

# Gestión de Calidad Ambiental

---

Módulo  
Calidad del Aire

2024



FACULTAD DE  
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

# Contenido

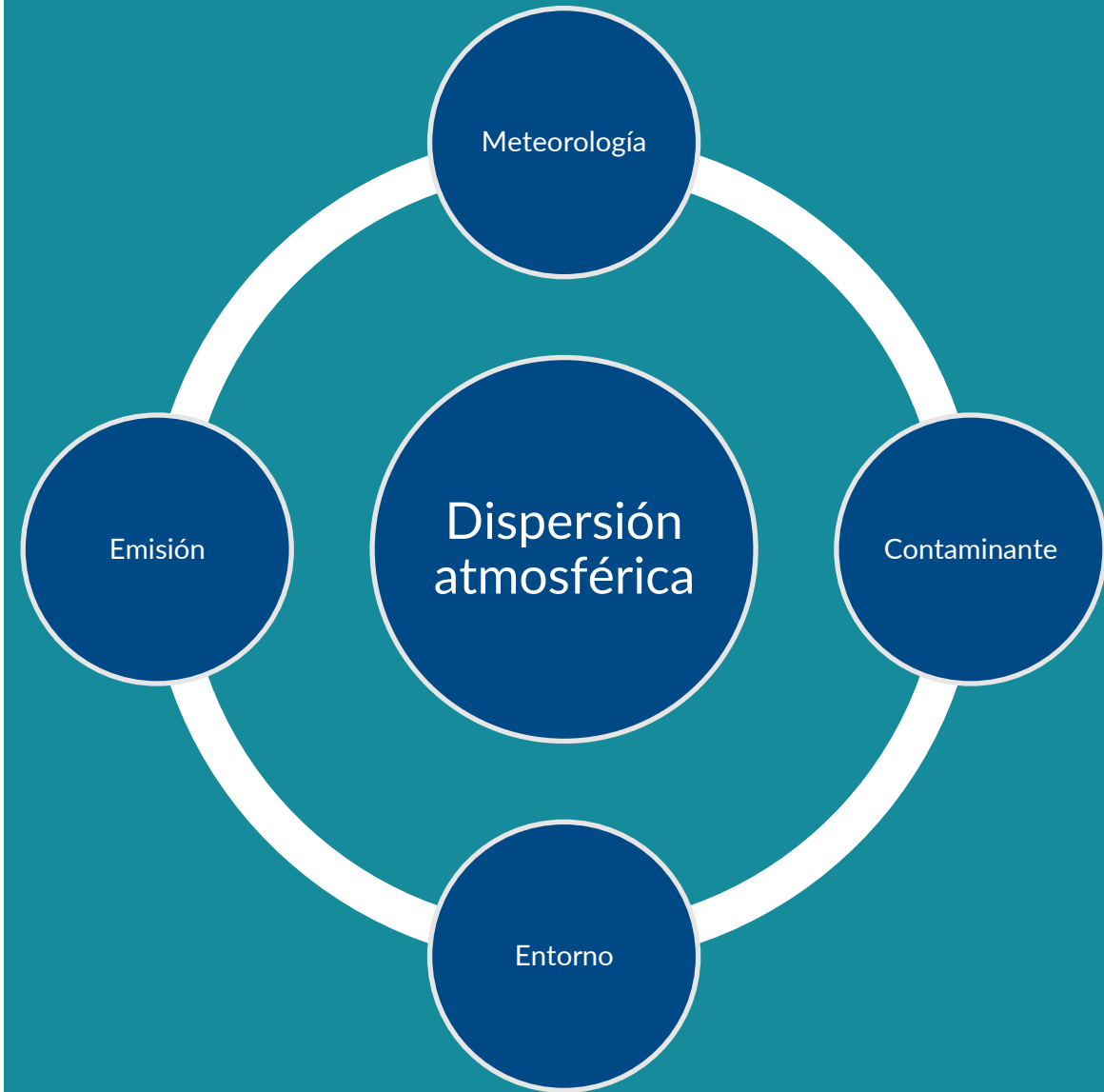
- Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones
- Modelos Gaussianos
- Modelo de Penacho Gaussiano
- Modelos CFD
- Ejercicio
- Trabajo final

# Contenido

- Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones
- Modelos Gaussianos
- Modelo de Penacho Gaussiano
- Modelos CFD
- Ejercicio
- Trabajo final

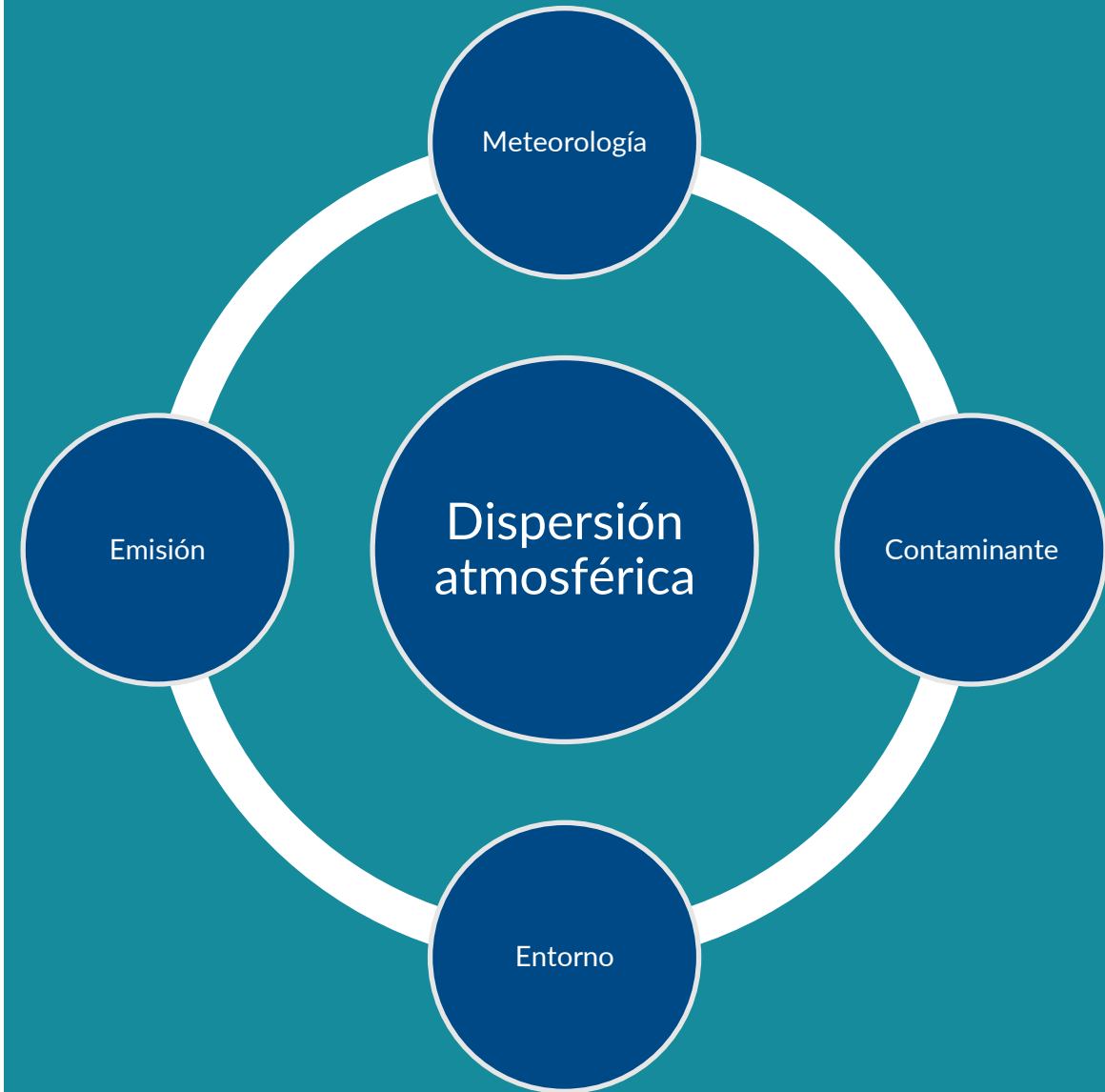
# Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones

- Meteorología:
  - ❖ Flujo de viento
  - ❖ Estabilidad atmosférica
  - ❖ Deposición húmeda (precipitación)
- Contaminante:
  - ❖ Difusión
  - ❖ Sedimentación
  - ❖ Reacciones químicas



# Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones

- Entorno:
  - ❖ Filtrado por vegetación
  - ❖ Edificaciones
  - ❖ Topografía
- Emisión:
  - ❖ Altura de emisión
  - ❖ Velocidad y temperatura de emisión



- Métodos de dispersión:

- ❖ Difusión:

- Mezcla de masas de diferente concentración
- Es el método más lento y de menor alcance
- Busca uniformizar las concentraciones

- ❖ Convección:

- Fenómenos de transporte vertical
- Causada por fenómenos mecánicos o térmicos



Difusión



Convección



- Métodos de dispersión:

- ❖ Advección:

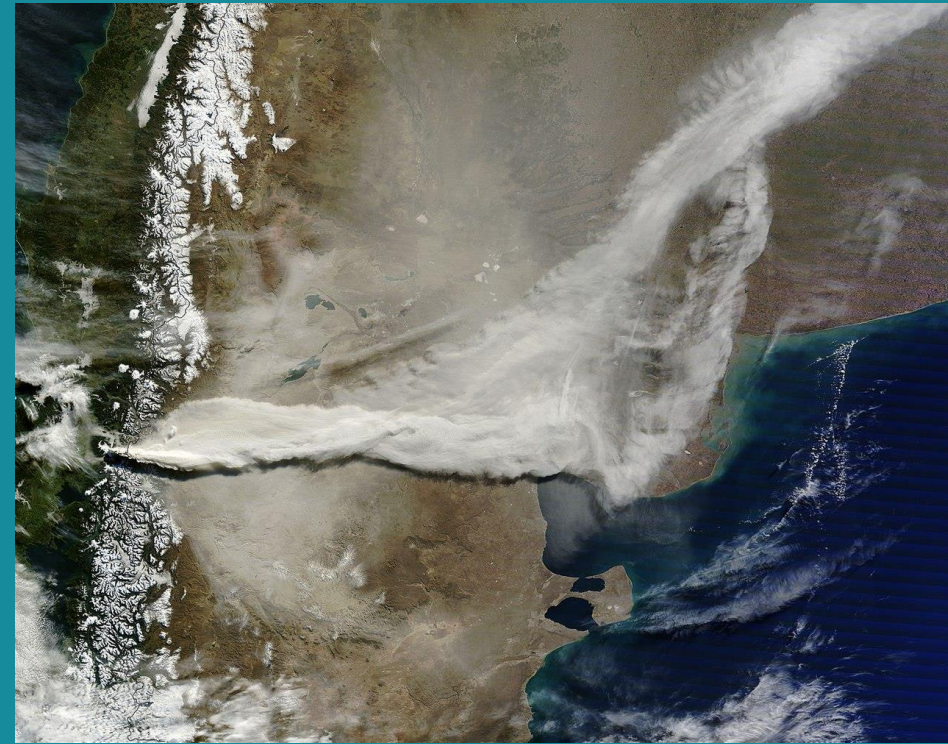
- Fenómenos de transporte horizontal

- Arrastre por acción del viento

- Puede alcanzar grandes distancias

- ❖ Reacción:

- Procesos químicos y físicos que alteran las concentraciones de los contaminantes



Advección: erupción del volcán Puyehue en Chile en 2011 ([https://es.wikipedia.org/wiki/Erupci%C3%B3n\\_del\\_complejo\\_volc%C3%A1nico\\_Puyehue-Cord%C3%B3n\\_Caulle\\_de\\_2011](https://es.wikipedia.org/wiki/Erupci%C3%B3n_del_complejo_volc%C3%A1nico_Puyehue-Cord%C3%B3n_Caulle_de_2011))



- Descripción matemática de los métodos de dispersión:
- ❖ La ecuación de advección-difusión-reacción en derivadas parciales (ecuación de dispersión reactiva) describe los métodos de dispersión

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} + \nabla \cdot (V(x, t) * c_i) = \nabla \cdot (K_{molec} * \nabla c_i) + X_i(c, T(x, t), t) + S_i(x, t) - \Delta_i * c_i$$

❖ Donde:

- $c_i$ : concentración del contaminante
- $x$ : coordenadas espaciales
- $t$ : coordenadas temporales
- $V(x, t)$ : velocidad del viento
- $K_{molec}$ : matriz de difusión molecular



- Descripción matemática de los métodos de dispersión:
- ❖ La ecuación de advección-difusión-reacción en derivadas parciales (ecuación de dispersión reactiva) describe los métodos de dispersión

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} + \nabla \cdot (V(x, t) * c_i) = \nabla \cdot (K_{molec} * \nabla c_i) + X_i(c, T(x, t), t) + S_i(x, t) - \Delta_i * c_i$$

❖ Donde:

- $T(x, t)$ : temperatura
- $S_i(x, t)$ : término fuente (emisiones)
- $X_i(c, T(x, t), t)$ : término fuente de origen químico
- $\Delta_i * c_i$ : representa las pérdidas de contaminante (por ejemplo, las producidas por la lluvia)

- Descripción matemática de los métodos de dispersión:

- ❖ Teniendo en cuenta la multiplicidad de escalas de longitudes que intervienen en los flujos turbulentos (algunos mm – 1000 m), su resolución matemática completa *no es posible* con la ecuación anterior

- ❖ Stiffness: problema asociado a la gran amplitud de escalas existente. La resolución del flujo completo llevaría años, por eso se dice que no pueden resolverse todas las escalas

- ❖ En función de lo anterior, se utiliza el siguiente procedimiento de promediación sobre la ecuación anterior, para posibilitar su resolución:

$$\varphi = \bar{\varphi} + \varphi'$$

- ❖ Donde:

- $\varphi$ : variable considerada (campo de concentraciones, flujo de viento, etc.)

- $\bar{\varphi}$ : valor promedio de la variable

- $\varphi'$ : fluctuación de la variable

- Descripción matemática de los métodos de dispersión:

- ❖ Aplicando el mencionado procedimiento de promediación a la ecuación de dispersión reactiva, se obtiene una nueva ecuación conformada por valores promedio más un término fluctuante:  $\nabla \cdot (\overline{c'_i * V(x, t)'})$

- ❖ Para finalizar la resolución de la ecuación promediada, se necesita un *esquema de clausura* capaz de representar el término fluctuante anterior en función de los valores promedio

- Descripción matemática de los métodos de dispersión:

- ❖ Este término fluctuante puede ser visto como un flujo turbulento. En este sentido, el esquema de clausura se basa usualmente en la llamada teoría K

(analogía con la difusión molecular): 
$$\overline{c'_i * V(x, t)'} = -\bar{\rho} * K_{turb} * \nabla \left( \frac{\bar{c}_i}{\bar{\rho}} \right)$$

- ❖ En la práctica,  $K_{turb} \gg K_{molec}$ . Además, los valores horizontales de los coeficientes de difusión/dispersión son en general despreciables en comparación con el fenómeno de advección. En este sentido, en general se

utiliza:  $K_{turb} \approx K_z \hat{k}$ , con  $K_z \approx 10 \frac{m^2}{s}$

- Descripción matemática de los métodos de dispersión:

- ❖ Para la resolución de estas ecuaciones deben especificarse condiciones iniciales y de borde

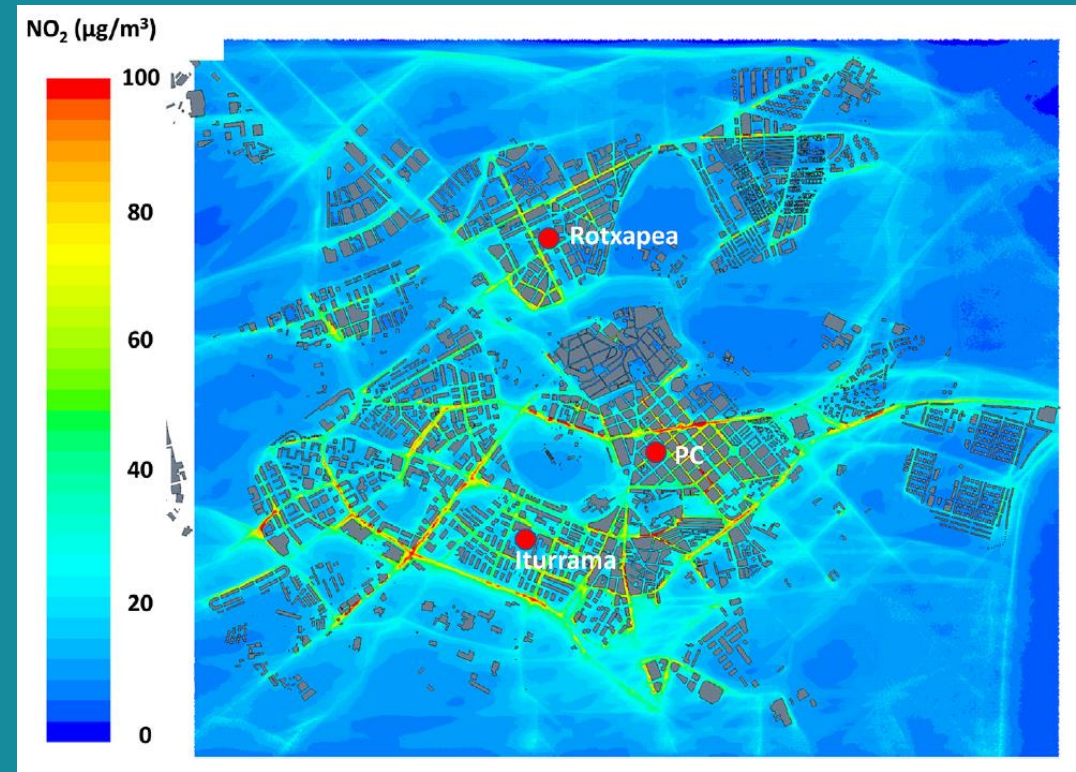
- ❖ Debido a los fenómenos que dominan la dispersión atmosférica de contaminantes (horizontal: flujo de viento; vertical: difusión turbulenta), las condiciones de borde horizontales se vinculan con las características del flujo de viento incidente, y las verticales con los flujos turbulentos

- ❖ Existen diversos abordajes que pueden utilizarse para resolver la ecuación promediada



# Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones

- Modelos de dispersión de emisiones atmosféricas:
  - ❖ Un modelo es la representación matemática de los procesos de transporte, transformación y remoción de los contaminantes en la atmósfera
  - ❖ Un modelo de dispersión de contaminantes en la atmósfera permite predecir la calidad del aire (niveles de inmisión) a partir de las emisiones de contaminantes

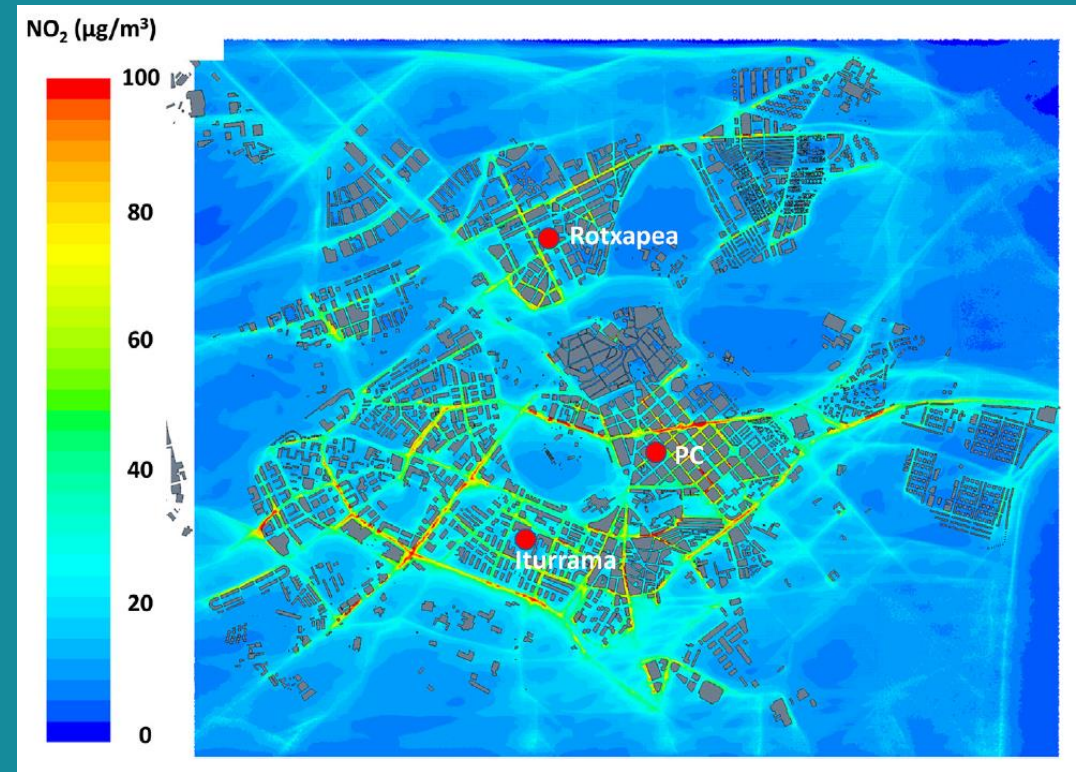


Simulación de las concentraciones medias anuales de NO<sub>2</sub> en la ciudad de Pamplona, España, y ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721071382>)

# Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones

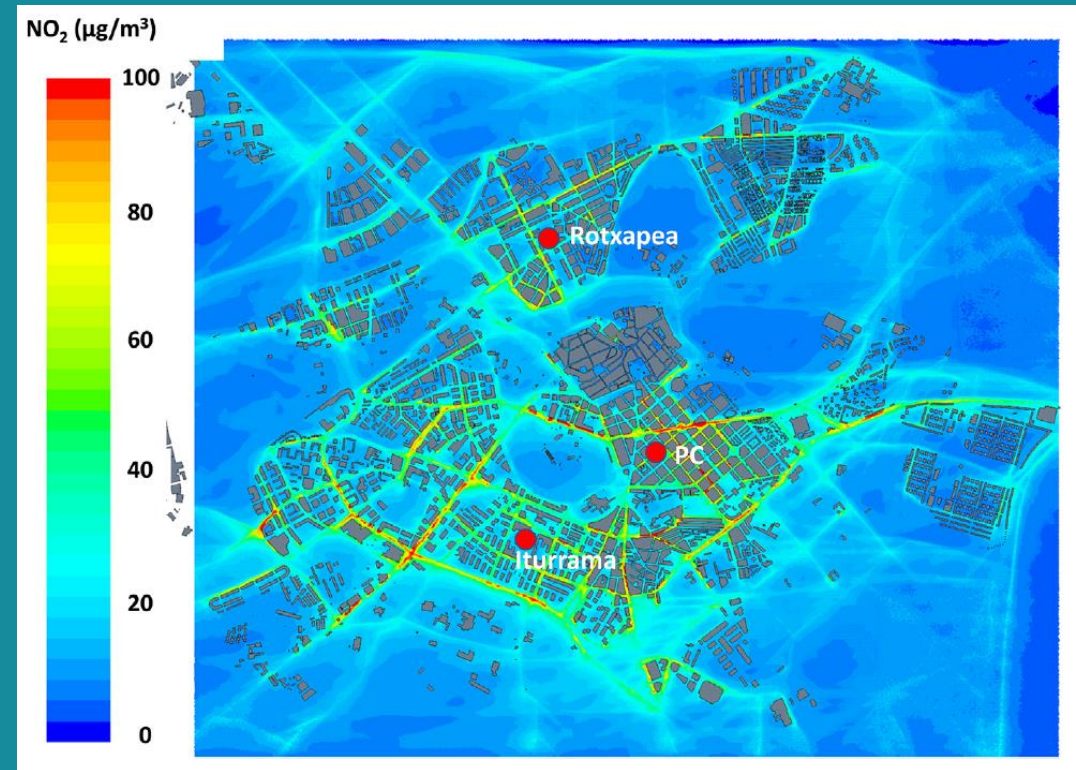
- Modelos de dispersión de emisiones atmosféricas:
  - ❖ Algunas posibles aplicaciones de la modelación de la calidad del aire:
    - Evaluar concentraciones esperadas en un lugar para cierto escenario futuro
    - Desarrollar estrategias de control
    - Seleccionar sitios adecuados para ubicar estaciones de monitoreo



Simulación de las concentraciones medias anuales de NO<sub>2</sub> en la ciudad de Pamplona, España, y ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721071382>)

# Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones

- Modelos de dispersión de emisiones atmosféricas:
  - ❖ Datos de entrada:
    - Emisiones atmosféricas
    - Topografía y entorno construido
    - Condiciones meteorológicas
    - Concentraciones de base

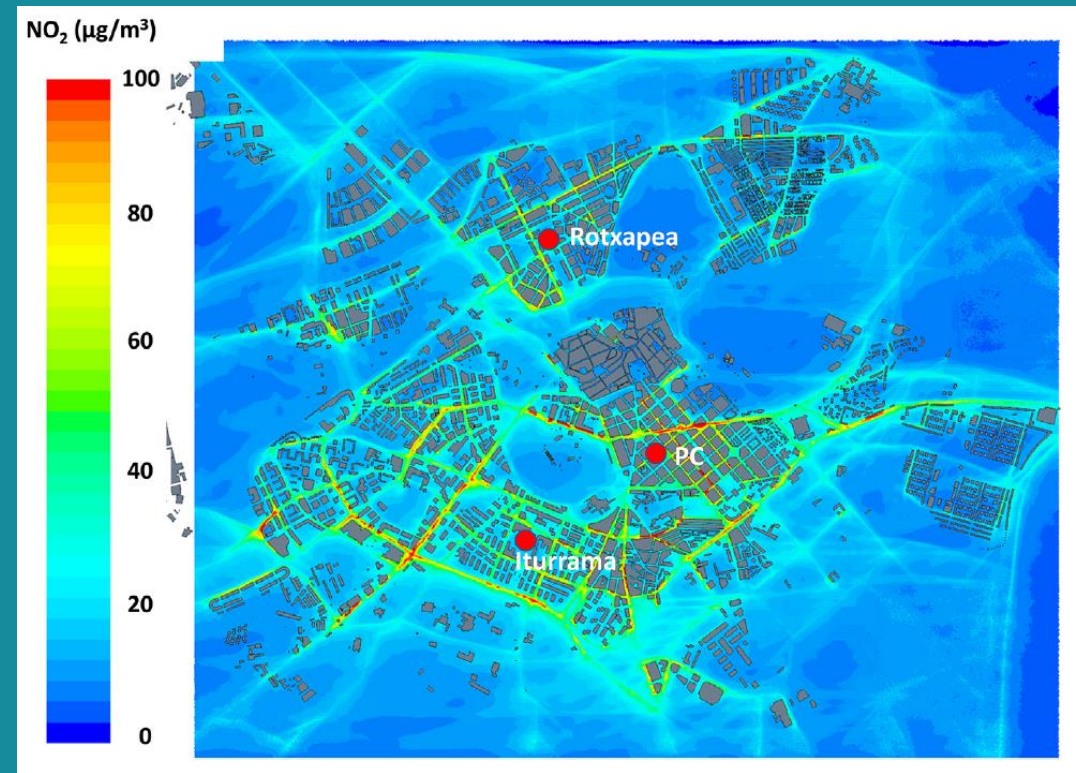


Simulación de las concentraciones medias anuales de NO<sub>2</sub> en la ciudad de Pamplona, España, y ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721071382>)



# Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones

- Modelos de dispersión de emisiones atmosféricas:
  - ❖ Factores que afectan los resultados:
    - Exactitud en el cálculo de las emisiones y en la representación del entorno
    - Precisión de la representación matemática de los fenómenos físico-químicos de dispersión
    - Calidad y representatividad de la información meteorológica disponible
    - Existencia de información de campo que permita la calibración del modelo



Simulación de las concentraciones medias anuales de NO<sub>2</sub> en la ciudad de Pamplona, España, y ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721071382>)




# Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones

- Dispersión atmosférica de emisiones de fuentes puntuales:
  - ❖ Se efectúa usualmente a través de chimeneas
  - ❖ Su altura debe diseñarse de modo de minimizar los niveles de inmisión
  - ❖ Emisión + estela: pluma o penacho
  - ❖ La forma del penacho depende de la relación entre las características de la emisión, la situación meteorológica reinante (estabilidad atmosférica, flujo de viento) y el ambiente construido






UPM Fray Bentos (<https://www.upm.uy/novedades/todas-las-noticias/2018/06/planta-recibio-30.000-visitas/>)

- Dispersión atmosférica de emisiones de fuentes puntuales:

|   |   |
|---|---|
| <p><b>PENACHO CÓNICO</b></p>  <p>Cónico (Coning)</p>                          | <p><b>Atmósfera neutra.</b> Baja turbulencia en la atmósfera, menor incidencia de efectos térmicos.<br/>Vientos moderados a fuertes.<br/>La mayor parte del material se deposita lejos de la fuente emisora.<br/>El ángulo de apertura de la generatriz del cono es del orden de <math>10^\circ</math>.</p>     |
| <p><b>PENACHO TUBULAR O DE CINTA</b></p>  <p>Tubular (Fanning)</p>            | <p><b>Fuerte estabilidad atmosférica (emisión en una capa de inversión)</b><br/>Ausencia de vientos y turbulencia mecánica muy escasa.<br/>Por debajo hay aire más denso, que impide que la emisión baje, y por encima hay aire menos denso, que actúa como un “techo” para la dispersión vertical.</p>         |
| <p><b>PENACHO ONDEADO O SERPENTEANTE</b></p>  <p>Serpenteante (Looping)</p> | <p><b>Atmósfera inestable.</b> Capa bien mezclada, con gran desarrollo de procesos <u>convectivos</u>.<br/>Vientos ligeros, asociados con el calentamiento de la superficie terrestre. Si bien hay tendencia a dispersar los contaminantes, pueden registrarse altas concentraciones cerca del foco emisor.</p> |

- Dispersión atmosférica de emisiones de fuentes puntuales:

|  |  |
|--|--|
| <p><b>PENACHO HORIZONTAL DESCENDENTE O APRISIONADO</b></p>  <p>Aprisionado (<i>Trapping</i>)</p>   | <p>Emisión <b>por debajo de una capa de inversión</b>.<br/>La capa en que se emite tiene escasa turbulencia.<br/>Los valores de inmisión resultantes son elevados.</p>   |
| <p><b>PENACHO HORIZONTAL ASCENDENTE O ANTIFUMIGANTE</b></p>  <p>Antifumigante (<i>Lofting</i>)</p> | <p>Emisión <b>por encima de una capa de inversión</b>.<br/>El contaminante no regresa a la tierra.<br/>Característico del atardecer, con atmósfera despejada. Es el penacho más favorable en cuanto a valores de inmisión esperados.</p>   |
| <p><b>PENACHO FUMIGANTE</b></p>  <p>Fumigante (<i>Fumigating</i>)</p>                            | <p>Emisión <b>por debajo de una capa de inversión</b> (caso particular de penacho horizontal descendente en condiciones de inestabilidad).<br/>La capa en que se emite tiene gran turbulencia. Los movimientos <u>vorticosos resuspenden</u> el material ya depositado. Es la situación más desfavorable en cuanto a inmisión.</p> |

# Contenido

- Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones
- Modelos Gaussianos
- Modelo de Penacho Gaussiano
- Modelos CFD
- Ejercicio
- Trabajo final

- Son los modelos más simples: válidos en las cercanías de las fuentes (algunos kilómetros) y para contaminantes pasivos
- Si consideramos al contaminante como un trazador pasivo, emitido por una fuente puntual, y que la velocidad del viento ( $u$ ) es constante según el eje  $\vec{x}$ , y también que la densidad del aire ( $\rho$ ) es constante, la ecuación de dispersión para el cociente de mezcla (mixing ratio;  $C_i = \frac{c_i}{\rho}$ ) queda de la siguiente manera:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u * \frac{\partial C}{\partial x} = K_x * \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + K_y * \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + K_z * \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}$$

- Características de la emisión analizada:

- ❖ Punto de emisión:  $(x,y,z) = (0,0,0)$
- ❖ Momento de emisión:  $t = 0$
- ❖ Condición inicial:  $C(x,y,z,0) = S * \delta(x) * \delta(y) * \delta(z)$ , con  $S$  la concentración de emisión y  $\delta$  la función Delta de Dirac en  $(0,0,0)$

- Si no tenemos condiciones de borde (dominio infinito), la solución exacta está dada por la función Gaussiana:

$$C(x, y, z, t) = \frac{S}{(2 * \pi * t)^{3/2} * \sqrt{K_x * K_y * K_z}} * e^{\left( -\frac{(x-u*t)^2}{4*K_x*t} - \frac{y^2}{4*K_y*t} - \frac{z^2}{4*K_z*t} \right)}$$



# Contenido

- Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones
- Modelos Gaussianos
- Modelo de Penacho Gaussiano
- Modelos CFD
- Ejercicio
- Trabajo final



# Modelo de Penacho Gaussiano

- Este modelo se utiliza para estimar las concentraciones viento abajo de contaminantes atmosféricos inertes emitidos por fuentes puntuales (no se considera la sedimentación)
- Este es un modelo estacionario que puede utilizarse en el caso de fuentes continuas (con respecto al tiempo)
- La concentración que se obtiene es directamente proporcional a la emisión, e inversamente proporcional a la velocidad del viento



UPM Paso de los Toros  
(<https://www.cronicas.com.uy/sociedad/una-radiografia-de-la-planta-de-upm-paso-de-los-toros/>)

# Modelo de Penacho Gaussiano

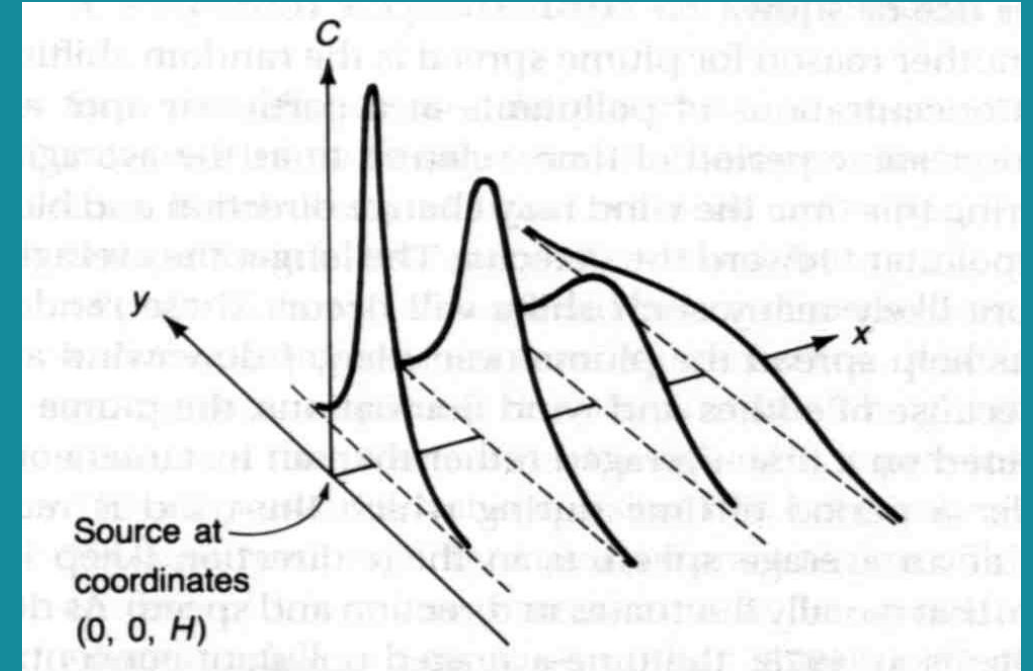
- Permite calcular los niveles de inmisión a cierta distancia de una fuente puntual, cuando se conocen:
  - ❖ La emisión de contaminantes
  - ❖ La posición del receptor de interés
  - ❖ La altura geométrica de la chimenea (su altura física)
  - ❖ La altura efectiva de la emisión (suma de la altura geométrica y de la sobreelevación del penacho  $H = H_g + \Delta h$ )
  - ❖ La velocidad y la dirección del viento
  - ❖ La estabilidad atmosférica (representada numéricamente por los coeficientes de dispersión de Pasquill-Gifford  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$ )



UPM Paso de los Toros  
(<https://www.cronicas.com.uy/sociedad/una-radiografia-de-la-planta-de-upm-paso-de-los-toros/>)

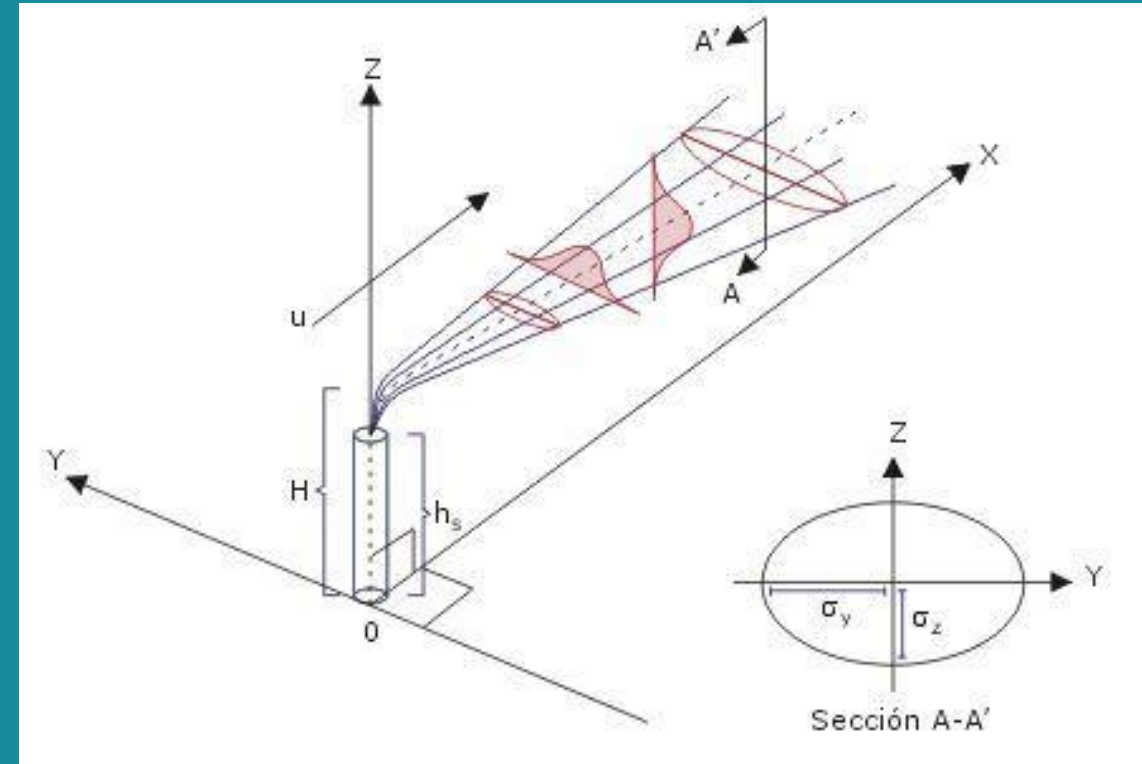
# Modelo de Penacho Gaussiano

- El modelo gaussiano supone que las concentraciones de la emisión decaen según una doble campana de Gauss a medida que nos alejamos de la fuente en la dirección del viento



# Modelo de Penacho Gaussiano

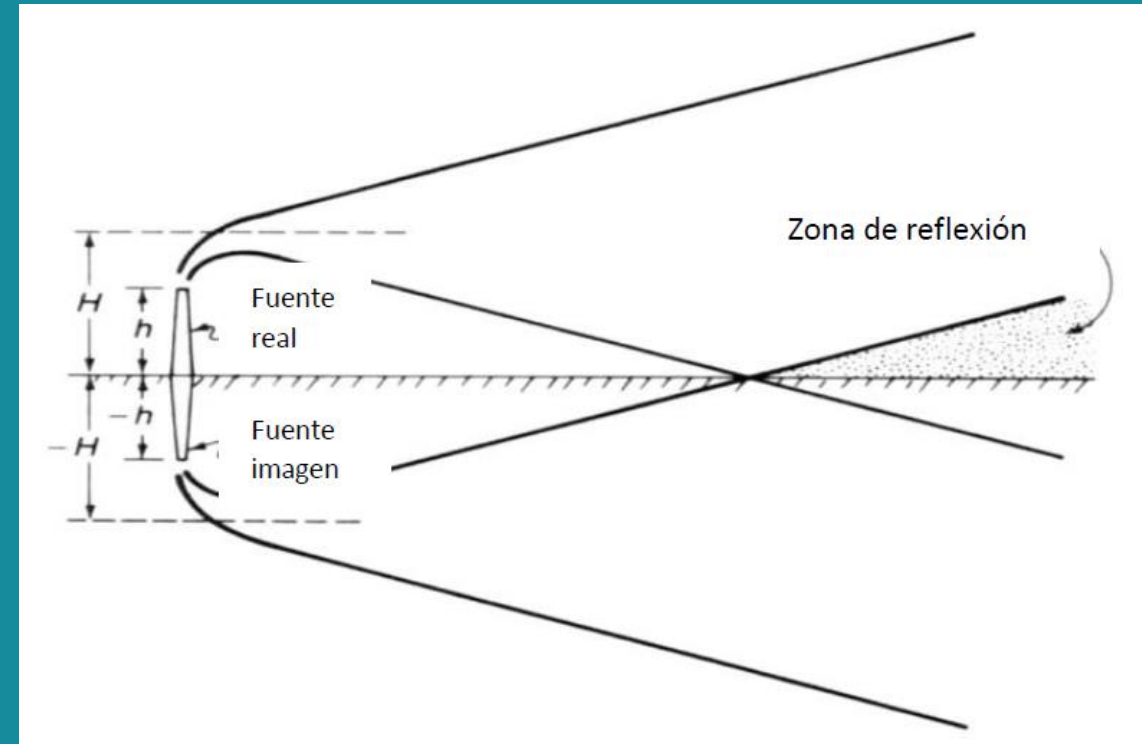
- Fuente emisora situada a una altura efectiva  $z=H$
- Dirección del eje Ox en forma colineal con la dirección del viento
- $C(x,y,z)$ : concentración de contaminante en el punto  $x, y, z$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- $Q$ : emisión del contaminante ( $\mu\text{g}/\text{s}$ )
- $\sigma_y, \sigma_z$ : coeficientes de dispersión horizontal y vertical (m)
- $H$ : altura efectiva de emisión (m)
- $u$ : velocidad del viento a la altura efectiva (m/s)
- $x, y, z$ : coordenadas (m)



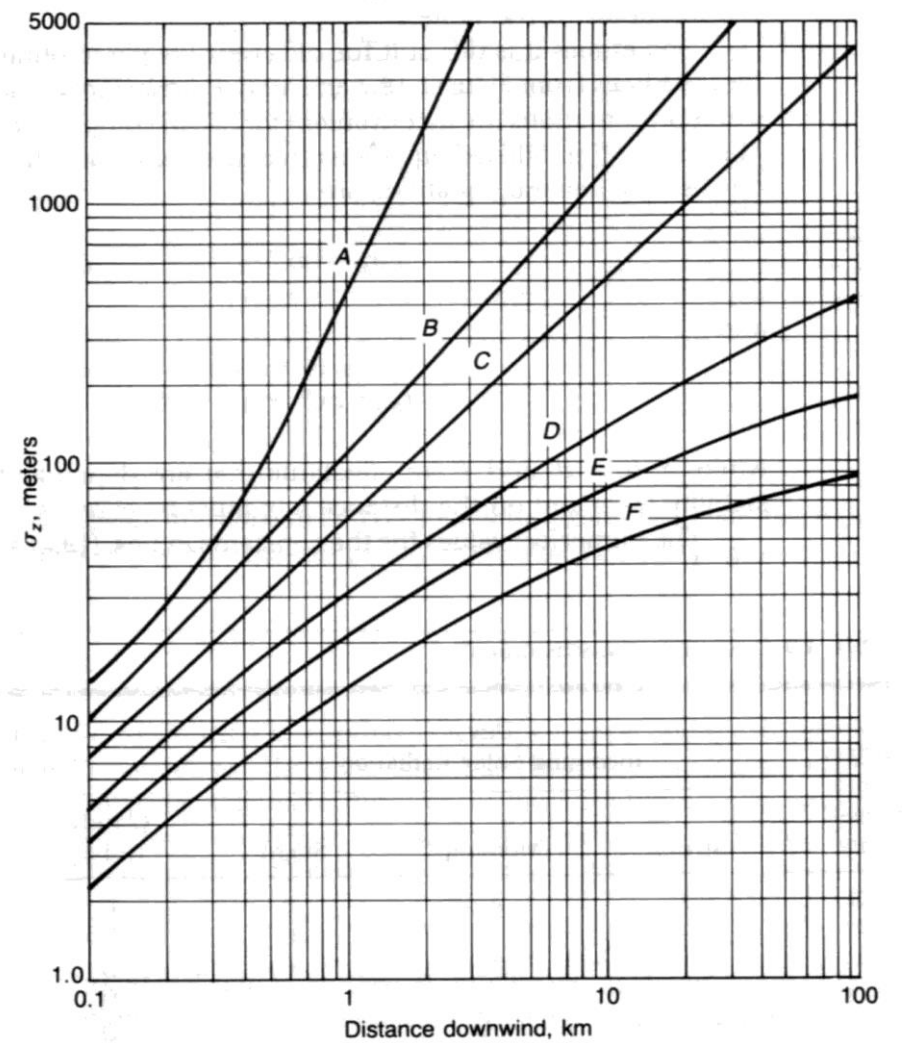
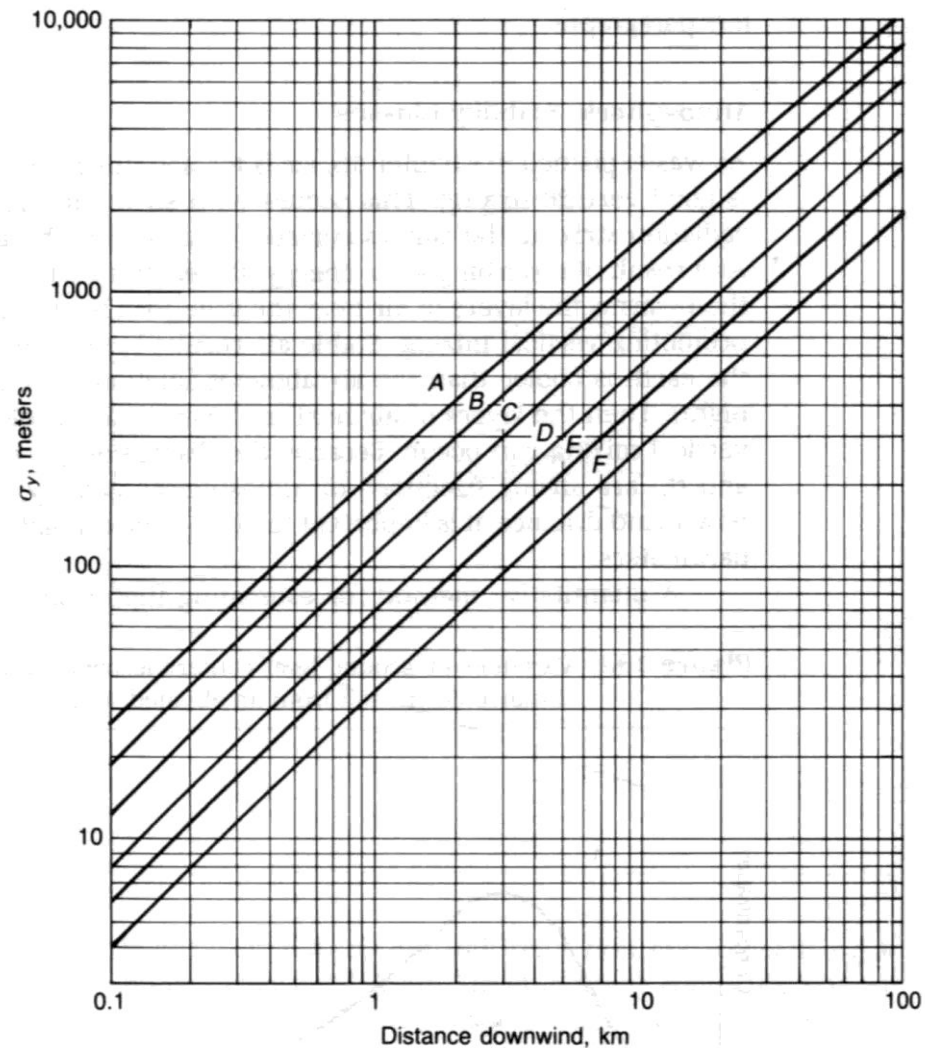
$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2} \right)}$$

# Modelo de Penacho Gaussiano

- En el caso en que se considere que ocurre reflexión en  $z = 0$  m (es decir, se supone que la tierra no se comporta como un sumidero), se puede aplicar el “método de las imágenes”
- Se considera una fuente virtual situada a una altura  $z = -H$



$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{y^2}{\sigma_y^2} \right)} \left( e^{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}} \right)$$



Están disponibles funciones de Matlab en EVA desarrolladas por estudiantes

| Categoría | Descripción            |
|-----------|------------------------|
| A         | Fuerte inestabilidad   |
| B         | Moderada inestabilidad |
| C         | Ligera inestabilidad   |
| D         | Neutralidad            |
| E         | Ligera estabilidad     |
| F         | Fuerte estabilidad     |
| G         | Inversión              |

# Modelo de Penacho Gaussiano

- Cálculo de velocidades del viento a diferentes alturas:

$$U_2 = U_1 * \left( \frac{H_2}{H_1} \right)^n$$

- Donde:
  - ❖  $U_1$ : velocidad del viento a la altura de referencia en m/s
  - ❖  $U_2$ : velocidad del viento a la altura objetivo en m/s
  - ❖  $H_1$ : altura de referencia en m
  - ❖  $H_2$ : altura objetivo en m
  - ❖  $n$ : coeficiente que depende del tipo de terreno y de la estabilidad atmosférica

| <b>Estabilidad atmosférica</b> | <b>Superficie rural</b> | <b>Superficie urbana</b> |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                                | <i>n</i>                | <i>n</i>                 |
| <i>A</i>                       | 0.10                    | 0.15                     |
| <i>B</i>                       | 0.15                    | 0.15                     |
| <i>C</i>                       | 0.20                    | 0.20                     |
| <i>D</i>                       | 0.25                    | 0.25                     |
| <i>E</i>                       | 0.25                    | 0.40                     |
| <i>F</i>                       | 0.30                    | 0.60                     |

# Modelo de Penacho Gaussiano

- Cálculo de la sobre-elevación de la emisión:

$$\Delta h(m) = \frac{v_s * D}{u} * \left( 1,5 + 2,68 \times 10^{-3} * p * D * \left( \frac{T_s - T_a}{T_s} \right) \right)$$

- Donde:

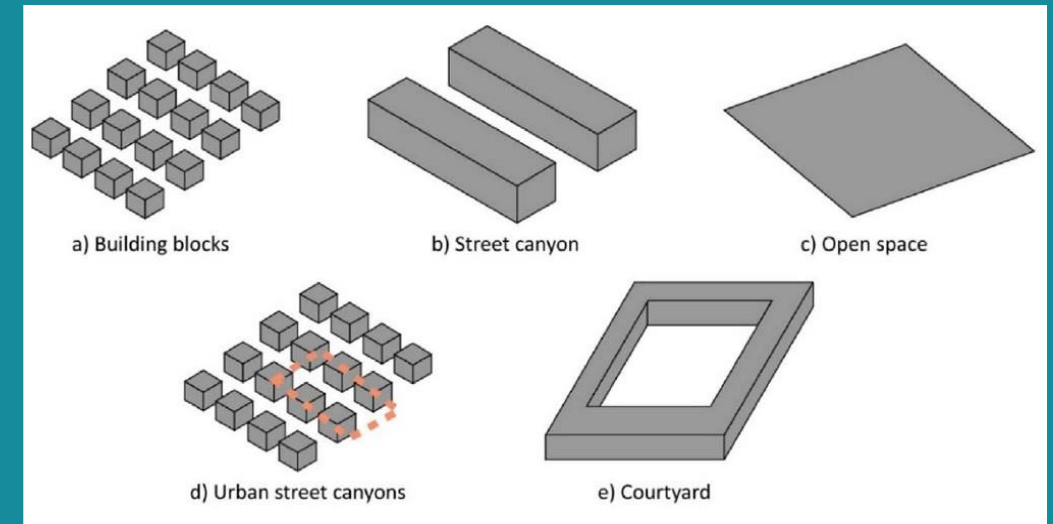
- ❖  $v_s$ : velocidad de salida del gas en m/s
- ❖  $D$ : diámetro de la chimenea en m
- ❖  $u$ : velocidad del viento a la altura de la boca de la chimenea en m/s
- ❖  $p$ : presión atmosférica en mb
- ❖  $T_s$ : temperatura de salida de los gases de la chimenea en K
- ❖  $T_a$ : temperatura atmosférica en K



# Contenido

- Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones
- Modelos Gaussianos
- Modelo de Penacho Gaussiano
- Modelos CFD
- Ejercicio
- Trabajo final

- CFD: Computational Fluid Dynamics
- Representación más realista de la dinámica del flujo (difiere del modelo de penacho gaussiano)
- Se resuelve la ecuación de dispersión reactiva promediada utilizando algoritmos numéricos
- Se realiza una representación explícita de la geometría de las edificaciones presentes
- Requieren una alta capacidad de cómputo: puede ser una limitante



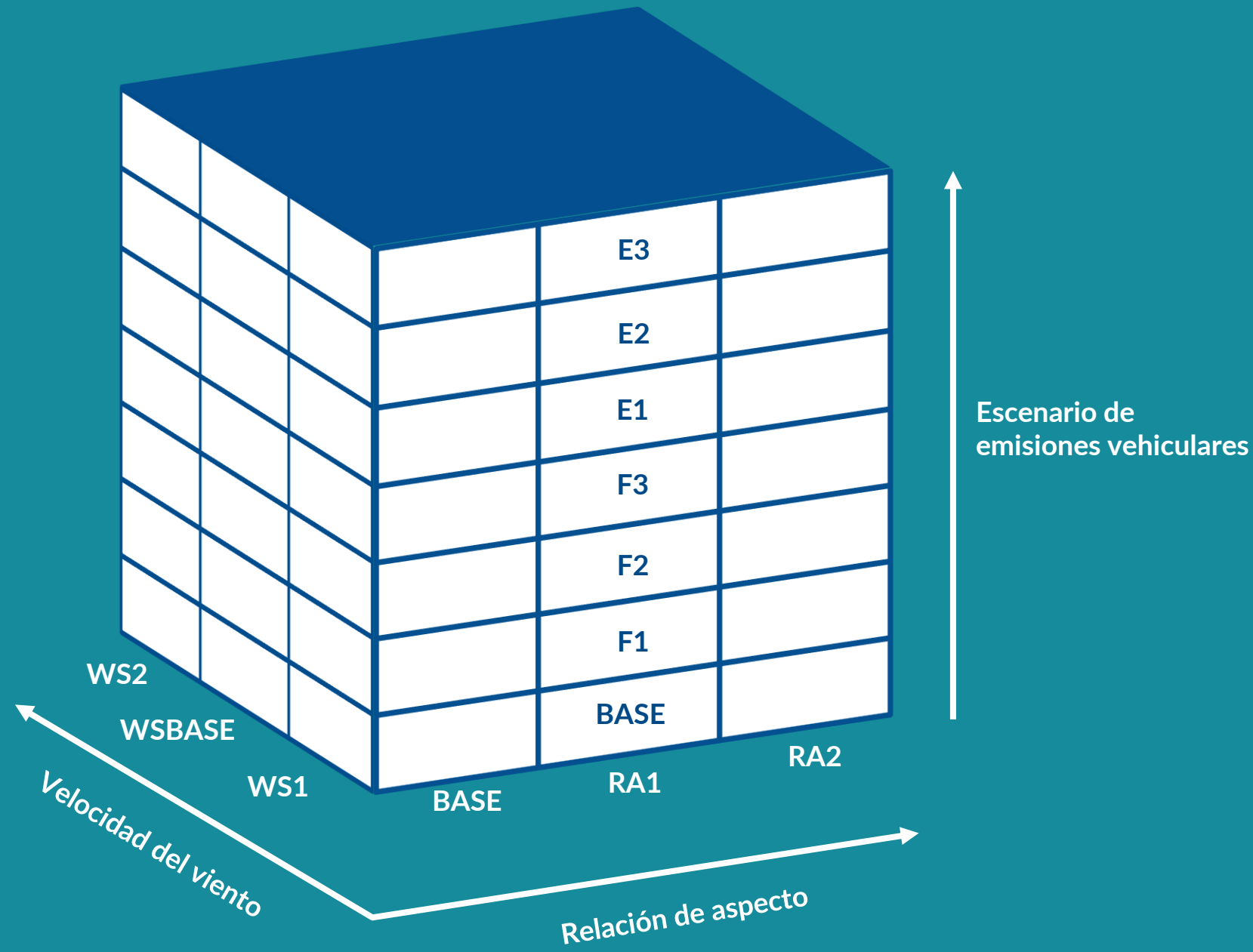
Diferentes geometrías urbanas utilizadas en simulaciones numéricas

Toparlar, Y., Blocken, B., Maiheu, B., y van Heijst, G. J. (2017). *A review on the CFD analysis of urban microclimate*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80 (June), 1613-1640. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.248>

- Ejemplo de aplicación (modelo caffa3d.MBRi, desarrollado en FIng):

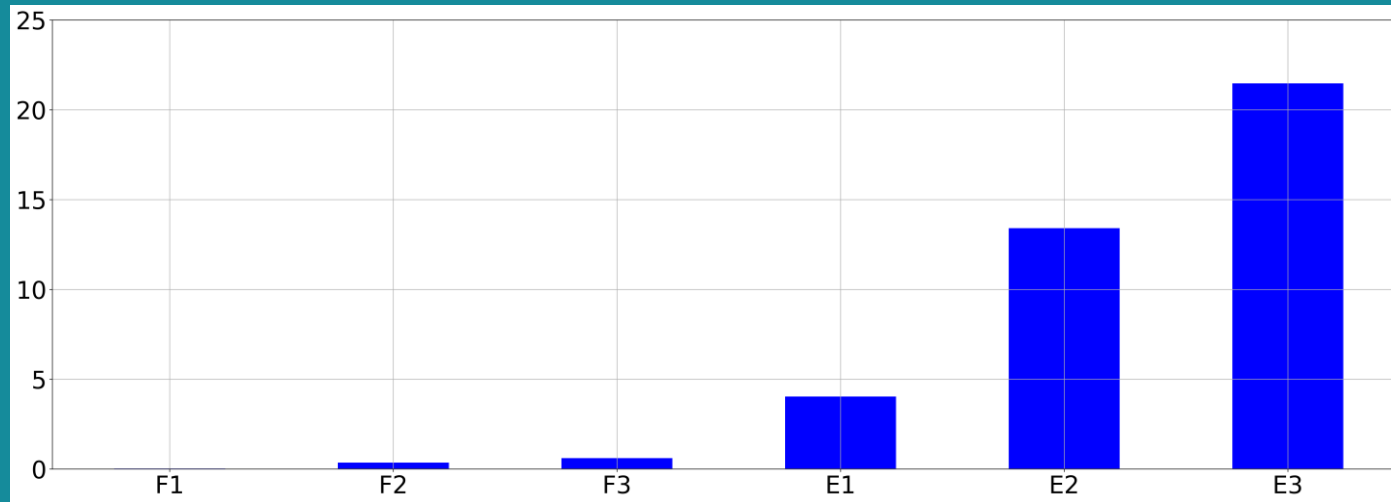
❖ Evaluación de la concentración de  $PM_{2,5}$  en un cañón urbano en función de diferentes variables:

- Relación de aspecto de la calle
- Velocidad del viento
- Flujo vehicular



- Se construyó un escenario base de flujo vehicular, utilizando la mediana del flujo vehicular total medido, y la composición del flujo vehicular registrada manualmente en la zona de estudio
- Se diseñaron 6 escenarios alternativos de flujo vehicular:
  - ❖ Flujo vehicular de la categoría autos y camionetas: escenarios alternativos **F1**, **F2** y **F3**, correspondientes a un porcentaje de reducción del flujo vehicular igual a **5 %**, **15 %** y **25 %** respectivamente (reemplazo por unidades eléctricas, incremento del transporte activo)
- Incorporación de ómnibus eléctricos: escenarios alternativos **E1**, **E2** y **E3**, correspondientes a un porcentaje de sustitución de ómnibus a gasoil por ómnibus eléctricos igual a **5 %** (81 unidades), **15 %** (242 unidades) y **25 %** (404 unidades) respectivamente

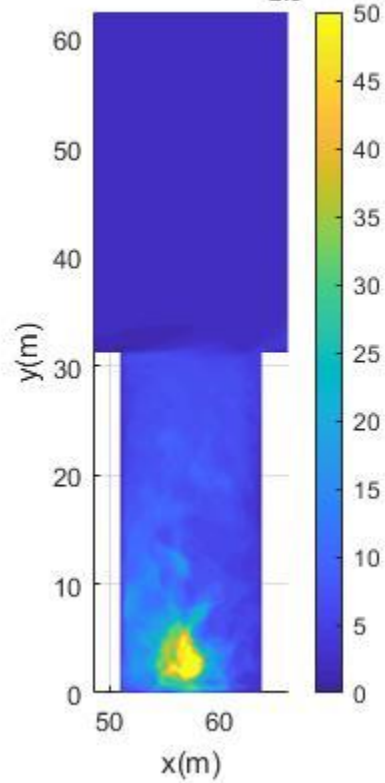
- Los escenarios alternativos de flujo vehicular **F1**, **F2** y **F3** tienen un efecto muy limitado en la reducción de la concentración de  $PM_{2,5}$ , para todos los dominios de cálculo
- Los escenarios alternativos de flujo vehicular **E1**, **E2** y **E3** tienen un efecto más profundo en la reducción de la concentración de  $PM_{2,5}$ , para todos los dominios de cálculo



Efecto de los escenarios alternativos de flujo vehicular en la reducción de la concentración promedio de  $PM_{2,5}$  en la sección transversal media del cañón urbano bajo estudio (%) (dominio de cálculo BASE y velocidad del viento WSBASE).

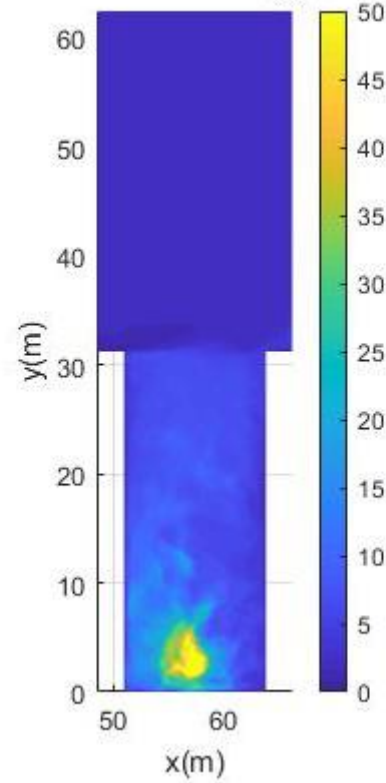
# BASE

Concentración de  $PM_{2.5}$  ( $\mu g/m^3$ )



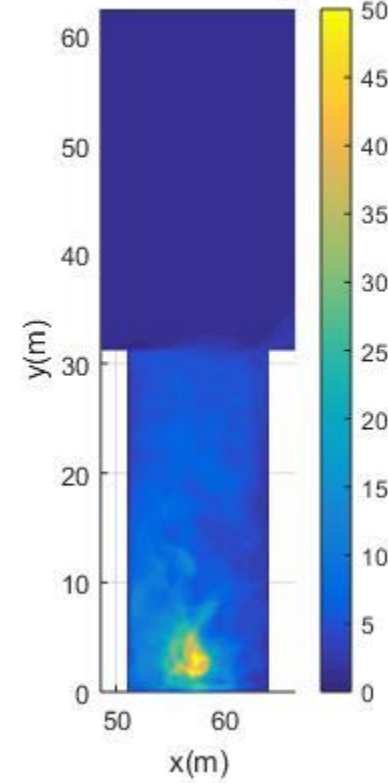
# F3

Concentración de  $PM_{2.5}$  ( $\mu g/m^3$ )



# E3

Concentración de  $PM_{2.5}$  ( $\mu g/m^3$ )



Aquí finaliza la clase

¿Preguntas?



# Contenido

- Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones
- Modelos Gaussianos
- Modelo de Penacho Gaussiano
- Modelos CFD
- Ejercicio
- Trabajo final



# Ejercicio

- En función de la información proporcionada, calcular la concentración en inmisión de CO generada por una industria que descarga sus emisiones a través de una chimenea de 20 m de altura
- Considerar condiciones atmosféricas inestables (A) y estables (F)
- El sitio de interés para el cálculo de las concentraciones se ubica a 500 m de la fuente emisora, en la dirección del viento y a nivel de suelo
- Para el cálculo de los valores de  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$  pueden utilizarse los ábacos o las funciones de Matlab disponibles en EVA

# Contenido

- Modelación de la dispersión atmosférica de emisiones
- Modelos Gaussianos
- Modelo de Penacho Gaussiano
- Modelos CFD
- Ejercicio
- Trabajo final

# Trabajo final

- Evaluación del cumplimiento de normativa:
  - ❖ Estándar diario: concentración de base máxima diaria + concentración adicional máxima diaria
    - La concentración máxima diaria es igual al máximo de la serie de concentraciones medias diarias
  - ❖ Estándar anual: concentración de base media diaria + concentración adicional media diaria
    - La concentración media diaria es igual al promedio de la serie de concentraciones medias diarias
- Repaso de propuesta y datos

# Trabajo final

- Procedimiento de corrección:

| Escala de valor                             | Correcto (3 puntos) | Errores menores (2 puntos) | Errores mayores (1 punto) |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------------|
| Criterio                                    |                     |                            |                           |
| Alcance                                     | Completo            | Levemente incompleto       | Incompleto                |
| Procedimiento                               | Claro               | Algo confuso               | Confuso                   |
| Resultados                                  | Correctos           | Errores de cálculo         | Errores conceptuales      |
| Presentación                                | Correcta            | Algo desprolija            | Desprolija                |
|   |                     |                            |                           |
| <b>Puntaje mínimo para aprobar el curso</b> |                     |                            | <b>6</b>                  |

# Trabajo final

- Calendario:
  - ❖ ¿Clase de consulta?
  - ❖ ¿Fecha de entrega?