



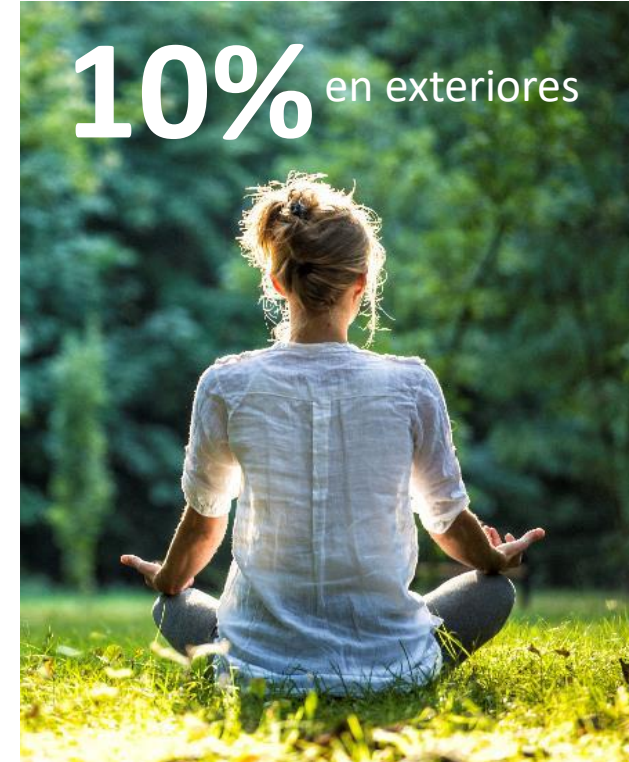
## Difusión de aire integrada en sistemas de techos abiertos

Roberto Rodríguez Prades  
Business Development Manager

Esteban Nonay Villaba  
R&D Manager

**TROX**<sup>®</sup> **TECHNIK**  
The art of handling air

**#staysafe #stayhealthy**





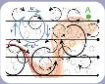





- Parámetros de confort y calidad de aire interior
- Efecto Coanda y alcance crítico
- Difusión en sistemas de techos abiertos
- Conclusiones



**Confort y calidad de aire interior**

## Parámetros de confort interior

-  **Temperatura ambiente** ←
-  **Gradiente de Temperatura** ←
-  **Asimetría de temperatura**
-  **Velocidad del Aire** ←
-  **Indice de Turbulencia**
-  **Humedad Relativa**
-  **Nivel de contaminación**
-  **Aire de Ventilación**
-  **Nivel Sonoro** ←



Norma Española  
**UNE-EN 16798-1**  
Febrero 2020

Eficiencia energética de los edificios  
Ventilación de los edificios

Parte 1: Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido

Módulo 1-6

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 100 Climatización, cuya secretaría desempeña AFEC.



Reglamento de  
Instalaciones  
Térmicas de los edificios.

**RITE**

norma  
española

UNE-EN ISO 7730

Octubre 2006

TÍTULO

Ergonomía del ambiente térmico

Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local

(ISO 7730:2005)

# UNE-EN 16798-1

**Tabla B.1 - Categorías por defecto para el diseño para edificios calefactados y refrigerados mecánicamente**

Categoría	Estado térmico del cuerpo en su conjunto	
	Porcentaje de Insatisfechos Previsto PPD %	Voto Medio Previsto PMV
I	< 6	- 0,2 < PMV < + 0,2
II	< 10	- 0,5 < PMV < + 0,5
III	< 15	- 0,7 < PMV < + 0,7
IV	< 25	- 1,0 < PMV < + 1,0

	Corriente de aire			Diferencia de temperatura vertical de aire (cabeza tobillo)		Rango de temperatura de suelo		Asimetría de la temperatura radiante				
	DR (Tasa de corriente de aire) [K]	Velocidad de aire máxima <sup>a</sup>		PD [°C]	Diferencia de temperatura <sup>b</sup> [K]	PD [%]	Rango de temperatura de la superficie del suelo [°C]	PD [%]	Techo caliente [K]	Pared fría [K]	Techo frío [K]	Pared caliente [K]
		Invierno [m/s]	Verano [m/s]									
Categoría I	10	0,10	0,12 <sup>c</sup>	3	2	10	19 a 29	5	< 5	< 10	< 14	< 23
Categoría II	20	0,16	0,19 <sup>c</sup>	5	3	10	19 a 29	5	< 5	< 10	< 14	< 23
Categoría III	30	0,21	0,24 <sup>c</sup>	10	4	15	17 a 31	10	< 7	< 13	< 18	< 35

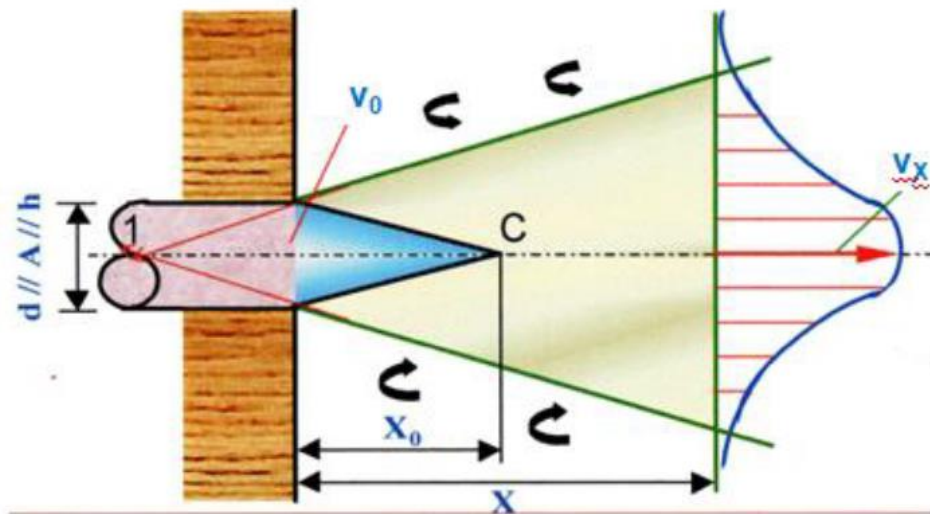
<sup>a</sup> Suponiendo un nivel de actividad de 1,2 met, una intensidad de turbulencia de 40% y una temperatura de aire igual a la temperatura de funcionamiento de alrededor de 20 °C en invierno y 23 °C en verano.  
<sup>b</sup> Diferencia entre 1,1 y 0,1 m por encima del suelo.  
<sup>c</sup> Cuando la temperatura de aire es superior a 25 °C se permiten velocidades de aire más altas y a menudo son incluso preferidas (la corriente de aire se vuelve brisa agradable); pero solo a condición de que los ocupantes tengan control directo sobre la velocidad del aire. Véase el apartado B.2.3 para ejemplos de correcciones de temperatura.



**Efecto Coanda y alcance crítico**

## Chorro de aire isotérmico

- ✓ Un chorro de aire se denomina Isotérmico cuando su temperatura es igual a la temperatura del aire en el local
- ✓ En un chorro de aire en descarga libre no hay ninguna superficie junto a él que pueda alterar sus condiciones
- ✓ El chorro induce aire por todo su perímetro
- ✓ La velocidad a un alcance determinado dependerá de la velocidad de impulsión y de la geometría de la salida de aire



Para chorros de aire rectangulares con relación 1:8



$$\Rightarrow \frac{v_X}{v_0} = c * \frac{\sqrt{A}}{X}$$

Para chorros de aire rectangulares con relación > 1:10



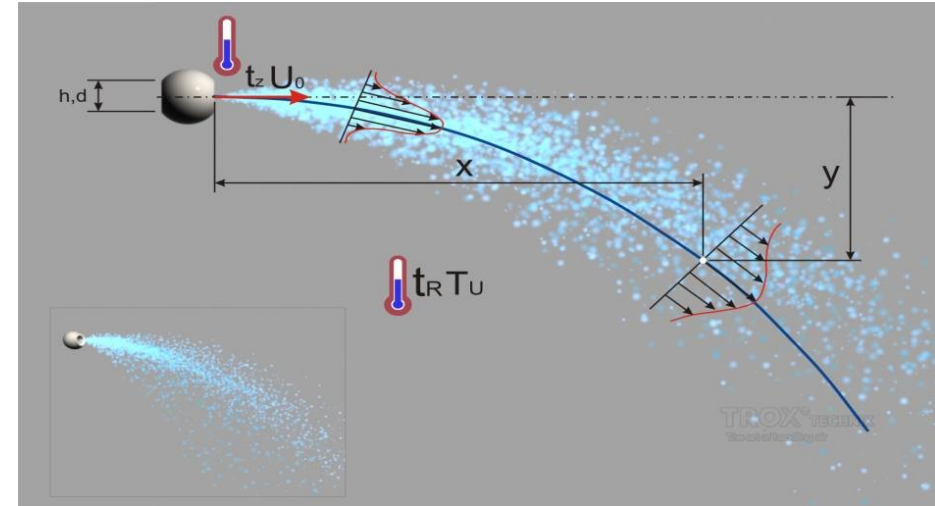
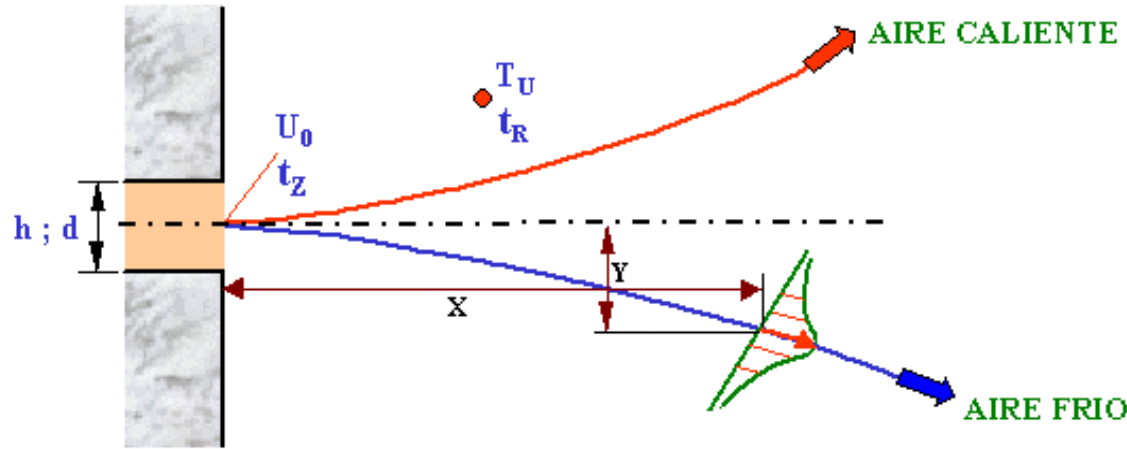
$$\Rightarrow \frac{v_X}{v_0} = c * \sqrt{\frac{h}{X}}$$

Para chorros de aire circulares



$$\Rightarrow \frac{v_X}{v_0} = c * \frac{d}{X}$$

## Gradiente de temperatura – densidad



$$A_r = \frac{\text{Fuerza de empuje ascendente o descendente del aire en el local}}{\text{Fuerzas de inercia}}$$

Chorro rectangular

$$A_r = \frac{g * \sqrt{A} * \Delta t}{T_r * u_0^2}$$

Chorro circular

$$A_r = \frac{g * d * \Delta t}{T_r * u_0^2}$$

Chorro lineal

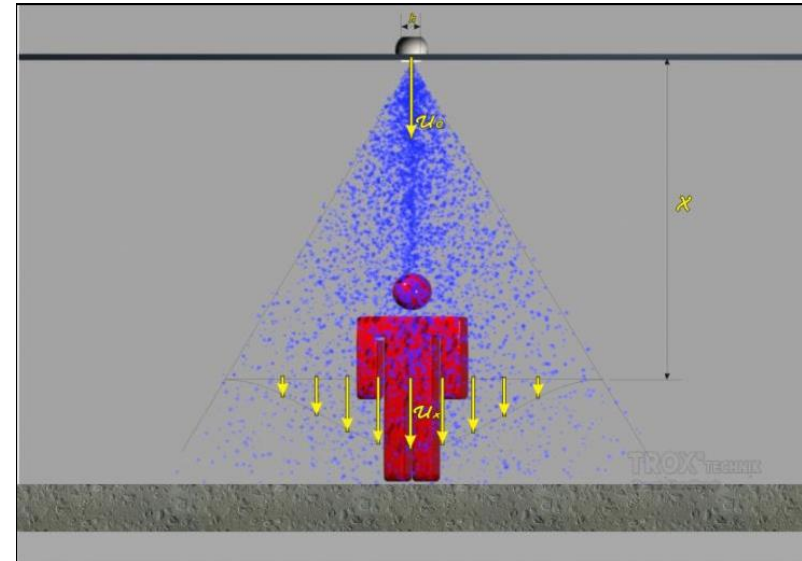
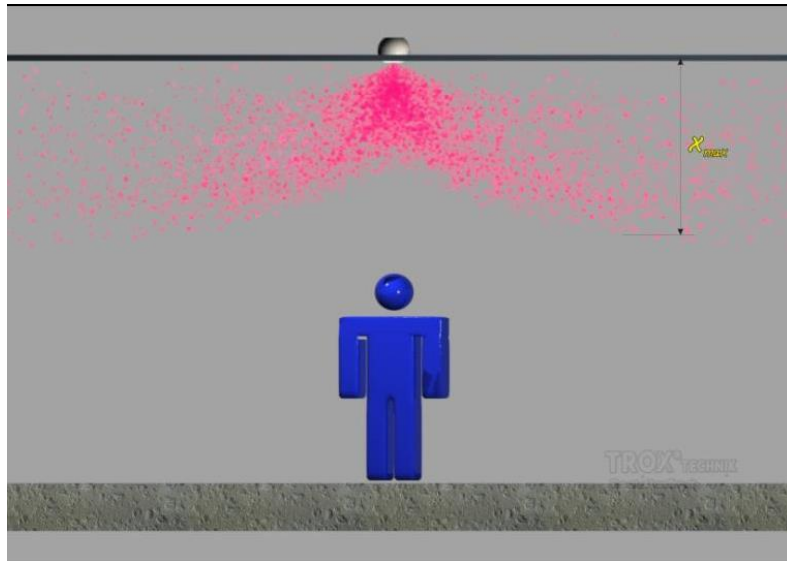
$$A_r = \frac{g * h * \Delta t}{T_r * u_0^2}$$



## Chorro no isotérmico vertical

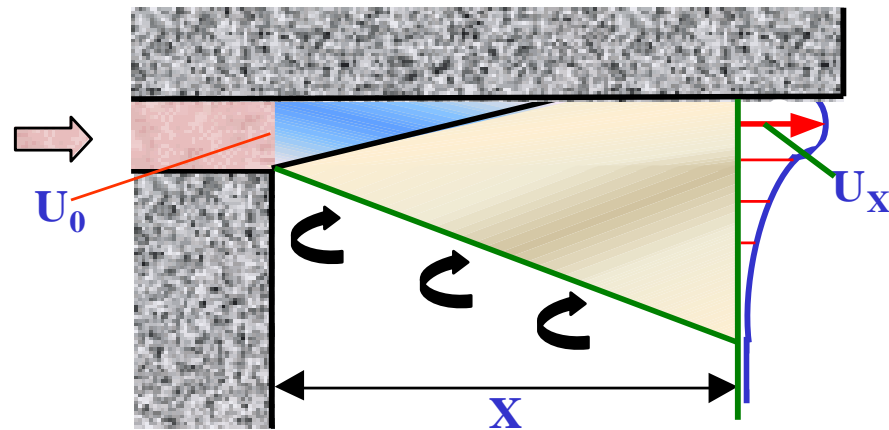
La influencia del número de Arquímedes en unión de la fuerza de atracción de la gravedad es especialmente importante

- a) La fuerza de ascenso o descenso del aire tienen la misma dirección que la gravedad:  
Impulsión aire frío desde el techo o aire caliente desde el suelo: **acelera la velocidad del aire**
- b) La fuerza de ascenso o descenso del aire tienen distinta dirección que la gravedad:  
Impulsión aire caliente desde el techo o aire frío desde el suelo: **reduce la velocidad del aire**



## Chorro con efecto techo o Coanda

- ✓ Cuando la salida de aire esta situada junto a una superficie, no se forma un chorro libre
- ✓ Únicamente se produce inducción de aire por la parte inferior del chorro
- ✓ La velocidad a un alcance se ve incrementada proporcionalmente a la raíz de 2



$$\begin{array}{l}
 1 \text{ } \begin{array}{|c|} \hline < 8 \\ \hline \end{array} \longrightarrow \frac{U_x}{U_0} = \sqrt{2} * C * \frac{\sqrt{A}}{X} \\
 1 \text{ } \begin{array}{|c|} \hline > 12 \\ \hline \end{array} \longrightarrow \frac{U_x}{U_0} = \sqrt{2} * C * \left( \frac{h}{X} \right)^{0,5}
 \end{array}$$

### CHORRO CON EFECTO TECHO

## Variación del alcance crítico

### Difusores radiales de sección constante

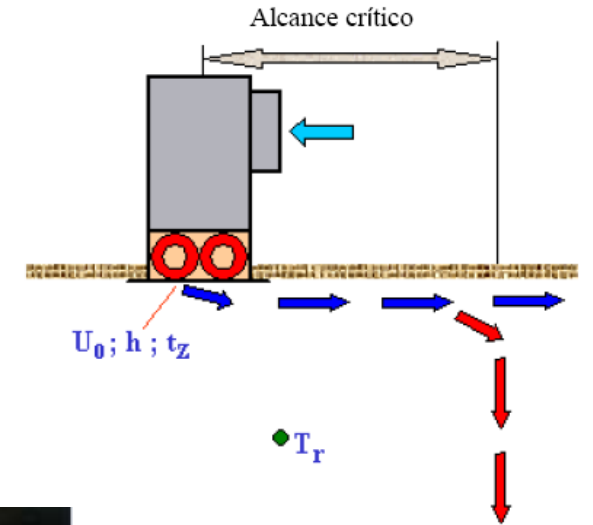
La reducción del alcance crítico entre 100% y 25% del caudal de aire aproximadamente es:

$$X_{\text{crit } 25\%} = 1/3 \cdot X_{\text{crit } 100\%}$$

### Difusores lineales de sección constante

La reducción del alcance crítico entre 100% y 25% del caudal de aire aproximadamente es:

$$X_{\text{crit } 25\%} = 1/3,6 \cdot X_{\text{crit } 100\%}$$



## Variación del alcance crítico: Ejecución Varyset

### Difusores radiales de sección variable

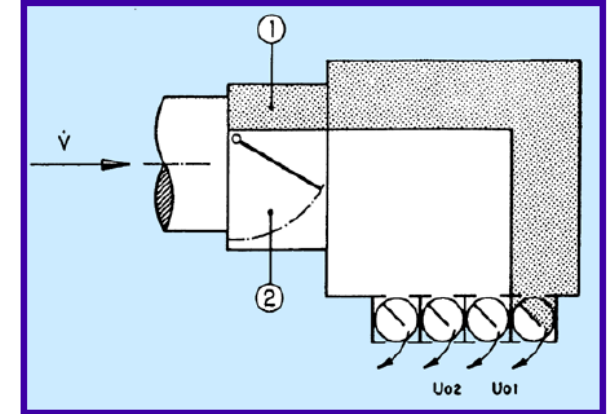
La reducción del alcance crítico entre 100% y 25% del caudal de aire aproximadamente es:

$$X_{\text{crit } 25\%} = 0,66 \cdot X_{\text{crit } 100\%}$$

### Difusores lineales de sección variable

La reducción del alcance crítico entre 100% y 25% del caudal de aire aproximadamente es:

$$X_{\text{crit } 25\%} = 0,95 \cdot X_{\text{crit } 100\%}$$



Difusor lineal Vary-set



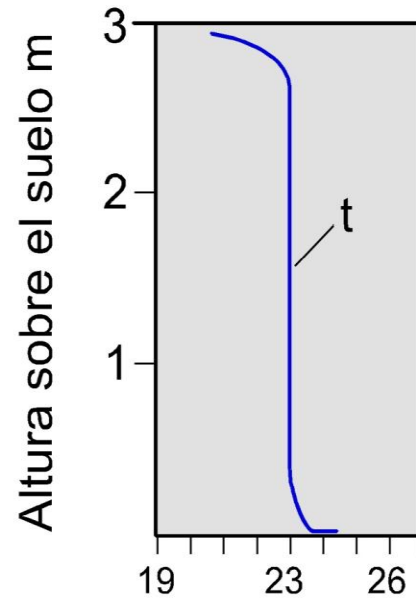
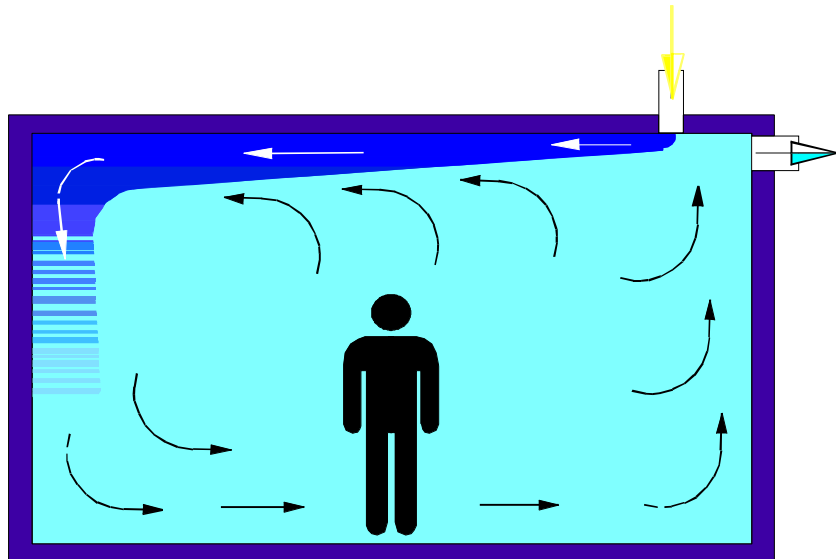


**Difusión de aire integrada en sistemas de techos abiertos**

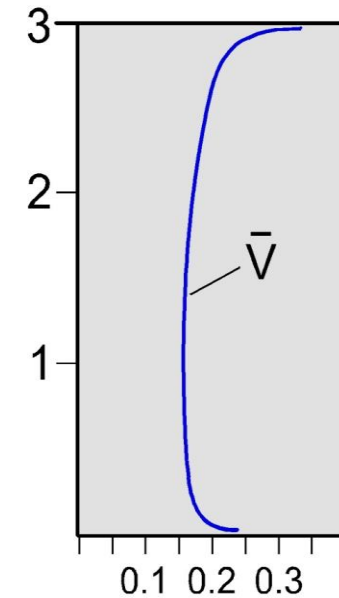
Las unidades terminales se pueden colocar en el **techo, paredes o conductos vistos**

**Alta velocidad de impulsión del aire**

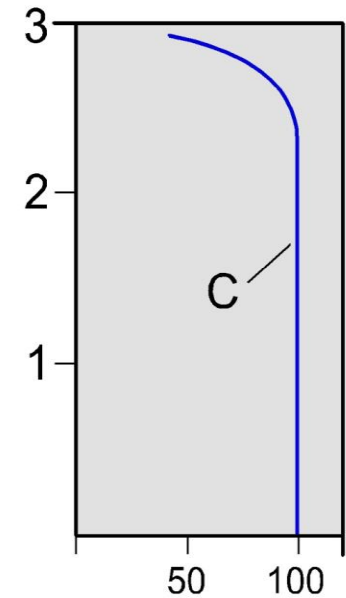
La mezcla se realiza por **inducción** con el aire ambiente



Temperatura del aire °C



Velocidad del aire m/s



Concentración de partículas %

### Tipos de unidades terminales para instalación sin techo

#### Efecto Coanda y Alcance Crítico

Tiene mucha influencia en:

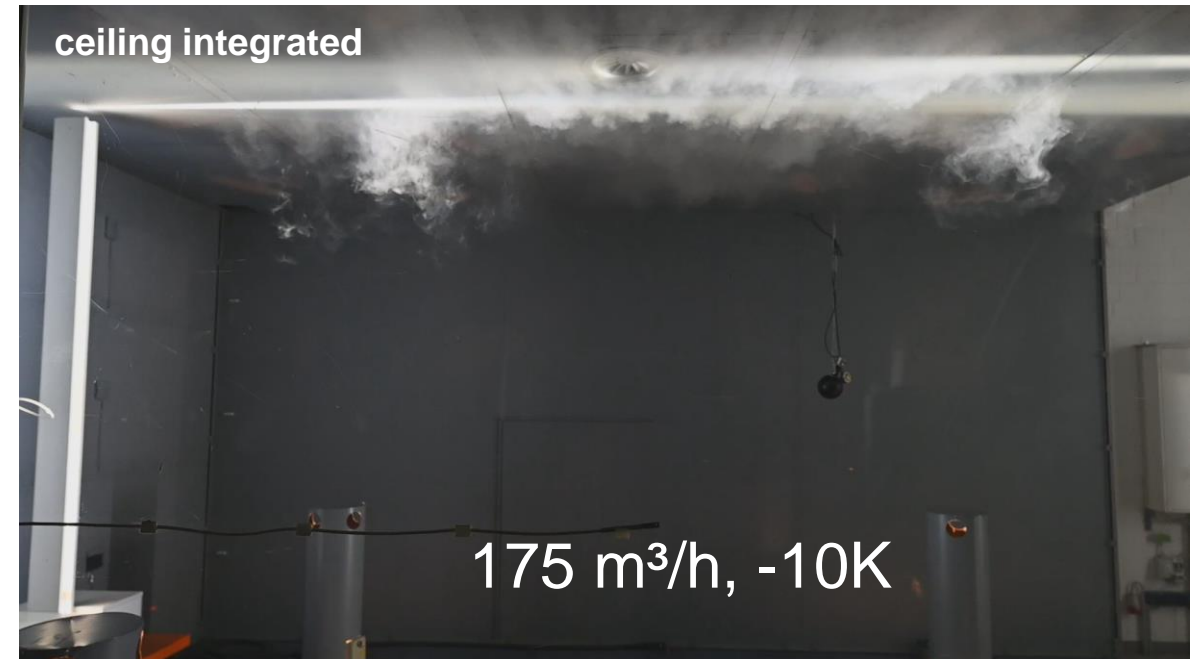
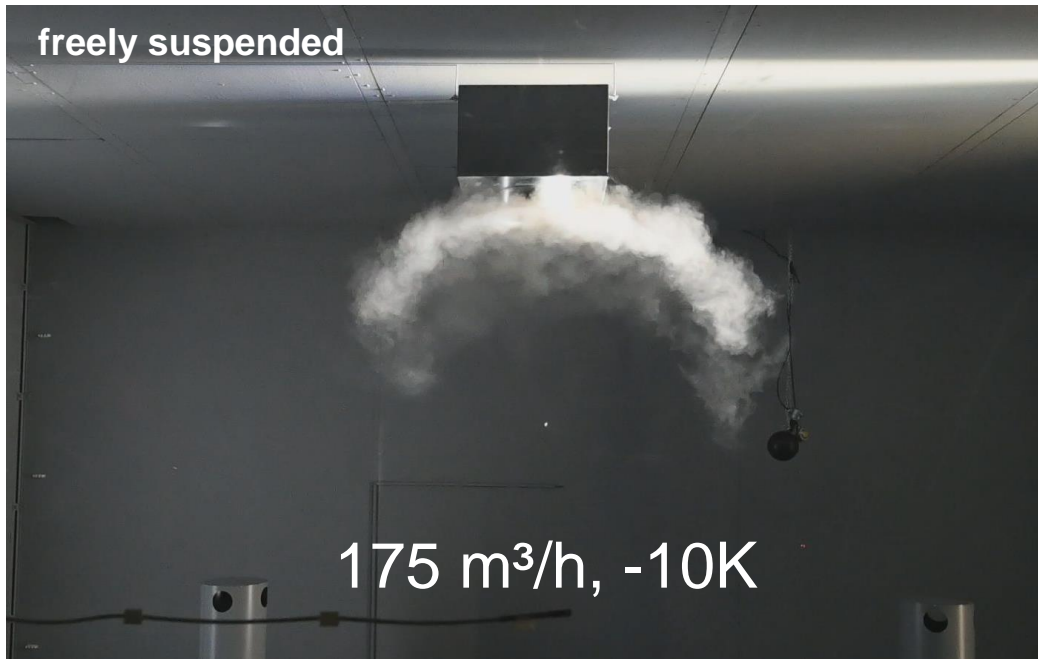
- Rejas de impulsión
- Difusores radiales con aros concéntricos redondos o cuadrados
- Difusores lineales
- Vigas frías activas

Tiene menos influencia en:

- Difusores microtobera
- Difusores rotacionales
- Toberas lineales
- Toberas de alta inducción

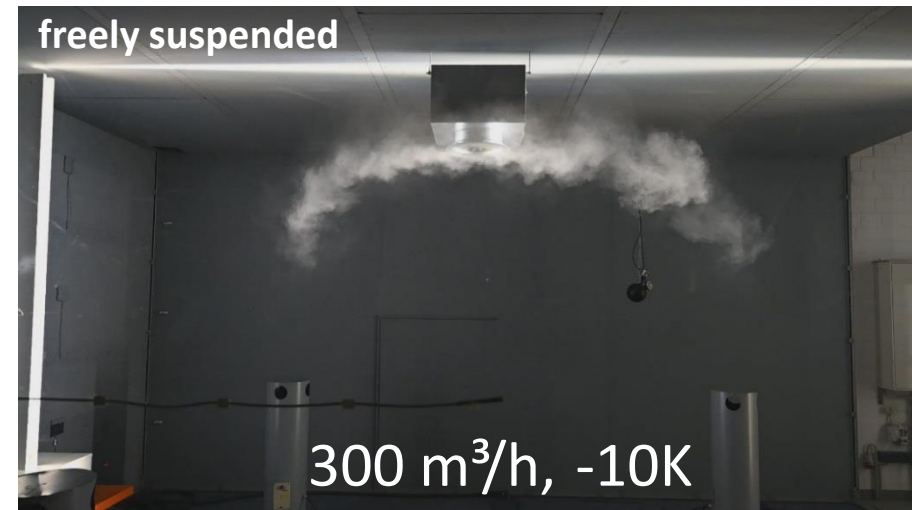
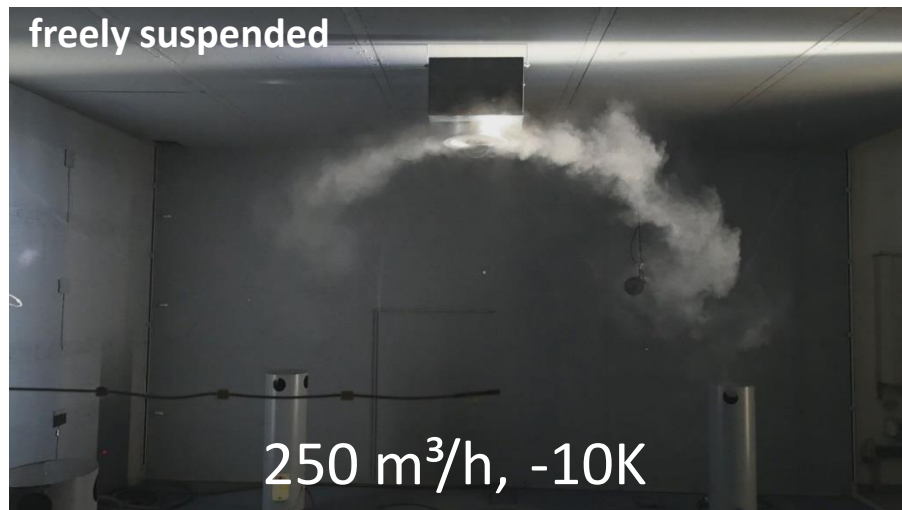
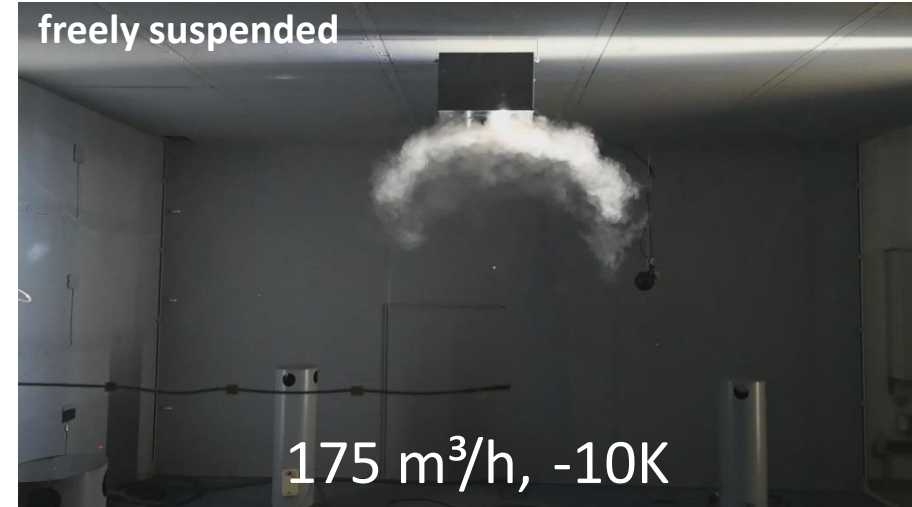


## Instalación con techo vs suspendida

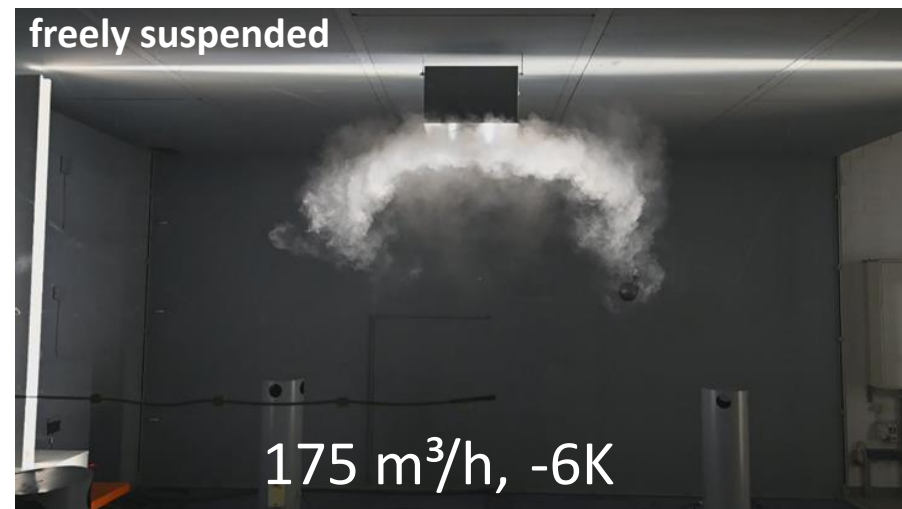
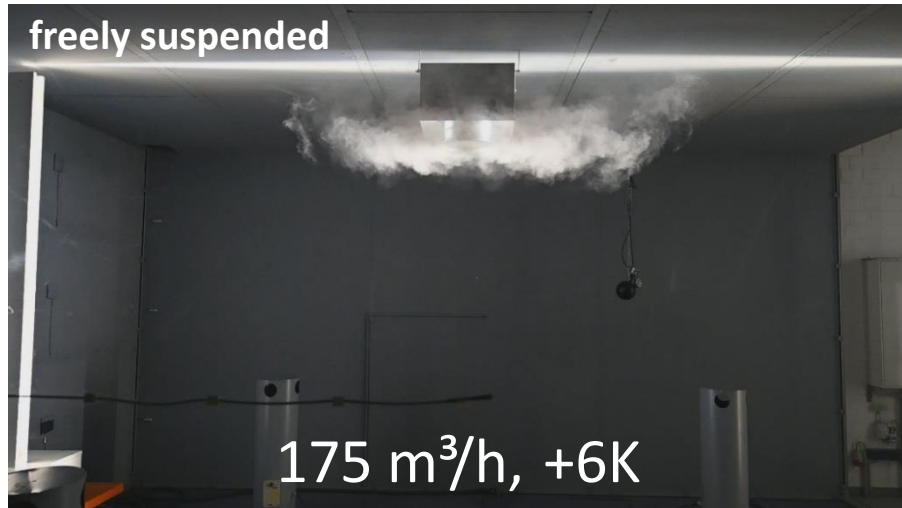


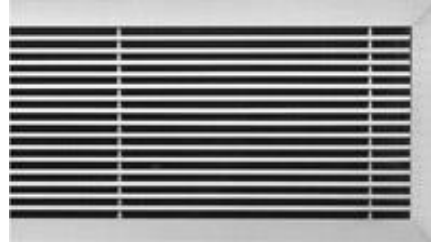
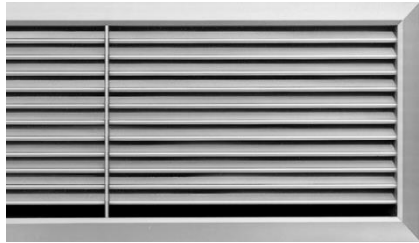


Efecto variación de caudal - Número de Arquímedes  $A_r = \frac{g * h * \Delta t}{T_r * u_0^2}$



Efecto variación de temperatura – Número de Arquímedes  $A_r = \frac{g * h * \Delta t}{T_r * u_0^2}$





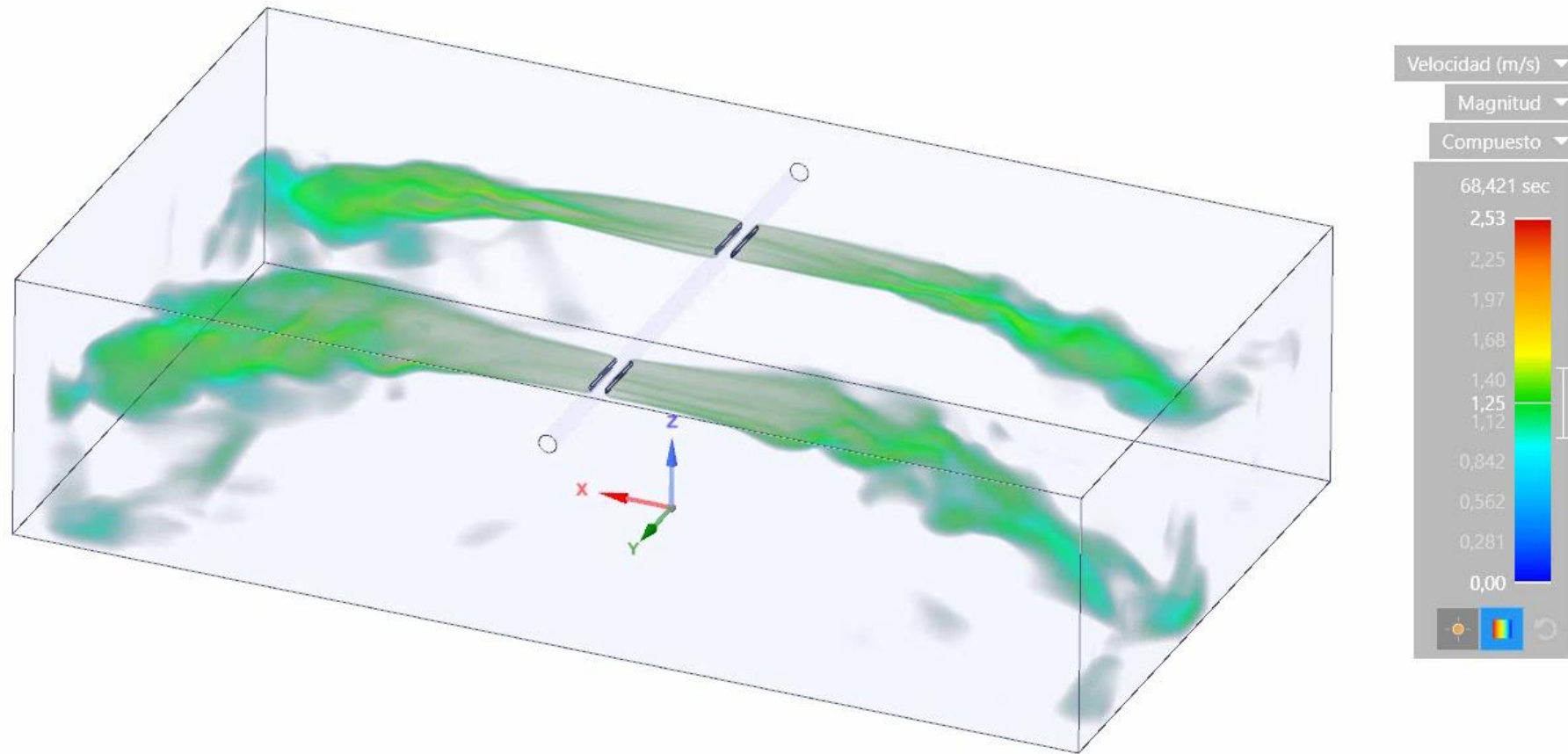
Impulsión en descarga libre				Impulsión junto al techo			
Caudal aire m <sup>3</sup> /h	Velocidad impulsión m/s	Alcance L m	Velocidad u <sub>L</sub> al alcance L m/s	Caudal aire m <sup>3</sup> /h	Velocidad impulsión m/s	Alcance L m	Velocidad u <sub>L</sub> al alcance L m/s
774	5,0	10	0,49	774	5,0	14,2	0,49
1084	7,0	10	0,68	1084	7,0	14,2	0,68
1269	8,2	10	0,80	1269	8,2	14,2	0,80
1548	10,0	10	0,98	1540	10,0	14,2	0,98

Alcance impulsando junto al techo = Alcance en descarga libre x  $\sqrt{2}$

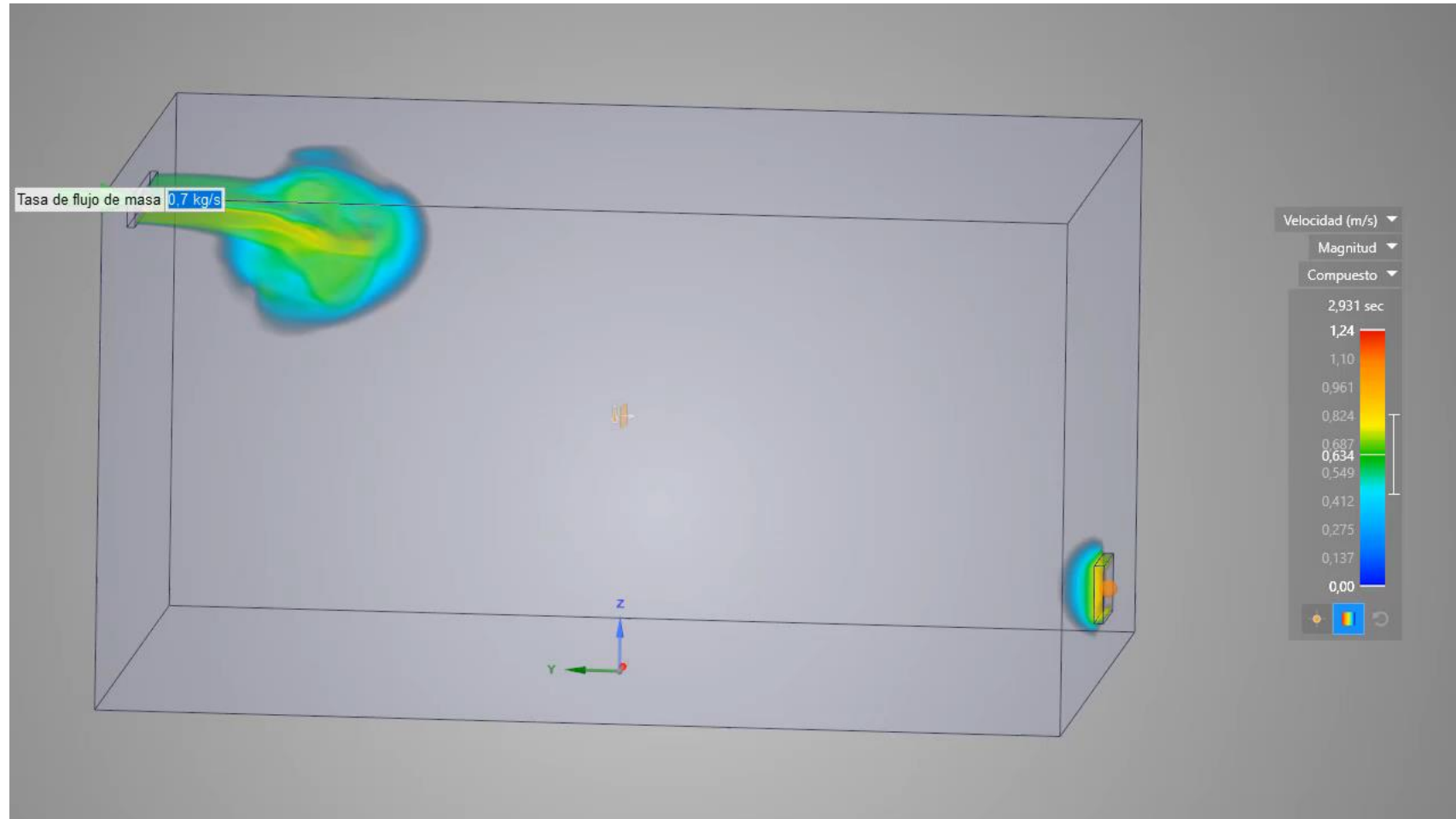
Variación de la desviación de la vena de aire al variar la temperatura de impulsión y manteniendo constante el alcance, impulsando en descarga libre a través de una rejilla con 0,043 m <sup>2</sup> de sección efectiva					
Velocidad impulsión m/s	Caudal aire m <sup>3</sup> /h	Diferencia de temperatura Δt <sub>z</sub> °C	Alcance L m	Velocidad u <sub>L</sub> al alcance L m/s	Desviación vena de aire m
5	770	-4	10	0,49	1,92
5	770	-6	10	0,49	2,89
5	770	-8	10	0,49	3,85
5	770	-10	10	0,49	4,81

- ✓ No son las unidades terminales más adecuadas para impulsión en descarga libre
- ✓ Gran influencia en su funcionamiento del Número de Arquímedes
- ✓ Grandes desviaciones de la vena de aire en función de dT
- ✓ No se deben seleccionar para más de 5 movimientos de aire
- ✓ Baja inducción

## Análisis CFD: conducto visto con rejillas



## Análisis CFD: variación de caudal – Número de Arquímedes

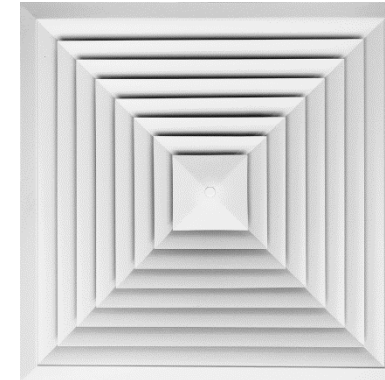




**Difusor ADLR-A**



**Difusor ADLR-A/Q**



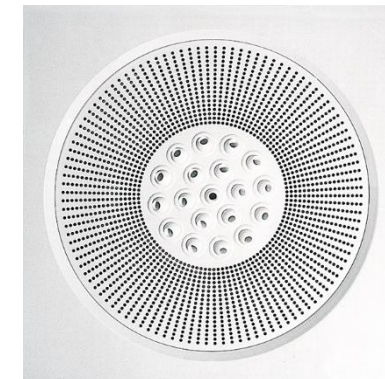
**Difusor ADLQ-A**



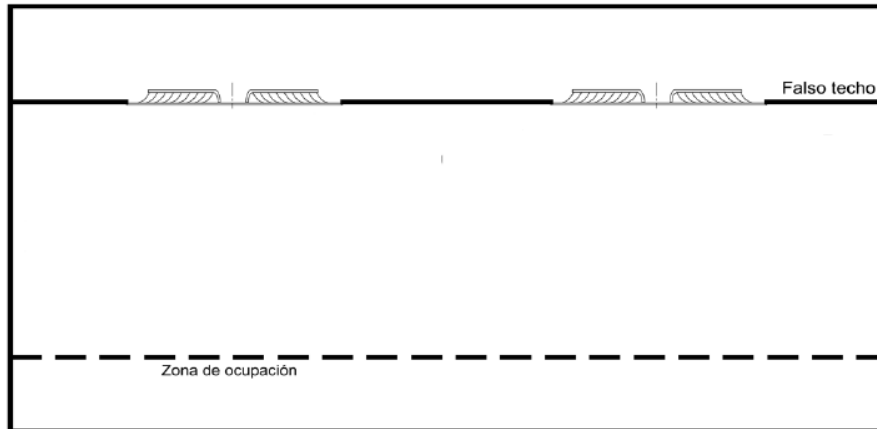
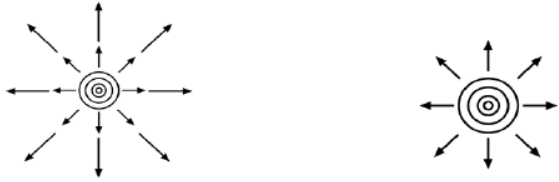
**Difusor DLQL**



**Difusor PASSR**



**Difusor PASSRQ**



Difusores radiales ADLR-A

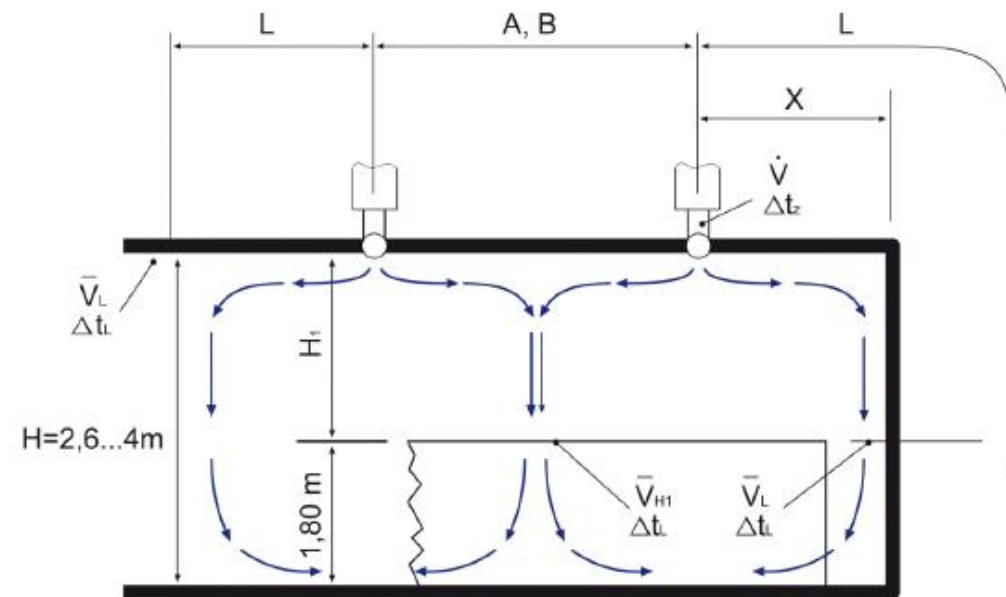
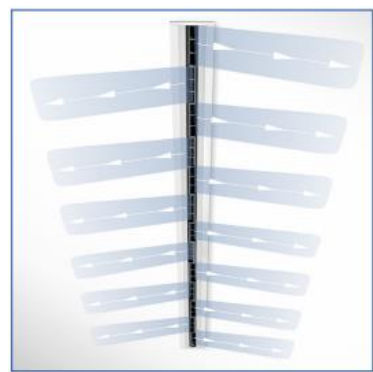
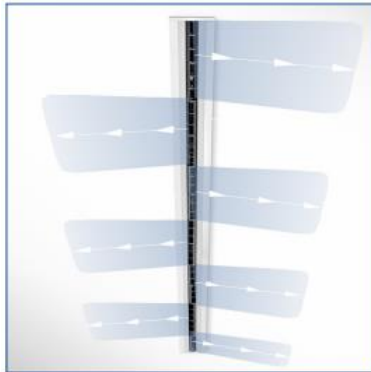


- ✓ Necesitan que junto a ellas exista una superficie plana y horizontal
- ✓ No se pueden instalar muy cerca entre ellos para evitar velocidades de aire grandes en zona de ocupación
- ✓ No son adecuados para  $dT > \pm 10$  K
- ✓ Mal funcionamiento a caudal variable VAV
- ✓ No son recomendables para su instalación suspendida del conducto sin "Prolongación Coanda"

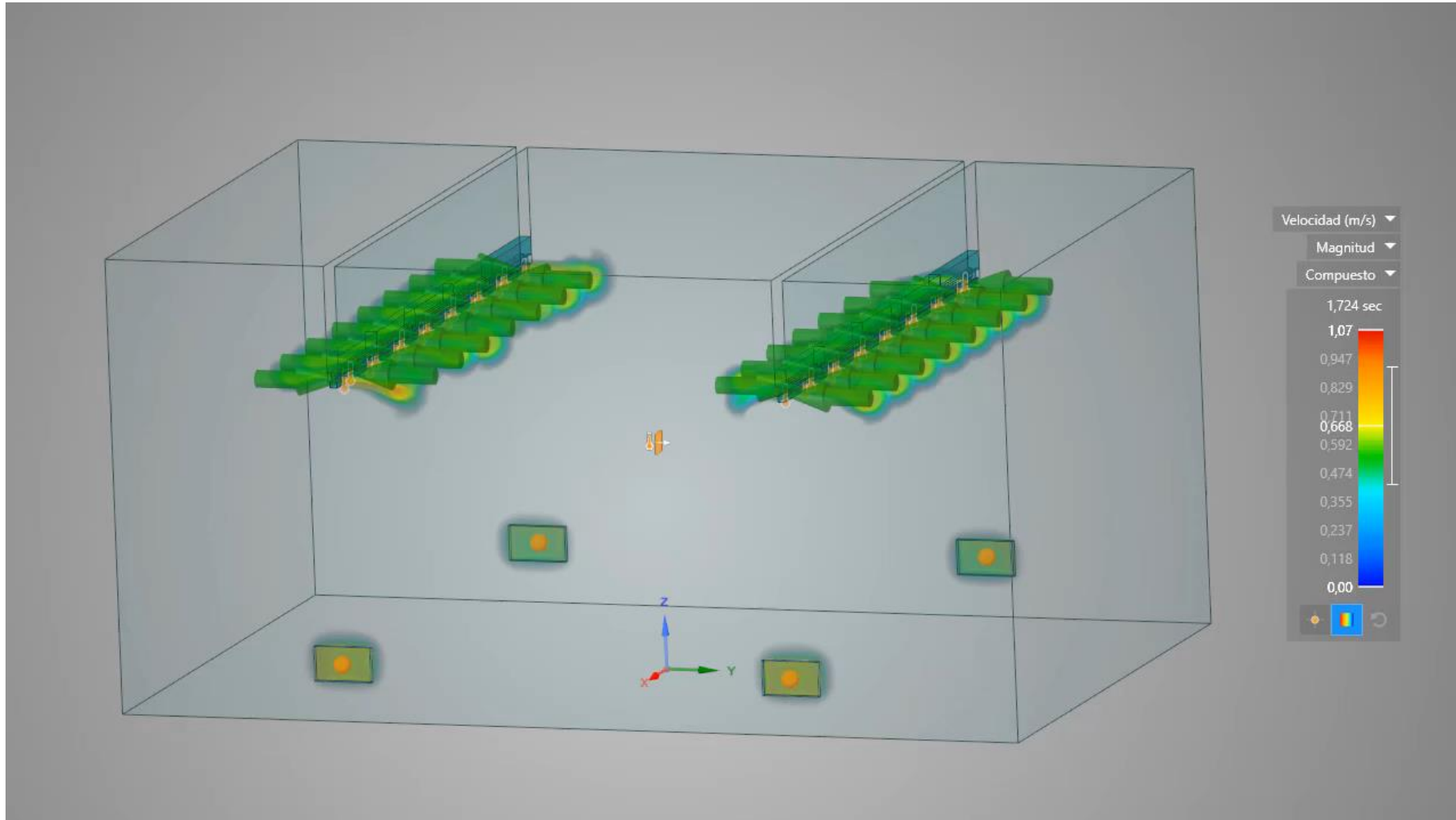




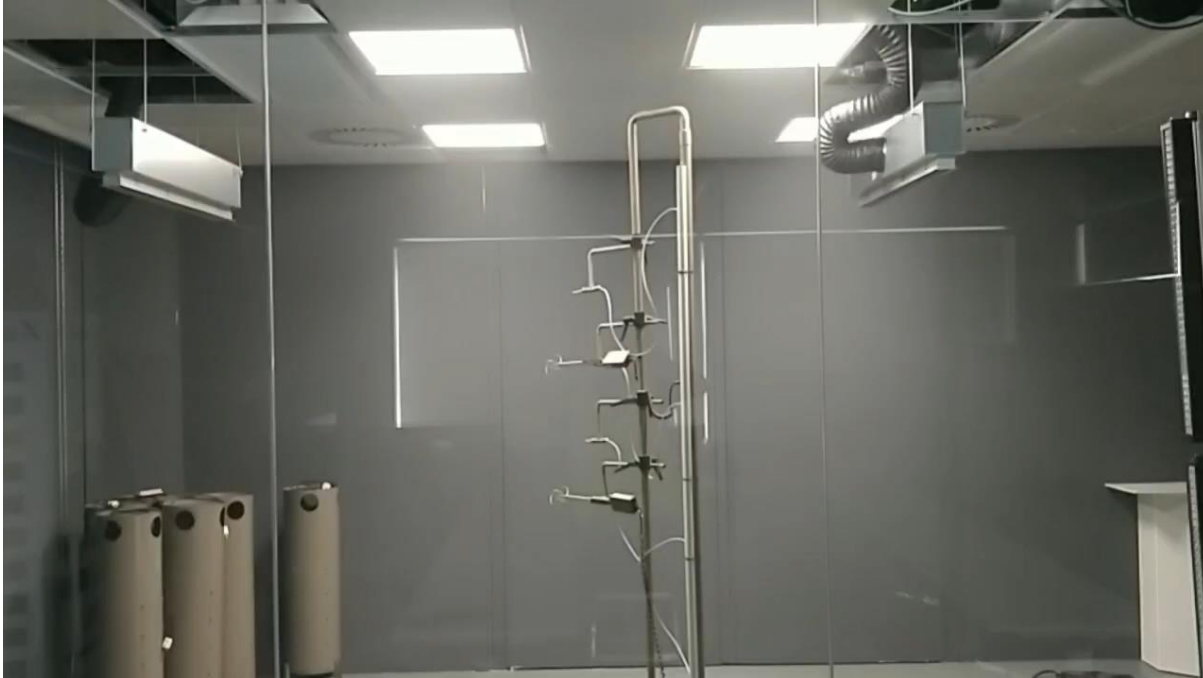
- ✓ Importante para su funcionamiento el **Efecto Coanda** y el **Alcance Crítico**
- ✓ Es necesario prolongaciones laterales para su instalación suspendida, asegurando la impulsión horizontal y el efecto Coanda
- ✓ Impulsión por un lateral, por ambos laterales, con inclinación vertical o alternativamente
- ✓ Variación de la dirección de impulsión de forma independiente cada 100 mm



## Análisis CFD: impulsión alternativa horizontal sin techo



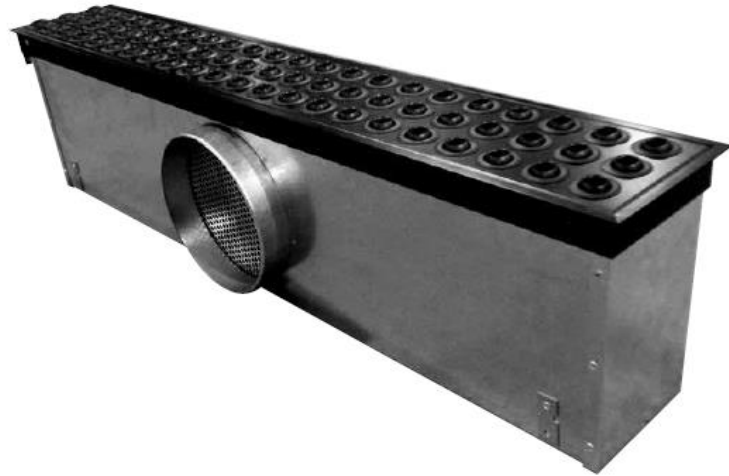
## Impulsión sin techo con y sin laterales prolongados



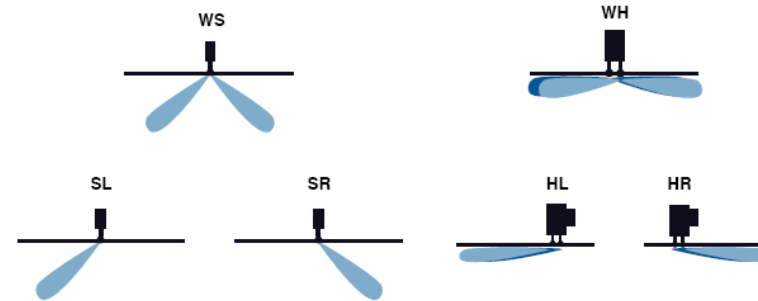
175 m<sup>3</sup>/h  
2.8 metros entre difusores  
dT -10 K



175 m<sup>3</sup>/h  
2.8 metros entre difusores  
dT -10 K



- ✓ Solución idónea para **instalación sobre techo de lamas o reticulado**
- ✓ Instalación suspendida para alturas hasta 5 metros
- ✓ Posibilidad de ajuste de dirección de impulsión

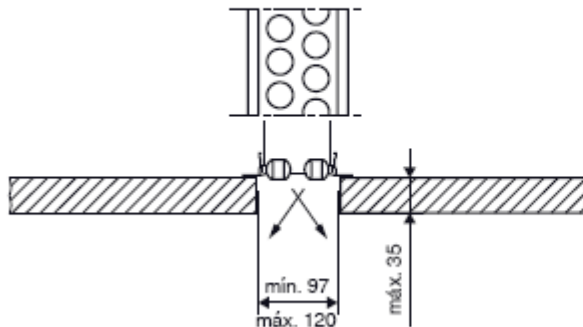


Detalle microtobera

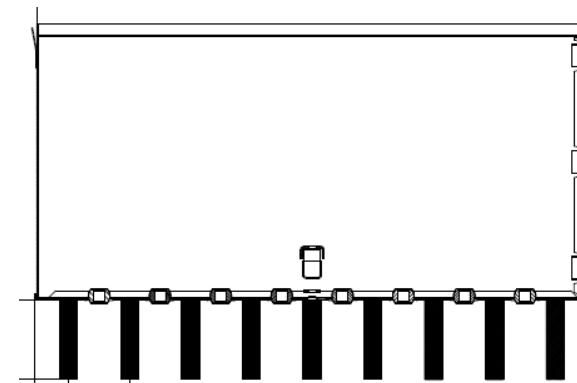
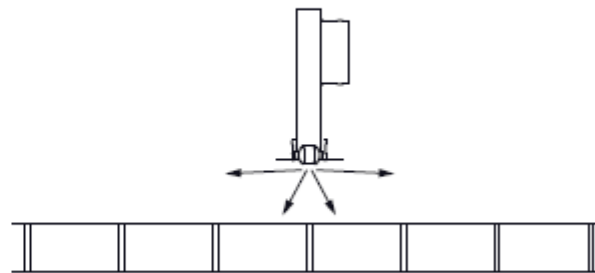


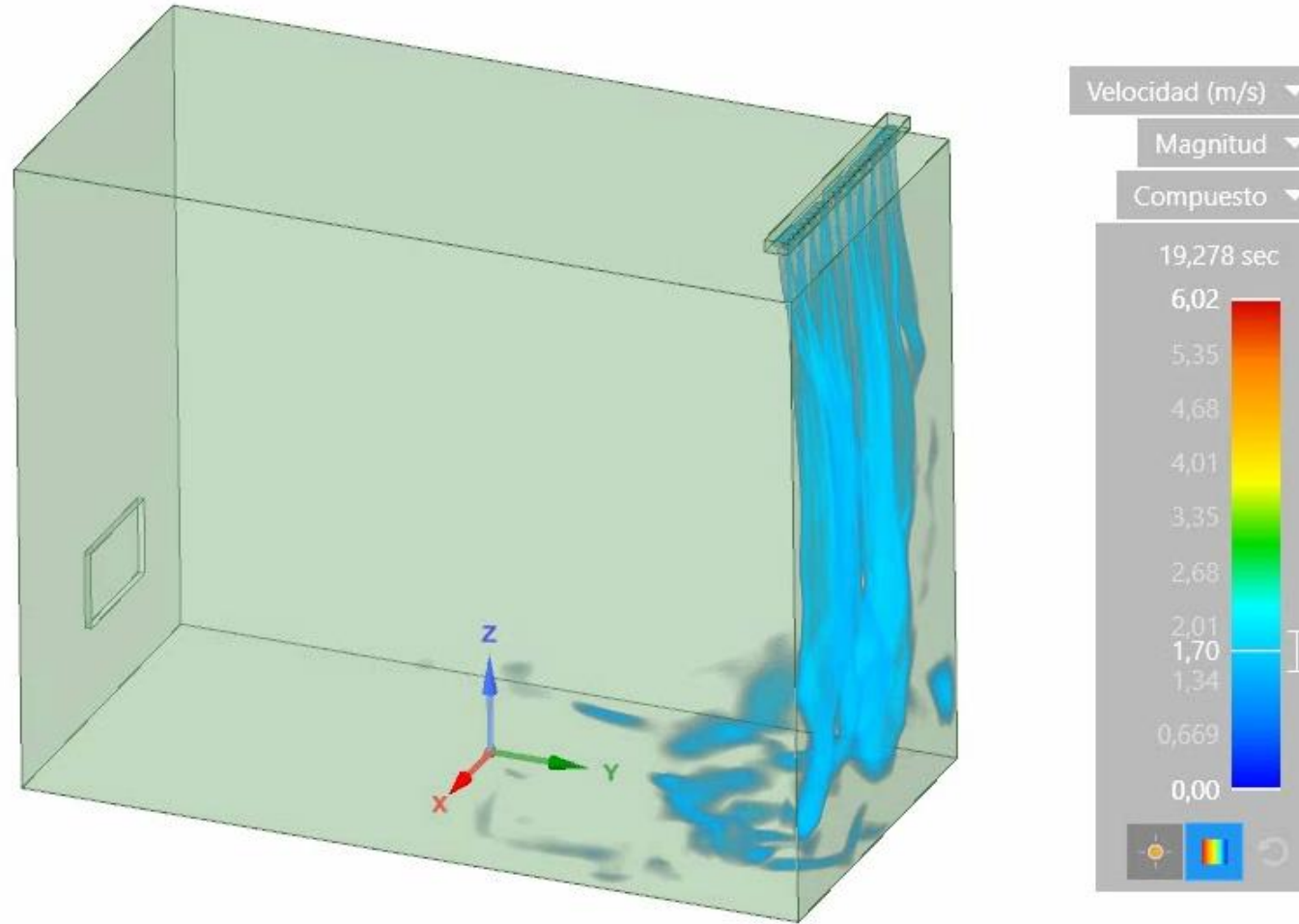
Toberas orientables individualmente

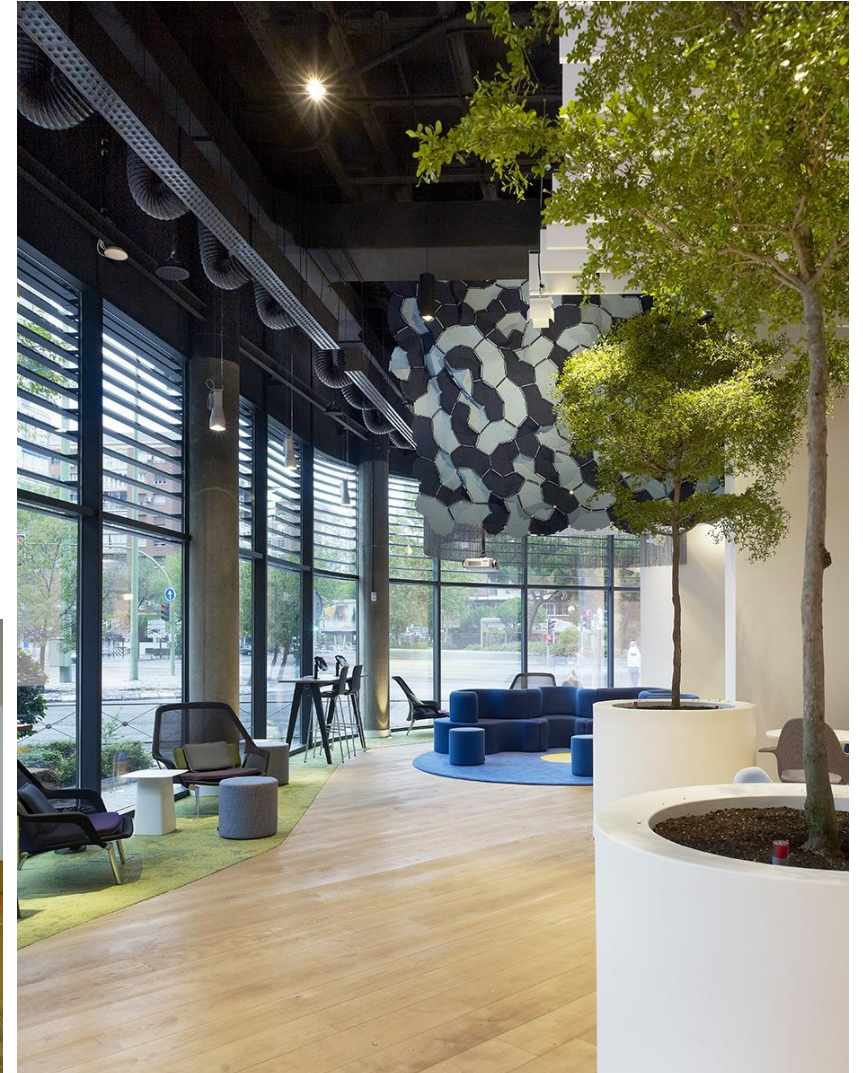
**Instalación por encima del techo**  
Disposición de toberas a tresbolillo



**Instalación por encima del techo**  
Techo reticulado









**Difusor VDW**



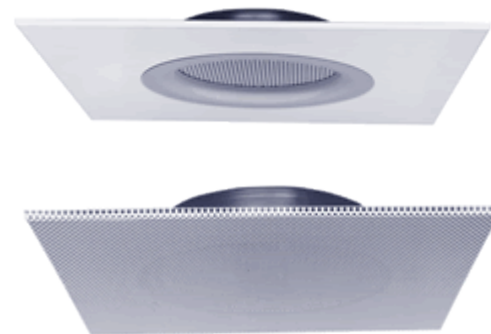
**Difusor TDF-SilentAIR**



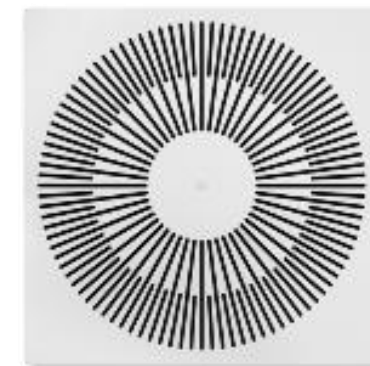
**Difusor Airnamic**



**Difusor RFD**



**Difusor DCS**



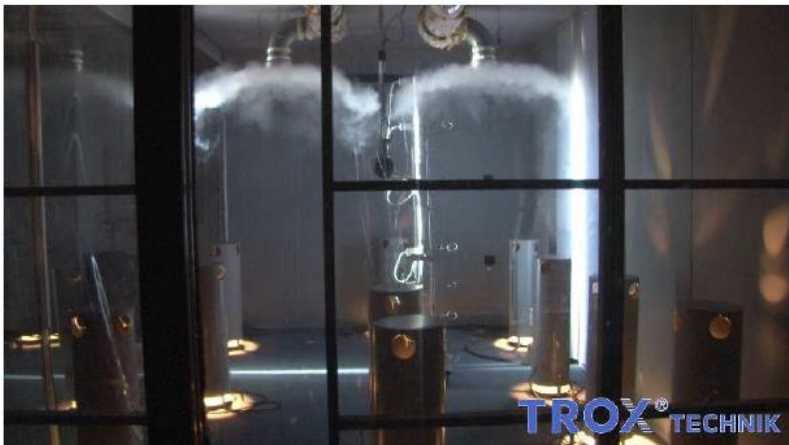
**Difusor XARTO**

### Características difusores rotacionales

- Permiten impulsar **mayor caudal de aire por metro cuadrado** de superficie del local
- Se pueden situar a **menor distancia entre ellos**
- La separación máxima entre difusores será de 4 metros, **con un alcance máximo por difusor de 1,5 – 2 metros**
- Posibilidad de montaje **suspendido y sobre techos reticulados o lamas**
- Rango de regulación de caudal entre 100 y 50% del caudal nominal
- En instalaciones de caudal variable VAV es recomendable un plenum Varyset **para garantizar la velocidad efectiva de impulsión y minimizar el efecto de la temperatura**

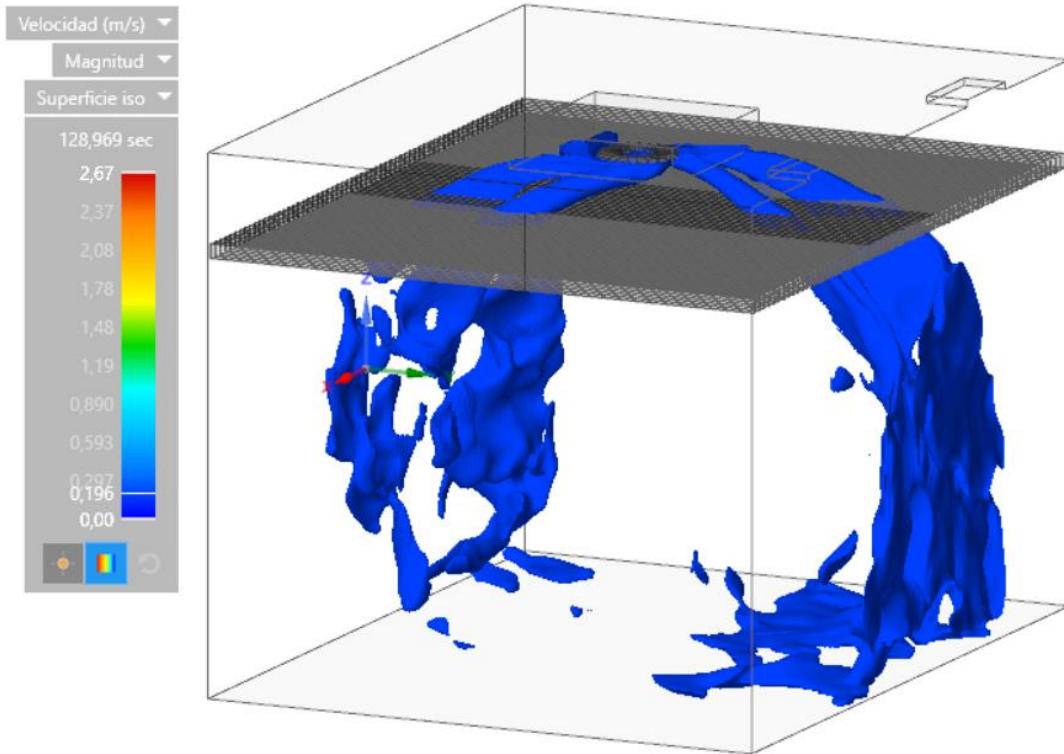


### Selección difusores rotacionales



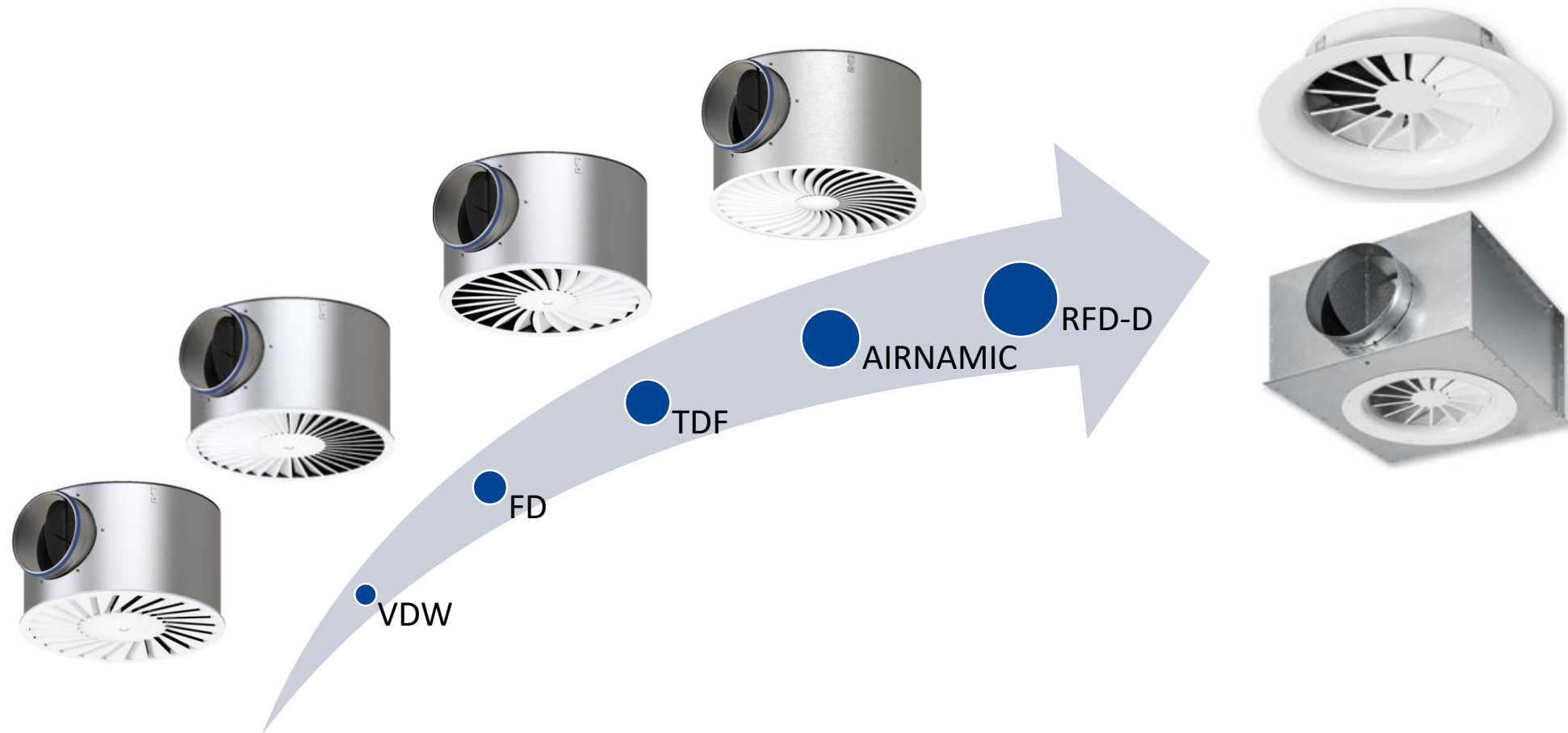
- El difusor se deberá seleccionar para **velocidad media-alta de impulsión**
- El caudal mínimo de funcionamiento **debe aumentarse**
- Posibilidad de incorporar **placa prolongada** para aumentar el alcance horizontal
- Funcionamiento en refrigeración y calefacción con  **$dT \pm 10 K$**
- Rango de regulación de caudal entre **100 y 50% del caudal nominal**
- El alcance aumenta proporcionalmente **con incremento de caudal**

### Difusión rotacional sobre techo de lamas > 51% sección libre

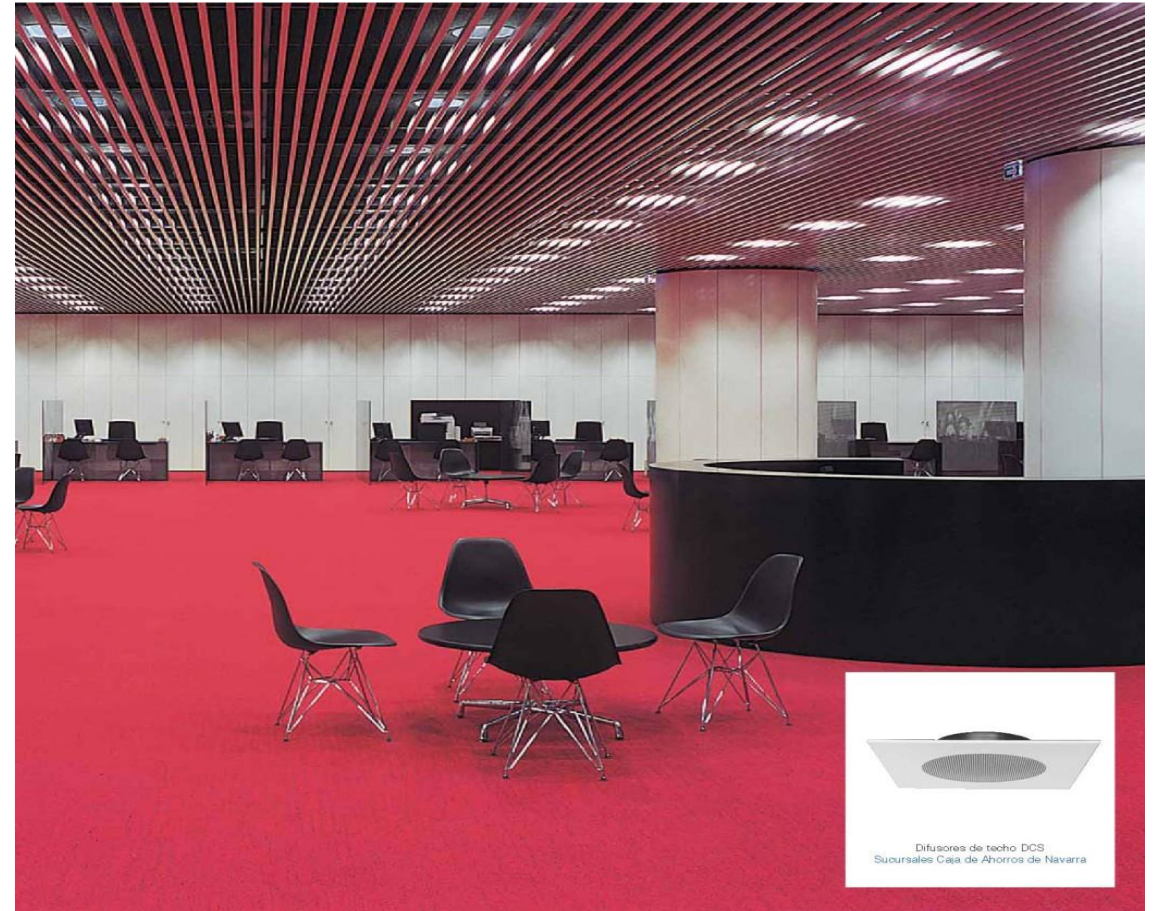


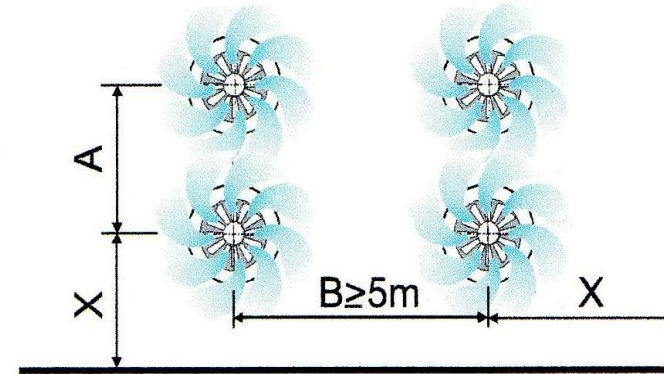
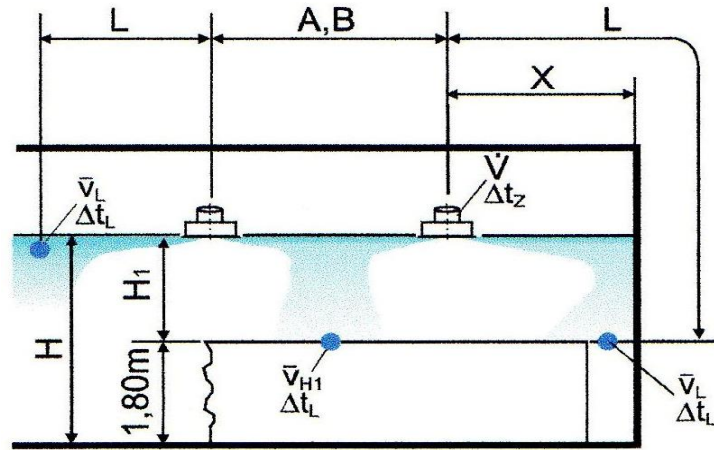
- ✓ Difusor rotacional separado al menos 150 mm del techo
- ✓ Caudal de aire adecuado para garantizar impulsión horizontal
- ✓ Separación máxima entre difusores 4 metros
- ✓ Techo abierto con área libre > 50%

## Difusores rotacionales para instalación suspendida









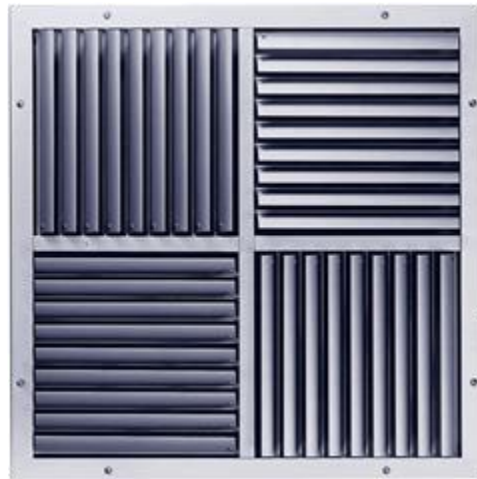
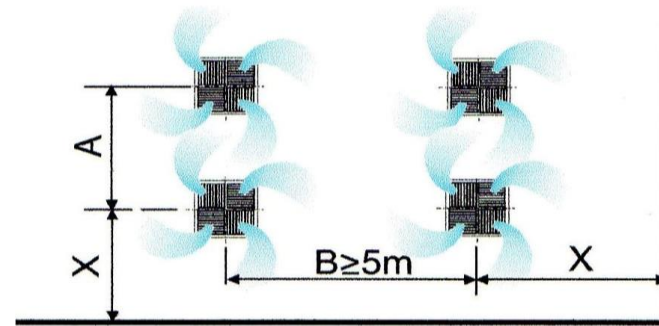
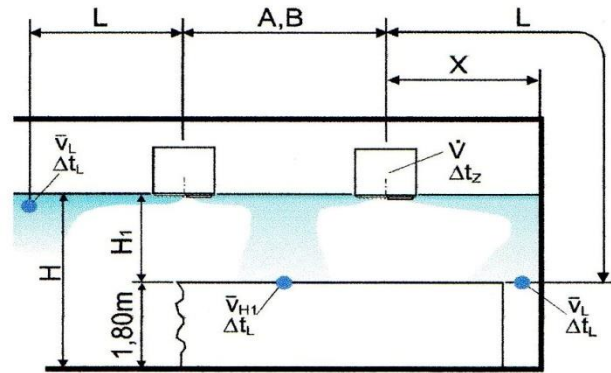
Posición de álabes para impulsión horizontal con aire frío



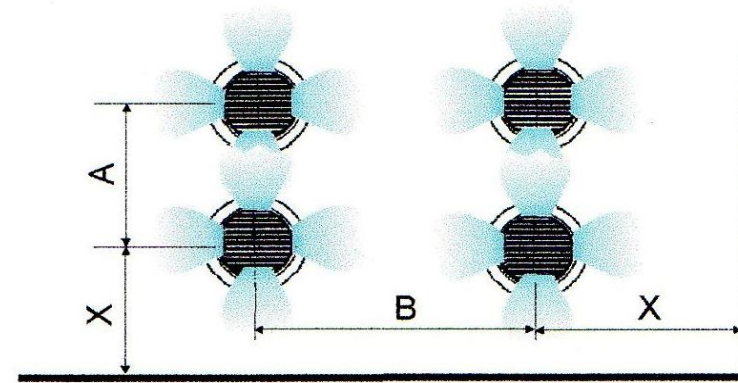
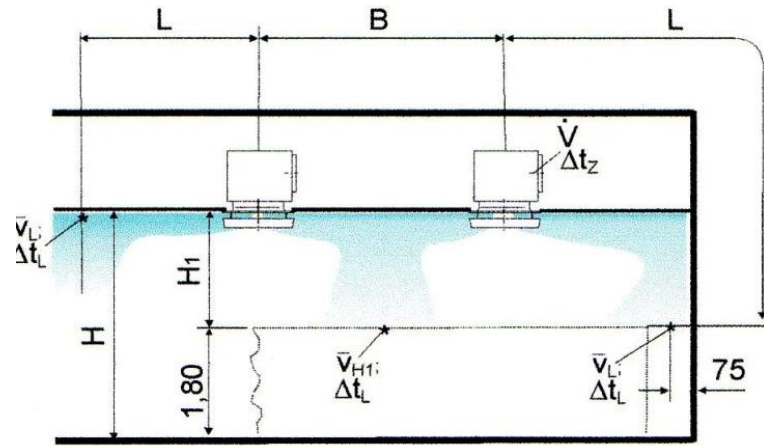
Difusor VDL



Posición de álabes para impulsión vertical con aire caliente



**Difusor VD**



**Difusor VDR**



Refrigeración



Calefacción







**Tobera DUE**



**Tobera lineal DUL**

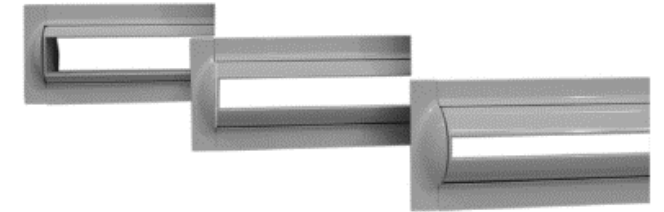






**Tobera DUE-S-RR**

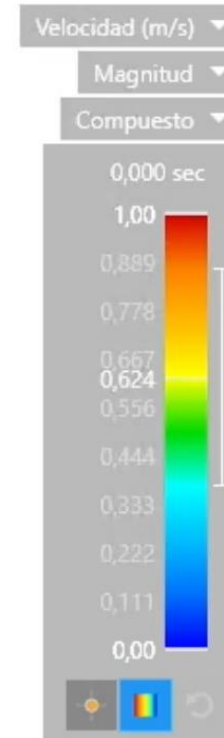
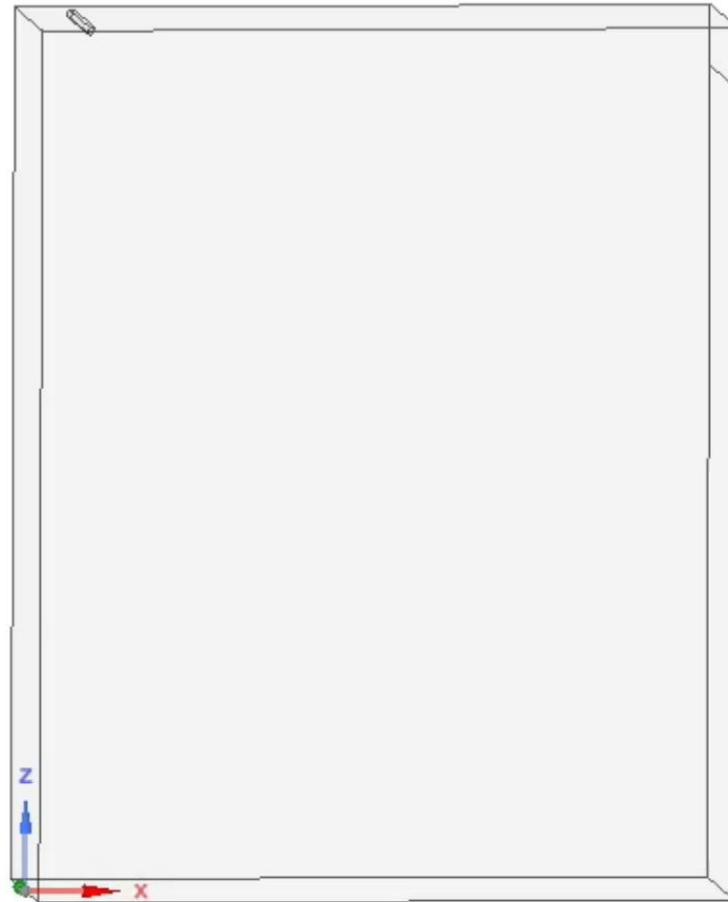


**Multitobera DUE-M**

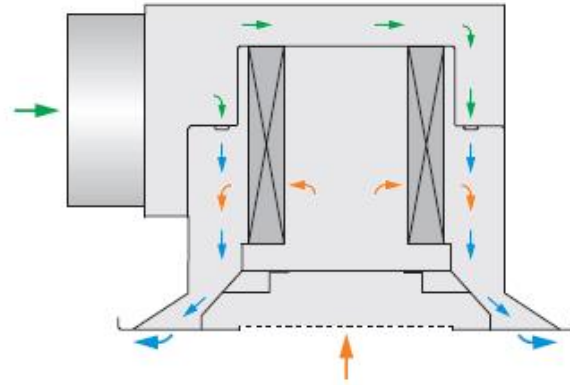
- ✓ Montaje visto en conducto o pared
- ✓ Sin efecto techo
- ✓ Adecuadas para grandes volúmenes
- ✓ Choque de venas enfrentadas o pared
- ✓ Elevada inducción de aire



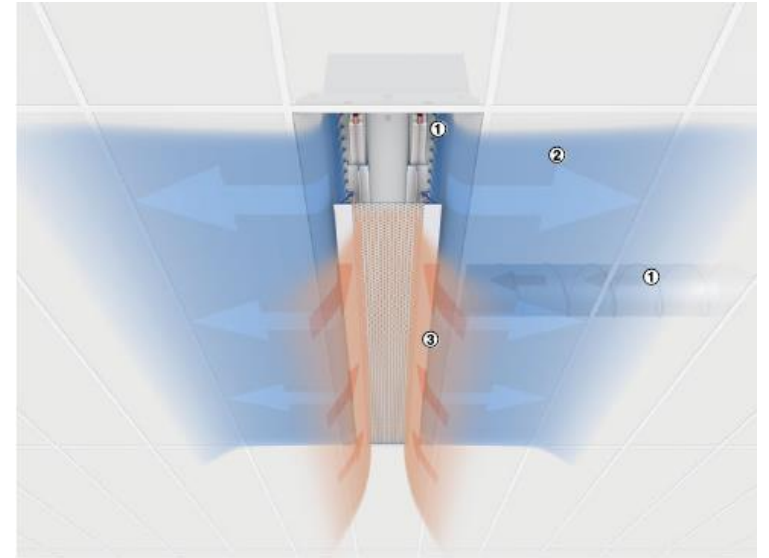
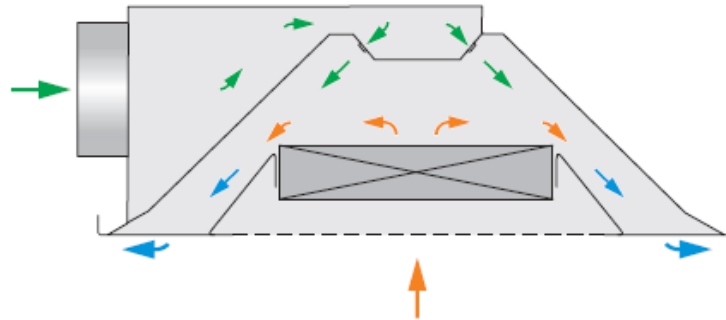
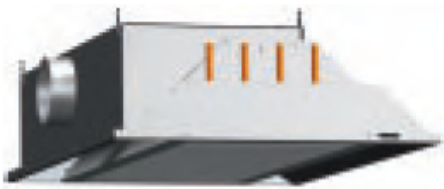
-  Linear construction
-  Lengths from 250 to 1,250 mm  
Slots width: 15, 20, 25, 30, 35 mm
-  250 - 900 m<sup>3</sup>/h (Q per linear metre)
-  Aluminium



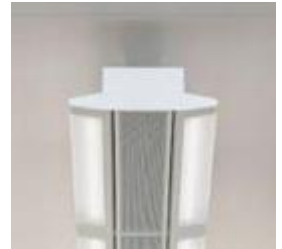
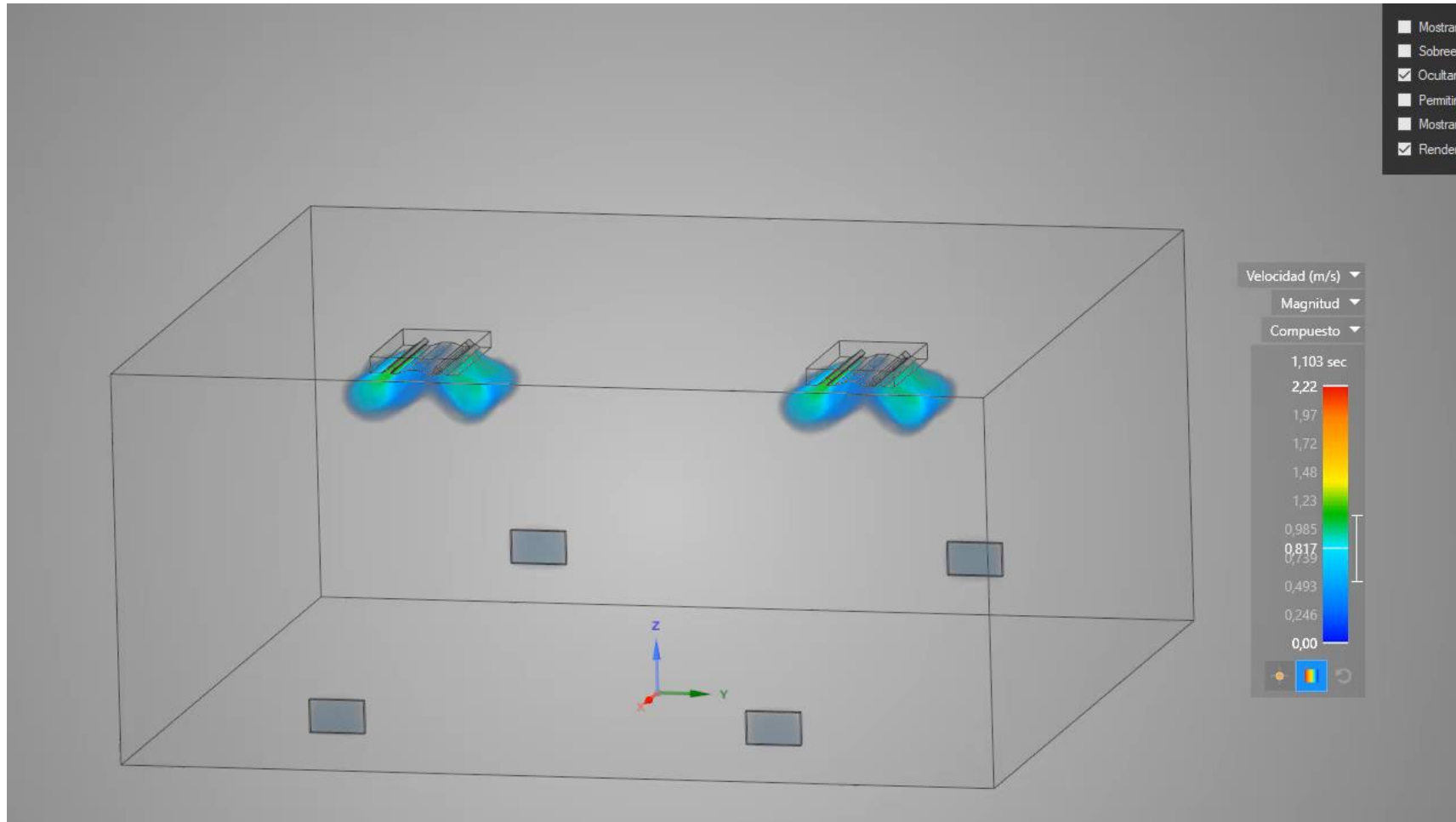
**Type DID312**



**Type DID632**



## Análisis CFD: DID632 suspendido con laterales prolongados



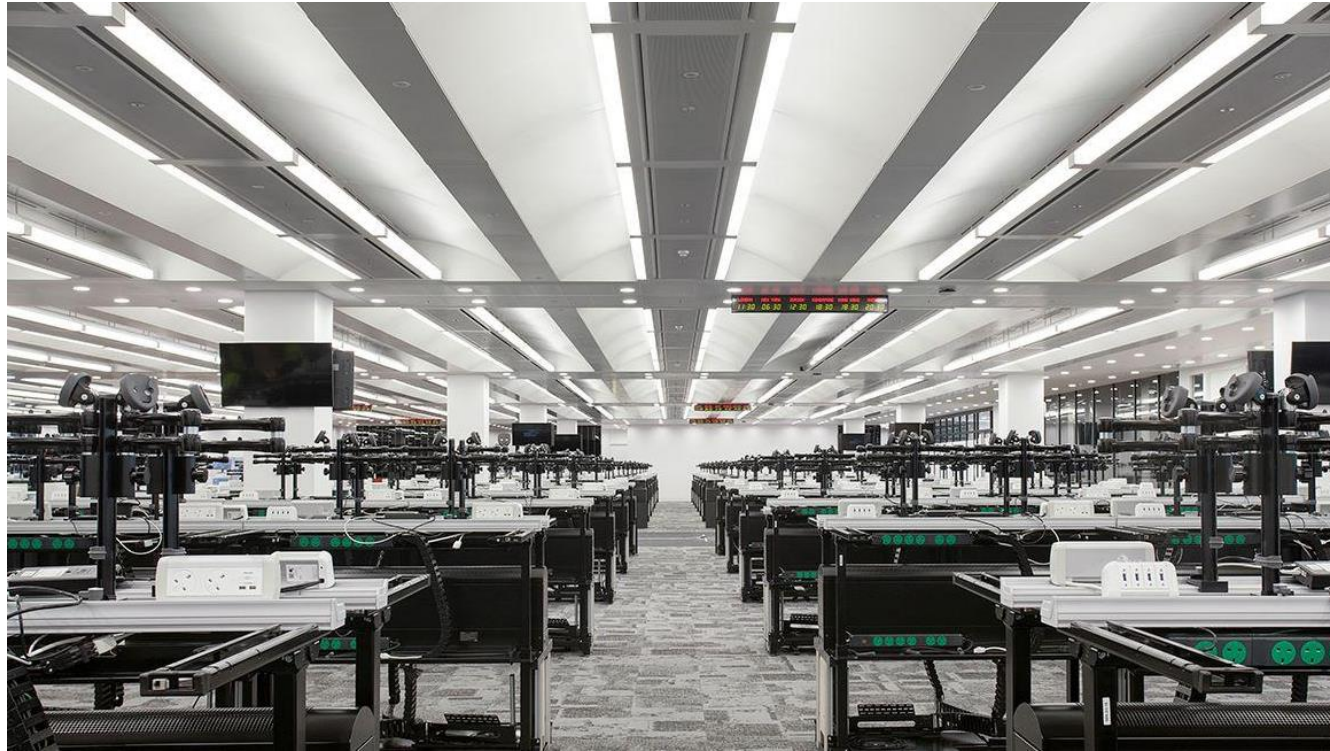


Configuración sin “alas”

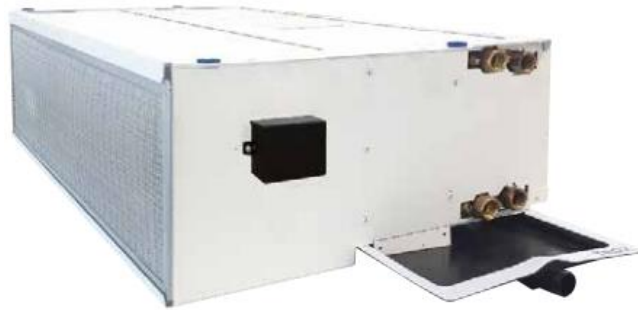


Configuración con “alas”





## Solución Fancoil + Difusor rotacional



Fancoil TFCUP



TBS baja silueta



### Conclusiones

- En los difusores radiales y lineales es necesario una prolongación de los laterales para aumentar el efecto Coanda y por lo tanto el alcance horizontal
- Los difusores rotacionales se pueden instalar suspendidos y sobre techo reticulado / lamas
- La separación máxima entre difusores será de 4 metros, con un alcance máximo por difusor de 1,5 – 2 metros
- Posibilidad de incorporar placa prolongada “Coanda” para aumentar el alcance horizontal
- El difusor se deberá seleccionar para velocidad media-alta de impulsión
- El caudal mínimo de funcionamiento debe aumentarse
- Funcionamiento en refrigeración y calefacción con  $dT \pm 10 K$
- Rango de regulación de caudal entre 100 y 50% del caudal nominal
- En montaje sobre techo de lamas / reticulado con área libre > 50% hay que garantizar el alcance horizontal y la separación de 150 mm entre difusor-techo



# TROX<sup>®</sup> TECHNIK

The art of handling air

*for indoor life quality*