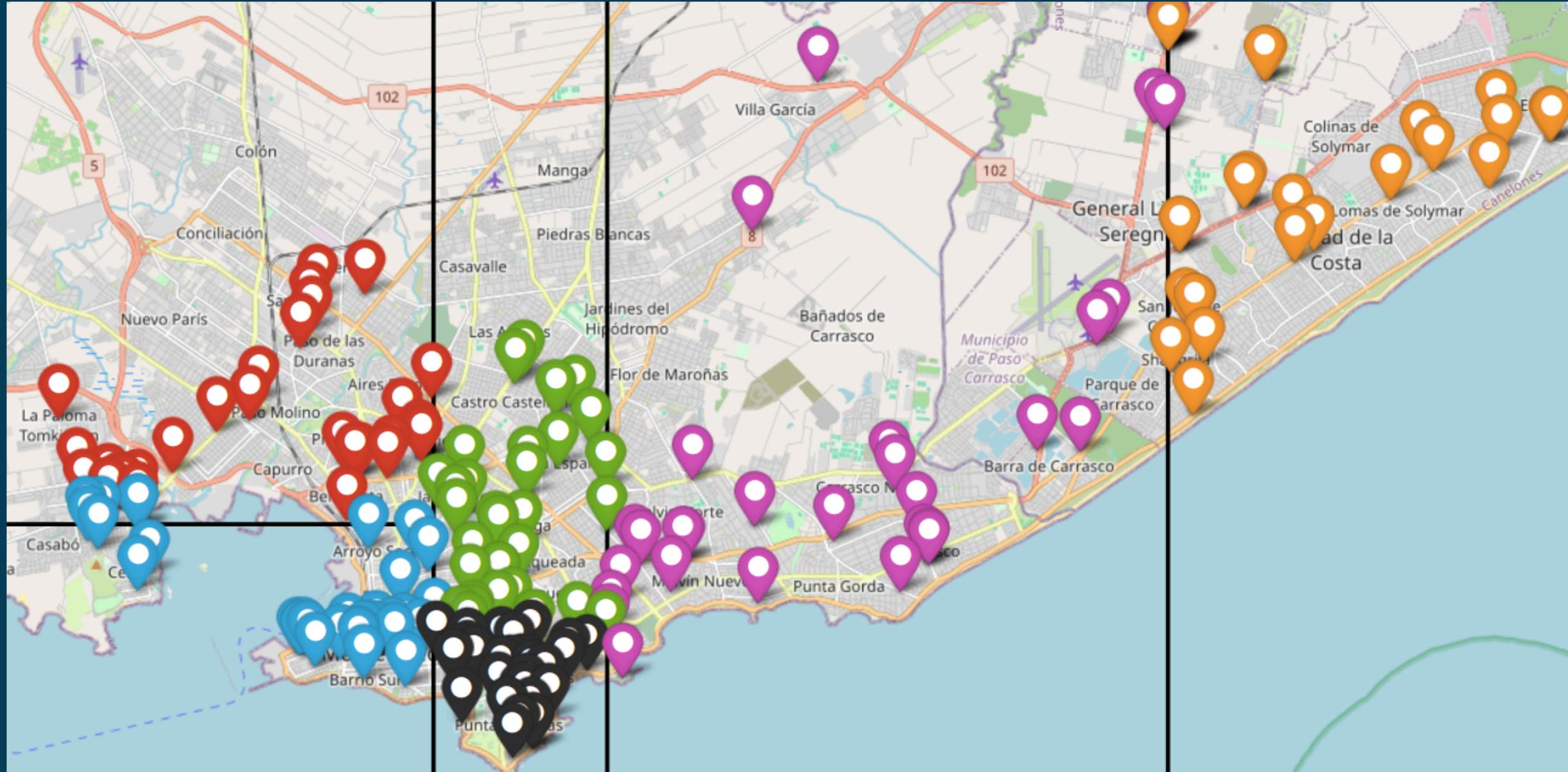
Segunda división

Partición de cada zona a la mitad



Segunda división

Partición de cada zona a la mitad



Algoritmo de división en zonas

1

DEFINICIÓN DE
CANTIDAD DE
ZONAS

2

PRIMERA
DIVISIÓN

3

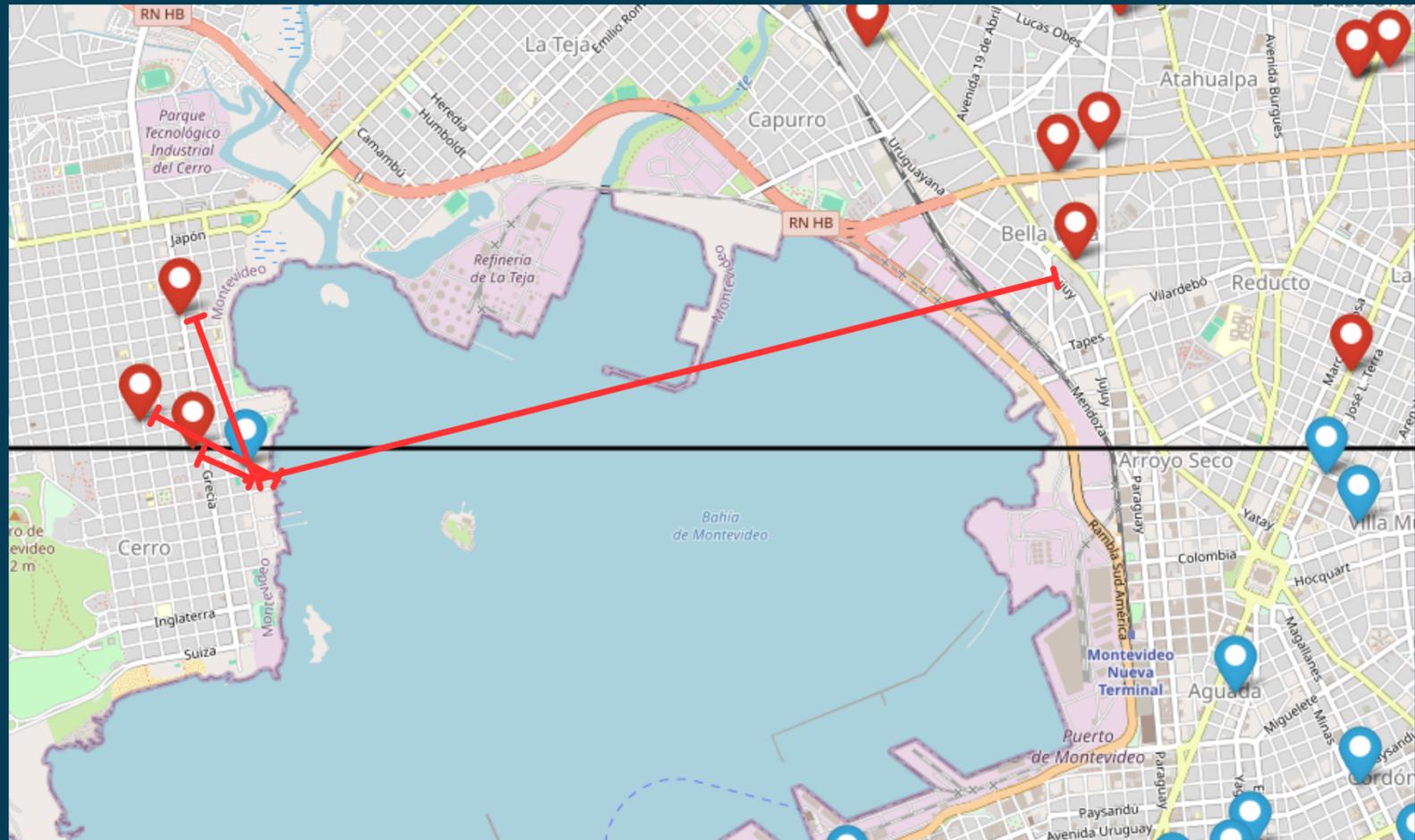
SEGUNDA
DIVISIÓN

4

CAMBIOS DE
CLIENTES DE
ZONAS

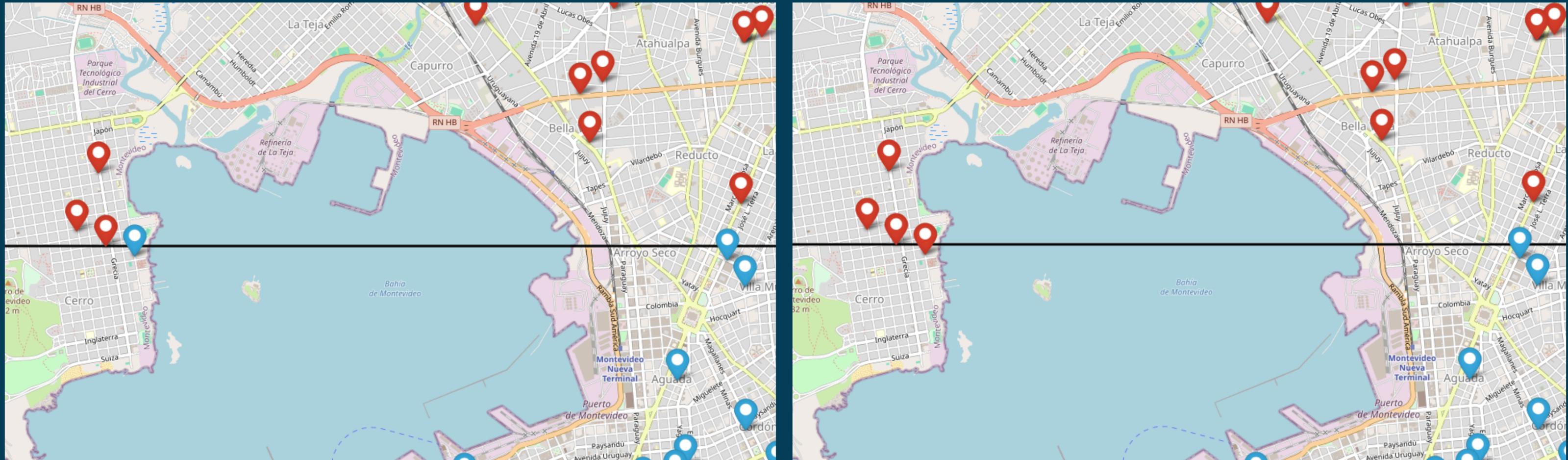
Cambios de clientes de zona

Según proximidad a otras zonas



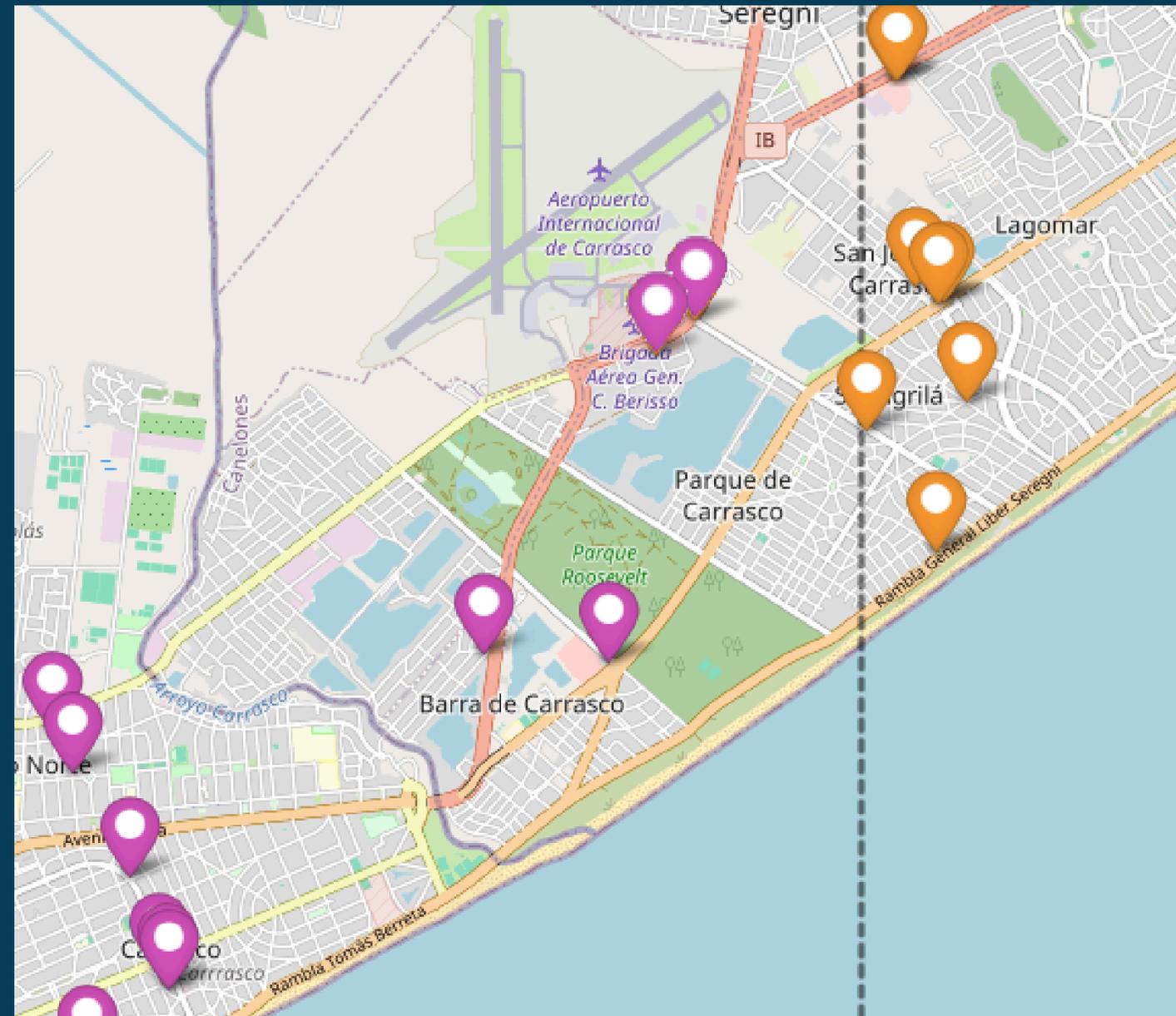
Cambios de clientes de zona

Según proximidad a otras zonas



Cambios de clientes de zona

Según proximidad a otras zonas



Algoritmo de asignación de vehículos

Algoritmo de asignación de vehículos

Paso 1



CLIENTES CON
PEDIDOS QUE
CONTIENEN HELADO

Algoritmo de asignación de vehículos

Paso 1



CLIENTES CON
PEDIDOS QUE
CONTIENEN HELADO

Paso 2



CLIENTES CON
PEDIDOS QUE NO
CONTIENEN
HELADOS

Algoritmo de asignación de vehículos

Paso 1



CLIENTES CON
PEDIDOS QUE
CONTIENEN HELADO

Paso 2



CLIENTES CON
PEDIDOS QUE NO
CONTIENEN
HELADOS

Paso 3

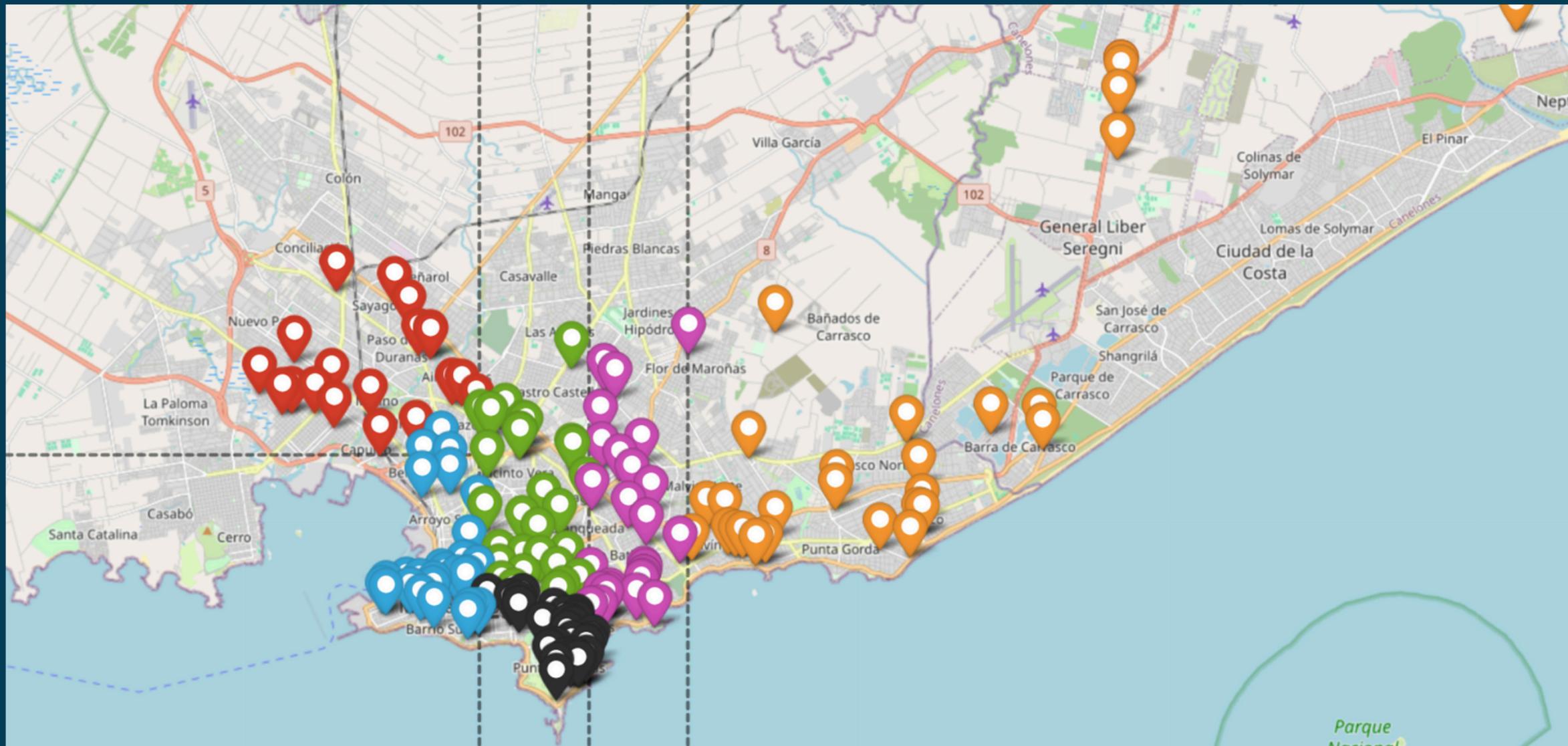


ASIGNAR
VEHÍCULOS
RESTANTES A
ZONAS

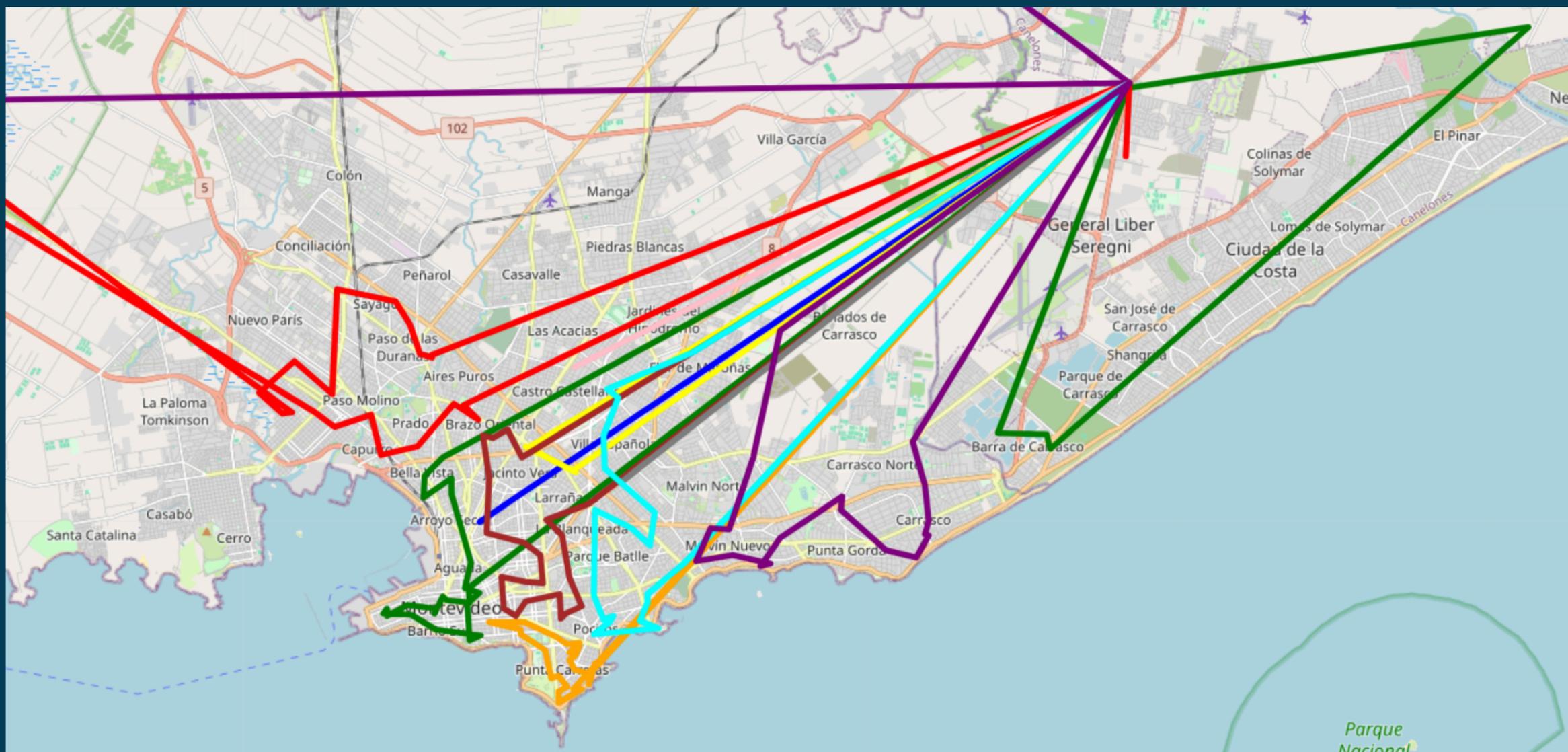
Aplicación de heurística

	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4		Día 5	
Zona	Clientes	Vehículos								
1.1	27	2	28	2	31	2	30	3	37	3
1.2	27	2	29	2	30	1	30	2	36	1
2.1	27	2	28	3	30	3	32	2	36	3
2.2	27	2	28	1	31	2	29	2	36	3
3.1	27	3	28	2	30	3	31	2	36	2
3.2	27	3	28	4	30	3	30	3	36	2
Total	162	14	166	14	182	14	182	14	217	14

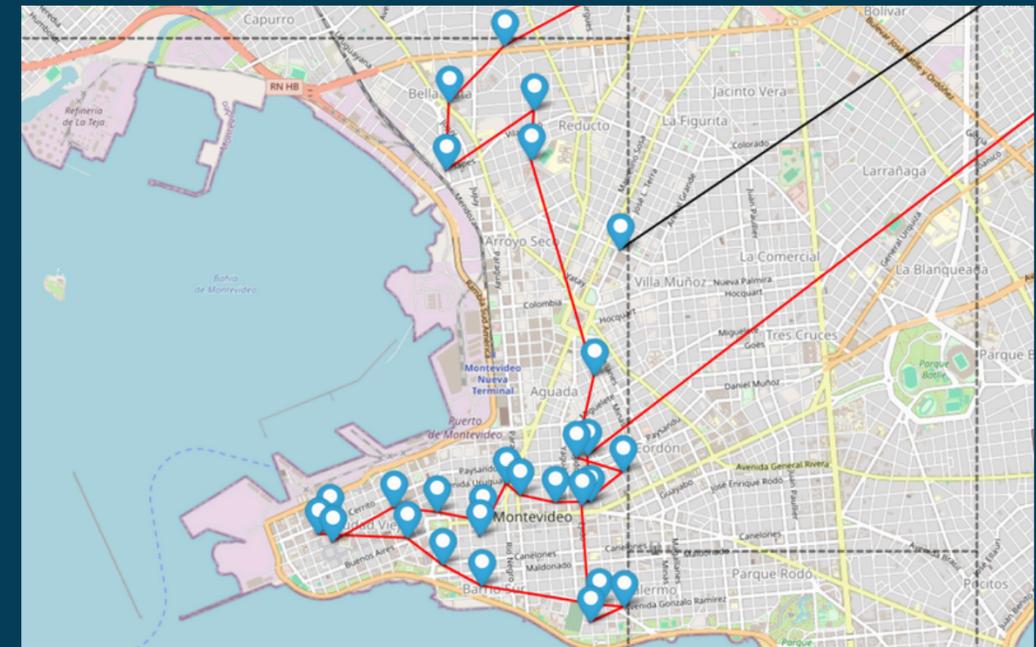
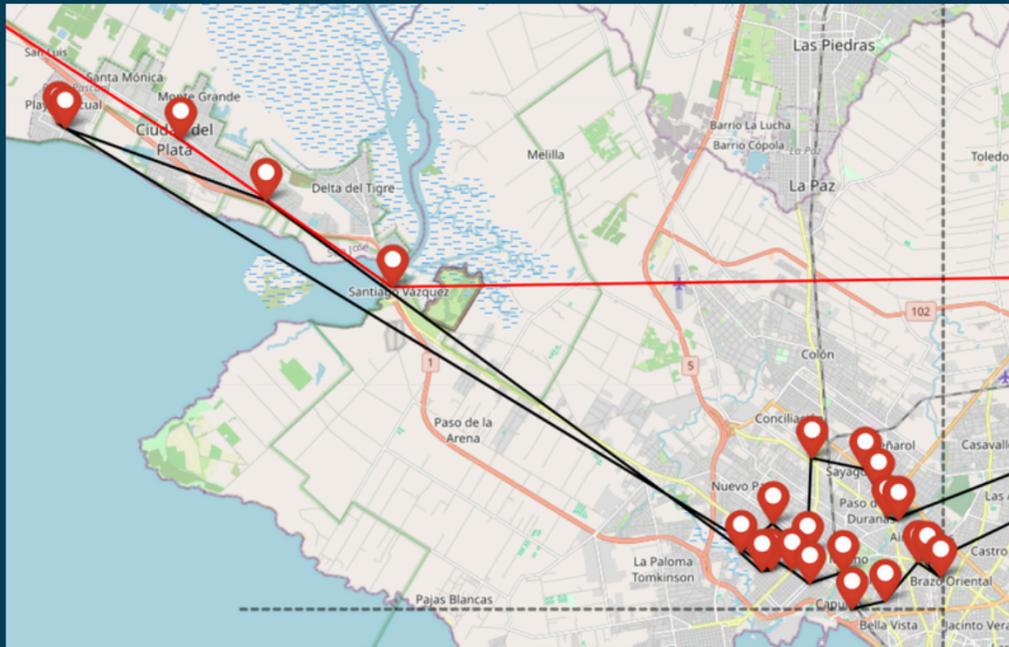
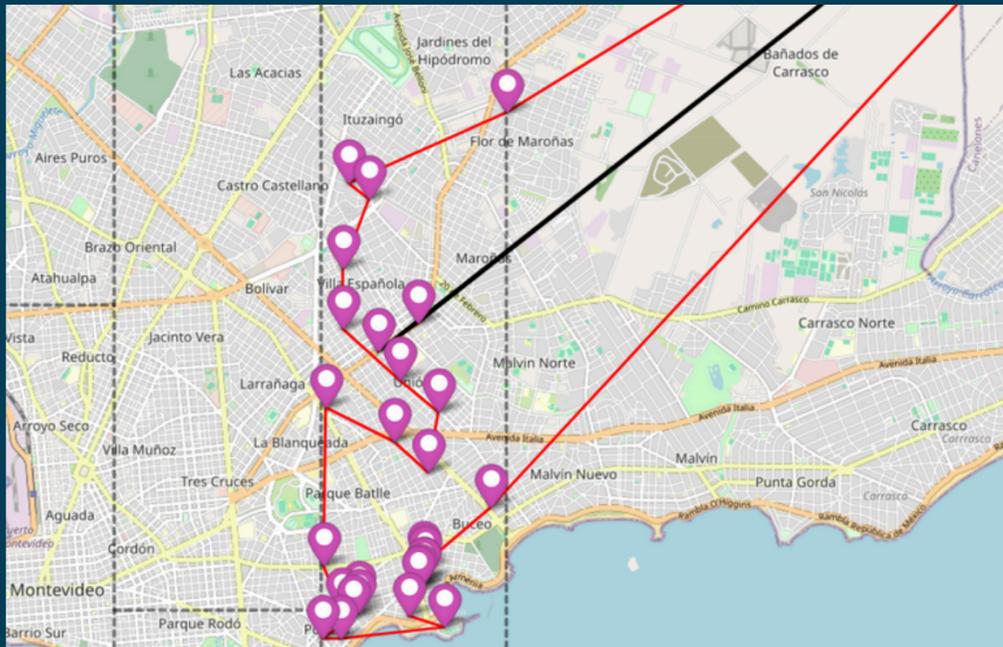
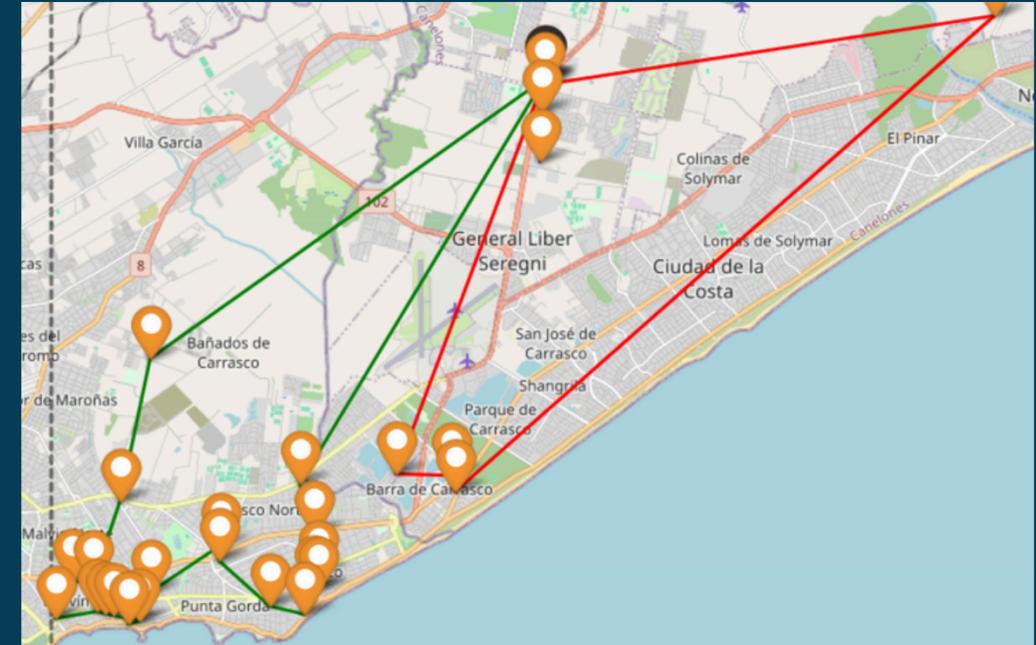
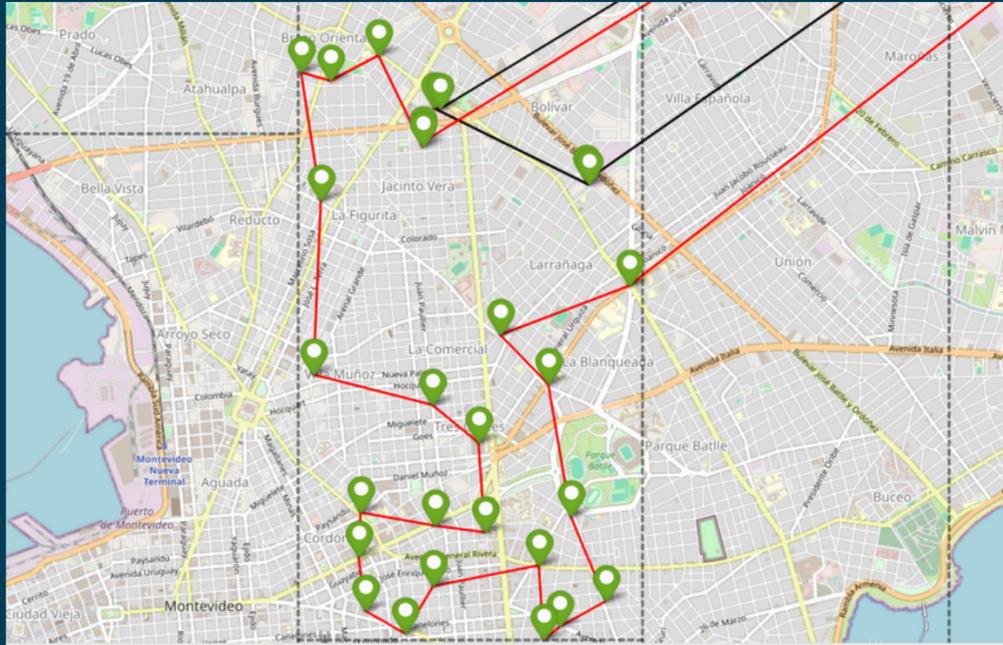
Aplicación de heurística



Resolución

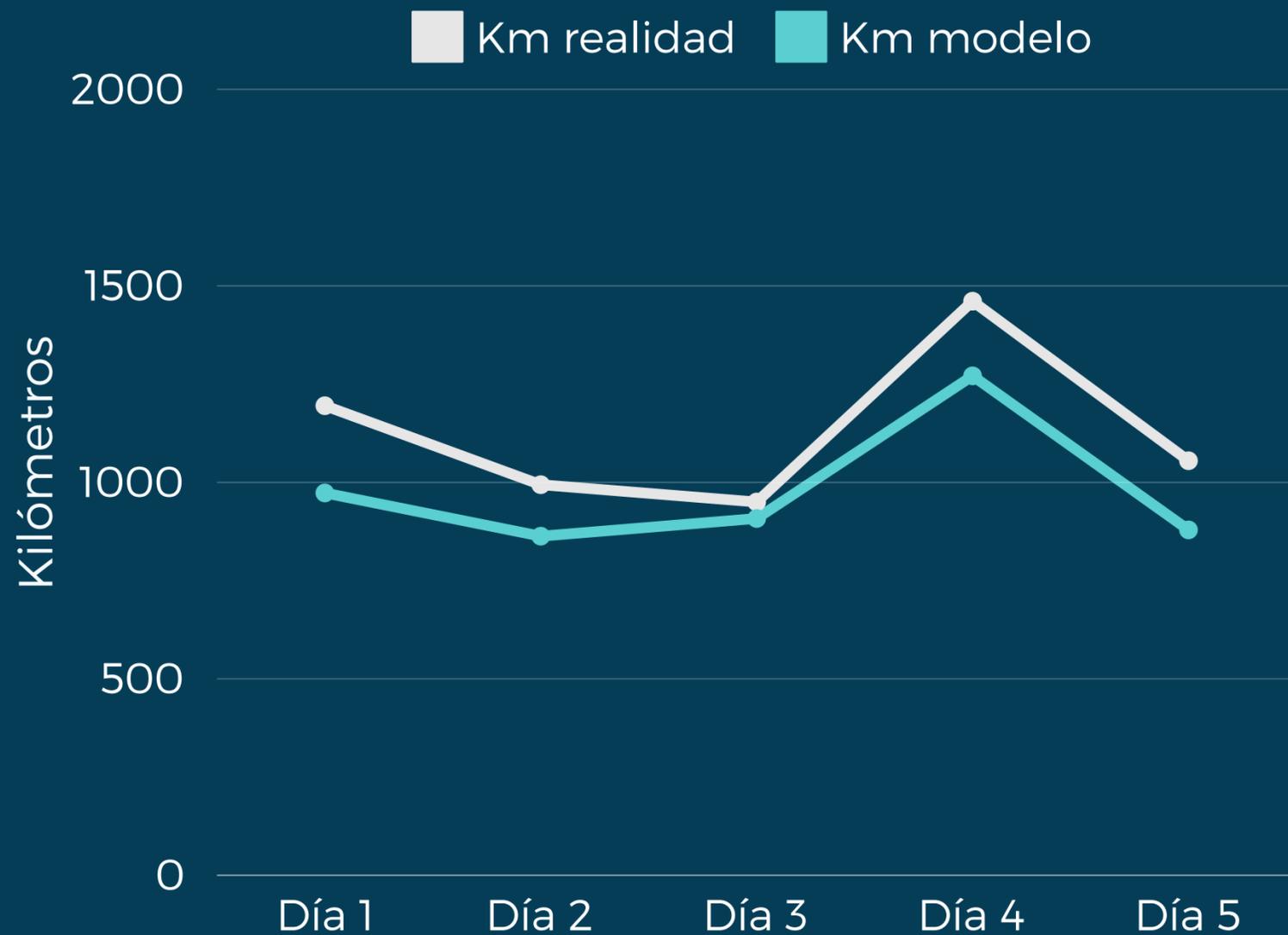


Resolución



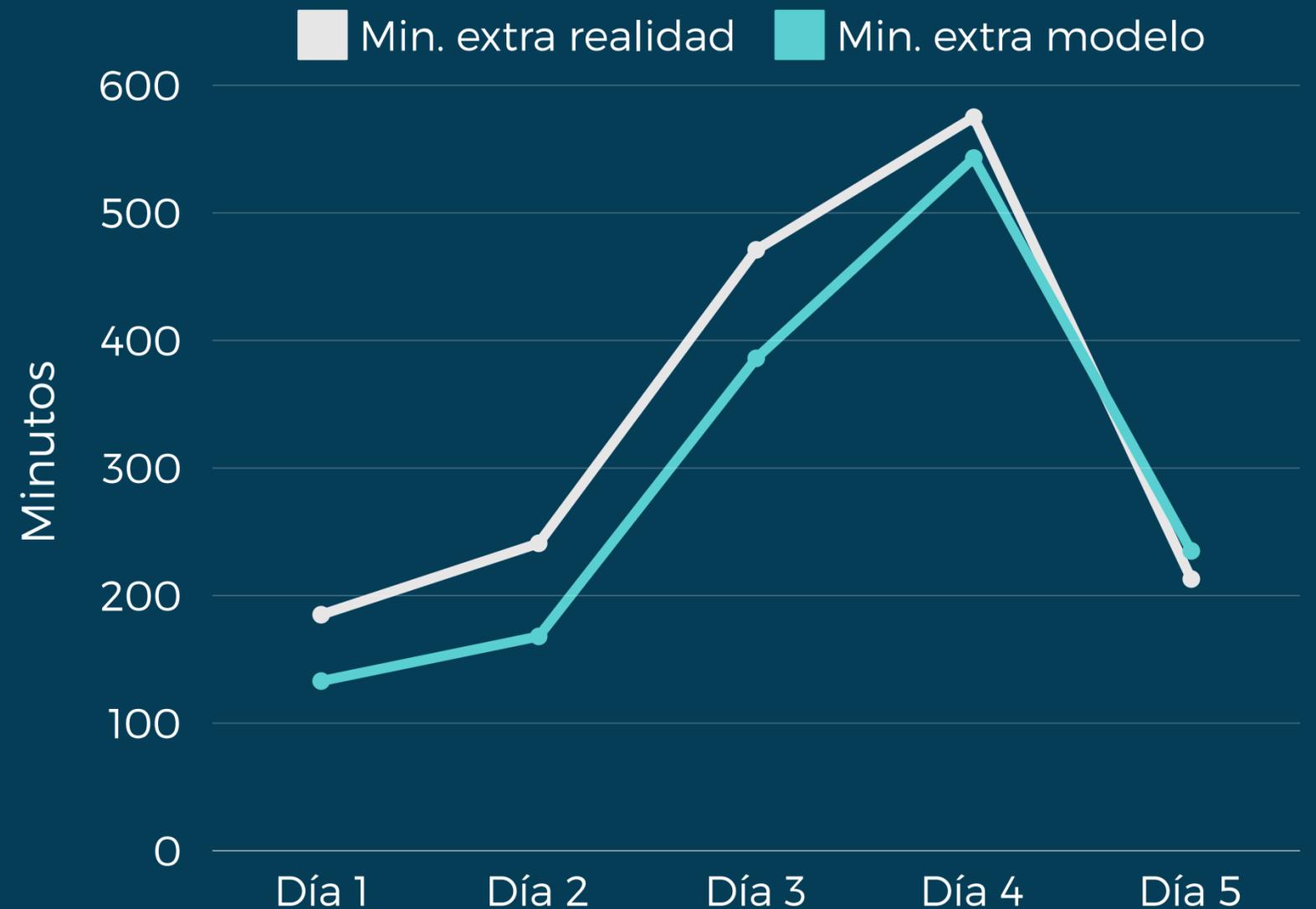
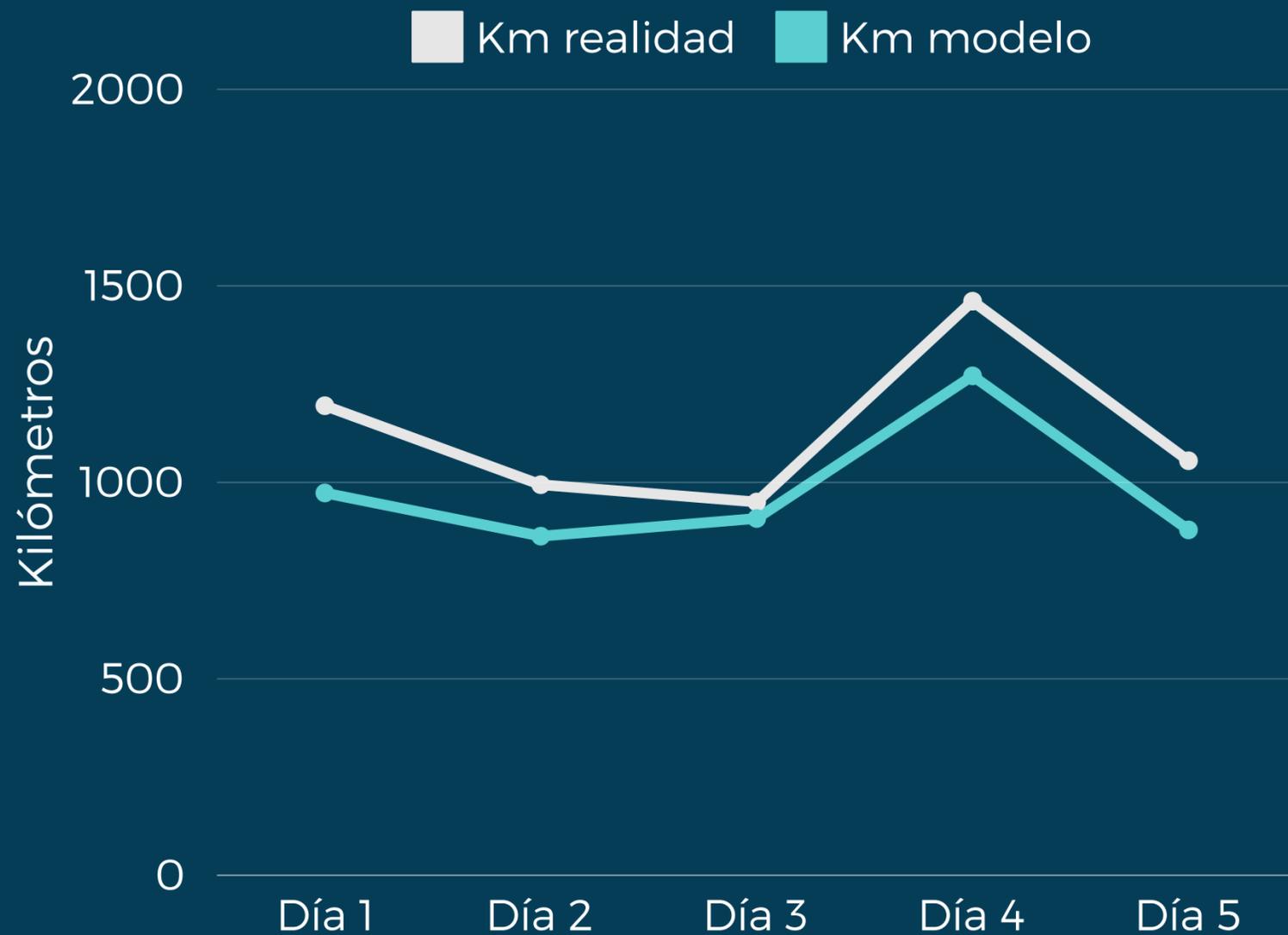
Comparación de realidad con modelo

- En promedio las soluciones del modelo implican **un ahorro del 15,8%** en comparación con las implementadas.



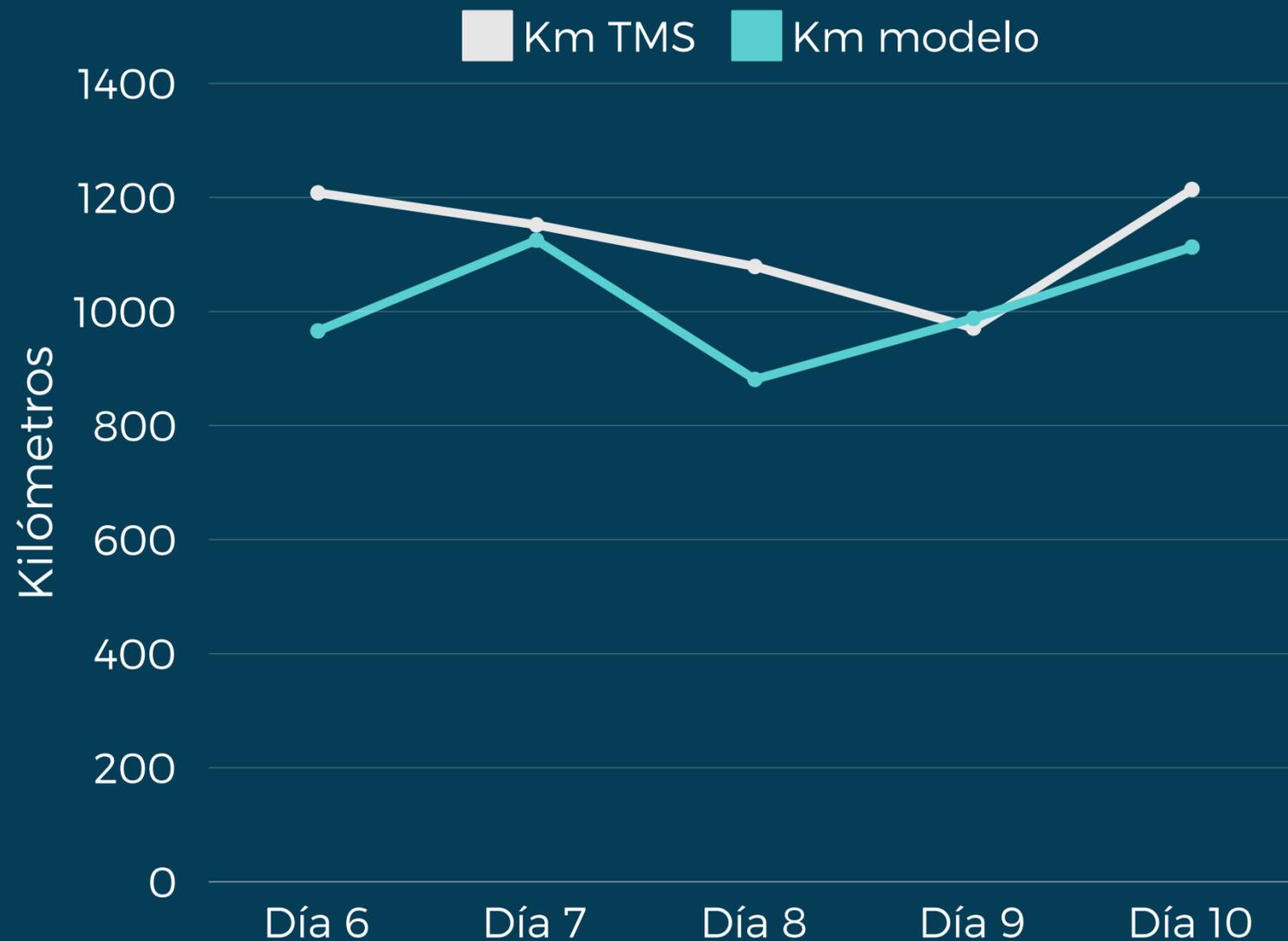
Comparación de realidad con modelo

- En promedio las soluciones del modelo implican **un ahorro del 15,8%** en comparación con las implementadas.



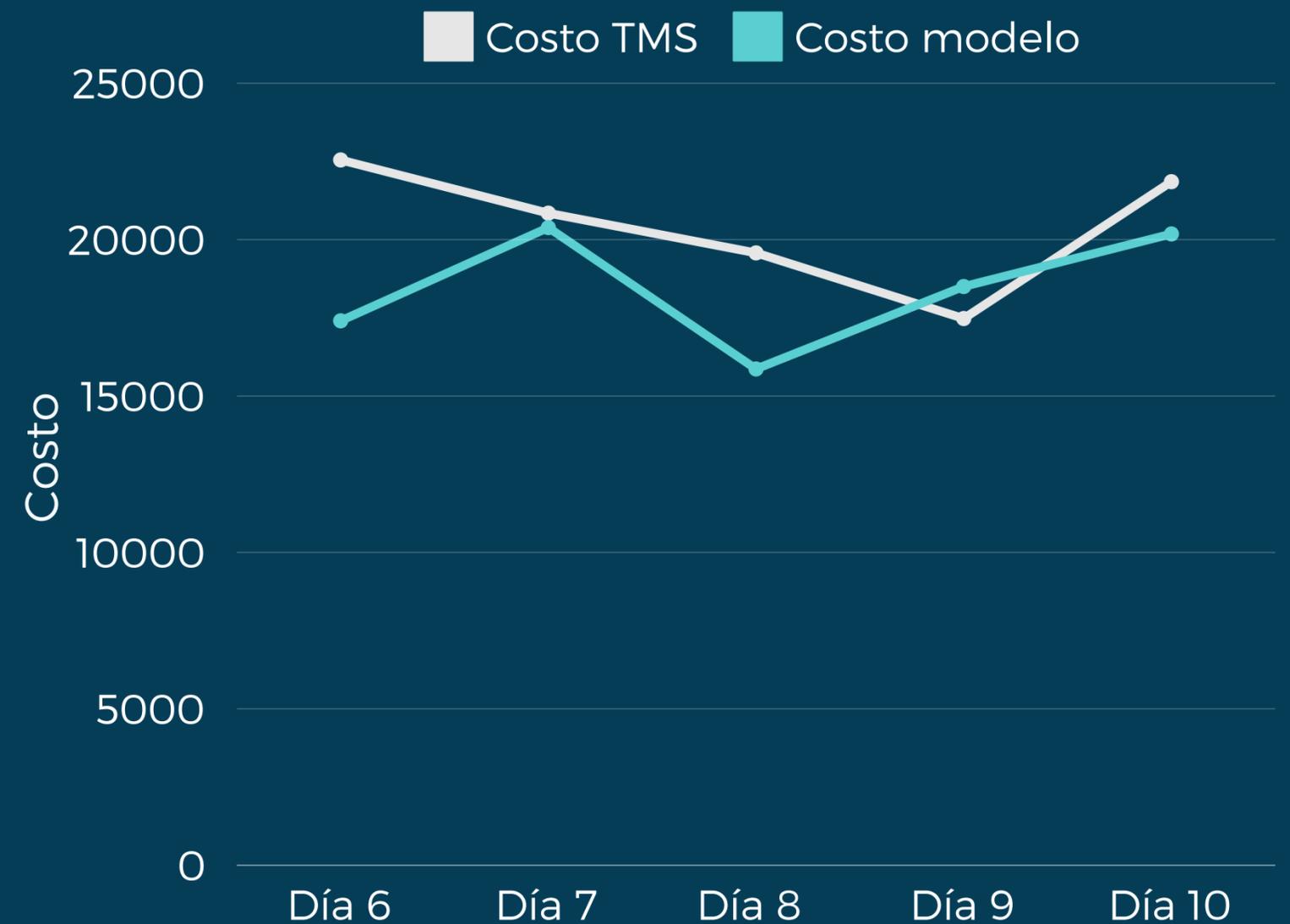
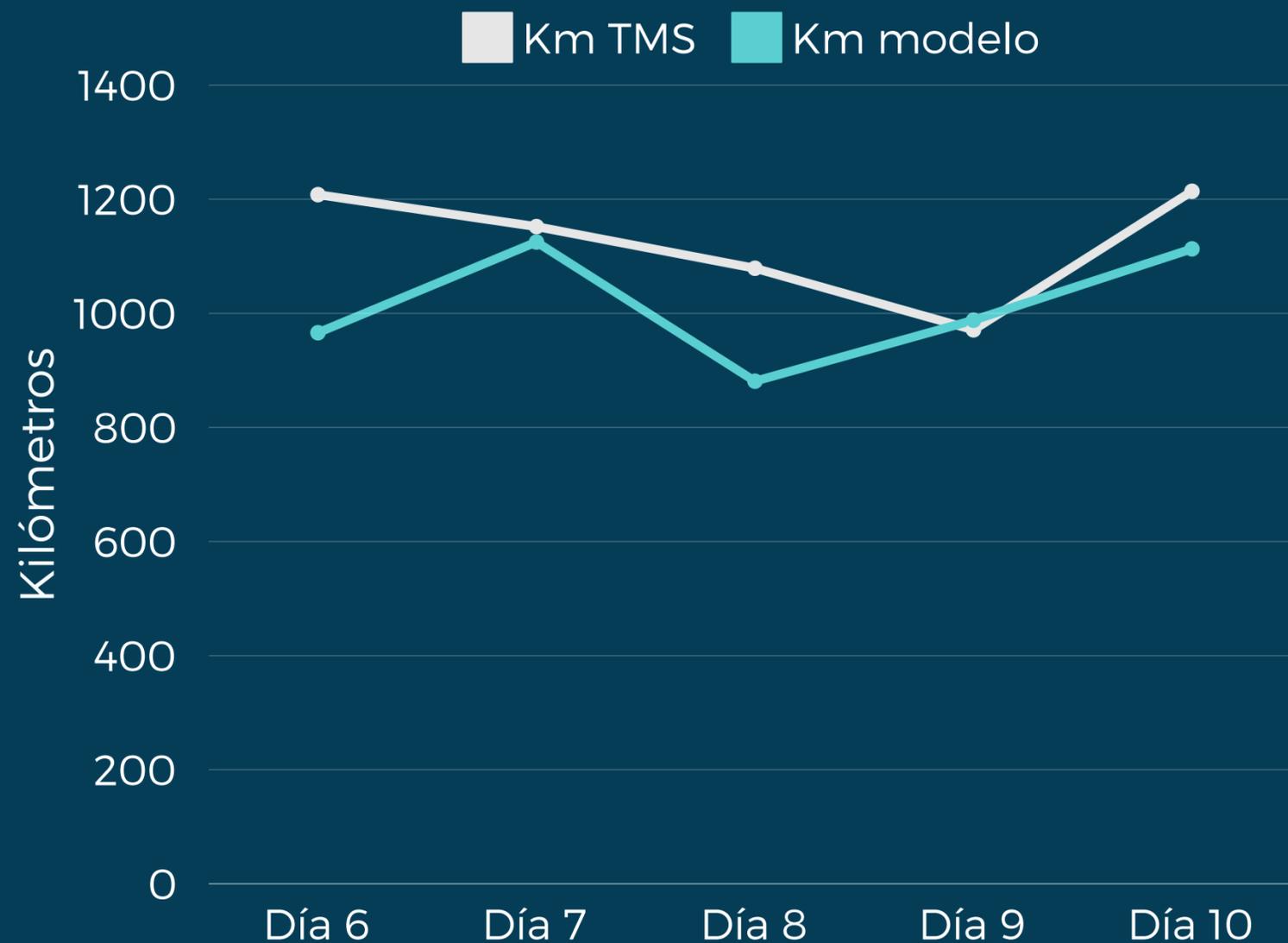
Comparación de TMS con modelo

- En promedio las soluciones del modelo implican **un ahorro del 11,6%** que las sugeridas por el TMS.



Comparación de TMS con modelo

- En promedio las soluciones del modelo implican **un ahorro del 11,6%** que las sugeridas por el TMS.



Conclusiones y trabajos futuros

- El modelo en conjunto con la heurística desarrollada arroja **soluciones coherentes y competitivas** que pueden ser utilizadas en la práctica.
- Aplicación del modelo en conjunto con heurística de partición para otros casos de estudio.
- Mediante experimentación numérica, se estudie cuáles son las dimensiones adecuadas de la flota de vehículos para el caso de estudio expuesto.

¡GRACIAS!