

## Física de Edificios: Transmisión de calor y masa en cerramientos

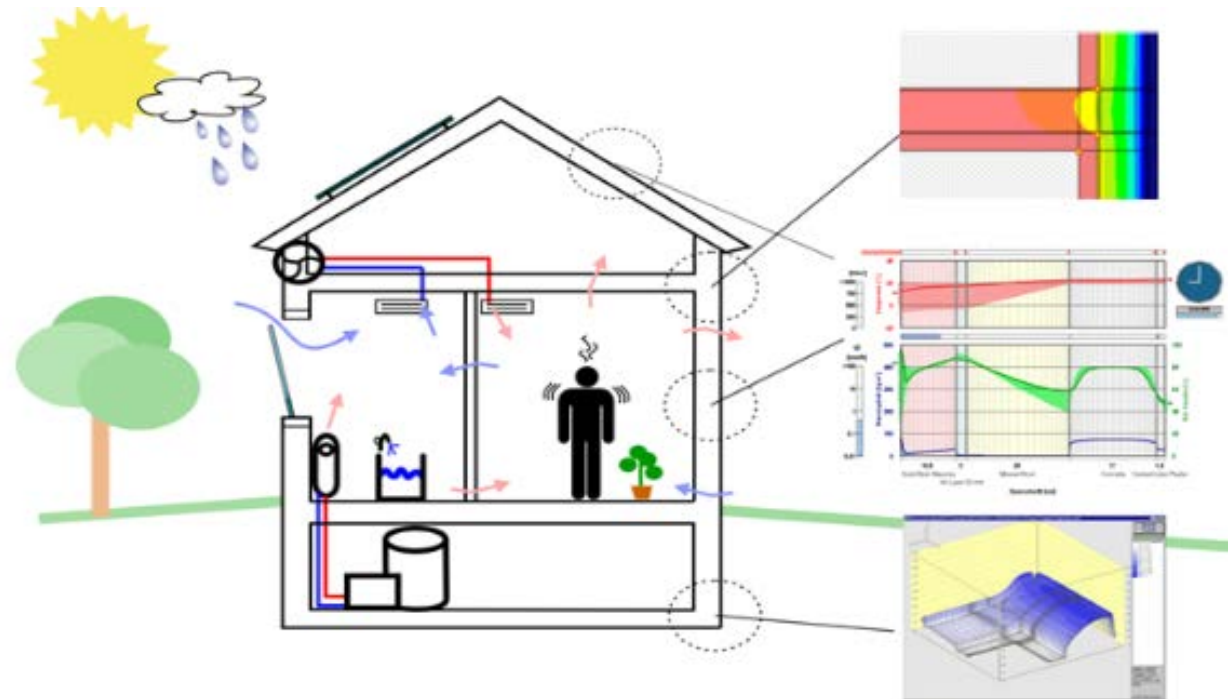


Figura: Fraunhofer Institute for Building Physics IBP  
[https://wufi.de/en/wp-content/uploads/sites/11/2014/04/800x321\\_WUFI-Plus-Schaubild.png](https://wufi.de/en/wp-content/uploads/sites/11/2014/04/800x321_WUFI-Plus-Schaubild.png)

- Iñaki Gómez Arriaran
- Moises Odriozola Maritorea
- Koldobika Martín Escudero
- Estibaliz Pérez Iribarren
- Iker González Pino
- Naiara Romero Antón





## Tema 5 -

# INFILTRACIONES DE AIRE EN EDIFICIOS.



## INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN

- Conceptos básicos y terminología
- Características y clasificación de las grietas
- Fundamentos del movimiento de aire
- Distribución de las fugas de aire
- Medición del caudal de aire debido a infiltraciones
- Cálculo de las infiltraciones de aire



## Objetivos

- Definir correctamente la terminología referente a la ventilación e infiltraciones de aire
- Caracterizar y clasificar las grietas
- Definir los fundamentos y mecanismos del movimiento del aire
- Indicar la localización de las fugas de aire
- Describir los métodos de ensayo para determinar la permeabilidad de la envolvente y el caudal de aire
- Desarrollar los métodos de cálculo más importantes



## Introducción

- Importancia de las infiltraciones de aire
  - Ventilación eficiente
  - Calidad del aire interior
  - Ahorro energético
  - Diseño de sistemas HVAC



## Conceptos básicos y definiciones

- Renovación de aire
  - Sustituir aire interior sucio por aire limpio exterior
  - Supone una pérdida de energía
  - Se puede hacer por ventilación o por infiltraciones de aire



## Conceptos básicos y definiciones

- Aire de ventilación
  - El aire utilizado en la renovación de aire
  - Compuesto por el aire que llega por:
    - Ventilación natural
    - Ventilación forzada
    - Ventilación híbrida
    - Aire de recirculación
    - Transferencia de aire





## Conceptos básicos y definiciones

- Ventilación
  - Introducción intencionada de aire desde el exterior
    - Ventilación natural
    - Ventilación mecánica
    - Ventilación híbrida



## Conceptos básicos y definiciones

- Ventilación natural
  - Por diferencia de presión creada de forma natural:
    - Ventanas abiertas
    - Puertas abiertas
    - Rejillas de ventilación
    - Cualquier abertura situada de forma intencionada



## Conceptos básicos y definiciones

- Ventilación mecánica
  - Por diferencia de presión creada mediante sistemas mecánicos
    - Ventiladores
    - Extractores



## Conceptos básicos y definiciones

- Infiltración
  - También conocidas como fugas de aire
  - Aire exterior que penetra en el interior del local
  - Se producen a través de grietas y aberturas no intencionadas
  - Se producen por diferencia de presión interior/exterior



## Conceptos básicos y definiciones

- Exfiltración
  - Aire interior que sale hacia el exterior
  - Se producen a través de grietas y aberturas no intencionadas
  - Se producen por diferencia de presión interior/exterior



## Conceptos básicos y definiciones

- Transferencia de aire
  - Se trata del aire que va desde un local interior hacia otro
  - Puede producirse de manera intencionada o no



## Conceptos básicos y definiciones

- En función de la forma de ventilar varía
  - El consumo de energía
  - La calidad del aire interior
  - El confort térmico
- Las infiltraciones son la peor forma de ventilar



## Conceptos básicos y definiciones

- Los edificios comerciales, de oficinas, institucionales son presurizadas para evitar las infiltraciones
- Esto se hace mediante sistemas mecánicos de ventilación
- Estos sistemas tienen un gran potencial para controlar la renovación de aire





## Conceptos básicos y definiciones

- Las viviendas han utilizado la ventilación natural y las infiltraciones para la renovación de aire
- Esto no garantiza una correcta ventilación a lo largo del año
- La apertura de ventanas permite controlar a los ocupantes la temperatura y la calidad del aire interior



## Conceptos básicos y definiciones

- Las infiltraciones ayudan a renovar el aire interior
- Pero lo hacen de manera incontrolada
- Por los mecanismos que impulsan las infiltraciones, más infiltraciones habrá cuando menos queramos que sean



## Conceptos básicos y definiciones

- Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura interior/exterior mayor serán las infiltraciones
- Esto supone un gran coste energético
- El consumo energético asociado a la edificación supone gran parte consumo total de energía



## Conceptos básicos y definiciones

- La solución adoptada
  - Reducir la transferencia de calor a través de la envolvente
  - Reducir las infiltraciones de aire
- Consecuencia: mala calidad de aire interior



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- Localización de grietas
  - Enchufes y cables
  - Pasos de tuberías y conductos
  - Uniones entre paredes y techos
  - Juntas de ventanas y puertas
  - Cajas de persianas
  - Shunt y rejillas de evacuación



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- La cantidad de aire que fluye a través de la grieta depende de
  - Tamaño y configuración de la grieta
  - Características del flujo a través de la grieta
  - Diferencia de presión a través de la grieta
  - Temperatura de la grieta



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- El flujo a través de las grietas es muy complejo
- Las ecuaciones utilizadas para su estimación son sencillas
- Éstas dependen del tamaño de la grieta
- Los métodos de medición son simples



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- Grandes grietas
  - Más de 10 mm (según BS 5925)
  - En puertas y ventanas
  - Flujo turbulento bajo diferencias de presión normales

$$Q = C_d \cdot A \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$





## Características y clasificación de las grietas en edificios

- Grietas grandes
  - $C_d \cdot A$  : Área efectiva de fugas de aire
  - Para orificios en forma de filo  $C_d \cdot A = 0,61$
  - Para la mayoría de grietas esto no se cumple



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- Pequeñas grietas
  - Pequeñas en comparación con su profundidad
  - Flujo laminar

$$Q = \frac{b \cdot h^3}{12\mu \cdot L} \Delta p$$



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- Flujo de transición en el caso de grietas intermedias
- La ecuación utilizada combinación de las anteriores

$$Q = C \cdot \Delta p$$

- Ecuación similar a las utilizadas para pequeñas y grandes grietas
- Se utiliza en todos los software de cálculo de infiltraciones
- Esta ecuación se deduce a partir del comportamiento de flujos en conductos



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- Caída de presión en conductos

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (*)$$

- Caudal a través del conducto

$$Q = v \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- Factor de fricción

$$\lambda = \frac{A}{Re^M}$$

- Número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu}$$



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- Sustituyendo las 3 últimas ecuaciones en (\*)

$$Q = \left[ \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \left( 2 \frac{d^{M+1}}{A \cdot L} \right)^{\frac{1}{2-M}} \right] \cdot \left[ \nu^{\frac{-M}{2-M}} \cdot \rho^{\frac{-1}{2-M}} \right] \cdot \Delta p^{\frac{1}{2-M}}$$

si

$$n = \frac{1}{2 - M}$$



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- La ecuación anterior se puede reescribir

$$Q = C_s \cdot \rho^{-n} \cdot \vartheta^{1-2n} \cdot \Delta p^n$$

- Los valores “ $C_s$ ” y “ $n$ ” se obtienen mediante ensayos y se consideran constantes
- La densidad y la viscosidad dependen del ambiente



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- Los valores de “n” estarán entre “0,5” y “1”
- Experimentalmente se demuestra que

$$0,6 < n < 0,7$$

- Se considera válido el valor  $n = 0,67$





## Características y clasificación de las grietas en edificios

- El efecto de las propiedades termofísicas mediante un factor de corrección

$$K_Q = \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{-n} \cdot \left(\frac{\vartheta}{\vartheta_0}\right)^{1-2n}$$

- Suponiendo el aire como gas ideal y porque la variación de presión es pequeña

$$K_Q = \left(\frac{T}{T_0}\right) \cdot \left(\frac{T_0 - 136}{T - 136}\right)^{2n-1}$$



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- La temperatura de la grieta es función de
  - La temperatura en el interior del local
  - La temperatura exterior
- La situación de la grieta define el valor de la temperatura



## Características y clasificación de las grietas en edificios

- La clasificación de las grietas
  - En función de su localización
  - En función de su forma y tamaño
- En la práctica es muy difícil clasificar según su forma



## Fundamentos del movimiento de aire

- La diferencia de presión provoca el movimiento de aire
- Puede ser producida por
  - El viento
  - Diferencia de temperatura interior/exterior



## Fundamentos del movimiento de aire

- Efecto del viento
  - Se tiene en cuenta mediante “ $C_p$ ”
  - Describe la distribución de la presión en la envolvente del edificio
  - Puede tomar valores positivos y negativos
- El valor de “ $C_p$ ” depende de
  - La geometría del edificio
  - La velocidad y dirección del viento
  - El grado de exposición al viento



## Fundamentos del movimiento de aire

- La contribución a la diferencia de presión por parte del viento será

$$p_w = \frac{1}{2} C_p \cdot \rho_0 \cdot v^2(z)$$

- Efecto de la diferencia de temperatura interior/exterior
  - Afecta a la densidad del aire
  - A mayor diferencia de temperatura, mayor diferencia de presión

$$\Delta p = (p_i - p_o) = (\rho_o - \rho_i) \cdot g \cdot h = \rho_o \left(1 - \frac{T_o}{T_i}\right) \cdot g \cdot h$$



## Fundamentos del movimiento de aire

- Efecto combinado viento y diferencia de temperatura
  - La diferencia total de presión

$$Q_t = \left[ Q_w^{\frac{1}{n}} + Q_s^{\frac{1}{n}} \right]^n$$

- Se suman las diferencia de presión por cada efecto
- Esto no es cierto



## Fundamentos del movimiento de aire

- La solución real se calcula de forma iterativa
- Métodos propuestos

$$Q_t = Q_w + Q_s$$

$$Q_t = \left[ Q_w^{\frac{1}{2}} + Q_s^{\frac{1}{2}} \right]^2$$

$$Q_t = \left[ Q_w^{\frac{1}{n}} + Q_s^{\frac{1}{n}} \right]^n$$

$$Q_t = \left[ Q_w^{\frac{1}{n}} + Q_s^{\frac{1}{n}} + B \cdot (Q_w \cdot Q_s)^{\frac{1}{2n}} \right]^n$$





## Fundamentos del movimiento de aire

- Se compara los resultados de cada métodos y mediaciones con gases trazadores
- Se concluye que la más apropiada es la segunda por la relación simplicidad/precisión



## Fundamentos del movimiento de aire

- La diferencia de presión se debe al efecto combinado del
  - viento
  - diferencia de temperatura interior/exterior del edificio
  - y los sistemas mecánicos

$$Q_t = Q_{fb} + \left[ Q_w \frac{1}{n} + Q_s \frac{1}{n} \right]^n$$

- Caso de que el sistema mecánico no esté equilibrado

$$Q_t = \left[ Q_w \frac{1}{n} + Q_s \frac{1}{n} + Q_{fu} \frac{1}{n} \right]^n$$



## Distribución de las fugas de aire

- Muchos estudios han tratado de hacerlo
- La localización y porcentaje sobre el total
  - Paredes (18 – 50%): Uniones de cerramientos, enchufes eléctricos y paso de tuberías.
  - Techos (3 – 30%): es un problema en las últimas plantas. Dispositivos de iluminación, cableado y paso de tuberías.



## Distribución de las fugas de aire

- Sistemas de ventilación (3 - 28%): La diferencia de presión int./ext. en los conductos puede llegar a ser 10 veces el de la envolvente.
- Puertas y ventanas (6 – 25%): Depende del tipo.
- Chimeneas (30%): Existen trampillas y dispositivos de protección que ayudan. Lo más efectivo son los tapones.
- Rejillas de extracción (2 – 12%): Si no disponen de trampillas o no cierran bien.
- Difusión de aire (1%)



## Distribución de las fugas de aire

- Detección y caracterización de las fugas de aire
  - Ensayo puerta – ventilador, para conocer la estanquidad del edificio
  - Su utilización está muy extendida en el extranjero



## Distribución de las fugas de aire

- Extensa base de datos
- El análisis de datos permite analizar los factores que influyen
  - Año de construcción
  - Su tamaño
  - Su localización
  - Presencia de conductos
  - Tipo de construcción



## Distribución de las fugas de aire

- Los factores más importantes
  - Año de construcción
    - Desgaste del edificio
    - Evolución en la construcción
    - Cambios en la normativa
  - Tamaño del edificio definido por la complejidad del edificio



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Es necesario medir las infiltraciones para analizar el movimiento del aire
- Nuevas tecnologías y métodos más fáciles y precisos
- La información que se puede conseguir es detallada
- Medición directa de las infiltraciones
  - Método de gases trazadores  $\Rightarrow$  UNE-EN ISO 12569



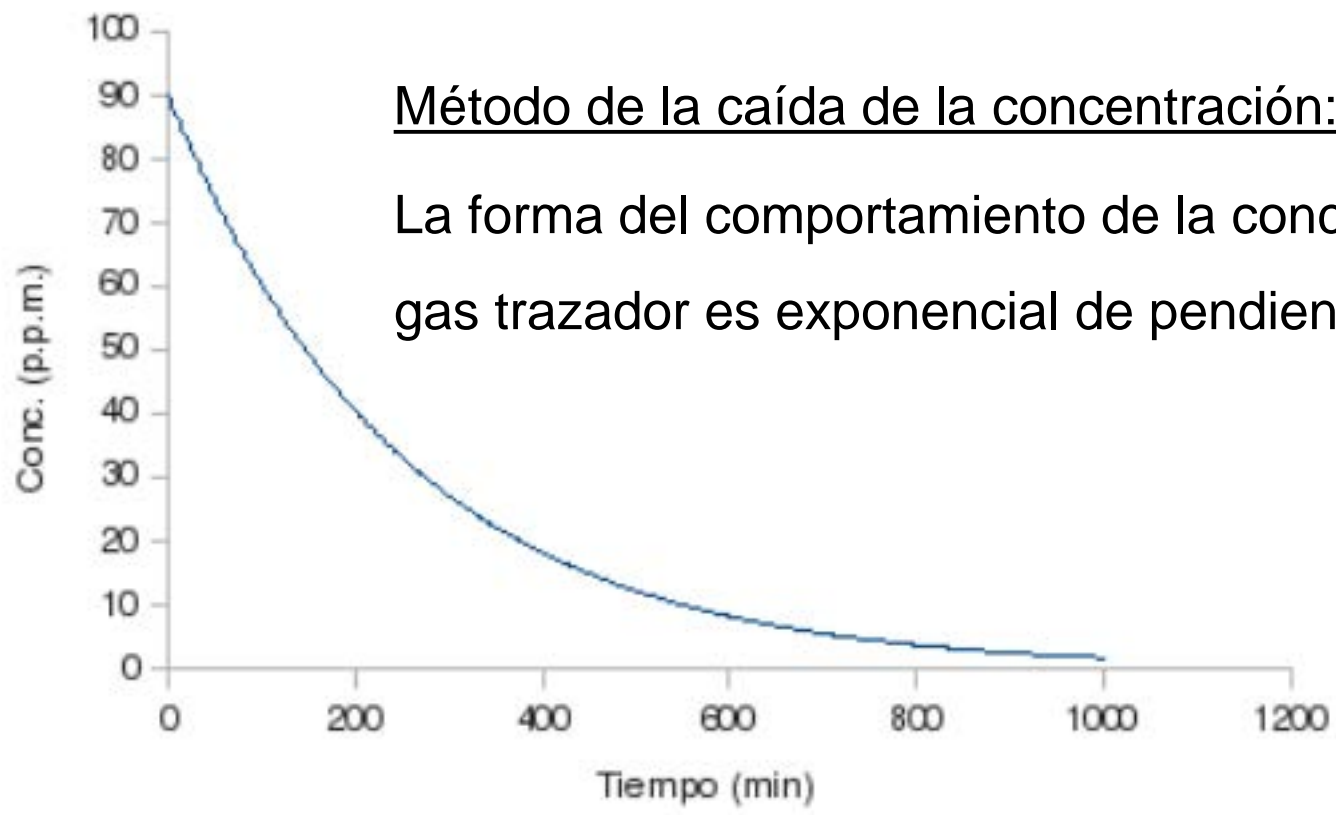


## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Preparación del local
- Emisión de gas trazador
- Medición de la evolución de la concentración del gas
- Varios métodos:
  - Método de la caída de la concentración
  - Método de la emisión constante
  - Método de la concentración constante
- La norma sólo describe el primer método (UNE-EN ISO 12569)



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones



### Método de la caída de la concentración:

La forma del comportamiento de la concentración del gas trazador es exponencial de pendiente negativa

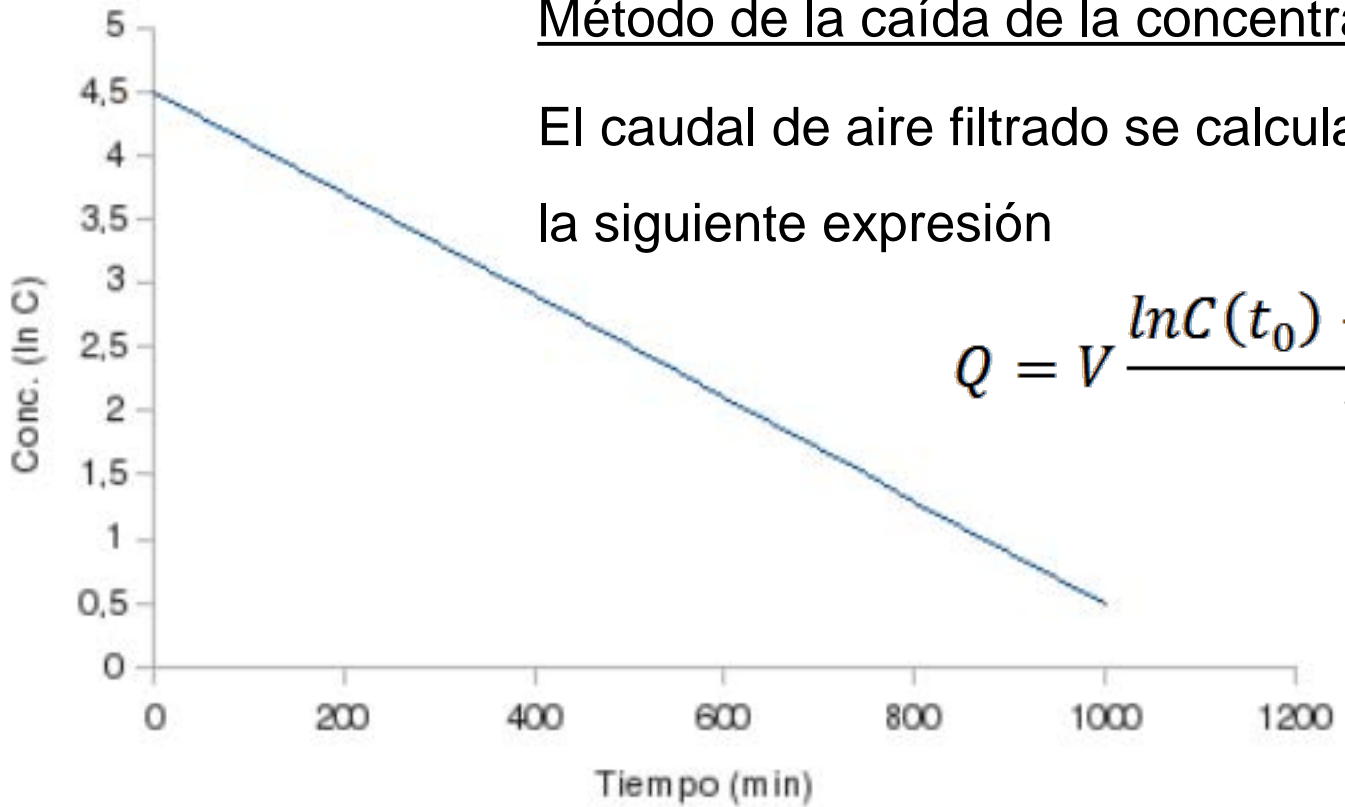


# Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

## Método de la caída de la concentración:

El caudal de aire filtrado se calcula mediante la siguiente expresión

$$Q = V \frac{\ln C(t_0) - \ln C(t_i)}{t}$$





## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- La precisión depende de
  - El procedimiento de emisión y distribución del gas
  - El muestreo del aire en el local
  - Cambios de viento y temperatura ambiental
  - Determinación de la concentración del gas



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Se puede calcular la transferencia de aire entre zonas por filtraciones

$$V_i \frac{dC_i}{dt} = G_i + \sum_{j=1}^n Q_{ij} \cdot C_j \cdot (1 - \delta_{ij}) - Q_{ei} \cdot C_i - \sum_{j=1}^n Q_{ji} \cdot C_i \cdot (1 - \delta_{ij})$$

$$Q_{ei} + \sum_{j=1}^n Q_{ji} = Q_{iei} + \sum_{j=1}^n Q_{ij}$$



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Para resolver el sistema de ecuaciones hay que aplicar uno de estos métodos
- Método a)
  - Emisión constante en una de las zonas
  - Registrar la concentración en todas las zonas
  - Variar el caudal constante



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Método b)
  - Aplicar caída de concentración en una de las zonas
  - Registrar la concentración en el resto de las zonas
  - Aplicar el mismo procedimiento en cada zona





## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Método c)
  - Utilizar un gas por cada zona
  - Aplicar uno de los métodos en todas las zonas
  - Registrar la concentración de los gases en cada zona





## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Medición de la estanquidad
  - Se trata de determinar la resistencia al paso del aire de la envolvente del edificio o componente de la misma
  - Existen dos métodos
    - Puerta – ventilador
    - Presurización dinámica



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- El primero se ha utilizado durante muchos años
- Es exigido por la normativa en muchos países
- El segundo ha sido desarrollado recientemente
- Es más complejo



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Ensayo puerta – ventilador
  - Según norma UNE-EN 13829:2000
  - Preparación del edificio
  - Presurización del mismo
  - Medición del caudal necesario para ello
  - Repetir para diferentes presiones



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Las condiciones ambientales influyen en el ensayo
  - Diferencia de temperatura interior/exterior
  - La velocidad del viento
- Para reducir el efecto de la fluctuación del viento la diferencia de presión mínima 10 Pa



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Viviendas individuales y otros edificios pequeños
  - La diferencia de presión máxima por lo menos de 50 Pa
- Grandes edificios
  - Volúmenes superiores a 4000 m<sup>3</sup>
  - Diferencia de presión máxima la más alta posible
  - Diferencia de presión máxima mínima 25 Pa

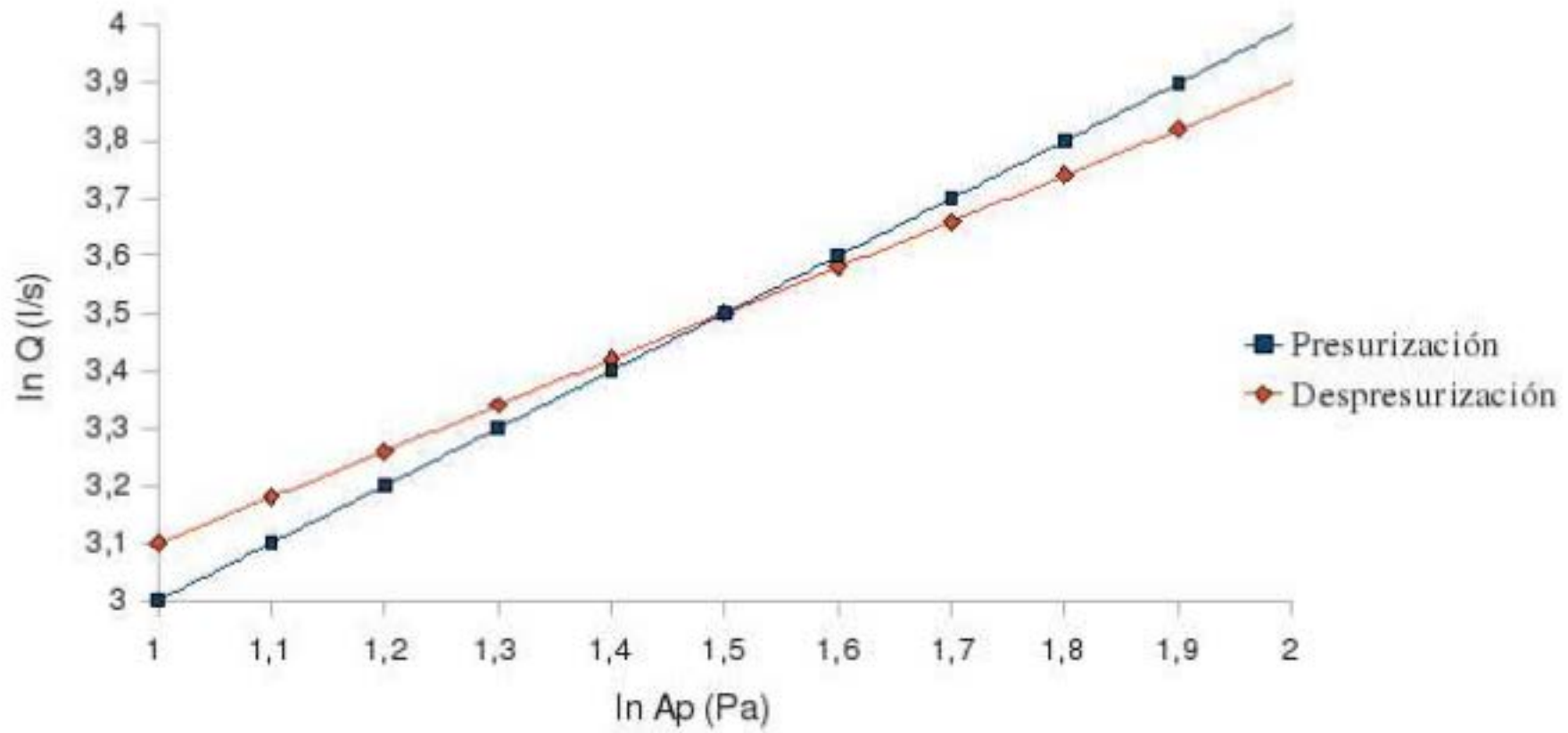


## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Se toman 5 caudales para 5 diferencias de presiones
- Se consiguen datos más precisos a diferencias de presiones elevadas
- Se puede hacer el ensayo de presurización y despresurización, el resultado es distinto, ya que la forma de la grieta cambia en función del sentido
- Resulta muy útil para evaluar reformas



# Mediciones del caudal de aire por infiltraciones







## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Necesitamos resultados comparables para distintos edificios
- Se utilizan ciertos valores de diferencias de presiones
  - 50 Pa y 4 Pa las más utilizadas
  - También se utilizan 25 Pa y 1 Pa





## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Volumen interno (V)
- Área de la envolvente ( $A_E$ )
- Área neta del suelo ( $A_F$ )
- Permeabilidad al aire:

$$q_{50} = \frac{Q_{50}}{A_E}$$

- Tasa específica del filtrado:

$$W_{50} = \frac{Q_{50}}{A_F}$$



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Experimentalmente se observa que para
  - Viviendas

$$ACH = \frac{Q_{50}}{20V}$$

- Grandes edificios no domésticos

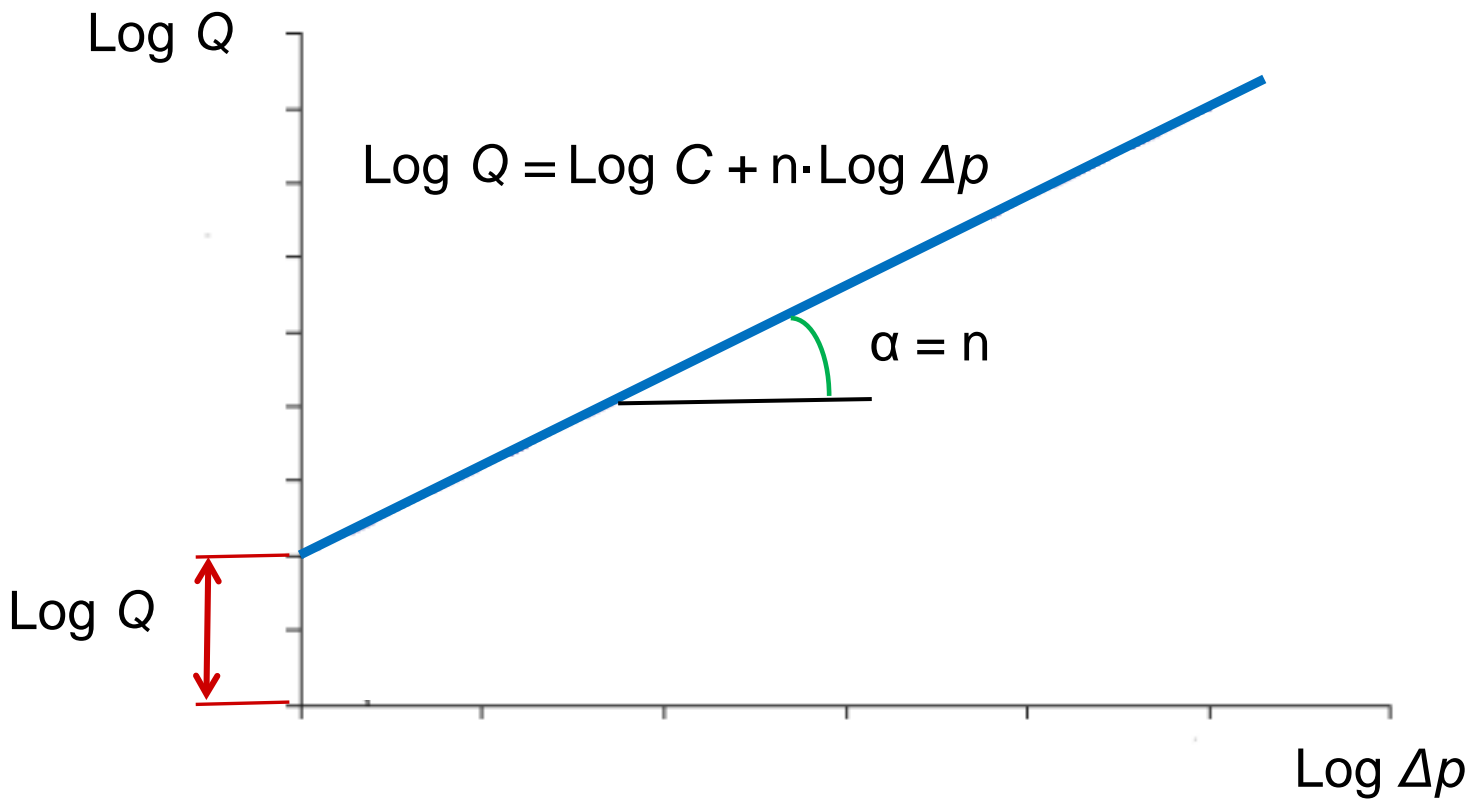
$$ACH = \frac{Q_{50}}{60A_E}$$



# Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Recordando la ecuación de flujo

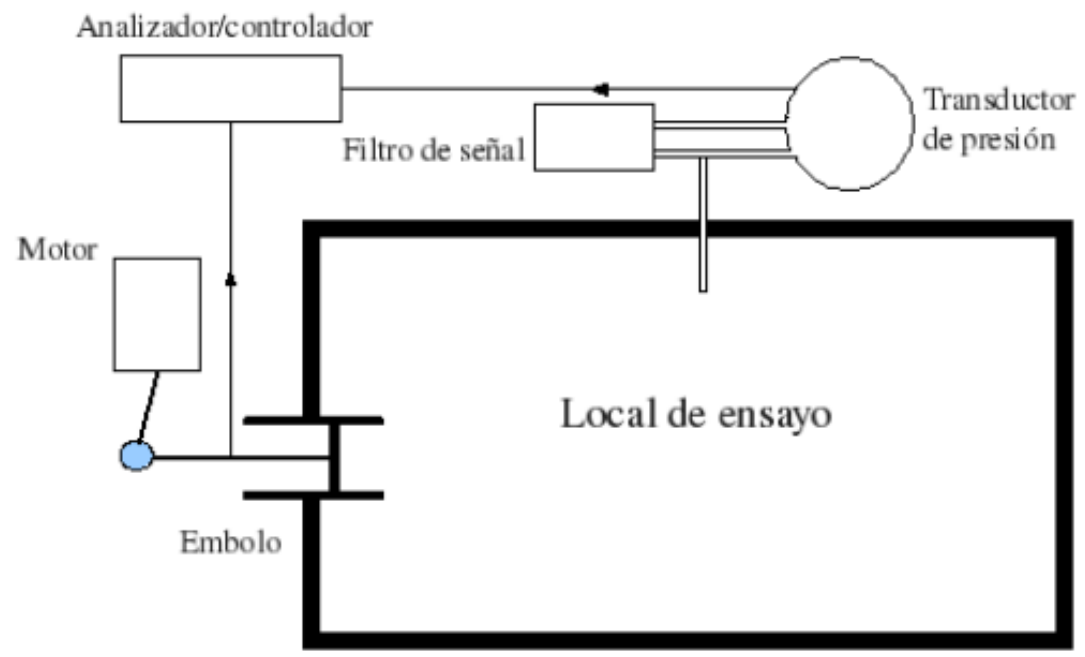
$$Q = C \cdot \Delta p^n$$





# Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

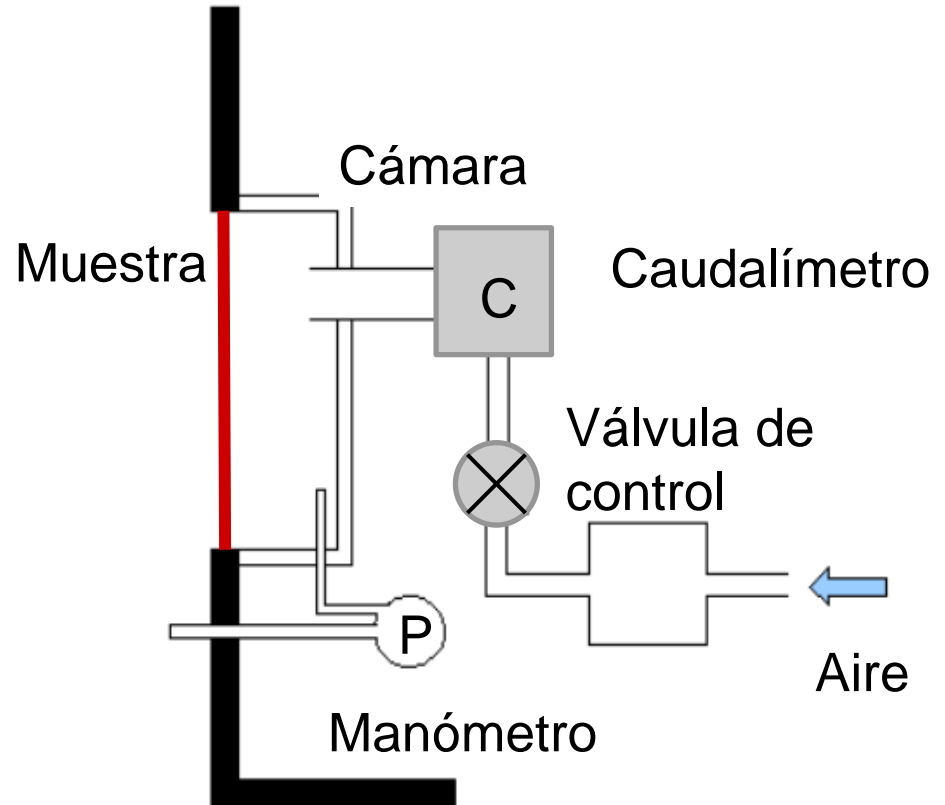
- Presurización dinámica
  - Se utiliza para reducir la incertidumbre para bajas presiones





## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Componentes del edificio
  - Se trata de puertas y ventanas
  - El ensayo se realiza en laboratorio o *in situ*
  - Para laboratorio
- Norma UNE-EN 1026





## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Se toma como valor de referencia 100 Pa
- Se calcula la permeabilidad según
  - La longitud de juntas
  - La superficie total del componente



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Permeabilidades al aire de referencia a 100 Pa y presiones máximas de ensayo, relacionadas con la superficie total, para las clases 1 a 4.

Clase	Permeabilidad al aire de referencia a 100 Pa	Presión máxima de ensayo
	[m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	[Pa]
0	No ensayada	No ensayada
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Permeabilidades al aire de referencia a 100 Pa y presiones máximas de ensayo, relacionadas con la longitud de las juntas de apertura superficie total, para las clases 1 a 4.

Clase	Permeabilidad al aire de referencia a 100 Pa	Presión máxima de ensayo
	[m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )]	[Pa]
0	No ensayada	No ensayada
1	12,5	150
2	6,75	300
3	2,25	600
4	0,75	600





## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Las opciones son
  - Que dé la misma clase para los dos
  - Dos clases adyacentes
  - Una diferencia de dos clases
  - Una diferencia de más de dos clases



## Mediciones del caudal de aire por infiltraciones

- Otros métodos de medida de estanquidad
  - Medición de permeabilidad entre zonas
  - Many – pressure – state technique



## Cálculo de las infiltraciones de aire

- Para el cálculo del aire filtrado hay que saber
  - La velocidad del viento y su dirección
  - Temperatura interna y externa del edificio
  - La posición y características del flujo en las aberturas
  - Distribución de presiones en la envolvente



## Cálculo de las infiltraciones de aire

- Es muy difícil definir con precisión estos parámetros
- Necesidad de realizar simplificaciones
- Dos tipos de modelos
  - Modelos empíricos
  - Modelo tipo “Network”



## Cálculo de las infiltraciones de aire

- Modelos empíricos
  - Modelos simples
  - Basados en datos empíricos
  - Edificio definido como única zona
  - Se consideran adecuados para dimensionar sistemas HVAC



## Cálculo de las infiltraciones de aire

- Método ASHRAE

$$Q = A \cdot \sqrt{a \cdot \Delta T + b \cdot v_r^2}$$

Nº de plantas	a
1	0,002
2	0,004
3	0,006



## Cálculo de las infiltraciones de aire

- Determinación de "b"

Grado de resguardo	Plantas del edificio		
	una planta	dos plantas	tres plantas
I	0,00413	0,00544	0,0064
II	0,00319	0,00421	0,00495
III	0,00226	0,00299	0,00351
IV	0,00135	0,00178	0,00209
V	0,00041	0,00054	0,00063

Grado de resguardo	Descripción
I	Sin resguardar, no existen obstrucciones
II	Bajo nivel de resguardo o protección
III	Resguardo medio debido a la cercanía de edificios de misma altura
IV	Elevado nivel de resguardo por cercanía de edificios más altos
V	Muy elevado nivel de resguardo por la cercanía de edificios mucho más altos



## Cálculo de las infiltraciones de aire

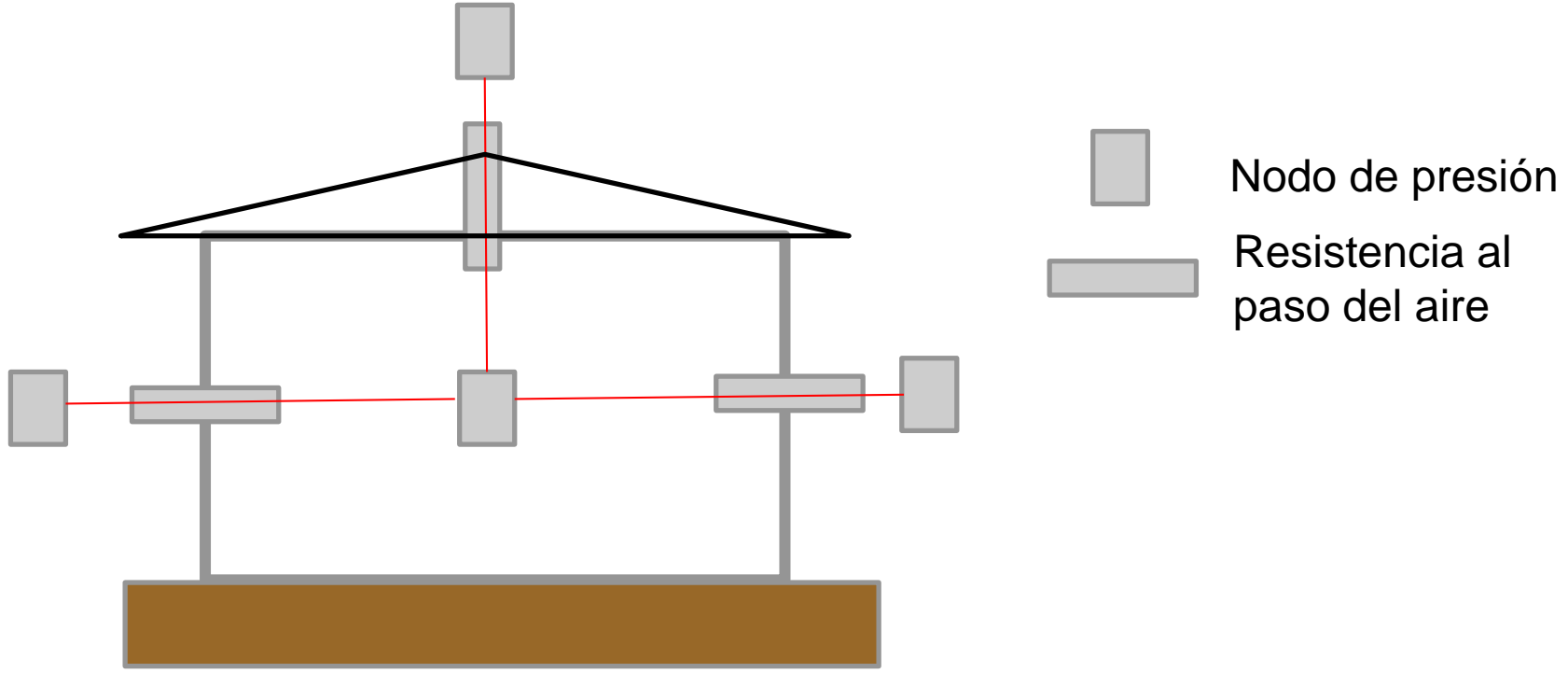
- Modelos tipo “Network”
  - Modelos desarrollados teóricamente
  - Modelos más rigurosos
  - Dos tipos de modelos “Network”
    - Modelos unizona
    - Modelos multizona





# Cálculo de las infiltraciones de aire

- Modelo unizona
  - El edificio define mediante un único nodo de presión





## Cálculo de las infiltraciones de aire

- En comparación con los modelos multizona
  - No son tan precisos
  - El esfuerzo de cálculo es menor
  - El modelo BRE y LBL han sido validados por AIVC



## Cálculo de las infiltraciones de aire

- Modelo de Building Research Establishment (BRE)

$$Q_t = Q_p \cdot \left[ \frac{\rho_e \cdot v^2}{\Delta p_p} \right] \cdot F_t(Ar, \theta)$$

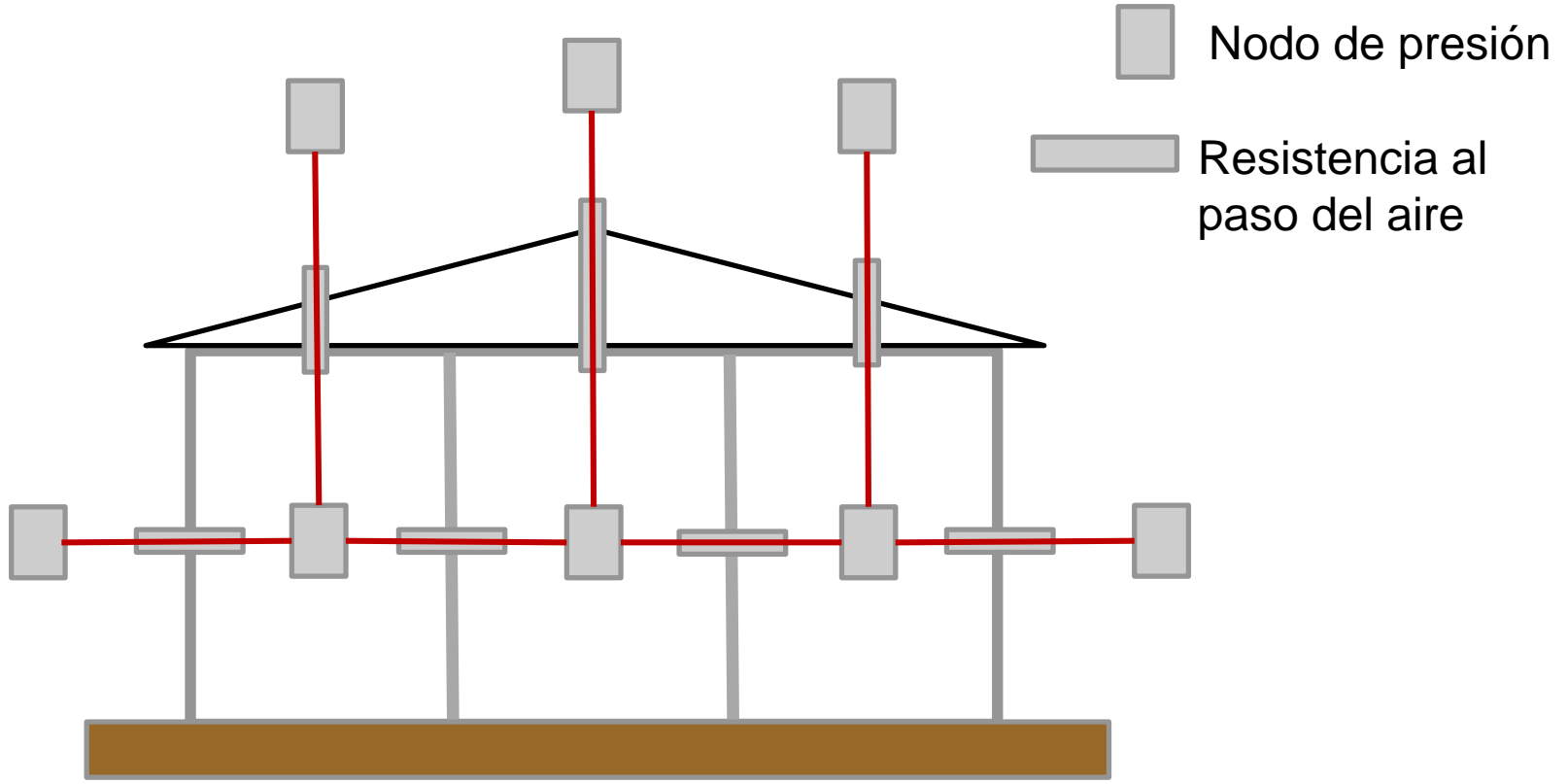
$$Ar = \frac{\Delta T \cdot g \cdot h}{T_i \cdot v^2}$$

$$Q_t = Q_p \cdot \left[ \frac{\rho_e \cdot v^2}{\Delta p_p} \right] \cdot F_w(\theta) \qquad Q_t = Q_p \cdot \left[ \frac{\Delta T \cdot \rho_e \cdot g \cdot h}{T_i \cdot \Delta p_p} \right]^n \cdot F_s$$



# Cálculo de las infiltraciones de aire

- Modelos multizona: Múltiples nodos en el edificio





## Cálculo de las infiltraciones de aire

- Ecuaciones para el cálculo para cada zona

$$\sum_{i=1}^j \rho_i \cdot Q_i = 0$$

$$Q_i = C_i \cdot \Delta p_i^{n_i}$$

$$\sum_{i=1}^j C_i \cdot |p_i - p|^{n_i} \cdot \frac{p_i - p}{|p_i - p|} = 0$$



## Cálculo de las infiltraciones de aire

- Las anteriores ecuaciones hay que plantearlas en las “m” zonas del edificio

$$\sum_{m=1}^q \sum_{i_m=1}^{j_m} C_{im} \cdot |p_{im} - p_m|^{n_{im}} \cdot \left[ \frac{p_{im} - p_m}{|p_{im} - p_m|} \right] = 0$$



## Cálculo de las infiltraciones de aire

- Software tipo “Network”
  - AIDA: Modelo unizona
  - LBL: Modelo unizona
  - AIOLOS: Modelo multizona
  - COMIS: Modelo multizona
  - CONTAM: Modelo multizona



Dispones de un video resumen de recapitulación sobre este tema en el canal de youtube, ver el link en la plataforma eCampusOCW

*Muchas Gracias*