

# Ventilación Industrial en tinglados cerrados permeables

Eduardo Canela<sup>a</sup>, Sandra Udrizar<sup>a</sup>, [Marcelo Adotti<sup>a,b</sup>](#),  
Jorge Marighetti<sup>a</sup>, Mario De Bortoli<sup>a</sup>

- a. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), FI-Laboratorio de Aerodinámica “Jacek Gorecki”, Chaco, Argentina.
- b. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (IMIT). Corrientes, Argentina.

29 de abril de 2019

En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.

En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.

En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.

En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.

En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.

En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.

En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.



En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.

En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.

En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.

En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.

En el actual trabajo se analiza el proceso de **ventilación natural** de un hangar de grandes dimensiones mediante estudio teórico, experimental y numérico en un modelo reducido a escala 1:50 de baja permeabilidad y aislación térmica.

## Ventilación Industrial

Busca controlar factores que aseguren:

- Confort térmico y prevención de siniestros.
- Optimización de equipos y consumo de energía.
- Regulaciones Ley Seguridad e Higiene.

## Método Experimental

Para realizar los ensayos en condiciones controladas se aplicaron leyes de semejanza geométrica, cinemática y dinámica entre modelo - prototipo. Técnicas de medición por láser (PIV). Cámara termográfica. Sensores de presión.

## CFD - Fluidodinámica Computacional

Puede ser una herramienta útil para en las etapas de diseño (Diseño Sostenible)

- Capacidad para realizar un análisis detallado del problema.
- Mejores herramientas de post-proceso y visualización.
- Ciclos de diseño más cortos y menos costosos.

Esta área del conocimiento aplicada al confort se encuentra muy poco desarrollada en nuestro país, resultando necesaria en el NEA donde las temperaturas medias anuales son elevadas respecto a otras regiones. Se debe priorizar la optimización energética desde la etapa de proyecto en pos de mejorar la ventilación natural de los diseños.



# Geometría estudiada - Prototipo

Hangar - Laboratorio de Aerodinámica UNNE.

- Elección: Posibilidad de mediciones en escala natural.
- Disponibilidad de planos.

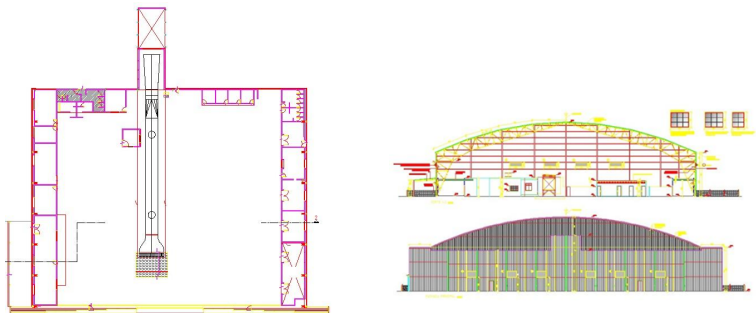


Figura 1: Planta, corte y vista frontal del prototipo.

## Hangar - Laboratorio de Aerodinámica UNNE.

- Elección: Posibilidad de mediciones en escala natural.
- Disponibilidad de planos.

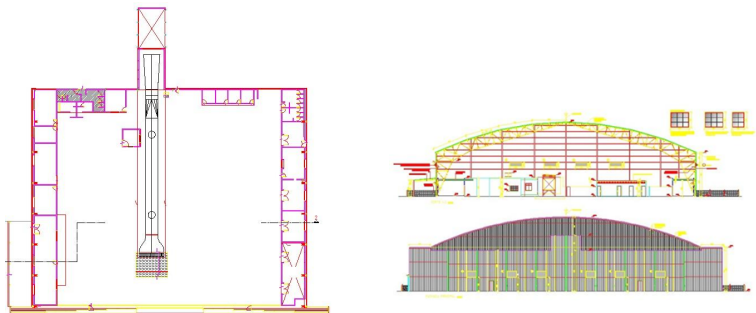


Figura 1: Planta, corte y vista frontal del prototipo.



# Geometría estudiada - Prototipo

## Hangar - Laboratorio de Aerodinámica UNNE.

- Elección: Posibilidad de mediciones en escala natural.
- Disponibilidad de planos.

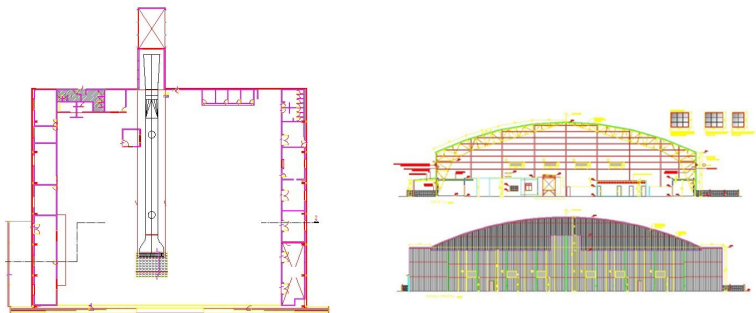


Figura 1: Planta, corte y vista frontal del prototipo.

# Geometría estudiada - Prototipo

## Hangar - Laboratorio de Aerodinámica UNNE.

- Elección: Posibilidad de mediciones en escala natural.
- Disponibilidad de planos.

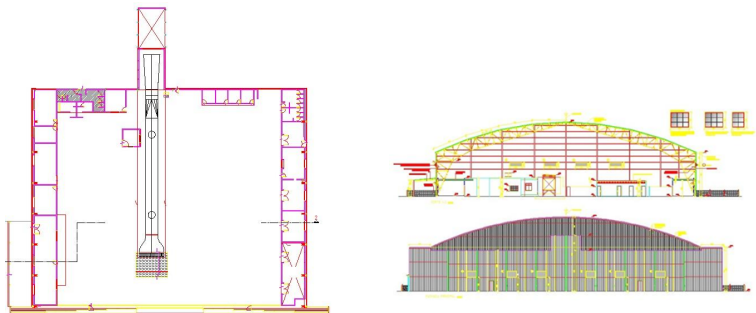


Figura 1: Planta, corte y vista frontal del prototipo.

## Hangar - Laboratorio de Aerodinámica UNNE.

- Elección: Posibilidad de mediciones en escala natural.
- Disponibilidad de planos.

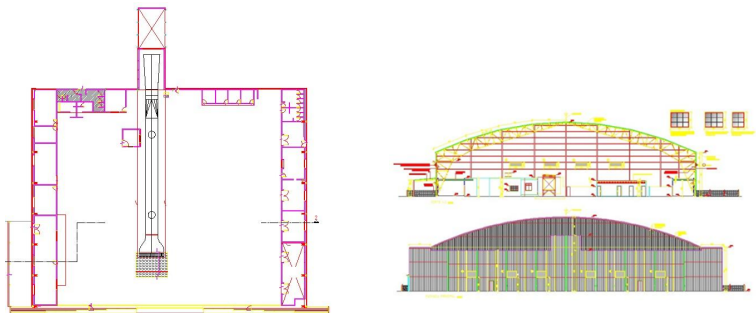


Figura 1: Planta, corte y vista frontal del prototipo.

# Modelo experimental

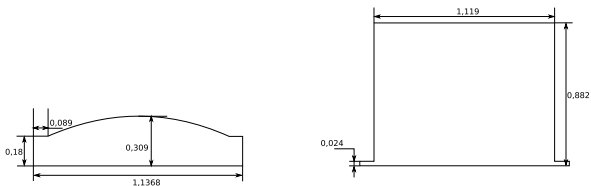


Figura 2: Planta y vista frontal del modelo.

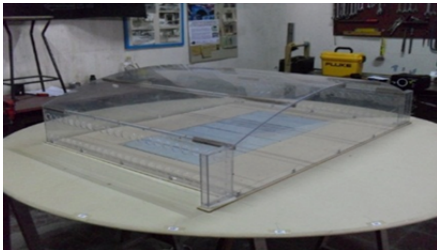


Figura 3: Fotografía de la maqueta realizada.

Considerando un edificio de base rectangular y con cierta altura como el presentado en las figuras 2 y 3 con la disposición de placas calientes ubicadas en el suelo, se produce el denominado efecto chimenea "Stack effect".

Se generan así las fuerzas de flotación internas debido al gradiente térmico y la presencia del campo gravitatorio. Acompañados por los fenómenos de re-circulación interna acorde a la disposición de las placas calientes y la geometría circundante.

**La temperatura es la principal variable en el problema de renovación del aire.**

Considerando un edificio de base rectangular y con cierta altura como el presentado en las figuras 2 y 3 con la disposición de placas calientes ubicadas en el suelo, se producen el denominado efecto chimenea "Stack effect".

Se generan así las fuerzas de flotación internas debido al gradiente térmico y la presencia del campo gravitatorio. Acompañados por los fenómenos de re-circulación interna acorde a la disposición de las placas calientes y la geometría circundante.

**La temperatura es la principal variable en el problema de renovación del aire.**

Considerando un edificio de base rectangular y con cierta altura como el presentado en las figuras 2 y 3 con la disposición de placas calientes ubicadas en el suelo, se produce el denominado efecto chimenea "Stack effect".

Se generan así las fuerzas de flotación internas debido al gradiente térmico y la presencia del campo gravitatorio. Acompañados por los fenómenos de re-circulación interna acorde a la disposición de las placas calientes y la geometría circundante.

La temperatura es la principal variable en el problema de renovación del aire.

Considerando un edificio de base rectangular y con cierta altura como el presentado en las figuras 2 y 3 con la disposición de placas calientes ubicadas en el suelo, se produce el denominado efecto chimenea "Stack effect".

Se generan así las fuerzas de flotación internas debido al gradiente térmico y la presencia del campo gravitatorio. Acompañados por los fenómenos de re-circulación interna acorde a la disposición de las placas calientes y la geometría circundante.

**La temperatura es la principal variable en el problema de renovación del aire.**



# Formulación matemática del problema

$$\vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}) \neq 0$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = -\frac{\vec{\nabla}P}{\rho} + \vec{g} + \frac{1}{3}\nu\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) + \nu\nabla^2\vec{V}$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{d\vec{V}}{dt} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})\vec{V}$$

$$P = \rho RT$$

$$-\alpha\nabla^2 T = 0$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

# Formulación matemática del problema

$$\vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}) \neq 0$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = -\frac{\vec{\nabla}P}{\rho} + \vec{g} + \frac{1}{3}\nu\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) + \nu\nabla^2\vec{V}$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{d\vec{V}}{dt} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})\vec{V}$$

$$P = \rho RT$$

$$-\alpha\nabla^2 T = 0$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

# Formulación matemática del problema

$$\vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}) \neq 0$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = -\frac{\vec{\nabla}P}{\rho} + \vec{g} + \frac{1}{3}\nu\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) + \nu\nabla^2\vec{V}$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{d\vec{V}}{dt} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})\vec{V}$$

$$P = \rho RT$$

$$-\alpha\nabla^2 T = 0$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

# Formulación matemática del problema

$$\vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}) \neq 0$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = -\frac{\vec{\nabla}P}{\rho} + \vec{g} + \frac{1}{3}\nu\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) + \nu\nabla^2\vec{V}$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{d\vec{V}}{dt} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})\vec{V}$$

$$P = \rho RT$$

$$-\alpha\nabla^2 T = 0$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

# Formulación matemática del problema

$$\vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}) \neq 0$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = -\frac{\vec{\nabla}P}{\rho} + \vec{g} + \frac{1}{3}\nu\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) + \nu\nabla^2\vec{V}$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{d\vec{V}}{dt} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})\vec{V}$$

$$P = \rho RT$$

$$-\alpha\nabla^2 T = 0$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

# Formulación matemática del problema

$$\vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{V}) \neq 0$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = -\frac{\vec{\nabla}P}{\rho} + \vec{g} + \frac{1}{3}\nu\vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{V}) + \nu\nabla^2\vec{V}$$

$$\frac{D\vec{V}}{Dt} = \frac{d\vec{V}}{dt} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})\vec{V}$$

$$P = \rho RT$$

$$-\alpha\nabla^2 T = 0$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

Definida la carga térmica total del edificio. Se busca calcular el caudal volumétrico disponible para ventilación natural:

- Caudal en las aberturas del edificio. (Norma BS5925, Awbi, 1991.)
- Caudal de ventilación por efecto del viento. Toledo (1967), Van Straaten (1967), Fan Engineering (1970), Baturin (1976), Barros Frota (1989).  $\mapsto$  Requieren conocer los  $C_p$
- Barros Frota (1989)  $\mapsto$  Disparidad de resultados. Expresiones utilizadas para mismo edificio analizado. Obtención de los  $C_p$  obtenidos de Normas de viento de origen estructural CIRSOC 102 (2001)

Definida la carga térmica total del edificio. Se busca calcular el caudal volumétrico disponible para ventilación natural:

- Caudal en las aberturas del edificio. (Norma BS5925, Awbi, 1991.)
- Caudal de ventilación por efecto del viento. Toledo (1967), Van Straaten (1967), Fan Engineering (1970), Baturin (1976), Barros Frota (1989).  $\mapsto$  Requieren conocer los  $C_p$
- Barros Frota (1989)  $\mapsto$  Disparidad de resultados. Expresiones utilizadas para mismo edificio analizado. Obtención de los  $C_p$  obtenidos de Normas de viento de origen estructural CIRSOC 102 (2001)



Definida la carga térmica total del edificio. Se busca calcular el caudal volumétrico disponible para ventilación natural:

- Caudal en las aberturas del edificio. (Norma BS5925, Awbi, 1991.)
- Caudal de ventilación por efecto del viento. Toledo (1967), Van Straaten (1967), Fan Engineering (1970), Baturin (1976), Barros Frota (1989).  $\mapsto$  Requieren conocer los  $C_p$
- Barros Frota (1989)  $\mapsto$  Disparidad de resultados. Expresiones utilizadas para mismo edificio analizado. Obtención de los  $C_p$  obtenidos de Normas de viento de origen estructural CIRSOC 102 (2001)

Definida la carga térmica total del edificio. Se busca calcular el caudal volumétrico disponible para ventilación natural:

- Caudal en las aberturas del edificio. (Norma BS5925, Awbi, 1991.)
- Caudal de ventilación por efecto del viento. Toledo (1967), Van Straaten (1967), Fan Engineering (1970), Baturin (1976), Barros Frota (1989).  $\mapsto$  Requieren conocer los  $C_p$
- Barros Frota (1989)  $\mapsto$  Disparidad de resultados. Expresiones utilizadas para mismo edificio analizado. Obtención de los  $C_p$  obtenidos de Normas de viento de origen estructural CIRSOC 102 (2001)

Cálculos empíricos y analíticos para estados de configuraciones permeables e impermeables:

- Método de las renovaciones de volúmenes de aire CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers).  
Empírico.
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001).
- FROTA (Frota, 1989 - Frota & Schiffer, 2000).
- SILVANI (2005)

## Cálculos empíricos y analíticos para estados de configuraciones permeables e impermeables:

- Método de las renovaciones de volúmenes de aire CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers).  
Empírico.
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001).
- FROTA (Frota, 1989 - Frota & Schiffer, 2000).
- SILVANI (2005)

Cálculos empíricos y analíticos para estados de configuraciones permeables e impermeables:

- Método de las renovaciones de volúmenes de aire CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers).  
**Empírico.**
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001).
- FROTA (Frota, 1989 - Frota & Schiffer, 2000).
- SILVANI (2005)

Cálculos empíricos y analíticos para estados de configuraciones permeables e impermeables:

- Método de las renovaciones de volúmenes de aire CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers).  
**Empírico.**
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001).
- FROTA (Frota, 1989 - Frota & Schiffer, 2000).
- SILVANI (2005)

Cálculos empíricos y analíticos para estados de configuraciones permeables e impermeables:

- Método de las renovaciones de volúmenes de aire CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers).  
**Empírico.**
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001).
- FROTA (Frota, 1989 - Frota & Schiffer, 2000).
- SILVANI (2005)

Cálculos empíricos y analíticos para estados de configuraciones permeables e impermeables:

- Método de las renovaciones de volúmenes de aire CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers).  
**Empírico.**
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001).
- FROTA (Frota, 1989 - Frota & Schiffer, 2000).
- SILVANI (2005)



# Método experimental

## Análisis adimensional

- Se modelan a escala las masas externas de aire superficiales en el TVN 1. De Bortoli et. al. (2002)
- El modelado de las fuerzas de flotación se realiza verificando los productos adimensionales del problema: Reynolds, Arquímedes, Grashof y Prandtl. Rango  $2 \times 10^7 < GrPr < 2 \times 10^{13} \mapsto 3,44 \times 10^7$
- No se producen efectos de bloqueo  $6,77 < 8 \%$

## Análisis experimental

- Flujo convectivo en el interior sin viento (estático)
- Adición del viento exterior, ángulos de 0 y 30 grados.
- Técnica de medición por láser (PIV). Hoyos y De Paul (2014).

## Análisis adimensional

- Se modelan a escala las masas externas de aire superficiales en el TVN 1. De Bortoli et. al. (2002)
- El modelado de las fuerzas de flotación se realiza verificando los productos adimensionales del problema: Reynolds, Arquímedes, Grashof y Prandtl. Rango  $2 \times 10^7 < GrPr < 2 \times 10^{13} \mapsto 3,44 \times 10^7$
- No se producen efectos de bloqueo  $6,77 < 8\%$

## Análisis experimental

- Flujo convectivo en el interior sin viento (estático)
- Adición del viento exterior, ángulos de 0 y 30 grados.
- Técnica de medición por láser (PIV). Hoyos y De Paul (2014).

## Análisis adimensional

- Se modelan a escala las masas externas de aire superficiales en el TVN 1. De Bortoli et. al. (2002)
- El modelado de las fuerzas de flotación se realiza verificando los productos adimensionales del problema: Reynolds, Arquímedes, Grashof y Prandtl. Rango  $2 \times 10^7 < GrPr < 2 \times 10^{13} \mapsto 3,44 \times 10^7$
- No se producen efectos de bloqueo  $6,77 < 8\%$

## Análisis experimental

- Flujo convectivo en el interior sin viento (estático)
- Adición del viento exterior, ángulos de 0 y 30 grados.
- Técnica de medición por láser (PIV). Hoyos y De Paul (2014).

## Análisis adimensional

- Se modelan a escala las masas externas de aire superficiales en el TVN 1. De Bortoli et. al. (2002)
- El modelado de las fuerzas de flotación se realiza verificando los productos adimensionales del problema: Reynolds, Arquímedes, Grashof y Prandtl. Rango  $2 \times 10^7 < GrPr < 2 \times 10^{13} \mapsto 3,44 \times 10^7$
- No se producen efectos de bloqueo  $6,77 < 8\%$

## Análisis experimental

- Flujo convectivo en el interior sin viento (estático)
- Adición del viento exterior, ángulos de 0 y 30 grados.
- Técnica de medición por láser (PIV). Hoyos y De Paul (2014).

## Análisis adimensional

- Se modelan a escala las masas externas de aire superficiales en el TVN 1. De Bortoli et. al. (2002)
- El modelado de las fuerzas de flotación se realiza verificando los productos adimensionales del problema: Reynolds, Arquímedes, Grashof y Prandtl. Rango  $2 \times 10^7 < GrPr < 2 \times 10^{13} \mapsto 3,44 \times 10^7$
- No se producen efectos de bloqueo  $6,77 < 8\%$

## Análisis experimental

- Flujo convectivo en el interior sin viento (estático)
- Adición del viento exterior, ángulos de 0 y 30 grados.
- Técnica de medición por láser (PIV). Hoyos y De Paul (2014).

## Análisis adimensional

- Se modelan a escala las masas externas de aire superficiales en el TVN 1. De Bortoli et. al. (2002)
- El modelado de las fuerzas de flotación se realiza verificando los productos adimensionales del problema: Reynolds, Arquímedes, Grashof y Prandtl. Rango  $2 \times 10^7 < GrPr < 2 \times 10^{13} \mapsto 3,44 \times 10^7$
- No se producen efectos de bloqueo  $6,77 < 8\%$

## Análisis experimental

- Flujo convectivo en el interior sin viento (estático)
- Adición del viento exterior, ángulos de 0 y 30 grados.
- Técnica de medición por láser (PIV). Hoyos y De Paul (2014).

## Análisis adimensional

- Se modelan a escala las masas externas de aire superficiales en el TVN 1. [De Bortoli et. al. \(2002\)](#)
- El modelado de las fuerzas de flotación se realiza verificando los productos adimensionales del problema: Reynolds, Arquímedes, Grashof y Prandtl. Rango  $2 \times 10^7 < GrPr < 2 \times 10^{13} \mapsto 3,44 \times 10^7$
- No se producen efectos de bloqueo  $6,77 < 8\%$

## Análisis experimental

- Flujo convectivo en el interior sin viento ([estático](#))
- Adición del viento exterior, ángulos de 0 y 30 grados.
- Técnica de medición por láser (PIV). [Hoyos y De Paul \(2014\)](#).

## Análisis adimensional

- Se modelan a escala las masas externas de aire superficiales en el TVN 1. [De Bortoli et. al. \(2002\)](#)
- El modelado de las fuerzas de flotación se realiza verificando los productos adimensionales del problema: Reynolds, Arquímedes, Grashof y Prandtl. Rango  $2 \times 10^7 < GrPr < 2 \times 10^{13} \mapsto 3,44 \times 10^7$
- No se producen efectos de bloqueo  $6,77 < 8\%$

## Análisis experimental

- Flujo convectivo en el interior sin viento ([estático](#))
- Adición del viento exterior, ángulos de 0 y 30 grados.
- Técnica de medición por láser (PIV). [Hoyos y De Paul \(2014\)](#).



## Análisis adimensional

- Se modelan a escala las masas externas de aire superficiales en el TVN 1. [De Bortoli et. al. \(2002\)](#)
- El modelado de las fuerzas de flotación se realiza verificando los productos adimensionales del problema: Reynolds, Arquímedes, Grashof y Prandtl. Rango  $2 \times 10^7 < GrPr < 2 \times 10^{13} \mapsto 3,44 \times 10^7$
- No se producen efectos de bloqueo  $6,77 < 8\%$

## Análisis experimental

- Flujo convectivo en el interior sin viento ([estático](#))
- Adición del viento exterior, ángulos de 0 y 30 grados.
- Técnica de medición por láser (PIV). [Hoyos y De Paul \(2014\)](#).



Figura 4: Fotografía plano óptico laser generado.

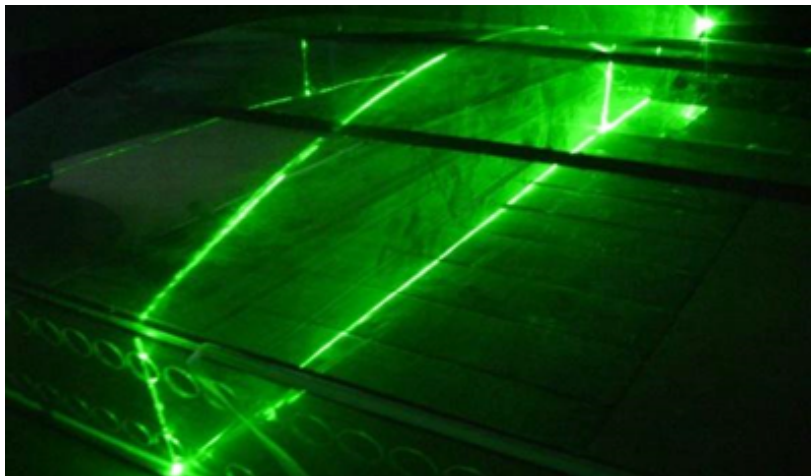


Figura 4: Fotografía plano óptico laser generado.

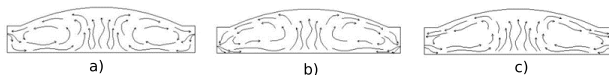


Figura 5: Sin viento exterior. a) Ab. Sup. b) Ab. Inf. c) Completamente abierto

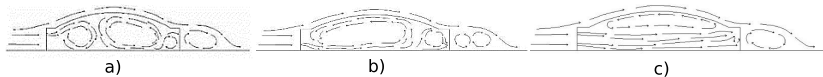


Figura 6: Con viento exterior. a) Ab. Sup. b) Ab. Inf. c) Completamente abierto

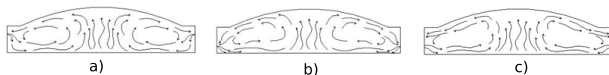


Figura 5: Sin viento exterior. a) Ab. Sup. b) Ab. Inf. c) Completamente abierto

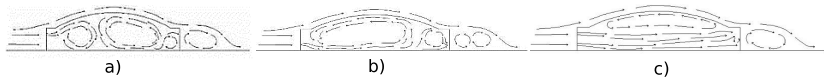
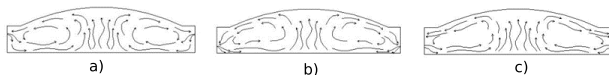
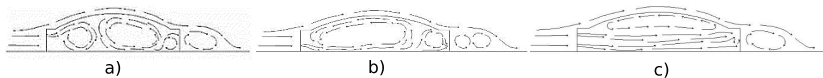


Figura 6: Con viento exterior. a) Ab. Sup. b) Ab. Inf. c) Completamente abierto



**Figura 5:** Sin viento exterior. a) Ab. Sup. b) Ab. Inf. c)Completamente abierto



**Figura 6:** Con viento exterior. a) Ab. Sup. b) Ab. Inf. c)Completamente abierto

- Mallado con la herramienta on-line para CFD, [SimScale GmbH](#), basada en OpenFOAM. "FVM".
- Discretización del dominio: Snappyhexmesh.
- Dos tipos de dominio "cerrado" y "abierto".
- Estrategia de mallado: 2 mallas, refinamiento: Capa límite (5 elementos), vértices, cambios de dirección y ventanas.

condición	abierta	cerrada
celdas	348375	1603179

Tabla 1: Cantidad de elementos y condición.

- Mallado con la herramienta on-line para CFD, [SimScale GmbH](#), basada en OpenFOAM. "FVM".
- Discretización del dominio: Snappyhexmesh.
- Dos tipos de dominio "cerrado" y "abierto".
- Estrategia de mallado: 2 mallas, refinamiento: Capa límite (5 elementos), vértices, cambios de dirección y ventanas.

condición	abierta	cerrada
celdas	348375	1603179

Tabla 1: Cantidad de elementos y condición.



- Mallado con la herramienta on-line para CFD, [SimScale GmbH](#), basada en OpenFOAM. "FVM".
- Discretización del dominio: Snappyhexmesh.
- Dos tipos de dominio "cerrado" y "abierto".
- Estrategia de mallado: 2 mallas, refinamiento: Capa límite (5 elementos), vértices, cambios de dirección y ventanas.

condición	abierta	cerrada
celdas	348375	1603179

Tabla 1: Cantidad de elementos y condición.

- Mallado con la herramienta on-line para CFD, [SimScale GmbH](#), basada en OpenFOAM. "FVM".
- Discretización del dominio: Snappyhexmesh.
- Dos tipos de dominio "cerrado" y "abierto".
- Estrategia de mallado: 2 mallas, refinamiento: Capa límite (5 elementos), vértices, cambios de dirección y ventanas.

condición	abierta	cerrada
celdas	348375	1603179

Tabla 1: Cantidad de elementos y condición.

- Mallado con la herramienta on-line para CFD, [SimScale GmbH](#), basada en OpenFOAM. "FVM".
- Discretización del dominio: Snappyhexmesh.
- Dos tipos de dominio "cerrado" y "abierto".
- Estrategia de mallado: 2 mallas, refinamiento: Capa límite (5 elementos), vértices, cambios de dirección y ventanas.

condición	abierta	cerrada
celdas	348375	1603179

Tabla 1: Cantidad de elementos y condición.

- Mallado con la herramienta on-line para CFD, [SimScale GmbH](#), basada en OpenFOAM. "FVM".
- Discretización del dominio: Snappyhexmesh.
- Dos tipos de dominio "cerrado" y "abierto".
- Estrategia de mallado: 2 mallas, refinamiento: Capa límite (5 elementos), vértices, cambios de dirección y ventanas.

condición	abierta	cerrada
celdas	348375	1603179

Tabla 1: Cantidad de elementos y condición.

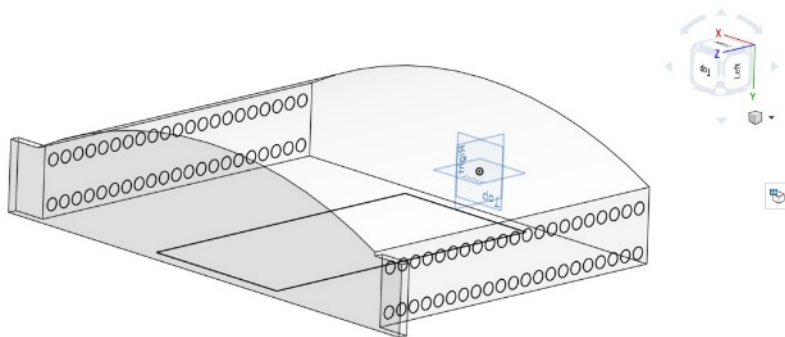


Figura 7: Geometría tridimensional empleada. [OnShape](#)

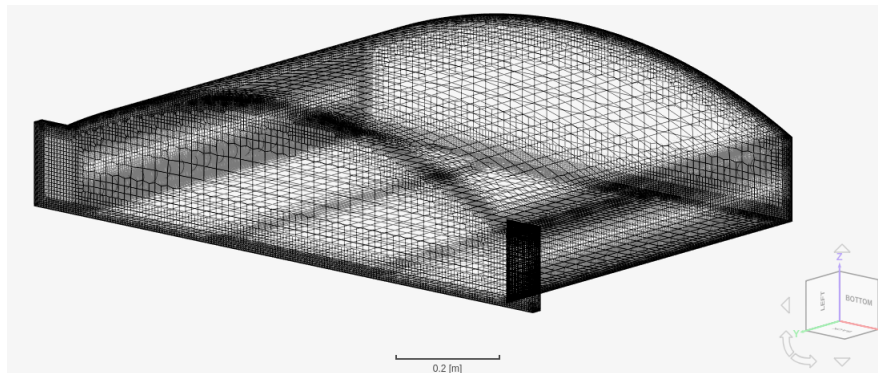


Figura 8: Malla en configuración abierta.

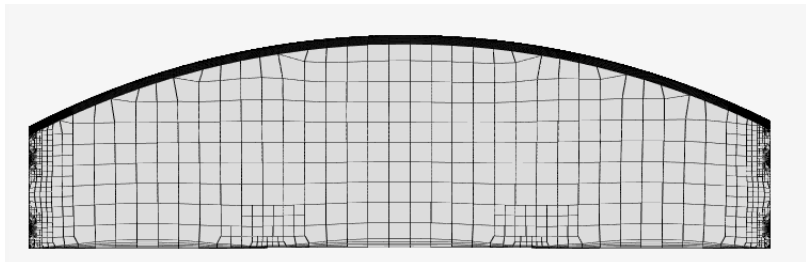


Figura 9: Detalles de refinamiento

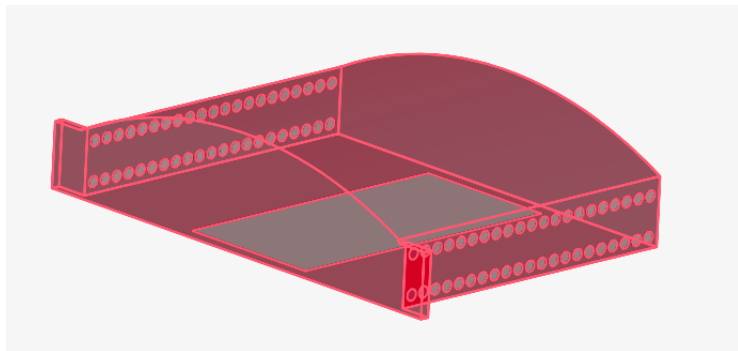


Figura 10: Superficies no deslizantes a temperatura ambiente  $22^{\circ}\text{C}$



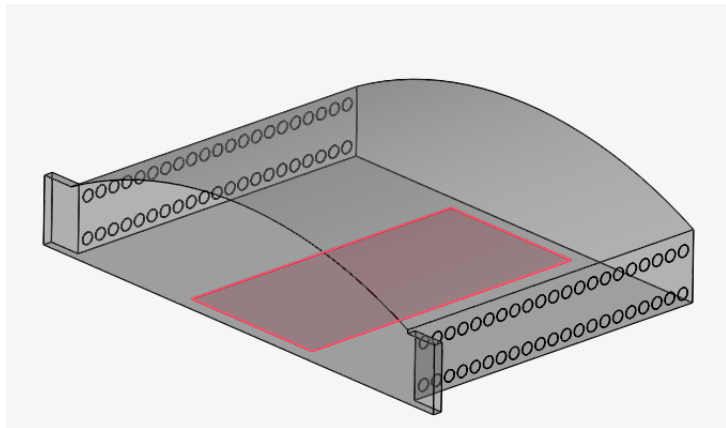


Figura 11: Superficies no deslizantes a temperatura ambiente  $32^{\circ}\text{C}$

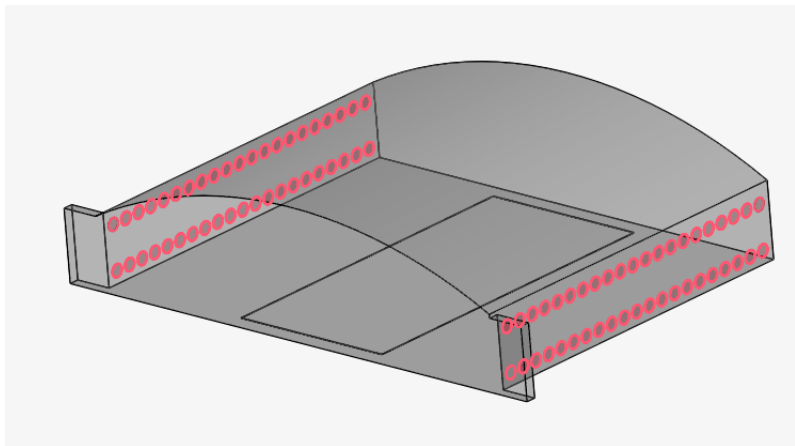


Figura 12: Presión de salida  $0Pa$ .

# Flujo laminar-condiciones iniciales

- Densidad  $\rho = f(t)$  (aire)
- $\mu = 1,83 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{s.m})$
- $g_z = -9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- $P = 101325 \text{ Pa}$
- $\vec{U} = \{U_x, U_y, U_z\} = 0$
- $C_p = 1004 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{K}}$
- Hipótesis de flujo estacionario

Laminar para buscar valor de Reynolds

# Flujo laminar-condiciones iniciales

- Densidad  $\rho = f(t)$  (aire)
- $\mu = 1,83 \times 10^{-5} \text{ kg}/(\text{s.m})$
- $g_z = -9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- $P = 101325 \text{ Pa}$
- $\vec{U} = \{U_x, U_y, U_z\} = 0$
- $C_p = 1004 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{K}}$
- Hipótesis de flujo estacionario

Laminar para buscar valor de Reynolds

# Flujo laminar-condiciones iniciales

- Densidad  $\rho = f(t)$  (aire)
- $\mu = 1,83 \times 10^{-5} \text{ kg/(s.m)}$
- $g_z = -9,81 \frac{m}{s^2}$
- $P = 101325 Pa$
- $\vec{U} = \{U_x, U_y, U_z\} = 0$
- $C_p = 1004 \frac{J}{kg \cdot ^\circ K}$
- Hipótesis de flujo estacionario

Laminar para buscar valor de Reynolds

# Flujo laminar-condiciones iniciales

- Densidad  $\rho = f(t)$  (aire)
- $\mu = 1,83 \times 10^{-5} \text{ kg/(s.m)}$
- $g_z = -9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- $P = 101325 \text{ Pa}$
- $\vec{U} = \{U_x, U_y, U_z\} = 0$
- $C_p = 1004 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{K}}$
- Hipótesis de flujo estacionario

Laminar para buscar valor de Reynolds

# Flujo laminar-condiciones iniciales

- Densidad  $\rho = f(t)$  (aire)
- $\mu = 1,83 \times 10^{-5} \text{ kg/(s.m)}$
- $g_z = -9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- $P = 101325 \text{ Pa}$
- $\vec{U} = \{U_x, U_y, U_z\} = 0$
- $C_p = 1004 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{K}}$
- Hipótesis de flujo estacionario

Laminar para buscar valor de Reynolds

# Flujo laminar-condiciones iniciales

- Densidad  $\rho = f(t)$  (aire)
- $\mu = 1,83 \times 10^{-5} \text{ kg/(s.m)}$
- $g_z = -9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- $P = 101325 \text{ Pa}$
- $\vec{U} = \{U_x, U_y, U_z\} = 0$
- $C_p = 1004 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{K}}$
- Hipótesis de flujo estacionario

Laminar para buscar valor de Reynolds



# Flujo laminar-condiciones iniciales

- Densidad  $\rho = f(t)$  (aire)
- $\mu = 1,83 \times 10^{-5} \text{ kg/(s.m)}$
- $g_z = -9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- $P = 101325 \text{ Pa}$
- $\vec{U} = \{U_x, U_y, U_z\} = 0$
- $C_p = 1004 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{K}}$
- Hipótesis de flujo estacionario

Laminar para buscar valor de Reynolds

# Flujo laminar-condiciones iniciales

- Densidad  $\rho = f(t)$  (aire)
- $\mu = 1,83 \times 10^{-5} \text{ kg/(s.m)}$
- $g_z = -9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- $P = 101325 \text{ Pa}$
- $\vec{U} = \{U_x, U_y, U_z\} = 0$
- $C_p = 1004 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}}$
- Hipótesis de flujo estacionario

Laminar para buscar valor de Reynolds

# Flujo laminar-condiciones iniciales

- Densidad  $\rho = f(t)$  (aire)
- $\mu = 1,83 \times 10^{-5} \text{ kg/(s.m)}$
- $g_z = -9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
- $P = 101325 \text{ Pa}$
- $\vec{U} = \{U_x, U_y, U_z\} = 0$
- $C_p = 1004 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{K}}$
- Hipótesis de flujo estacionario

Laminar para buscar valor de Reynolds

- Cloud computing SimScale GmbH.
- 4 núcleos. Descomposición del dominio computacional. “Scotch” (Automático).
- Los tiempos de simulación rondan entre valores máximos de 3153 segundos y mínimos de 1050 segundos.
- Máximo aproximado de iteraciones 1000.

# Resultados teóricos-experimentales

$m/s$	Vel. Prot.	Vel. ASHRAE	Frota	Silvani	CIBSE
Ensayo sin viento exterior					
Sup. Ab.	0,001236	—	—	—	0,085
Inf. Ab.	0,02871	—	—	—	0,085
Ambas	0,0002406	—	—	—	0,042
Ensayo con viento exterior perpendicular al modelo					
Sup. Ab.	0,3	3,0	3,15	3,21	—
Inf. Ab.	0,152	3,0	3,15	3,21	—
Ambas	0,0125	3,0	3,15	3,21	—

**Tabla 2:** Comparativa de los métodos analíticos de cálculo de la velocidad de aire.

Abertura	$V_x$ Prom. ( $m/s$ )	$V_y$ Prom. ( $m/s$ )	T. Ab $C^\circ$
Superior	0,00016	0,00018	32,59
Inferior	0,00461	0,00342	29,09
Ambas	0,00044	0,00017	28,44/26,28

**Tabla 3:** Velocidades y temperaturas en las aberturas en diferentes configuraciones.

Análisis comparativo limitado al caso de desplazamiento de masas de aire provocados únicamente por efectos de flotación en condiciones estáticas externa. Dificultades en el mallado anidado para el caso de condición dinámica externa.

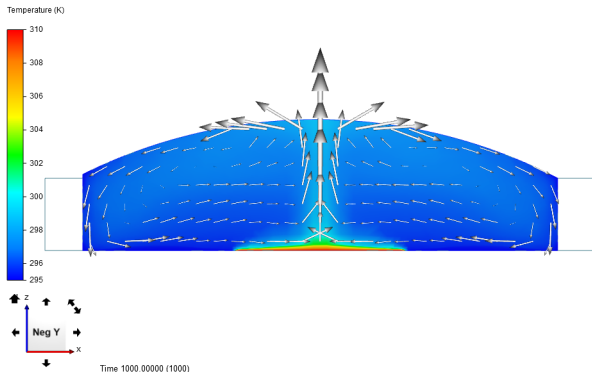
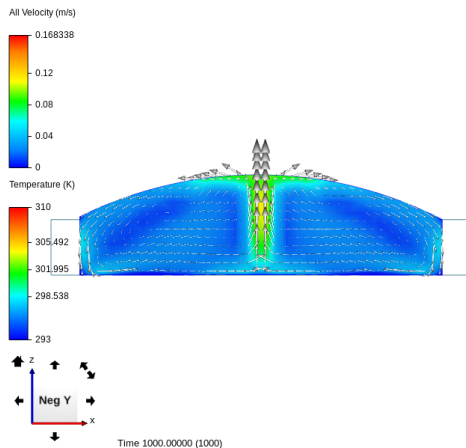
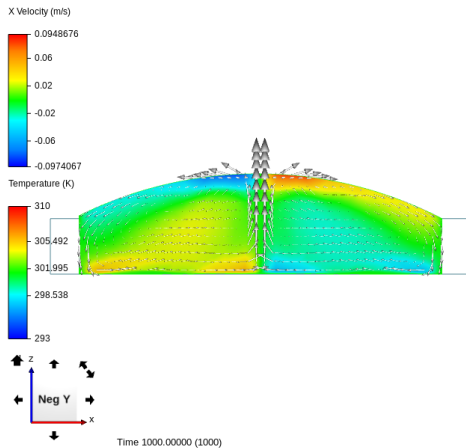


Figura 13: Contornos de temperatura y líneas de corriente en plano "xz" central del modelo -nw



xz-nw.pdf

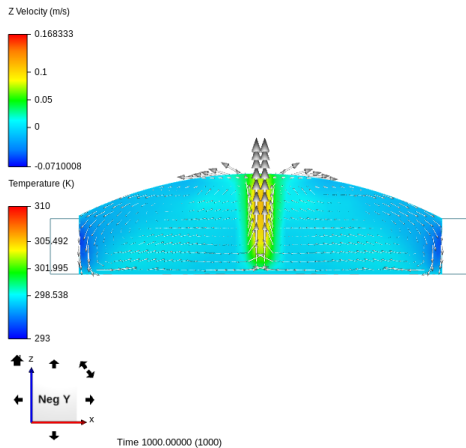
Figura 14: Contornos de  $U$  en plano " $xz$ "-nw



xz-nw.pdf

Figura 15: Contornos de  $U_x$  en el plano "xz" -nw





xz-nw.pdf

Figura 16: Contornos de  $U_z$  en el plano "xz" -nw

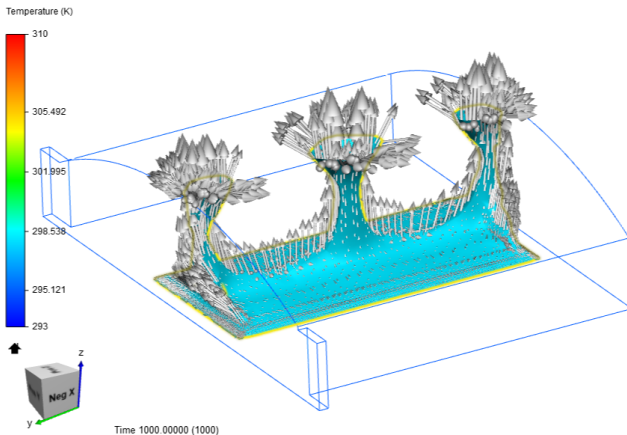
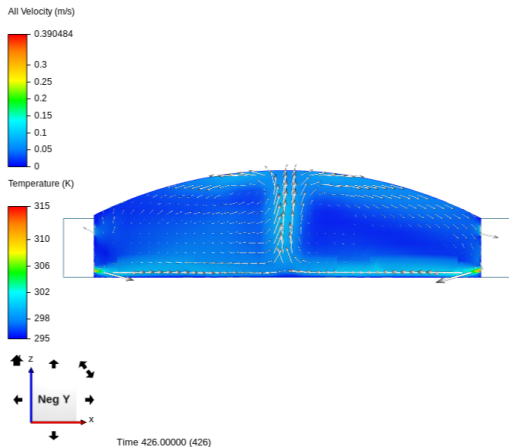


Figura 17: Superficies de iso-temperatura 25°C y vectores de velocidad.



- plano xz -fw.pdf

Figura 18: Contornos de  $U$  en plano "xz"-fw

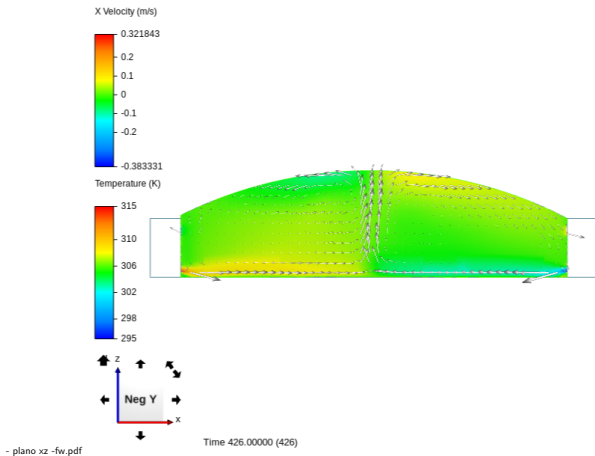
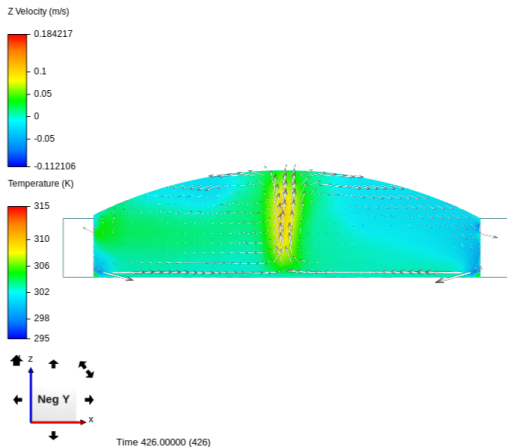


Figura 19: Contornos de  $U_x$  en plano "xz" -fw



xz - fw.pdf

Figura 20: Contornos de  $U_z$  en plano "xz"-fw

# Resultados CFD

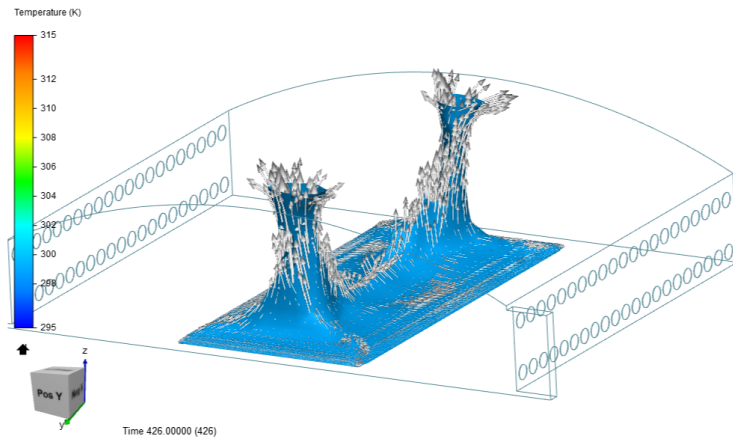


Figura 21: Superficies de iso-temperatura 26°C y vectores de velocidad. -fw

# Conclusión

- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**

- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**



- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**

# Conclusión

- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**

- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**

- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**

- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**

# Conclusión

- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**

# Conclusión

- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**

- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**



- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**

# Conclusión

- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**

- Modelos teóricos, técnicas experimentales y CFD.
- Parte estática. Los patrones de flujo de la técnica experimental y numérica son similares. Velocidades teóricas vs. experimentales poseen el mismo orden (Dificultad medición), proximidad del modelo numérico. (Mejoras).
- Parte dinámica. Dependencia de los modelos teóricos con los  $C_p$  obtenidos de Reglamentos, valores constantes para cualquier ubicación de aberturas. Ensayo experimental en TV otorga mayor precisión de los  $C_p$  bajo cualquier dirección incidente.
- Ventajas CFD. Identificar columnas ascendentes de aire en 3D, mediante las iso-superficies de temperatura. Aplicación: determinación de la ubicación óptima de extractores de aire. Herramienta fundamental para la etapa de proyecto, con fundamentos de diseño sostenible. **Tiempos de industria!!!!**

# Agradecimientos

A la Sra. Beatriz Iturri y el Dr. Ing. Adrián Wittwer.

::Muchas gracias por su atención!!::