

# Modelización del impacto de las emisiones de las calderas domésticas de biomasa en la concentración de partículas atmosféricas en zonas urbanas

**José Luíz Santiago y Fernando Martín**

División de Contaminación Atmosférica, CIEMAT

Avda. Complutense 40, Ed. 3, 28040 Madrid

[jl.santiago@ciemat.es](mailto:jl.santiago@ciemat.es)

[fernando.martin@ciemat.es](mailto:fernando.martin@ciemat.es)

# INDICE

- Introducción
- Objetivos
- Caso de estudio
- Metodología
- Resultados (escenarios)
- Conclusiones

# INTRODUCCION

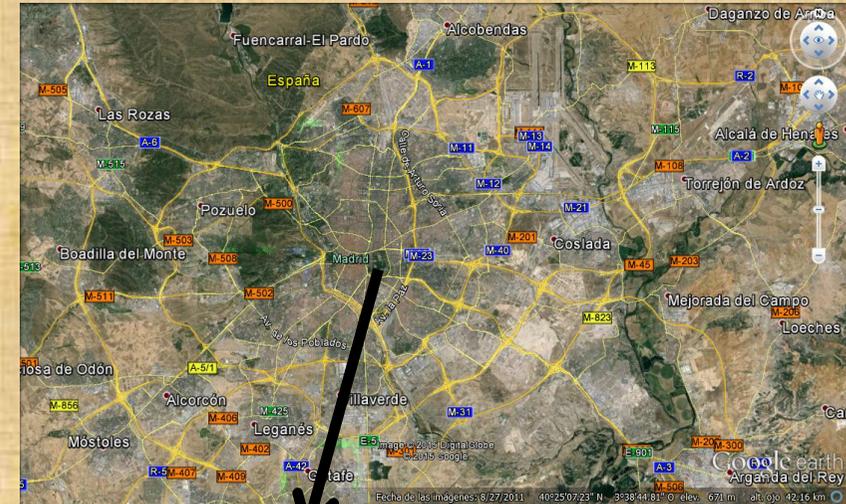
- Biomasa ha surgido como combustible alternativo → necesaria regulación.
- Plan Aire. Uso de biomasa como combustible en calderas para calefacción y agua caliente sanitaria en RCI. Medida sectorial (RCI1.III) se refiere a la regulación de la biomasa a emplear.
  - Calderas pequeñas → cumplimiento de normas CEN y si no, MAGRAMA establecerá requisitos técnicos y cumplimiento de unos límites de emisión.
  - Calderas grandes → cumplimiento de límites de emisión.
- Calderas de calefacción en edificios deben cumplir norma UNE-EN 303-5
- En desarrollo, nueva reglamentación en preparación (nuevos valores límite de emisiones, etc).
- Necesidad de conocer el impacto de calderas de calefacción y agua caliente sanitaria asumiendo el cumplimiento de límites de emisiones actuales y futuros.
- **Encomienda de Gestión del MAGRAMA al CIEMAT.**

# OBJETIVOS

- Determinar mediante técnicas de modelización atmosférica a microescala de alta resolución el impacto de las emisiones de las calderas domésticas de biomasa en la concentración de partículas atmosféricas PM10 en zonas urbanas en comparación con el impacto del tráfico que es la principal fuente emisora.
- Distintos escenarios
  - Escenario actual
  - Escenarios posibles con distintos grados de uso de tipos de combustibles

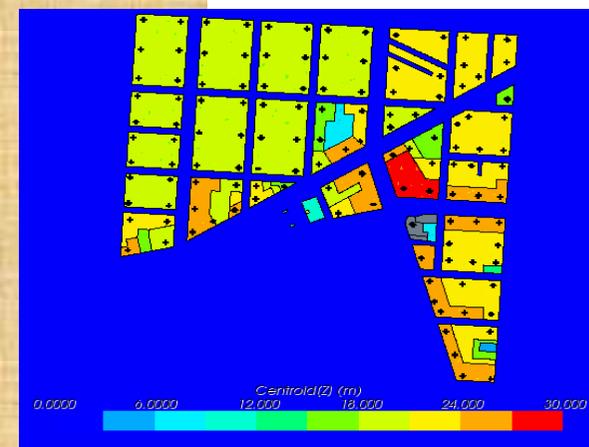
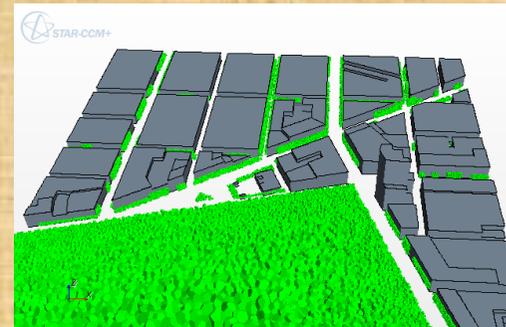
# CASO DE ESTUDIO

- Alrededores de la estación de monitorización de Escuelas Aguirre (Figura 1)
- Entre enero y marzo de 2011. Invierno. Uso intensivo de calefacciones.
- ¿Por qué esta zona?
  - Características de la zona:
    - Alta intensidad de tráfico
    - Edificios de viviendas candidatos a la instalación de calderas de biomasa para calefacción y agua caliente .
  - Zona bien caracterizada en estudios anteriores (circulaciones atmosféricas y dispersión de contaminantes)



# METODOLOGÍA

- Simulaciones RANS con modelo CFD Star-CCM+ estacionarias para cada dirección de viento (16 direcciones) con una resolución de 1 m.
- Un trazador emitido cada foco emisor:
  - Emisiones del tráfico en cada calle según intensidad de tráfico.
  - Emisiones de calderas comunitarias en edificios (07:00-00:00)



# METODOLOGÍA

- Concentraciones de fondo han sido tomadas de las estaciones de monitorización de fondo urbano como el valor menor a cada hora
- Mapas de concentración media calculado aplicando promedios ponderados de las simulaciones estacionarias considerando la frecuencia de cada dirección de viento y la velocidad.

$$C_{\text{Real}}(t) \propto C_{\text{modelizado}}(\text{Sector}(t)) = \sum_i C_i(\text{Sector}(t)) \cdot \frac{L_i}{V_{\text{source}_i}} \cdot N_i(t) \cdot \frac{1}{v_{in}(t)}$$

# EMISIONES DE CALDERAS

- Se asume que en zona de estudio se cumple la misma relación entre emisiones de PM10 del sector RCI y del tráfico (0.307) que en todo municipio de Madrid.
- El porcentaje de uso de distintos combustibles (2012):

	RCI (Total: Biomasa, Gas Natural, Productos Petrolíferos y Carbón)
<b>Biomasa</b>	0.6 %
<b>Gas Natural</b>	76.6 %
<b>Productos Petrolíferos</b>	20.6 %
<b>Carbón</b>	2.2 %

# EMISIONES DE CALDERAS

Factores de emisión (EEA, 2013):

- Gas natural (2.2 g/GJ),
- Gas oil (2.2 g/GJ)
- Carbón (240 g/GJ).
- Biomasa, asumimos que:
  - calderas de biomasa cumplen valor límite de norma UNE-EN 303-5 para calderas clase 3 a 10% de O<sub>2</sub> → 150 mg/m<sup>3</sup>.
  - poder calorífico Hu = 16 GJ/t y 10 m<sup>3</sup>/kg para gases emitidos por conductos (flue gases) (EEA, 2013; van Loo, 2002).
  - factor de emisión sería 93.75 g/GJ.

Contribución a emisiones de PM10 de cada combustible:

	RCI (Total: Biomasa, Gas Natural, Productos Petrolíferos y Carbón) Contribución al consumo energético	RCI (Total: Biomasa, Gas Natural, Productos Petrolíferos y Carbón) Contribución en emisiones de PM10
Biomasa	0.6 %	6.9 %
Gas Natural	76.6 %	21.2 %
Productos Petrolíferos	20.6 %	5.7 %
Carbón	2.2 %	66.2 %



# ESCENARIOS EMISIONES PM10 DE RCI

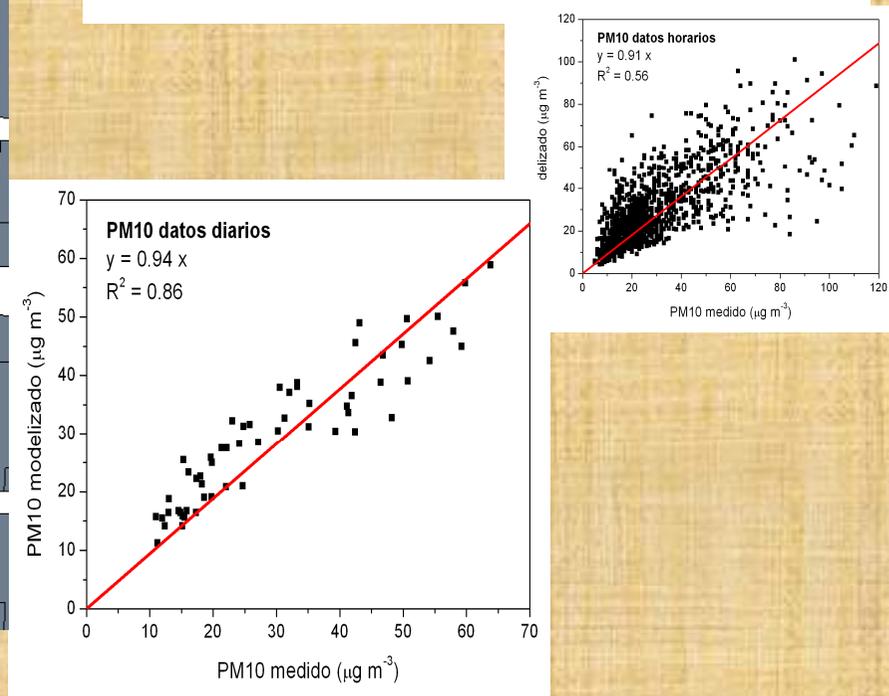
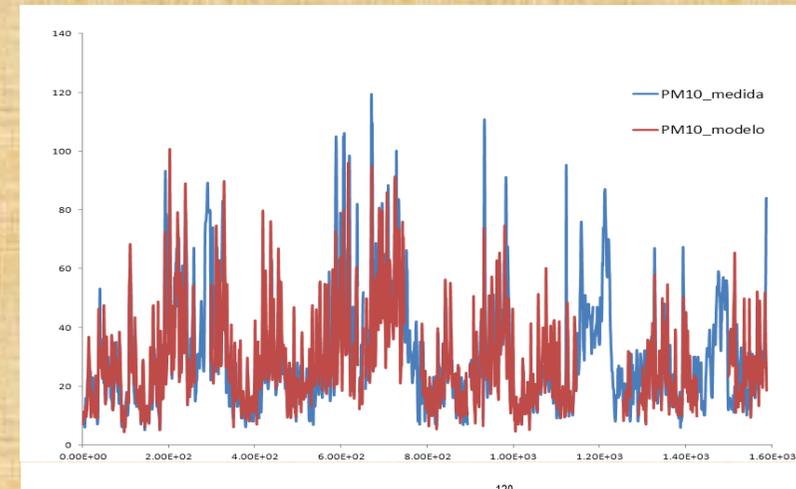
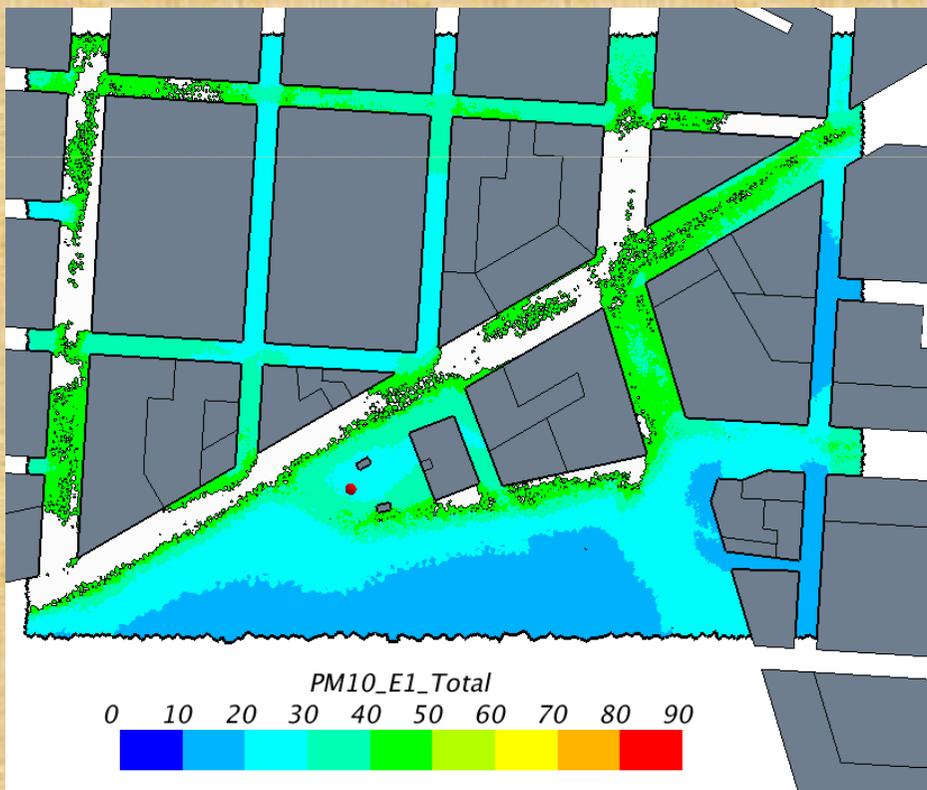
- Emisiones de PM10 para cada escenario del sector RCI
- Se considera dos subescenarios de factor de emisión biomasa para cada escenario:
  - a. Factor actual: 150 mg/m<sup>3</sup> (Norma UNE)
  - b. Factor hipotético: 60 mg/m<sup>3</sup> (posible revisión)
- Contribución a emisiones totales de PM10 del sector RCI,  
Emisión-escenario i/emisión-escenario 0 y relación emisiones RCI / tráfico.

	0	1.a	1.b	2.a	2.b	3.a	3.b	4.a	4.b	5	6
<b>Biomasa</b>	6.9 %	93 %	85 %	98 %	94 %	99 %	98 %	100 %	100 %	0 %	0 %
<b>Gas Natural</b>	21.2 %	7 %	15 %	2 %	6 %	1 %	2 %	0 %	0 %	100 %	0 %
<b>Prod. Petróleo</b>	5.7 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
<b>Carbón</b>	66.2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %
<b>Em<sub>i</sub>/ Em<sub>0</sub></b>		<b>3.15</b>	<b>1.38</b>	<b>6.02</b>	<b>2.49</b>	<b>8.9</b>	<b>3.6</b>	<b>11.8</b>	<b>4.71</b>	<b>0.28</b>	<b>30.14</b>
<b>emisiones calderas/tráfico</b>	0.307	<b>0.97</b>	<b>0.43</b>	<b>1.85</b>	<b>0.77</b>	<b>2.74</b>	<b>1.11</b>	<b>3.63</b>	<b>1.45</b>	<b>0.08</b>	<b>9.27</b>

# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

## Escenario 0 o base.

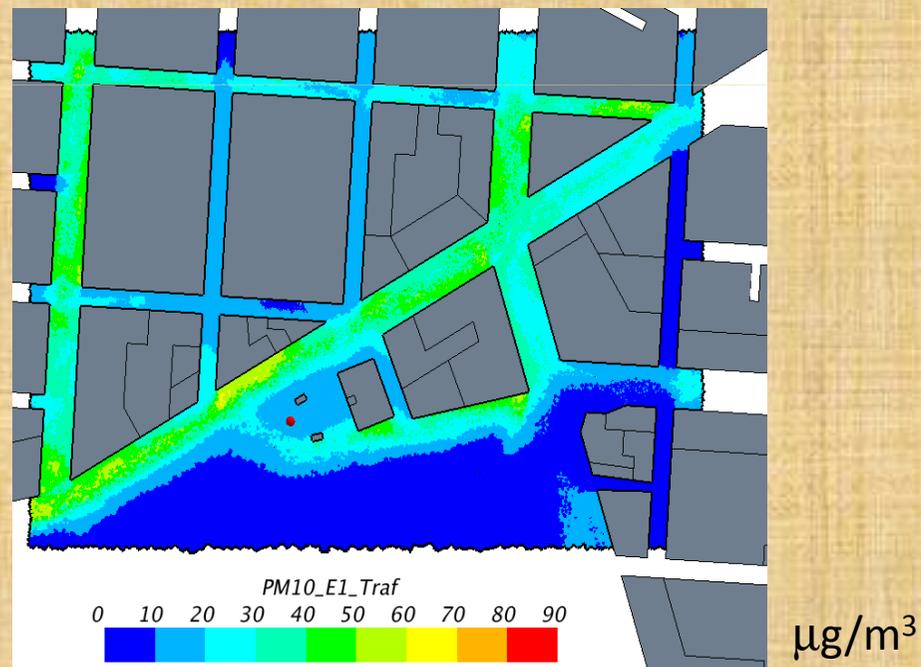
Blanco: conc PM10 > 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (**17% del area**)



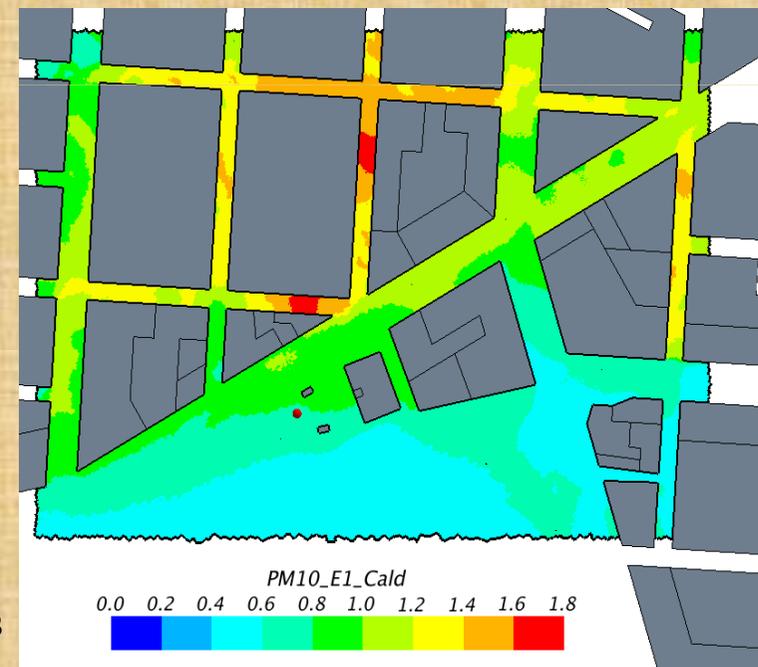
# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

## Escenario 0 (base).

CONTRIBUCION TRAFICO



CONTRIBUCION CALDERAS  $\leq 1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$



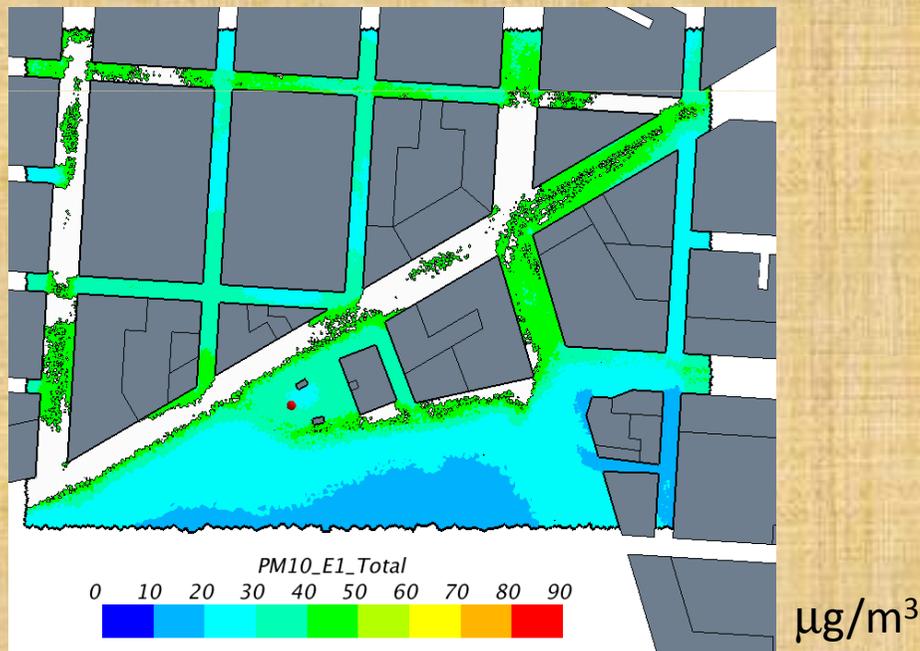
*Ojo la escala es distinta!!*

# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

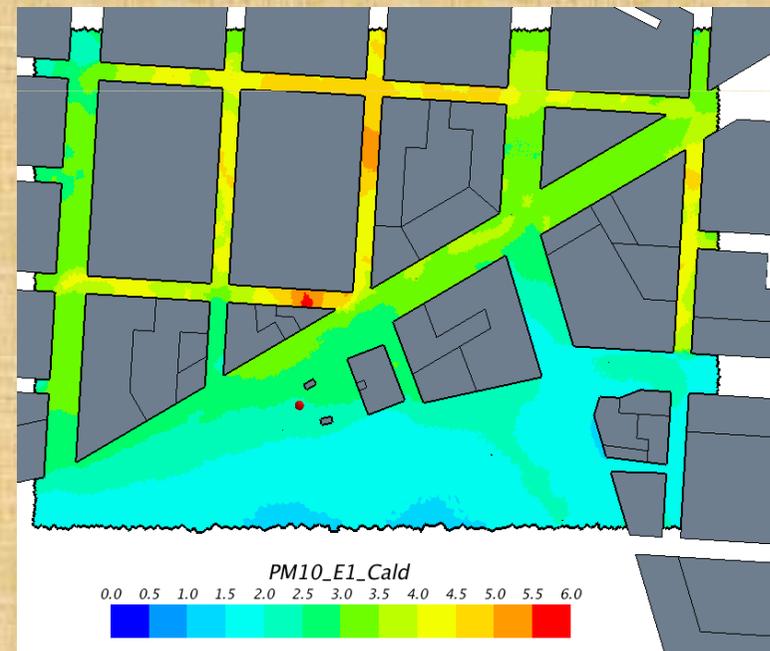
Escenario 1a.

**Biomasa(150 mg/m<sup>3</sup>)=25%, Gas Natural=75%**

TOTAL



CONTRIBUCION CALDERAS ≤ 6 µg/m<sup>3</sup>



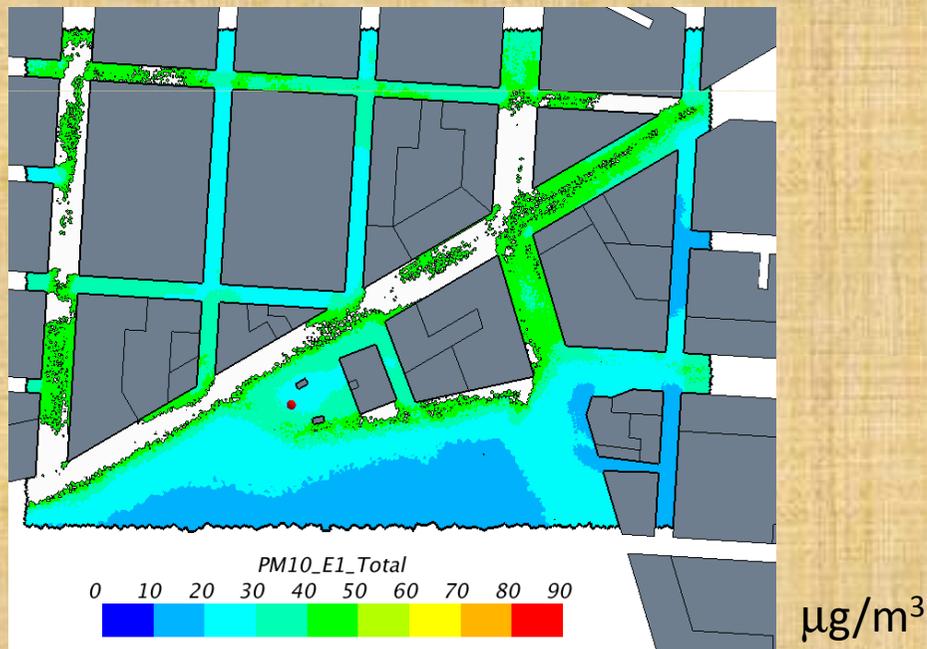
*Ojo la escala es distinta!!*

# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

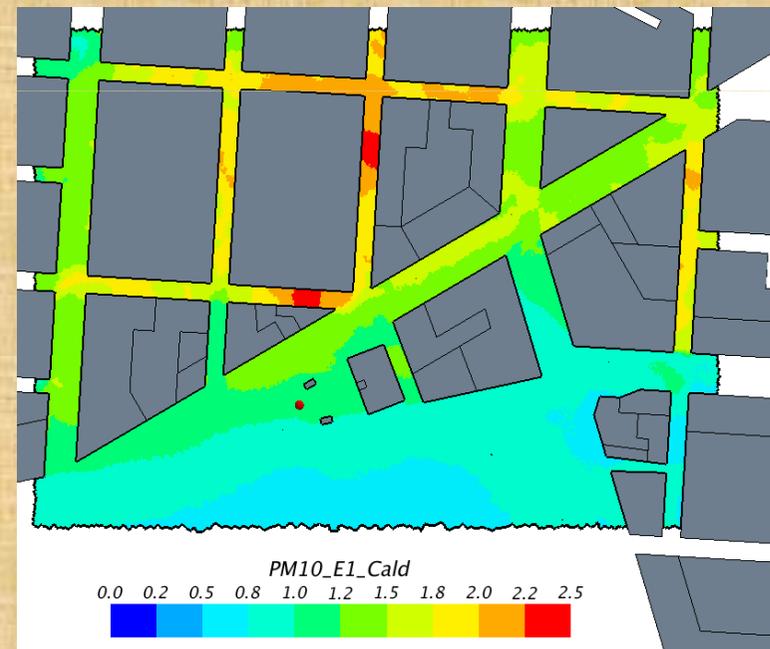
Escenario 1b.

Biomasa(60 mg/m<sup>3</sup>)=25%, Gas Natural=75%

TOTAL



CONTRIBUCION CALDERAS ≤ 2.5 µg/m<sup>3</sup>



*Ojo la escala es distinta!!*

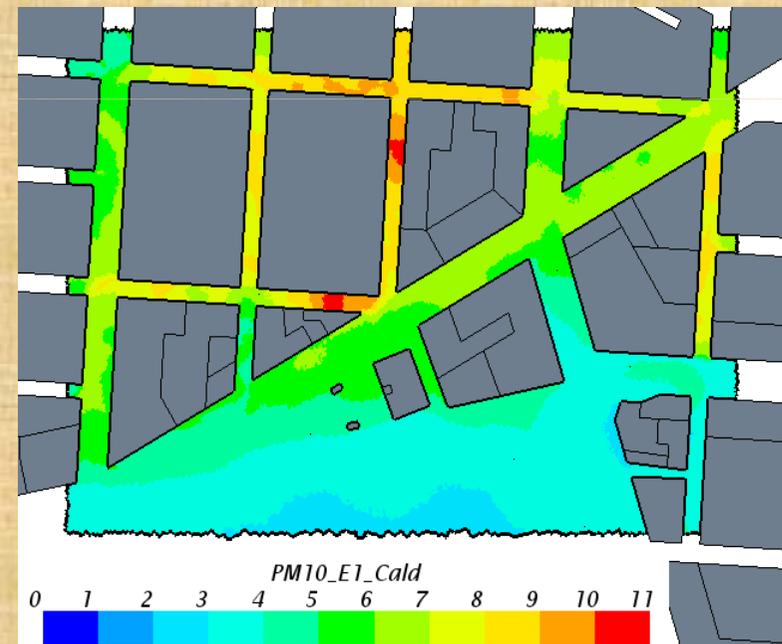
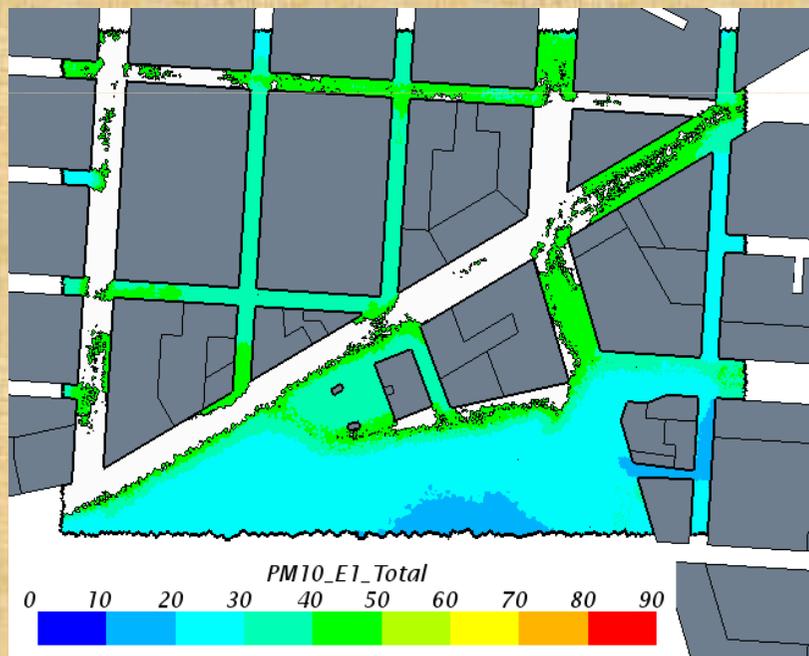
# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

Escenario 2a.

**Biomasa(150 mg/m<sup>3</sup>)=50%, Gas Natural=50%**

TOTAL

CONTRIBUCION CALDERAS  $\leq 11 \mu\text{g}/\text{m}^3$



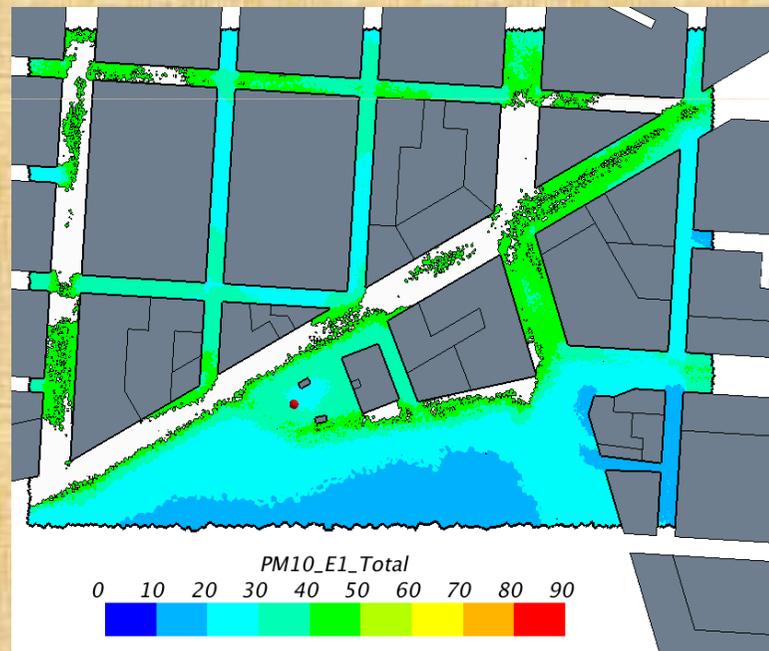
*Ojo la escala es distinta!!*

# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

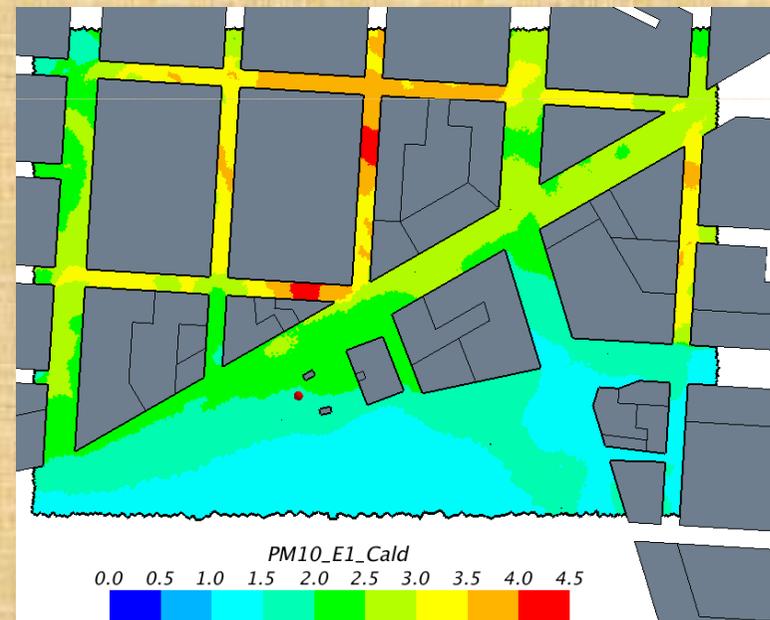
## Escenario 2b.

### Biomasa(60 mg/m<sup>3</sup>)=50%, Gas Natural=50%

TOTAL



CONTRIBUCION CALDERAS ≤ 4.5 µg/m<sup>3</sup>



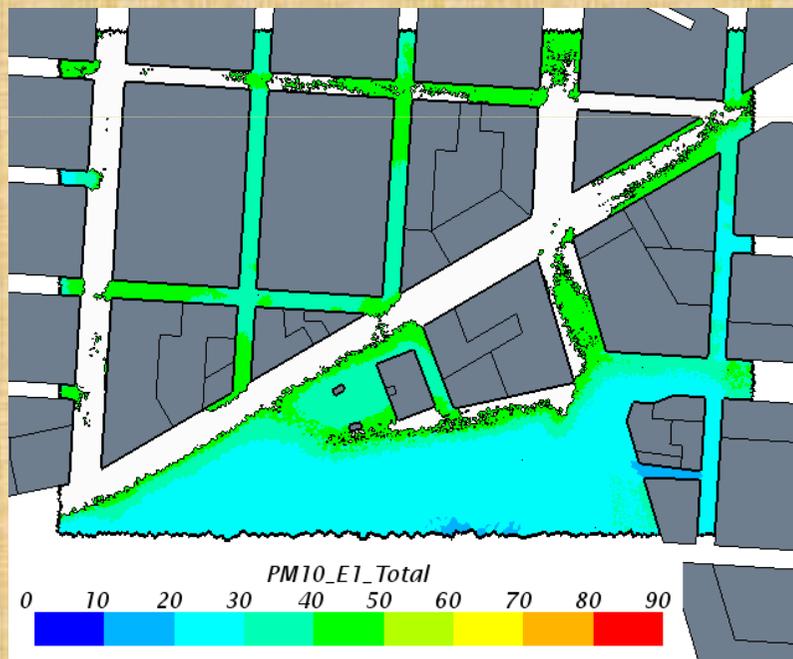
*Ojo la escala es distinta!!*

# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

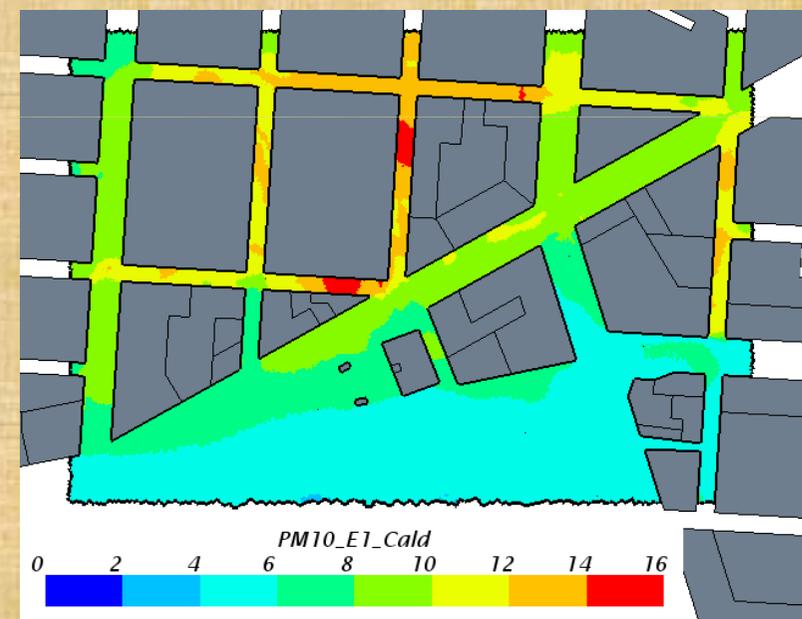
Escenario 3a.

**Biomasa(150 mg/m<sup>3</sup>)=75%, Gas Natural=25%**

TOTAL



CONTRIBUCION CALDERAS ≤ 16 µg/m<sup>3</sup>



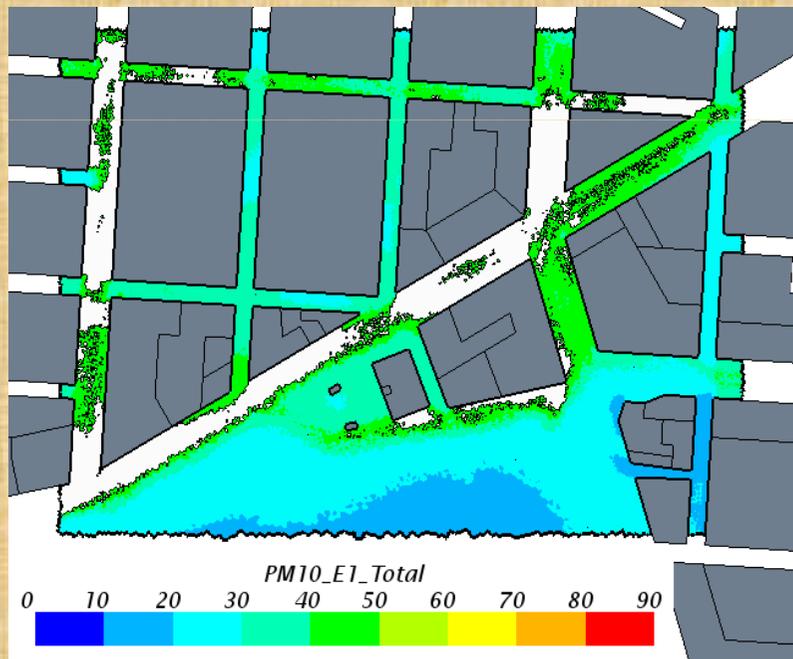
*Ojo la escala es distinta!!*

# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

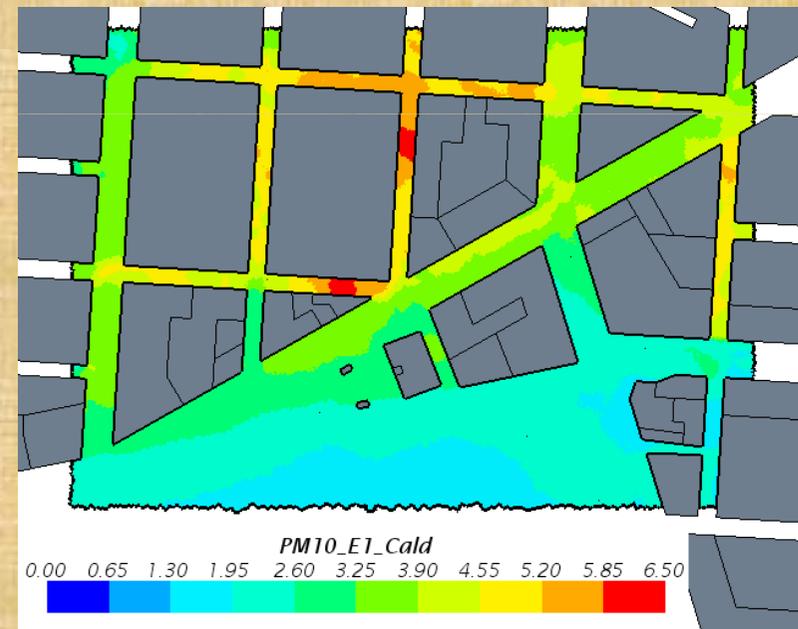
Escenario 3b.

Biomasa(60 mg/m<sup>3</sup>)=75%, Gas Natural=25%

TOTAL



CONTRIBUCION CALDERAS ≤ 6.5 µg/m<sup>3</sup>

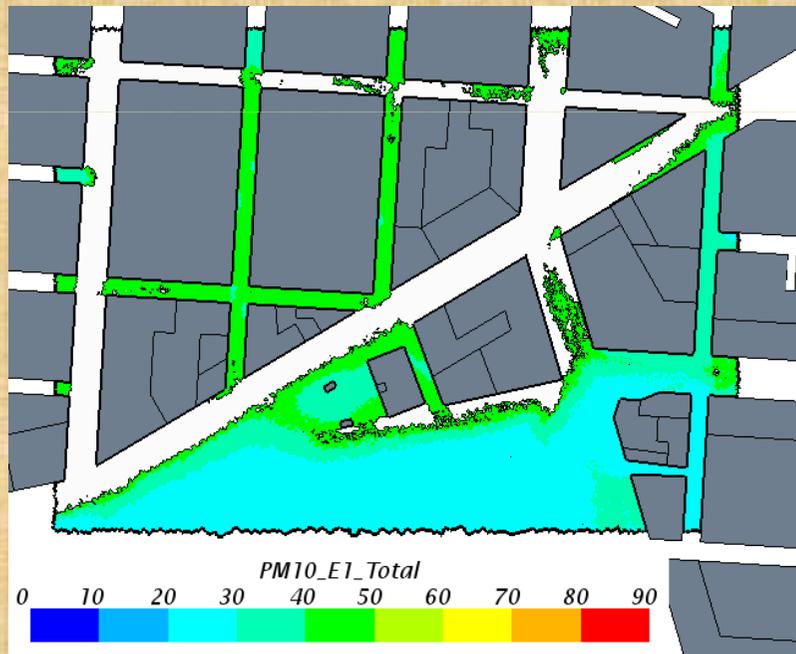


*Ojo la escala es distinta!!*

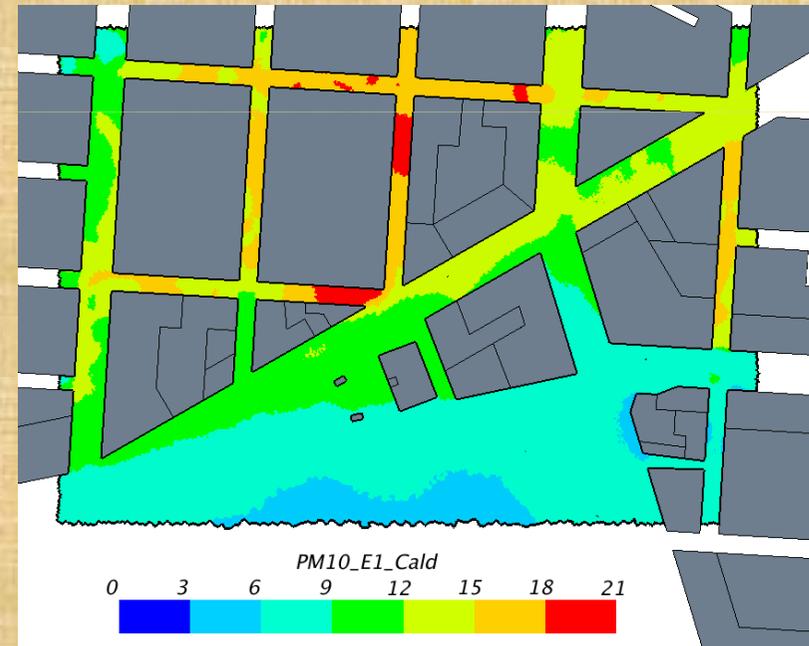
# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

Escenario 4a. Biomasa(150 mg/m<sup>3</sup>)=100%

TOTAL



CONTRIBUCION CALDERAS  $\leq 21 \mu\text{g}/\text{m}^3$

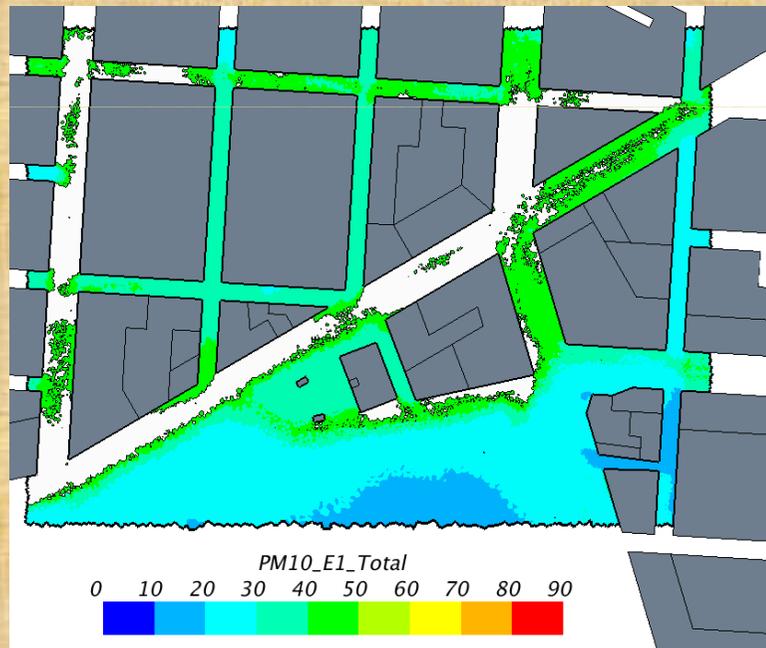


*Ojo la escala es distinta!!*

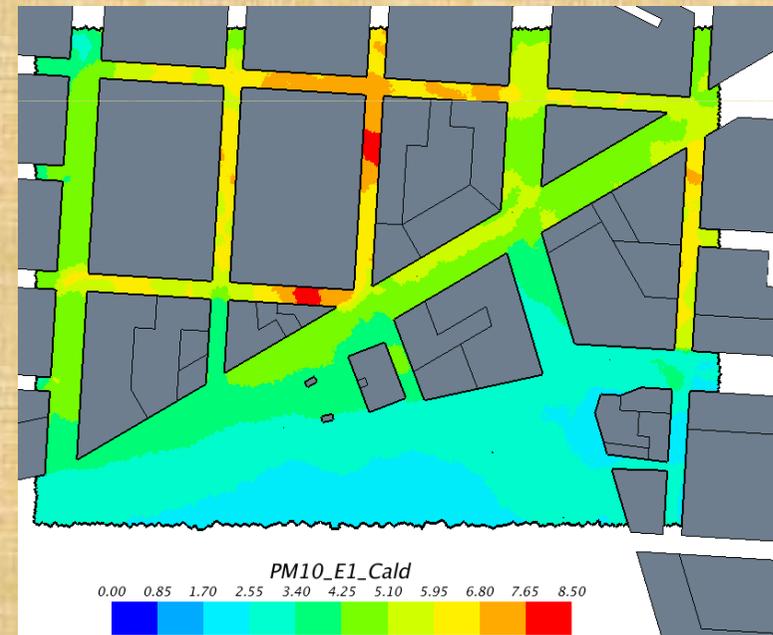
# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

## Escenario 4b. Biomasa(60 mg/m<sup>3</sup>)=100%

TOTAL



CONTRIBUCION CALDERAS ≤ 8.5 µg/m<sup>3</sup>

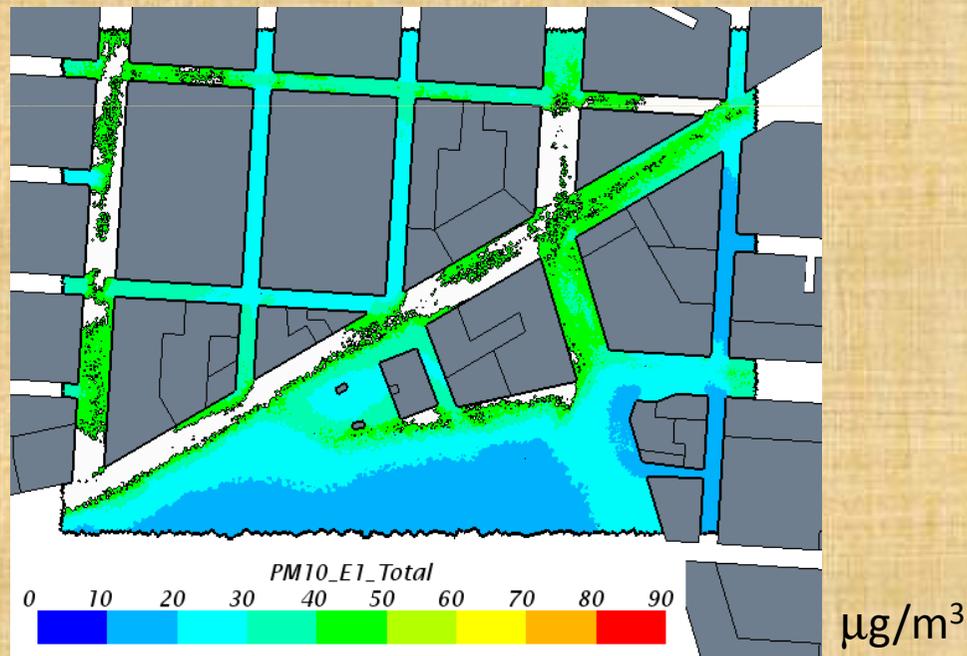


*Ojo la escala es distinta!!*

# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

## Escenario 5. Gas Natural 100%

TOTAL



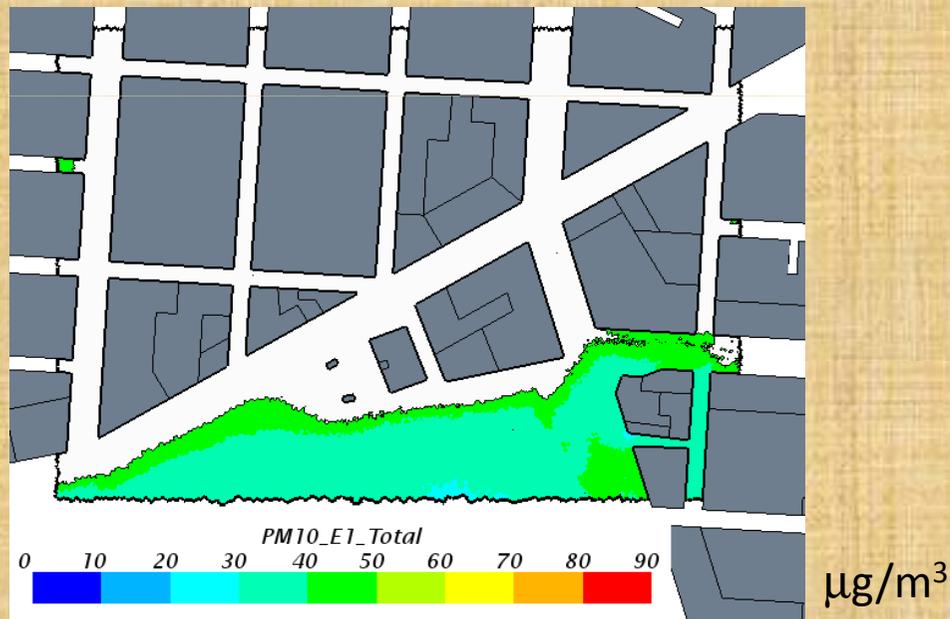
**CONTRIBUCION  
CALDERAS  
despreciable**

*Ojo la escala es distinta!!*

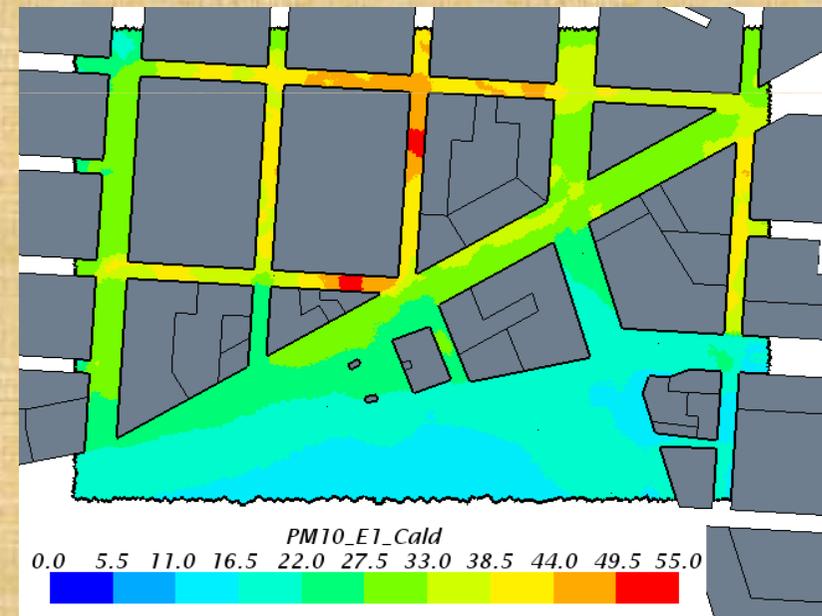
# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

## Escenario 6. Carbón 100%

TOTAL



CONTRIBUCION CALDERAS  $\leq 55 \mu\text{g}/\text{m}^3$



*Ojo la escala es distinta!!*

# IMPACTO EN CALIDAD DEL AIRE

Escenario	DESCRIPCION	Δ AREA SUPERACIONES 50 µg/m <sup>3</sup> PM10	MAXIMA CONTRIBUCION CALDERAS A PM10 (µg/m <sup>3</sup> )
0	BASE ACTUAL	0%	1.8
1.a	Biomasa(150 mg/m <sup>3</sup> )=25% ; Gas Natural=75%	20%	6
1.b	Biomasa(60 mg/m <sup>3</sup> )=25% ; Gas Natural=75%	3%	2.5
2.a	Biomasa(150 mg/m <sup>3</sup> )=50% ; Gas Natural=50%	52%	11
2.b	Biomasa(60 mg/m <sup>3</sup> )=50% ; Gas Natural=50%	14%	4.5
3.a	Biomasa(150 mg/m <sup>3</sup> )=75% ; Gas Natural=25%	85%	16
3.b	Biomasa(60 mg/m <sup>3</sup> )=75% ; Gas Natural=25%	24%	6.5
4.a	Biomasa(150 mg/m <sup>3</sup> )=100% ;	117%	21
4.b	Biomasa(60 mg/m <sup>3</sup> )=100%	38%	8.5
5	Gas Natural=100%	-7%	-0.5
6	Carbón=100%	278%	55

# CONCLUSIONES

- Estudio es sobre una zona concreta, pero representativa, del centro de Madrid aunque conclusiones generales son extrapolables a otras zonas.
- **Influencia de emisiones de PM10 de calderas en escenario base es pequeña y parece no afectar de forma significativa a concentración de PM10.**
- Mayor impacto de calderas están en calles estrechas con poco tráfico. Calles amplias → mejor ventilación y dispersan mejor los contaminantes.
- **Más implantación de calderas de biomasa con actuales límites de emisión → más emisiones de PM10 → más concentración de PM10 en calles. Si 50% de calderas fueran de biomasa, concentración de PM10 subiría  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$**
- **Descenso de límites de emisión de  $150 \text{ mg}/\text{m}^3$  a  $60 \text{ mg}/\text{m}^3$  → se pueden instalar un número mayor de calderas de biomasa sin que suba mucho concentración de PM10. → Escenario de 75% con calderas de biomasa de factor  $60 \text{ mg}/\text{m}^3$  tiene efecto similar a escenario de 25% con calderas de biomasa de factor  $150 \text{ mg}/\text{m}^3$ .**

# CONCLUSIONES

- **Mejor escenario:** Todas las calderas de gas natural, → reducción muy ligera en concentración de PM10.
- **Peor escenario.** Todas las calderas de carbón → aumenta concentración hasta  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y casi todas las calles superarían  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Importancia de usar combustibles poco contaminantes en la calefacción doméstica y de controlar los límites de emisiones independientemente del combustible que se utilice.
- **Recordar que combustión de biomasa en calderas depende mucho de la tecnología utilizada y del tipo y estado (por ejemplo, madera húmeda) de combustible empleado, pudiendo llegar a tener factores de emisión en situaciones desfavorables incluso superiores a los utilizados en este estudio (EEA, 2013).**
- **En este estudio se analizado el impacto de la combustión doméstica de biomasa suponiendo que se cumplen de forma estricta los factores de emisión regulados.**