

Desarrollo de estrategias para reducir la exposición de la población a la contaminación en zonas urbanas

Alejandro Rodríguez Sánchez

Facultad de Ciencias Físicas (UCM) // CIEMAT

Dirigido por:

Marta García Vivanco y José Luis Santiago del Río

Jornadas de Doctorandos 2021-2022

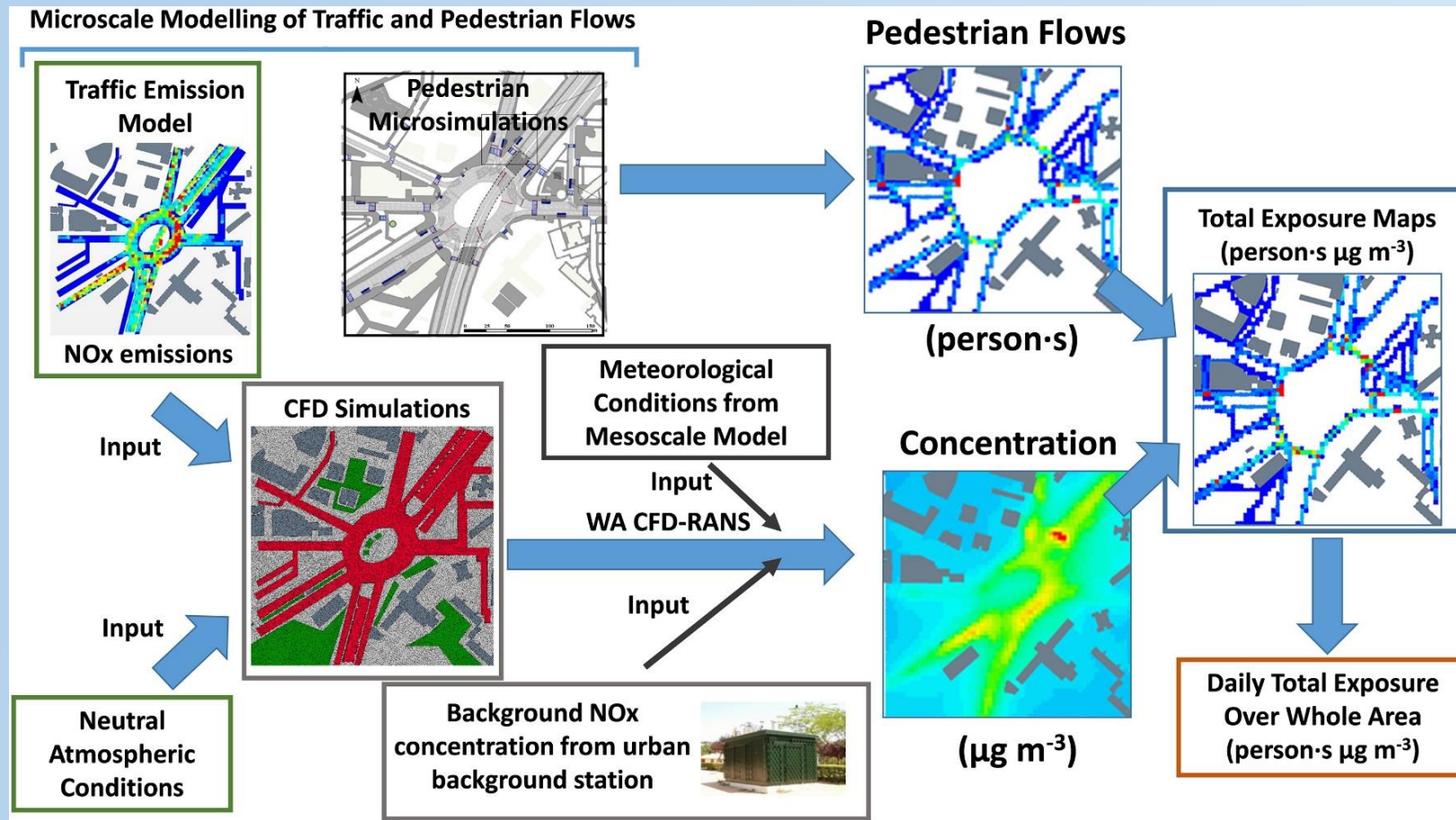
Sesión de Primavera



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID



¿Cómo podemos evaluar el impacto en la población de las emisiones de tráfico?



J.L. Santiago et al. (2021)

¿Por qué simular el tráfico real?

En España:

**+30 millones de vehículos
motorizados (2020)**

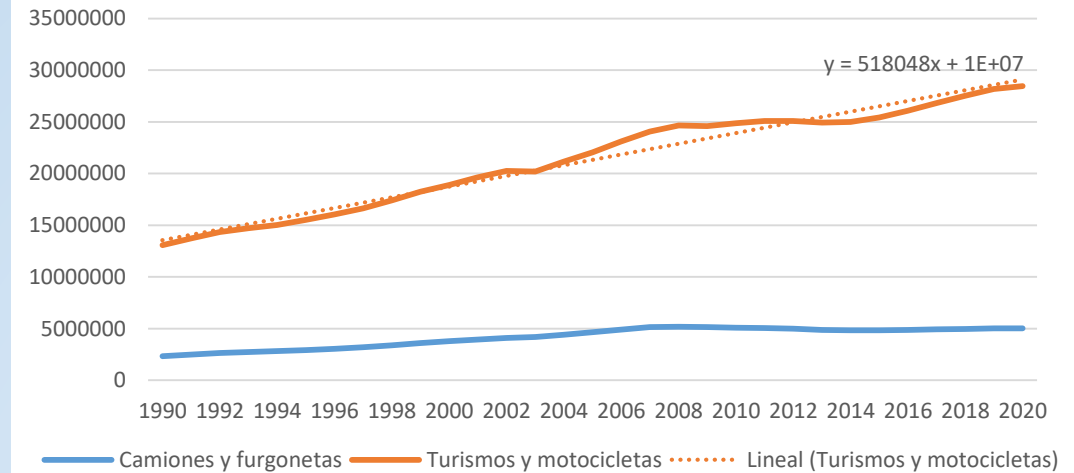
Gestión del tráfico

Problemas
medioambientales



SUMO
SIMULATION OF URBAN MOBILITY

Evolución del parque de vehículos en España

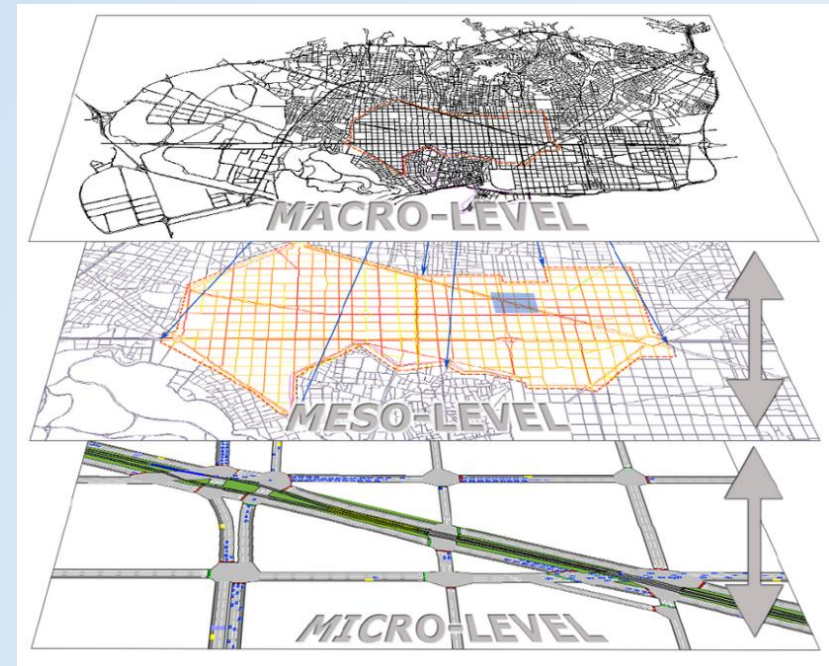


El problema de la modelización del tráfico

- Es un problema que abarca múltiples escalas
 - **Macroescala:** Descripción del tráfico a nivel regional. No modelización explícita de vehículos individuales.
 - **Mesoescala:** Escala de barrios-distritos. Se modelizan vehículos individuales pero no sus interacciones.
 - **Microescala:** Pequeñas áreas. Se resuelven las interacciones entre distintos vehículos y sus interacciones con la red.

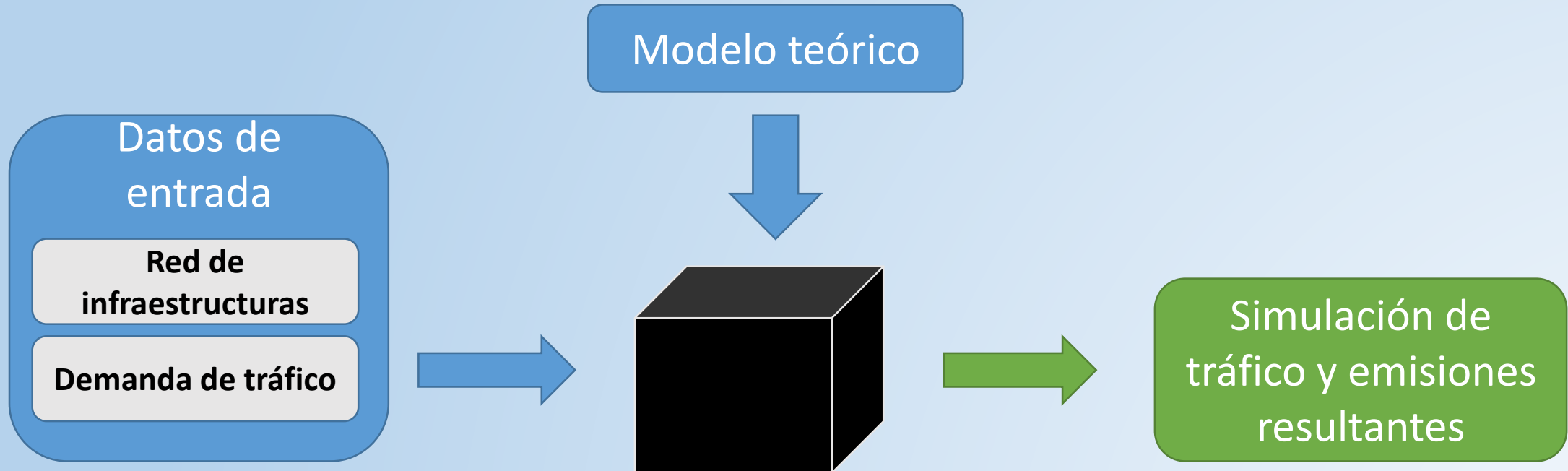
Alto nivel de detalle.

Objetivo: Realizar microsimulaciones de tráfico a no tan pequeña escala (~ciudades enteras)



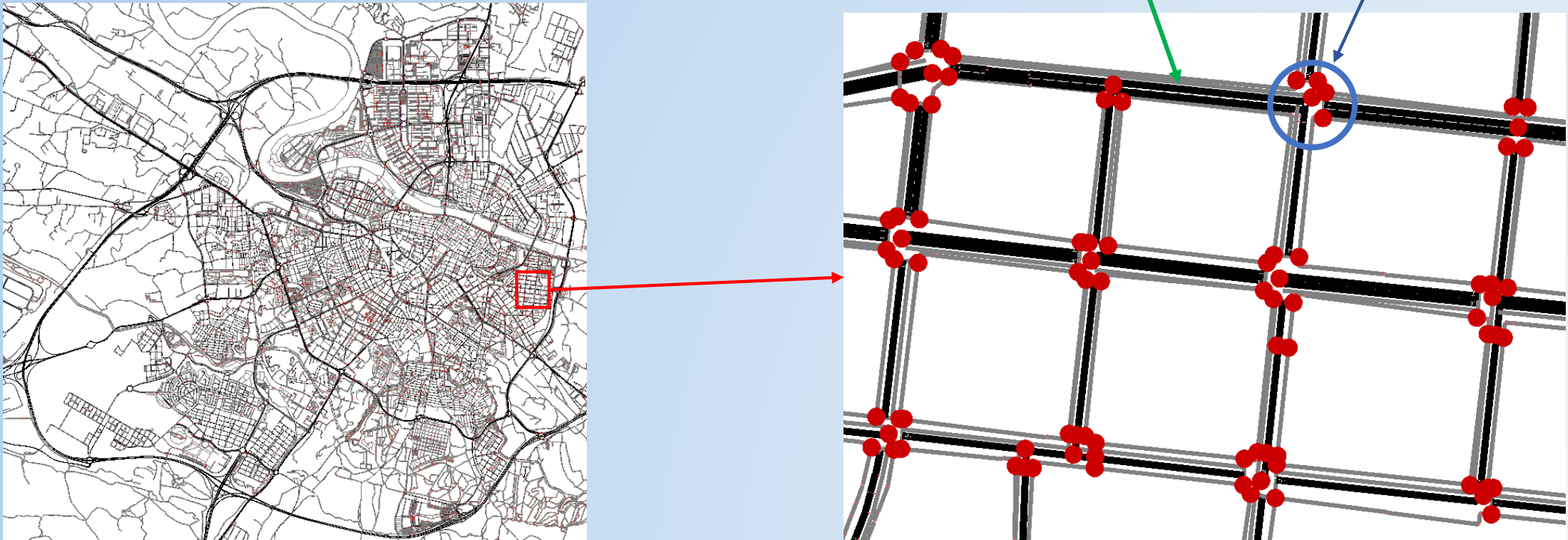
Microsimulaciones de tráfico

¿Qué se necesita?



Datos de entrada

- Red de infraestructuras: Un grafo que representa las conexiones de la red real.

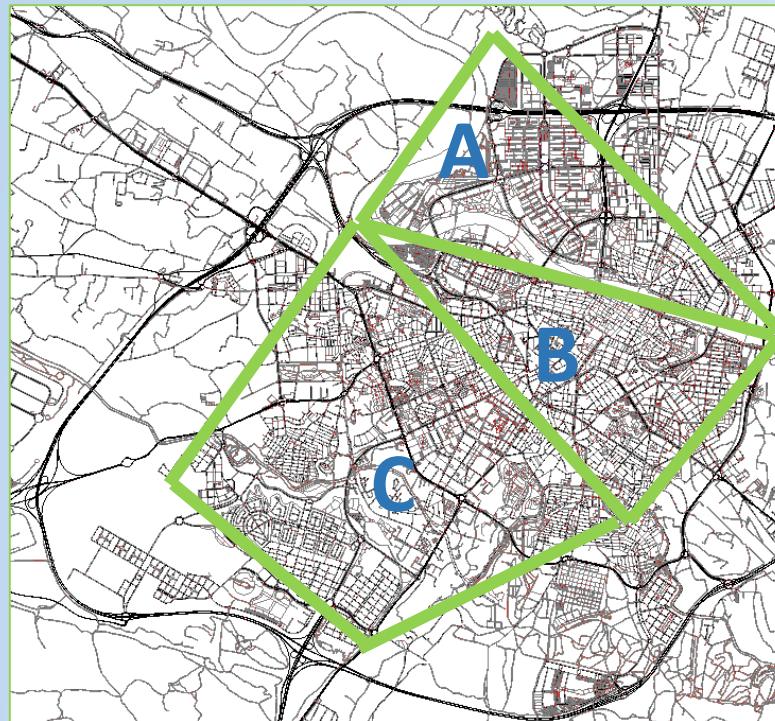


Datos de entrada

- Demanda de tráfico: **Cuántos vehículos** deben ser introducidos en la red durante el periodo de simulación

Matriz Origen-Destino

From-Time	To-Time	
7.00	8.00	
Factor		
1.00		
Distrito_A	Distrito_A	10
Distrito_A	Distrito_B	23
Distrito_A	Distrito_C	15
Distrito_B	Distrito_A	9
Distrito_B	Distrito_B	2
Distrito_B	Distrito_C	11
Distrito_C	Distrito_A	21
Distrito_C	Distrito_B	12
Distrito_C	Distrito_C	13



Detectores de tráfico

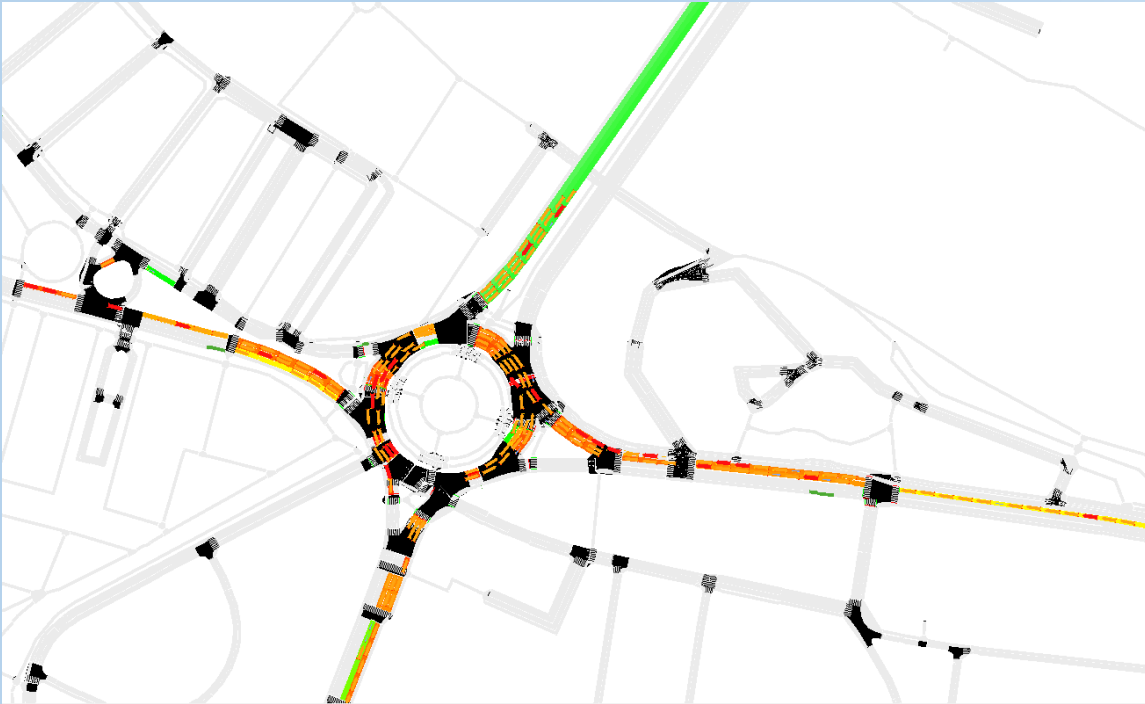
Detector	Tiempo (min)	# Vehículos
PER014-a	0	328
PER014-a	60	1044
PER014-a	120	750
PER014-a	180	525
PER014-a	240	404
PER014-a	300	299
PER014-a	360	238
PER014-a	420	265
PER014-a	480	190
PER014-a	540	143
PER014-a	600	154
PER014-a	660	214
PER014-a	720	391
PER014-a	780	597
PER014-a	840	751

Optimización de la red

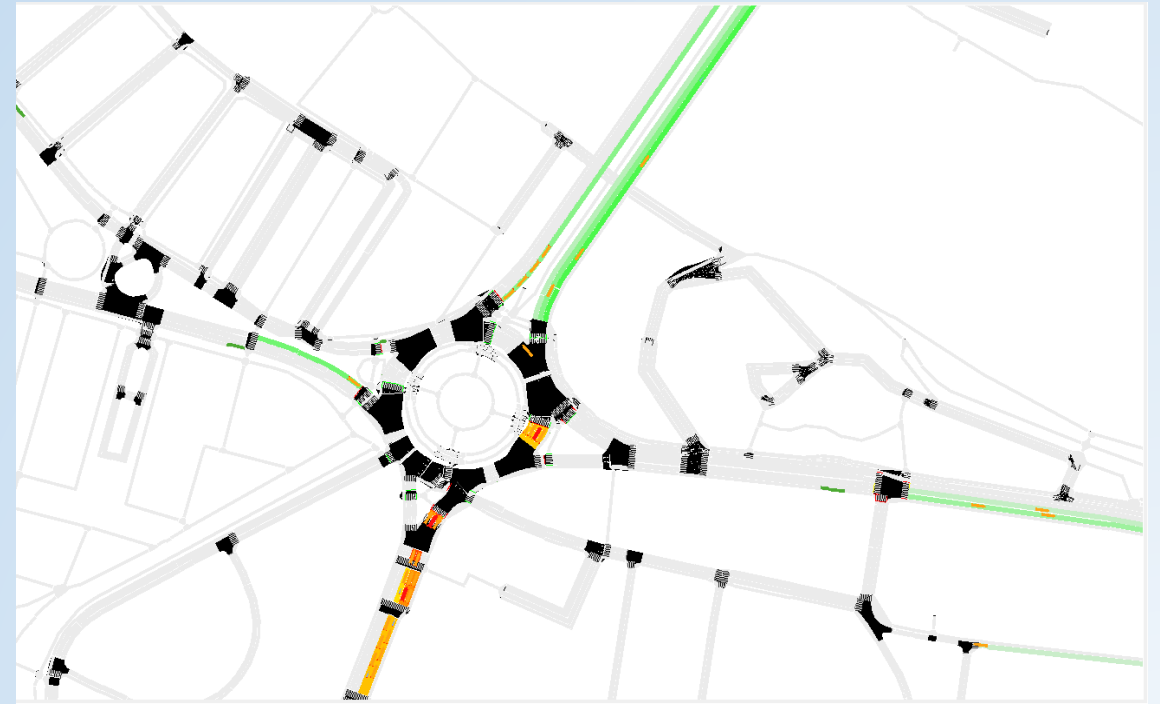
A schematic diagram of a four-way intersection. The intersection is represented by a central red area. Four black road segments with white dashed lines extend from the center to the corners. Red and green lines flow from the center towards the corners, representing traffic paths. The red lines are straight, while the green lines are curved. Small red dots are placed along the road segments.

Una vez conseguidos los datos de entrada necesarios

Optimización de la red



Sin ajuste de semáforos



Con ajuste de semáforos

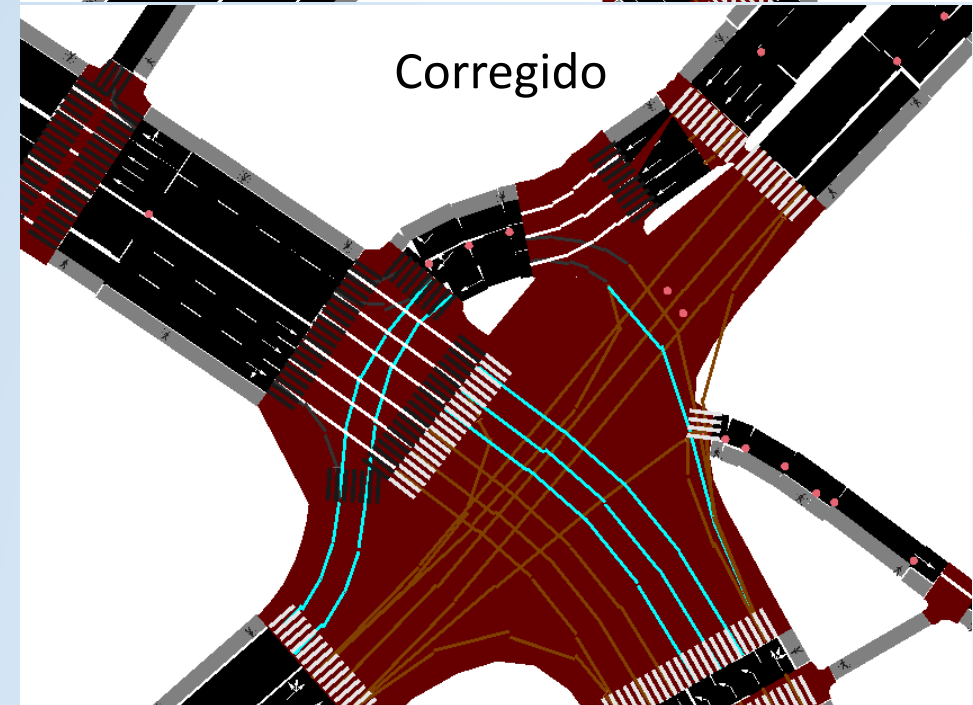
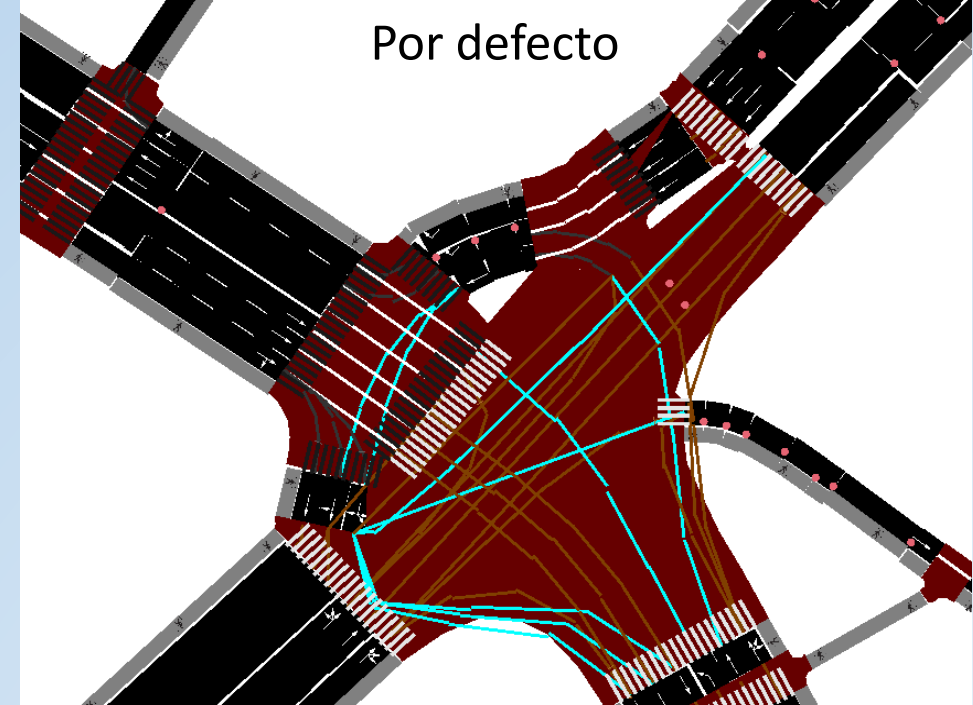
Tráfico a las 06h

Una vez conseguidos los datos de entrada necesarios

Optimización de la red



Puerta del Carmen (Zaragoza)

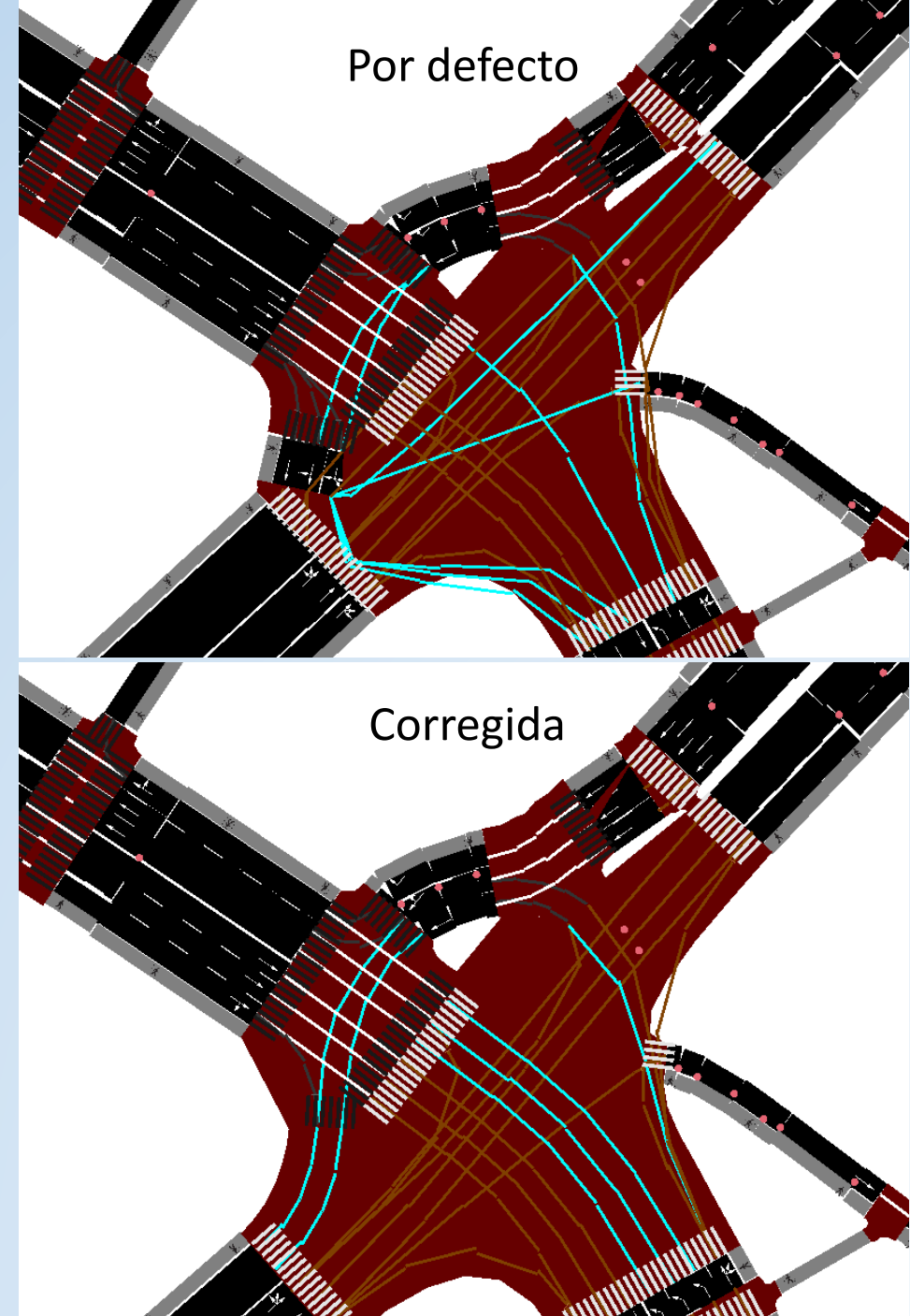


Una vez conseguidos los datos de entrada necesarios

Network tuning

¿Está mi red lo suficientemente optimizada? ¿Cómo lo puedo saber?

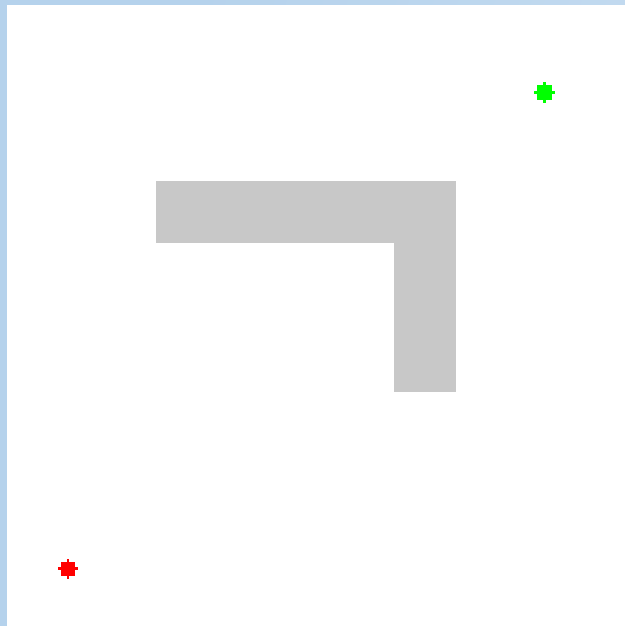
La teoría de grafos nos ayuda a evaluar el grado de optimización de la red



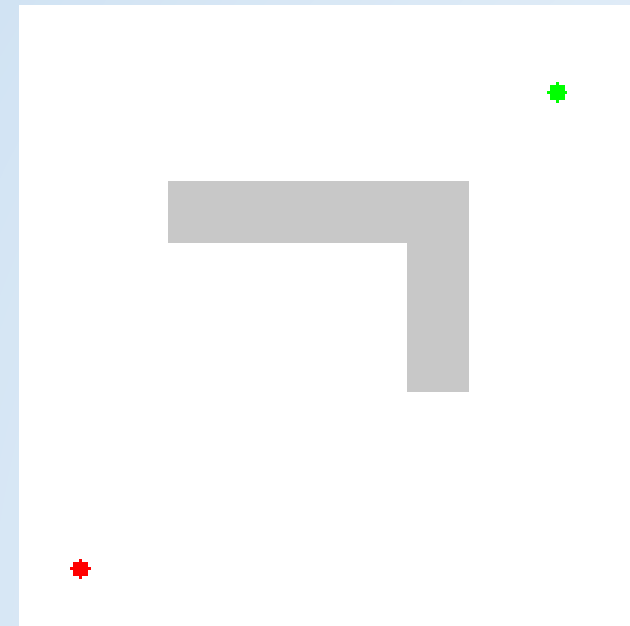
Simulando interacciones vehículo-red y vehículo-vehículo

Definición Dado un grafo dirigido G y un par de puntos origen-destino (s,d) , hallar el camino más corto o rápido p en G .

Algoritmo de Dijkstra



Algoritmo A*



Dynamic User Equilibrium

Problema

Algoritmos de búsqueda de ruta
**solo consideran interacciones
vehículo-carretera**

Solución

User equilibrium assignment

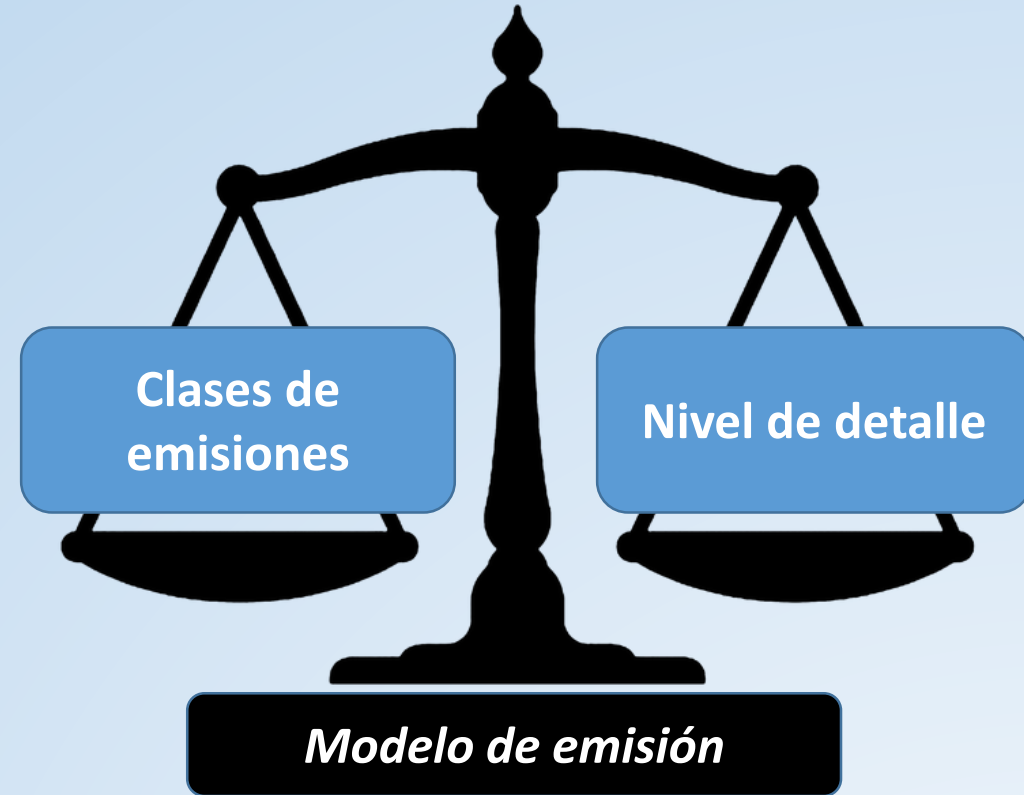
1. Usa búsqueda de ruta para construir set de rutas más cortas sin tráfico.
2. Para cada par O-D, cada conductor elige ruta según distribución de probabilidad p_d
3. p_d se actualiza en función del tráfico en cada ruta

Resultado final: una simulación realista



Emisiones resultantes

- Para calcular las emisiones se emplean **modelos de emisiones**
- ¿Qué requisitos debe cumplir el modelo de emisiones?
 1. Debe cubrir la población de vehículos presente
 2. Misma resolución que la simulación de tráfico
 3. Que requiera únicamente información proporcionada por la simulación



Emisiones resultantes

HBEFA-based model

- Tipos de vehículo de base de datos HBEFA (45+1 clases de emisiones)
- Parámetros influyentes:
 - Velocidad
 - Aceleración

- **Open-source**
- **Fácil de modificar**

No considera parámetros clave como la pendiente de la red

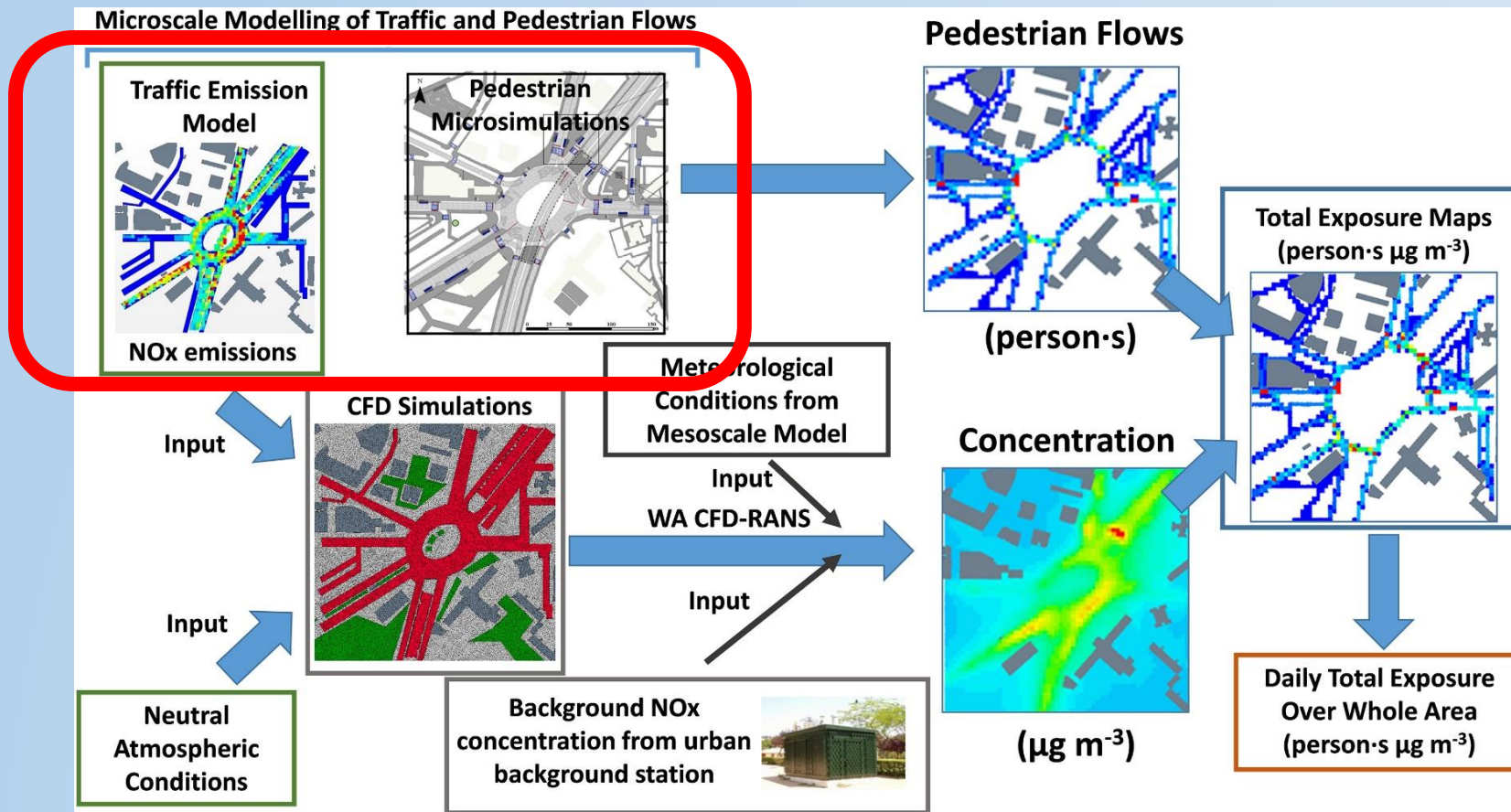
PHEMlight

- Extensa base de datos de vehículos (112+1 clases de emisiones)
- Parámetros influyentes:
 - Velocidad
 - Aceleración
 - Pendiente

En proceso de adquirir los datos de vehículos para usar el modelo

Empleando las simulaciones de tráfico
para reducir la exposición de la
población a la contaminación

¿Cómo podemos evaluar el impacto en la población de las emisiones de tráfico?



J.L. Santiago et al. (2021)

De la emisión a la exposición

Simulación de tráfico

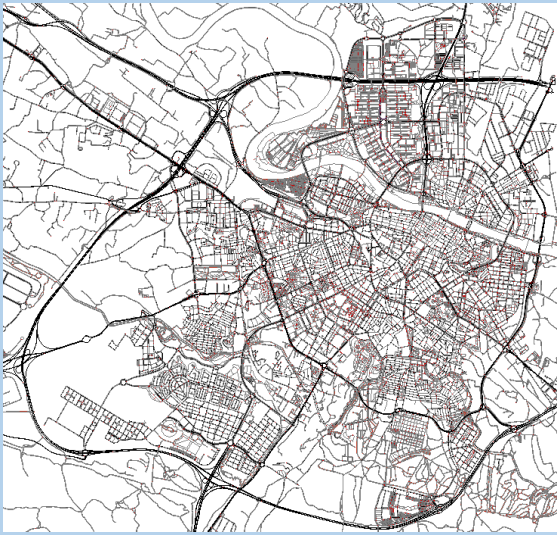


Base de datos de emisiones de alta resolución

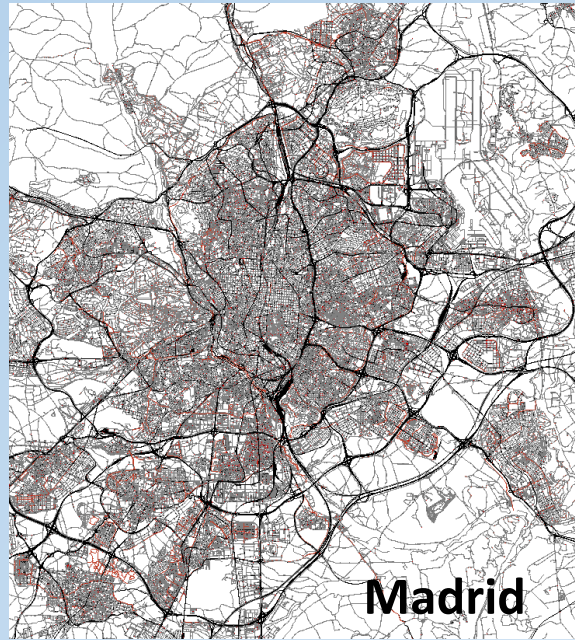


Impactos en la población

Concentraciones de contaminantes en la atmósfera



Zaragoza



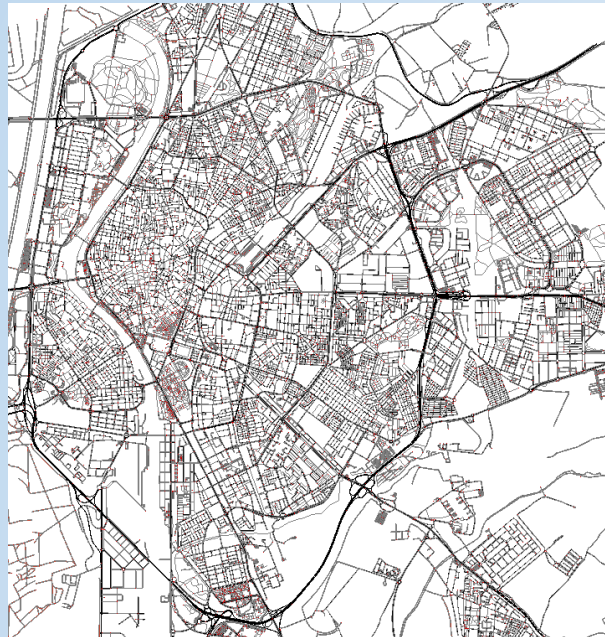
Madrid



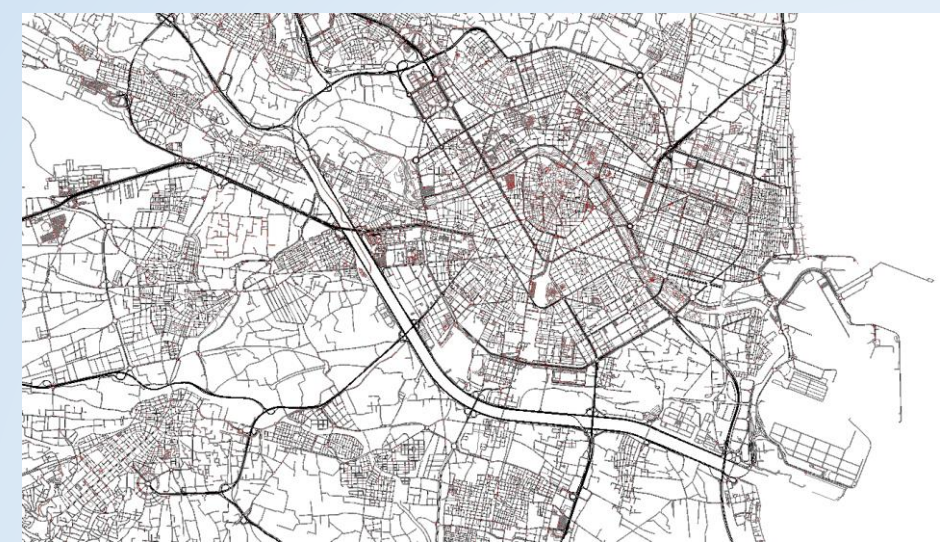
**Plaza
Elíptica**



Barcelona



Sevilla



Valencia

¡Gracias por vuestra atención!

¿Preguntas?



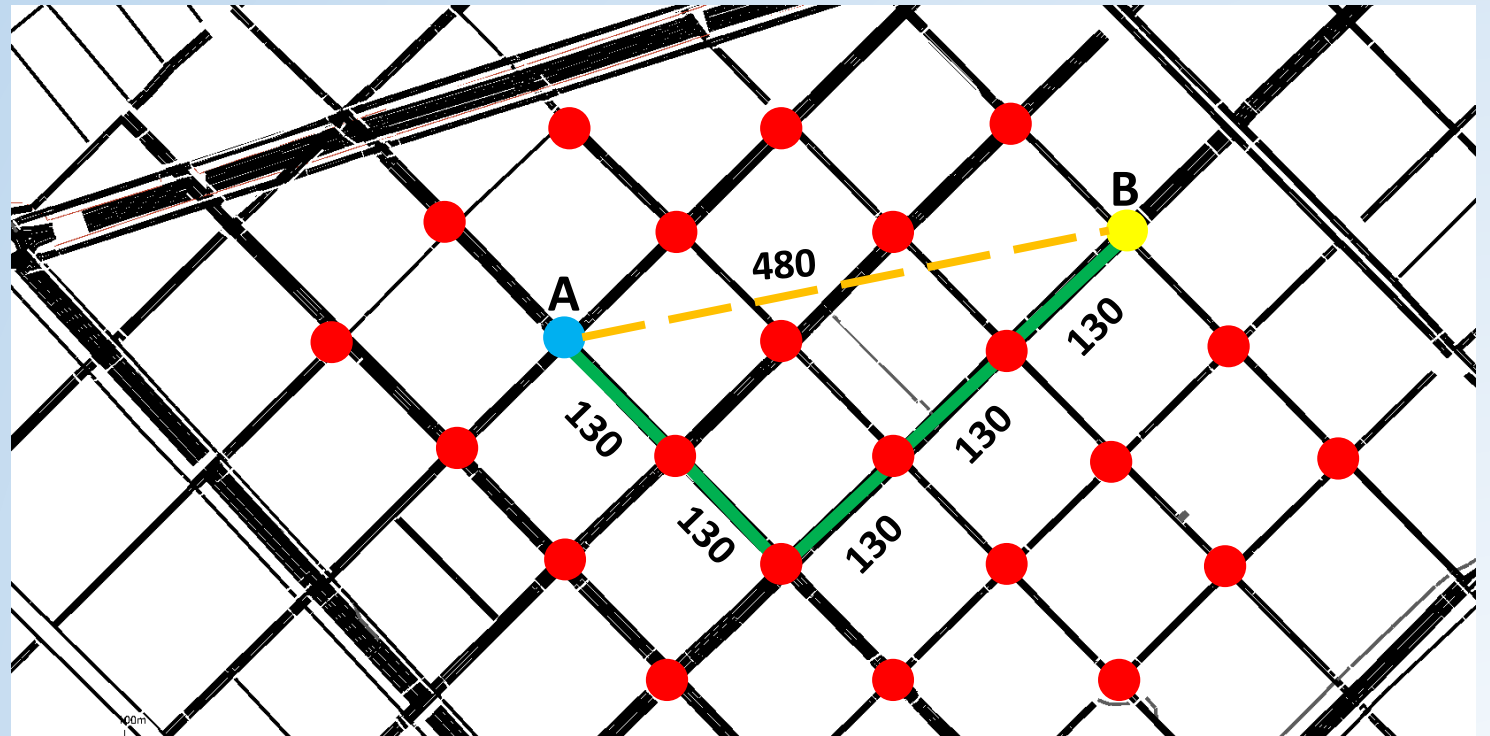
Las matemáticas de la red de carreteras

Métricas simples aplicadas a la red de carreteras

*Route factor or
detour index*

$$Q(i,j) = \frac{d_R(i,j)}{d_E(i,j)}$$

$$Q(i,j) = \frac{130 * 5}{480} \cong 1,354$$



Zoom sobre distrito de L'Eixample (Barcelona)

Las matemáticas de la red de carreteras

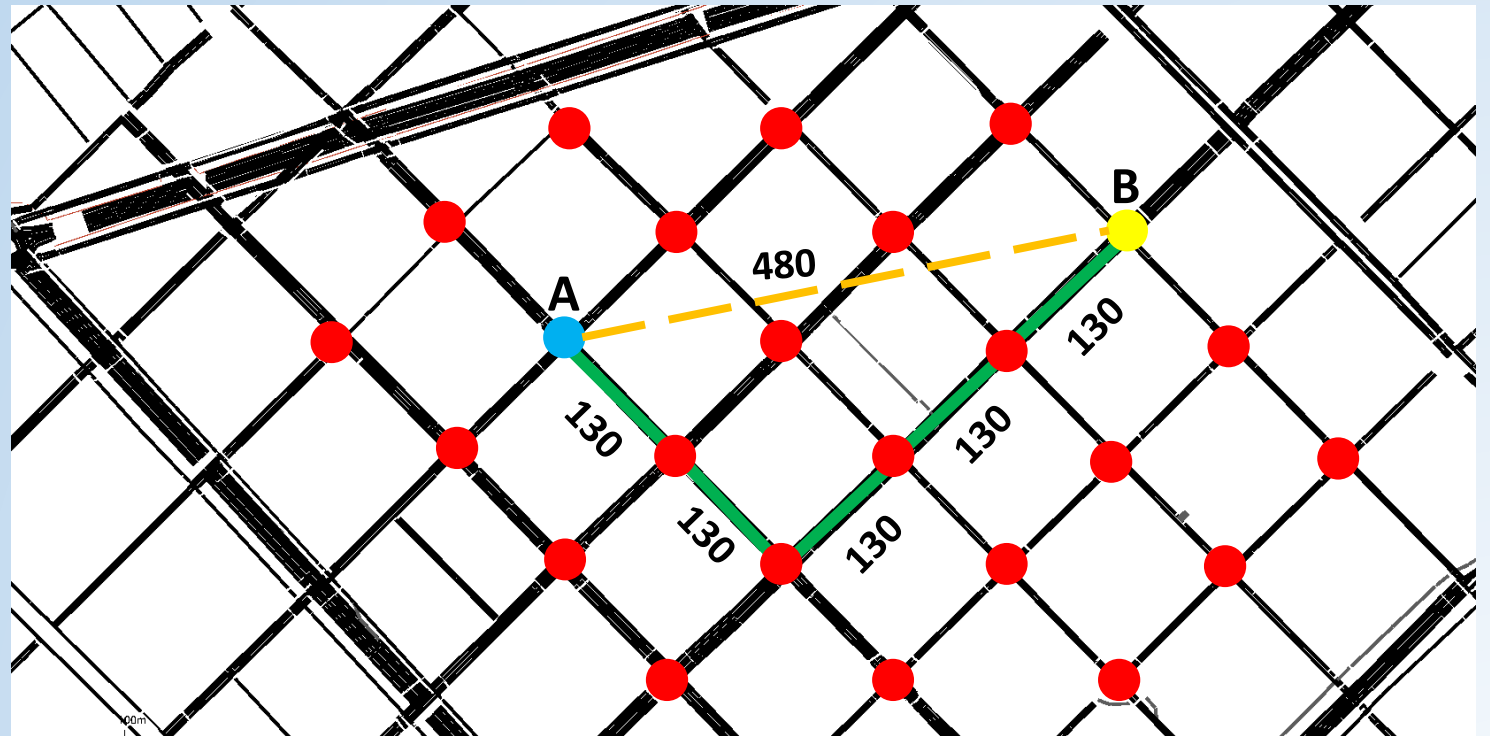
Métricas simples aplicadas a la red de carreteras

Betweenness centrality

$$BC(i) = \sum_{s,t} \frac{\sigma_{s,t}(i)}{\sigma_{s,t}}$$

$\sigma_{s,t}$ is the number of shortest paths going from s to t.

$\sigma_{s,t}(i)$ is the number of shortest paths going from s to t through node “i”



Útil para identificar puntos críticos en la red que puedan afectar al desempeño de la misma