

## AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN PARQUES NACIONALES Y RESERVAS DE LA BIOSFERA

# Eficiencia energética en el diseño de instalaciones de climatización

# 1 Introducción al análisis térmico (I). Conceptos

## 1.1 Concepto de **confort térmico**

## 1.2 La **calidad del aire interior** y su influencia en la eficiencia energética

# Confort Térmico

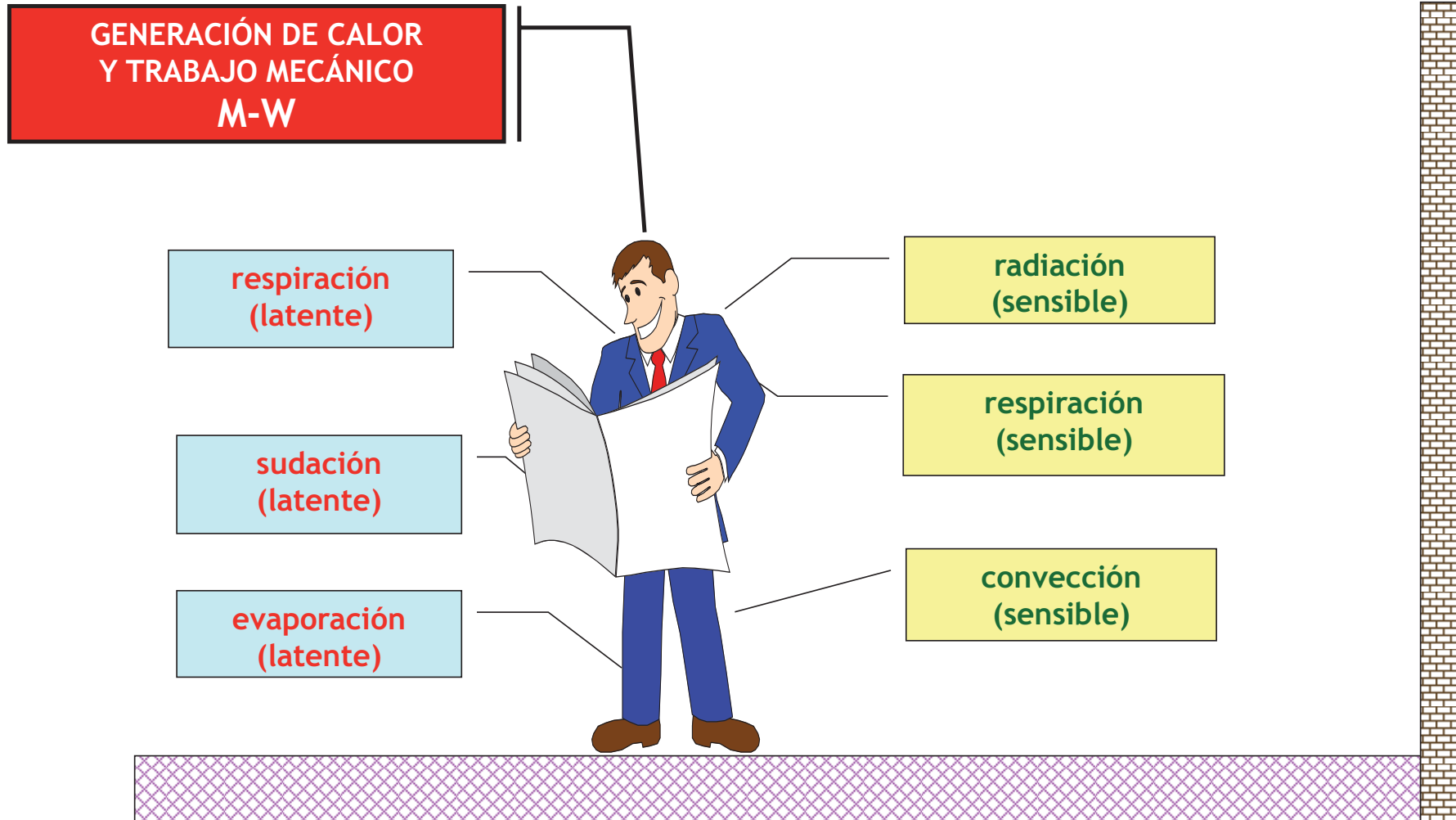
## ***ECUACIÓN DEL EQUILIBRIO TÉRMICO DEL CUERPO CON SU ENTORNO***

**Metabolismo - Trabajo producido**

$$(M - W) = (Q_p + Q_r)$$

**Pérdidas Piel + Pérdidas Respiración**

# MECANISMOS DE INTERCAMBIO TÉRMICO



## FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ECUACIÓN DEL EQUILIBRIO TÉRMICO

### RELATIVOS AL CUERPO

Actividad metabólica  
Temperatura de la piel  
Humedad de la piel  
Sudor

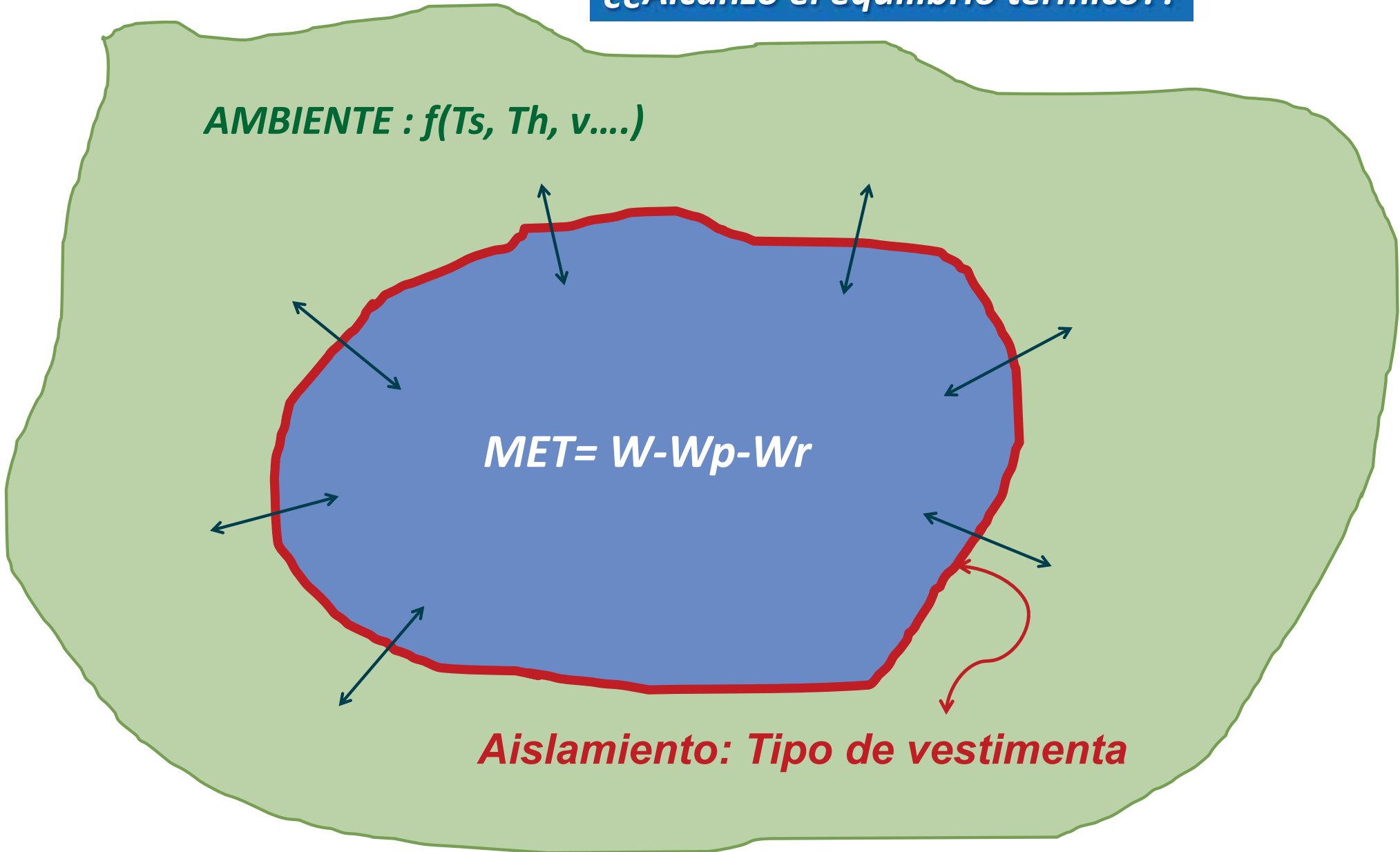
### RELATIVOS A LA VESTIMENTA

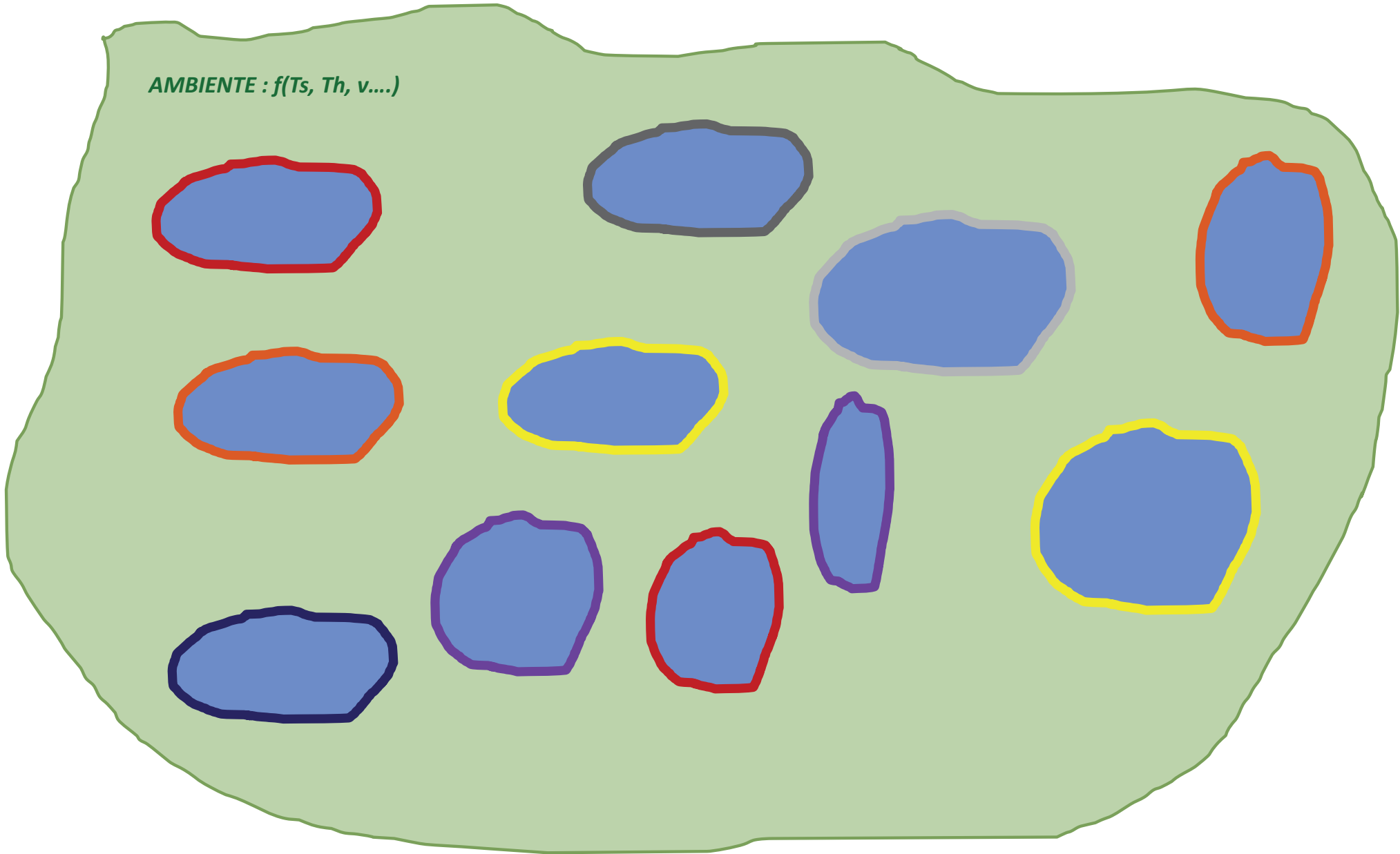
Aislamiento térmico  
Permeabilidad  
Temperatura superficial  
Emisividad de la superficie  
Factor de aumento de la superficie exterior

### RELATIVOS AL AMBIENTE

Temperatura seca TS  
TH o HR  
Temperatura radiante media  
Velocidad del aire en zona ocupada  
Presión atmosférica del lugar

**¿¿Alcanzo el equilibrio térmico??**







## ***EVALUACIÓN DEL CONFORT*** ***UNE-EN-ISO 7730***

Voto Medio Previsto ***VMP***

$$VMP = f(DT, M)$$

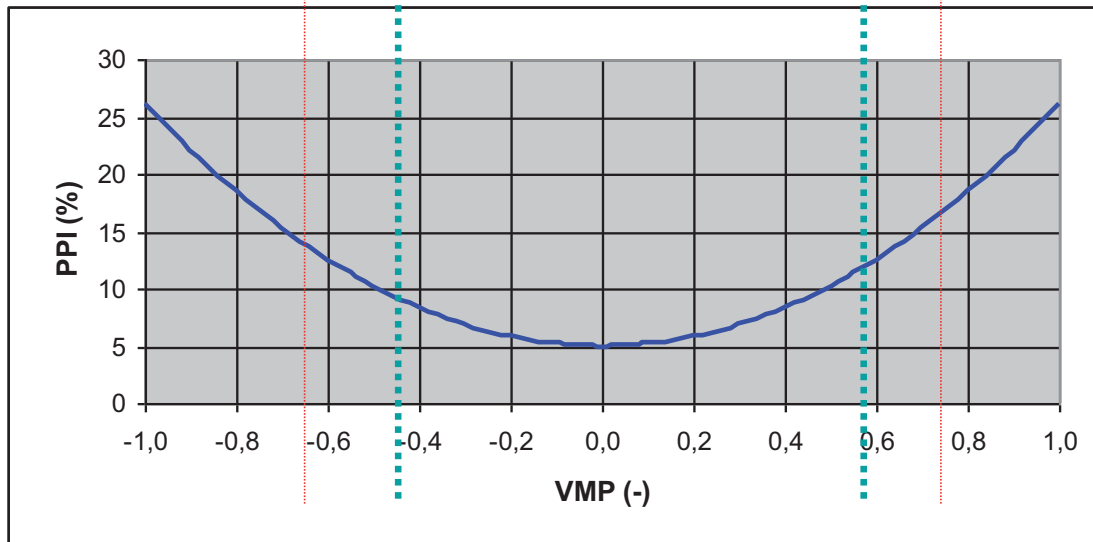
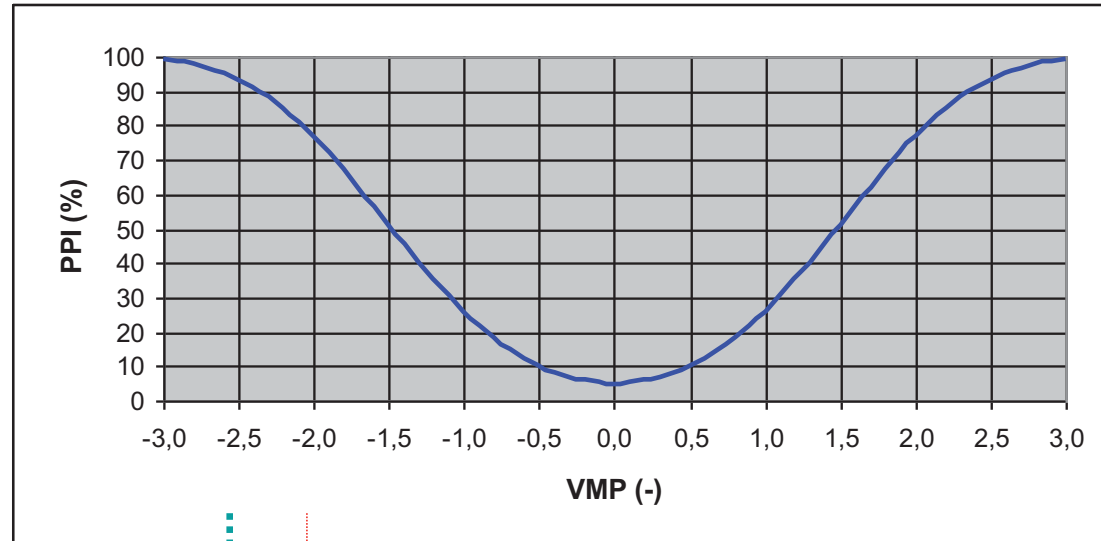
Porcentaje de Personas Insatisfechas ***PPI***

$$PPI = f(VMP)$$

## ESCALA DE SENSACIONES TÉRMICAS



VMP	SENSACIÓN	PPI %
<b>+3</b>	<b>muy caluroso</b>	<b>100</b>
<b>+2</b>	<b>caluroso</b>	<b>78</b>
<b>+1</b>	<b>ligeramente caluroso</b>	<b>26</b>
<b>±0</b>	<b>neutralidad térmica</b>	<b>5</b>
<b>-1</b>	<b>ligeramente fresco</b>	<b>26</b>
<b>-2</b>	<b>fresco</b>	<b>78</b>
<b>-3</b>	<b>frío</b>	<b>100</b>



**PPI mínimo 5%**

## Parámetros del cuerpo humano. Producción de energía metabólica para distintos tipos de actividades

Actividad metabólica	sensible	latente	met
ACTIVIDAD	W	W	
durmiendo	50	25	0,76
tumbado	55	30	0,86
sentado, sin trabajar	65	35	1,0
de pie, relajado	75	55	1,3
paseando	75	70	1,5
andando			
a 1,6 km/h	50	110	1,6
a 3,2 km/h	80	130	2,1
a 4,8 km/h	110	180	2,9
a 6,4 km/h	150	270	4,2
bailando moderadamente	90	160	2,5
atlética en gimnasio (hombres)	210	315	5,0
deporte de equipo masculino (valor medio)	290	430	6,9
trabajos:			
muy ligero, sentado	70	45	1,2
moderado (en oficinas; valor medio)	75	55	1,3
sedentario (restaurante, incluidas comidas)	80	80	-
ligera de pie (industria ligera, de compras etc.)	70	90	1,6
media de pie (trabajos domésticos, tiendas etc.)	80	120	2,0
manual	80	140	2,1
ligero (en fábrica; sólo hombres)	110	185	2,8
pesado (en fábrica; sólo hombres)	170	255	4,0
muy pesado (en fábrica; sólo hombres)	185	285	4,5

**Nota:** “met” es la unidad de actividad metabólica. En la tabla se indican las emisiones de nuestros “cuerpos calientes” por calor sensible y latente, expresado en Vatios, en función de la actividad y considerando el 50% de hombres y el 50% de mujeres (el metabolismo de una mujer es el 85% y el de un niño el 75% del metabolismo de un hombre).

## Parámetros de la vestimenta. Aislamiento térmico de la ropa

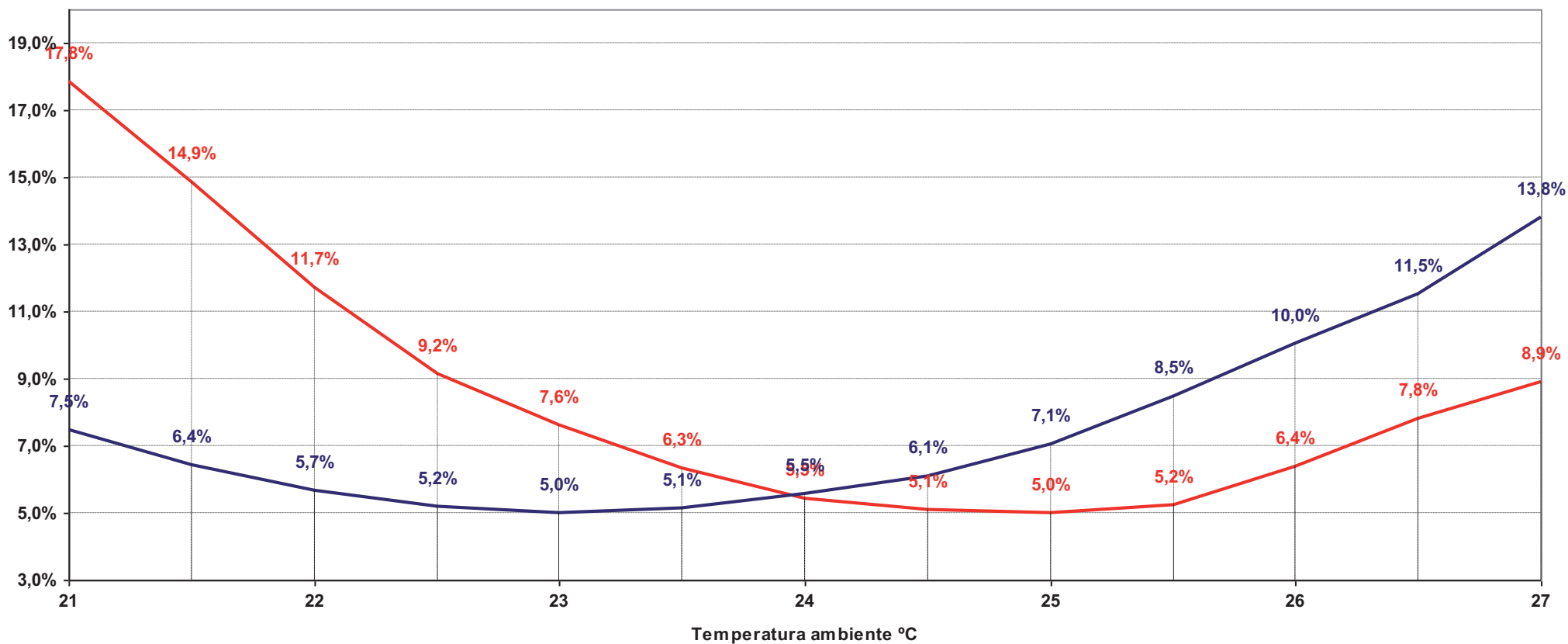
TIPO DE VESTIMENTA	AISLAMIENTO TÉRMICO (clo)
Desnudo	0,0
En pantalón corto	0,1
Vestimenta tropical: pantalón corto, camisa manga corta y sandalias	0,3
<b>Vestimenta de verano ligera:</b> Pantalón largo ligero, camisa de manga corta, calcetines ligeros y zapatos	<b>0,5</b>
Vestimenta de trabajo.	0,7
<b>Vestimenta de invierno ligera:</b> Camisa de manga larga, pantalón grueso, jersey, calcetines gruesos, zapatos,	<b>1,0</b>
Vestimenta de invierno	1,5

**Nota:** “clo” es la unidad de aislamiento térmico de la vestimenta.  
Resistencia térmica de la vestimenta = 0,155 x clo (m<sup>2</sup> °K/W)

## PORCENTAJE DE PERSONAS INSATISFECHAS.- PPI EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

met = 1,3 H.R.= 40 % V= 0,10 m/s

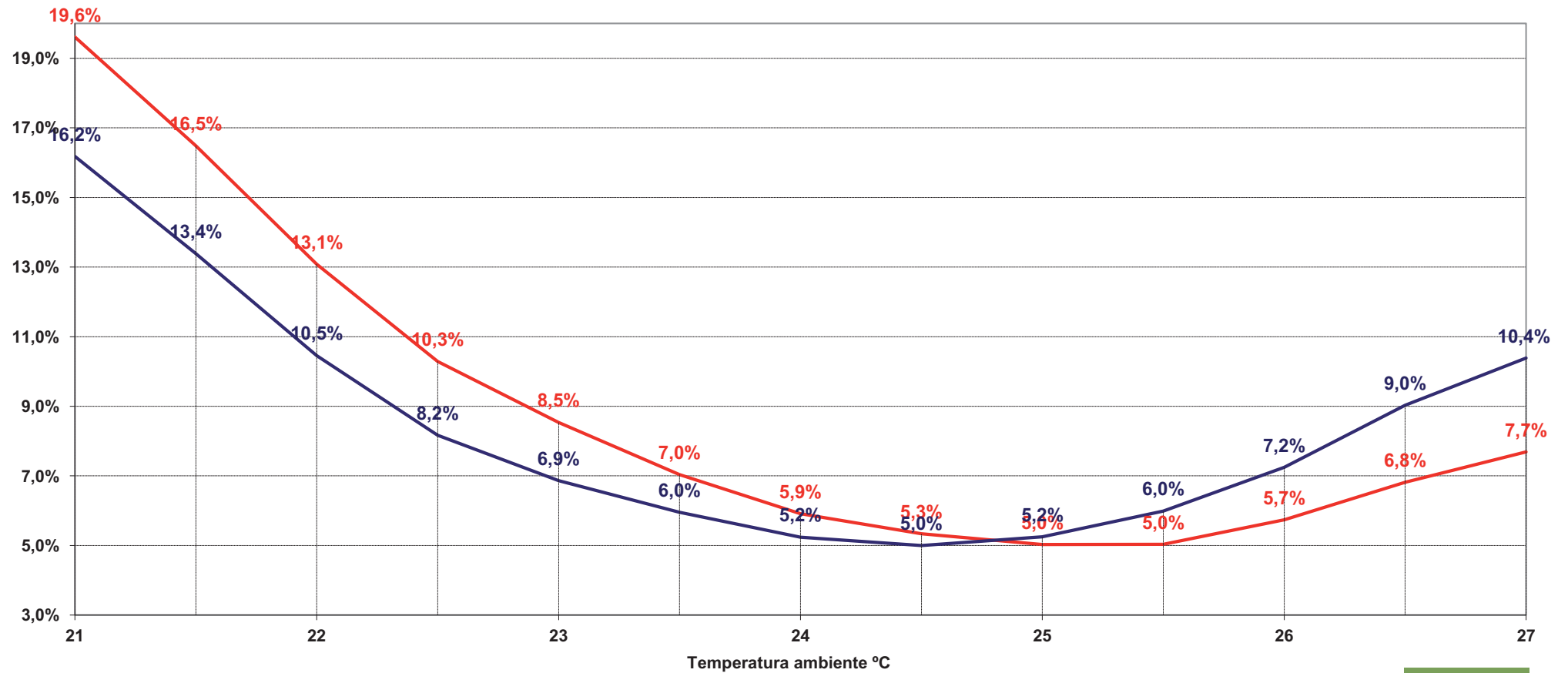
clo = 0,5    clo = 0,7



ISO 7730

**PORCENTAJE DE PERSONAS INSATISFECHAS.- PPI EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTE**  
met = 1,3 clo = 0,5 V = 0,10 m/s

HR = 20%    HR = 50%



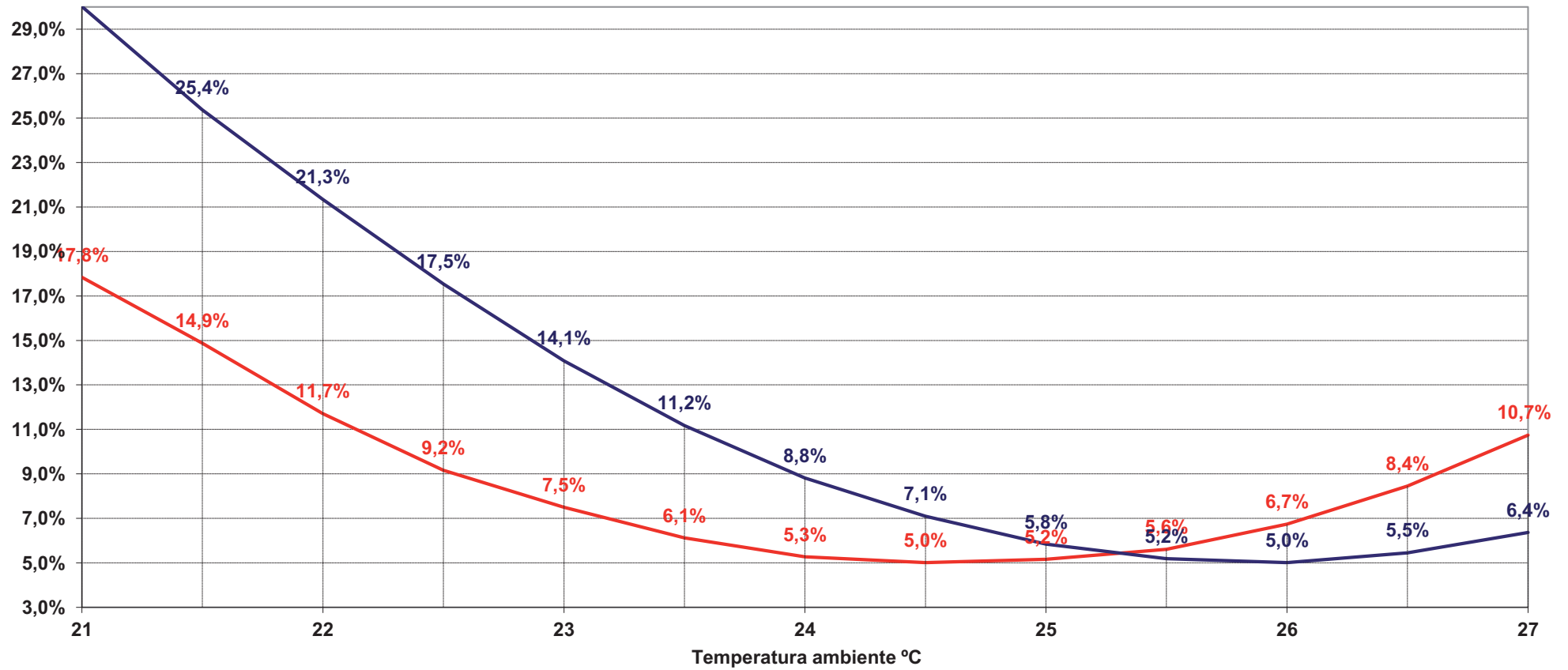
ISO 7730

## PORCENTAJE DE PERSONAS INSATISFECHAS.- PPI EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

met = 1,3 clo= 0,5 H.R.= 40 %

v = 0,05 m/s

v = 0,20 m/s



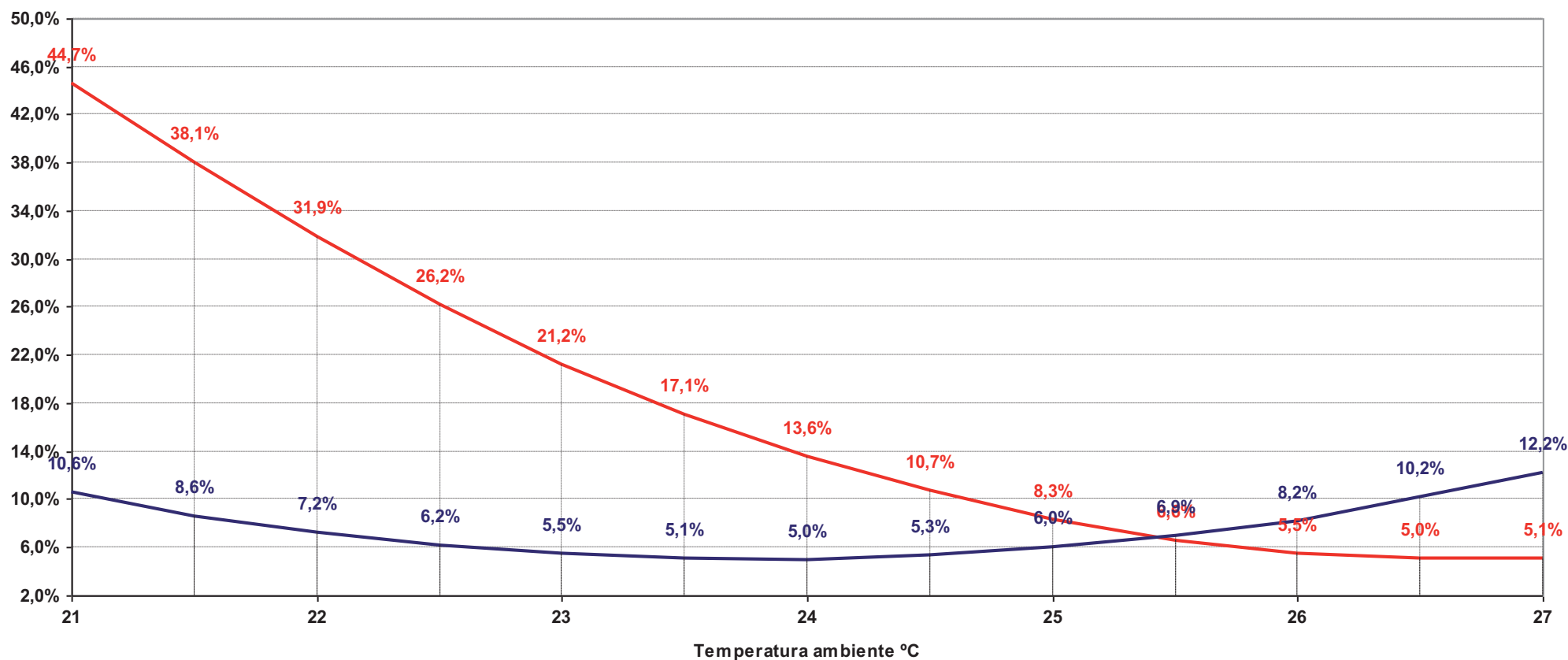
ISO 7730



## PORCENTAJE DE PERSONAS INSATISFECHAS.- PPI EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

clo= 0,5 H.R.= 40 % v= 0,1 m/s

met= 1,1 met= 1,3



ISO 7730

# El Confort Térmico en el RITE

## IT 1.1.4.1. EXIGENCIA DE CALIDAD TÉRMICA DEL AMBIENTE (1)

### Temperatura operativa y humedad relativa

- a) Para personas con actividad metabólica sedentaria de **1,2 met**, con grado de vestimenta de **0,5 clo en verano y 1 clo en invierno** y un PPD entre el 10 y el 20%, los valores de la temperatura operativa y de la humedad relativa estarán comprendidos entre los límites indicados en la tabla:

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

## IT 1.1.4.1. EXIGENCIA DE CALIDAD TÉRMICA DEL AMBIENTE (2)

### Velocidad media del aire

- a) Con difusión por mezcla, intensidad de la turbulencia del 40% y PPD por corrientes de aire del 15%:

$$V = \frac{t}{100} - 0,07 \quad m / s$$

- b) Con difusión por desplazamiento, intensidad de la turbulencia del 15% y PPD por corrientes de aire menor que el 10%:

$$V = \frac{t}{100} - 0,10 \quad m / s$$

*t: temperatura aire*

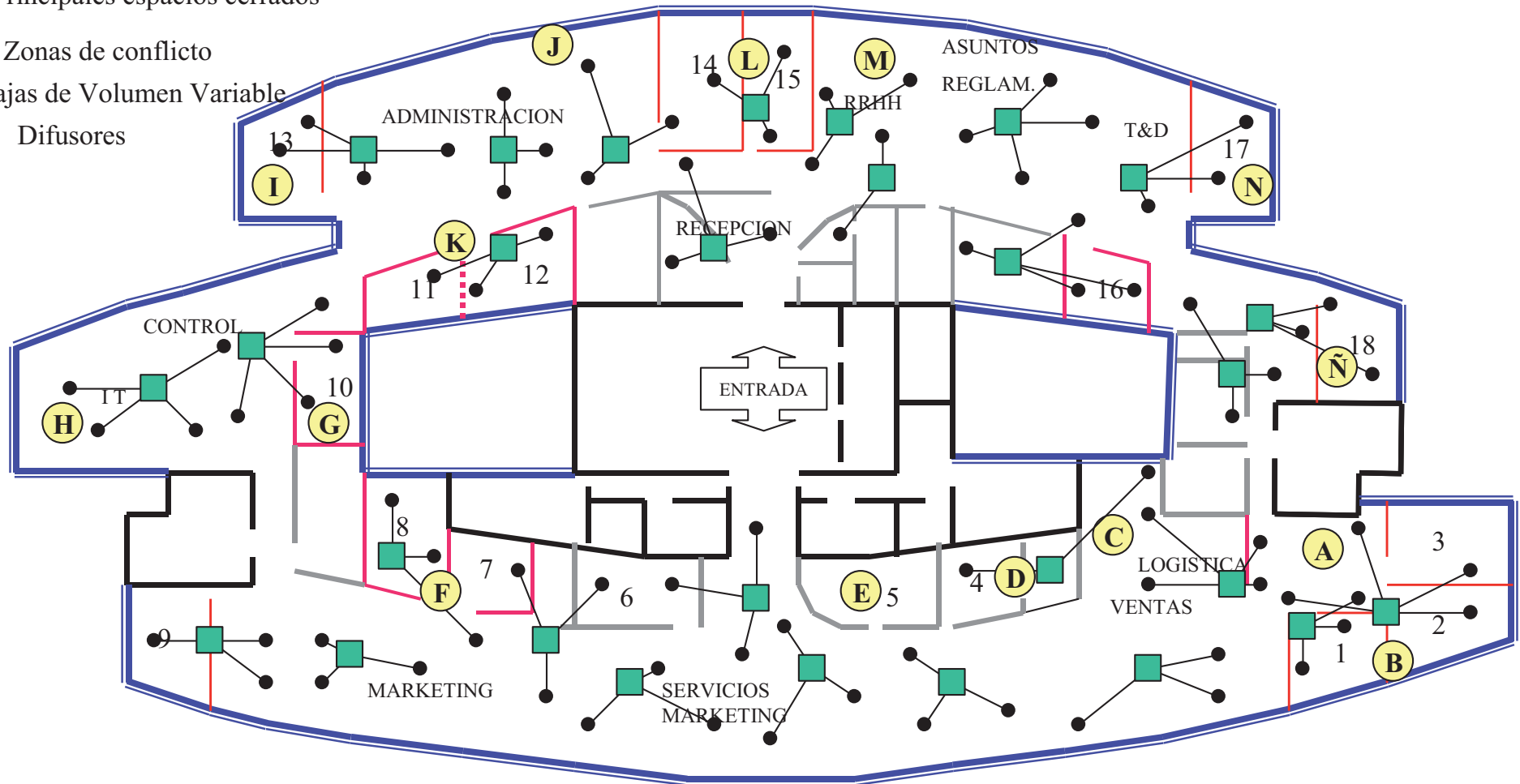
## ZONA OCUPADA

DISTANCIA DESDE LA SUPERFICIE AL ELEMENTO.....		cm
Suelo.....	Límite Inferior.....	5
	Límite Superior.....	180
Pared Exterior con Ventanas o Puertas.....		100
Pared Exterior sin Ventanas y Pared Interior.....		50
Puertas y Zonas de tránsito.....		100
<p>No tienen consideración de zona ocupada los lugares en los que puedan darse importantes variaciones de temperatura con respecto a la media y pueda haber presencia de corrientes de aire en las cercanías de las personas, como:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Zonas de Tránsito.</li> <li>2) Zonas Próximas a Puertas de uso frecuente.</li> <li>3) Zonas Próximas a cualquier tipo de unidad terminal que impulse aire.</li> <li>4) Zonas Próximas a Aparatos con Fuerte producción de calor.</li> </ol>		

## Descripción de sistema actual y localización de **zonas de conflicto**

Nº: Principales espacios cerrados

- A** Zonas de conflicto
- Cajas de Volumen Variable
- Difusores



# La calidad del aire interior en el RITE

**Eliminar CO<sub>2</sub> y aportar O<sub>2</sub>**

**Eliminar otros efluentes:**

**Humo del tabaco**

**Gases de**

**formaldehídos,  
productos de limpieza,  
pinturas,**

**etc..**

**Edificio enfermo**



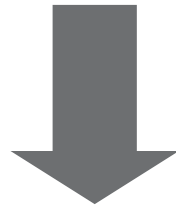
## IT 1.1.4.2. EXIGENCIA DE CALIDAD DEL AIRE INTERIOR (1)

En los edificios de viviendas, ..... se aplicarán los requisitos ..... del **Código Técnico de la Edificación (HS 3)**.

El resto de edificios dispondrán de un sistema de **ventilación** para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite, **en los distintos locales** en los que se realice **alguna actividad humana**, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes.



**UNE- EN 13779** (Ventilación de edificios no residenciales)



**UNE- EN 13779** (Ventilación de edificios no residenciales)

En función del uso del edificio o local, la **categoría de calidad** del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será, como mínimo, la siguiente:

- **IDA 1** (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
- **IDA 2** (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
- **IDA 3** (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
- **IDA 4** (aire de calidad baja)

## IT 1.1.4.2. EXIGENCIA DE CALIDAD DEL AIRE INTERIOR (2)

### 1.4.2.3. Caudal mínimo del aire exterior de ventilación

Categoría	dm <sup>3</sup> /s pers	dp	ppm	dm <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup>
IDA 1	20,0	0,8	350	No aplica
IDA 2	12,5	1,2	500	0,83
IDA 3	8,0	2,0	800	0,55
IDA 4	5,0	3,0	1.200	0,28

### 1.1.4.4 Filtración del aire mínimo de ventilación

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
<b>ODA 1 (aire puro)</b>	F9	F8	F7	F6
<b>ODA 2 (polvo)</b>	F7/F9	F8	F7	F6
<b>ODA 3 (gases)</b>	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
<b>ODA 4 (polvo y gases)</b>	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
<b>ODA 5 (muy alta contam)</b>	F6/GF/F9 (*)	F6/GF/F9 (*)	F6/F7	G4/F6

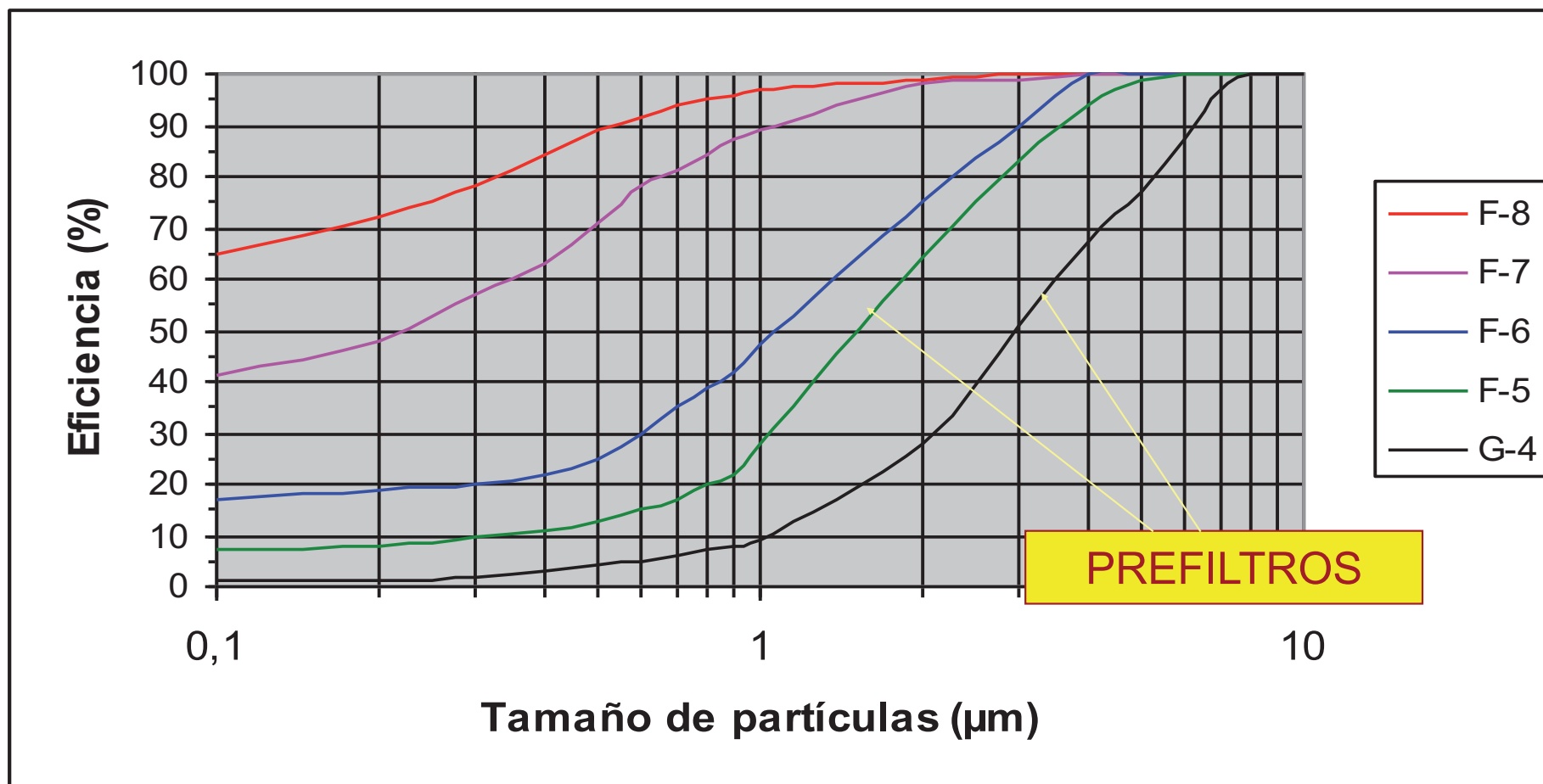
Aire atmosférico

# CLASIFICACIÓN DE FILTROS UNE-EN 779:1996

CEN 779 1996	EFICACIA (%) Método gravimétrico		EFICACIA (%) Método opacimétrico	
	<b>G1</b>	$\eta$	$< 65$	
<b>G2</b>	$65 \leq \eta$	$< 80$		
<b>G3</b>	$80 \leq \eta$	$< 90$		
<b>G4</b>	$90 \leq \eta$			
<b>F5</b>			$40$	$\eta < 60$
<b>F6</b>			$60 \leq \eta$	$< 80$
<b>F7</b>			$80 \leq \eta$	$< 90$
<b>F8</b>			$90 \leq \eta$	$< 95$
<b>F9</b>			$95 \leq \eta$	

**Esta clasificación no da indicaciones de la eficiencia de los filtros en función del TAMAÑO DE PARTÍCULAS**

## Comparación de la eficiencia según el tamaño de las partículas



## IT 1.1.4.2.5 Aire de extracción.- AE (1)

### **AE 1: Bajo nivel de polución.**

Locales en los que las emisiones mas importantes de contaminantes proceden de los materiales de la construcción y decoración, además de las personas.  
Están excluidos los locales donde se permite fumar.

### **AE 2: Moderado nivel de polución.**

Locales donde se permite fumar.  
Restaurantes, habitaciones de hotel, vestuarios, bares, almacenes.

### **AE 3: Alto nivel de polución.**

Aseos, saunas, cocinas, laboratorios químicos, imprentas.

### **AE 4: Muy Alto nivel de polución.**

Campanas extractoras, aparcamientos, locales donde se manejan pinturas y disolventes, almacenamientos de residuos de comida, laboratorios químicos.

## IT 1.1.4.2.5 Aire de extracción.- AE (2)

Sólo el **AE1**, exento de humo de tabaco **puede ser retornado a los locales.**

El aire **AE2 puede ser** empleado solamente como aire de transferencia de un local **hacia locales de servicio, aseos y garajes.**

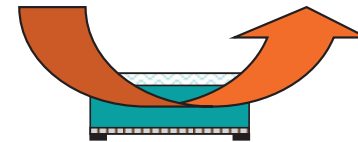
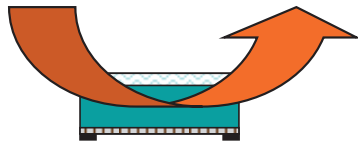
El aire de las categorías **AE3 y AE4 no puede ser empleado como aire de recirculación** o de transferencia; además su expulsión hacia el exterior no puede ser común a la expulsión del aire de las categorías AE1 y AE2, para evitar la posibilidad de contaminación cruzada.

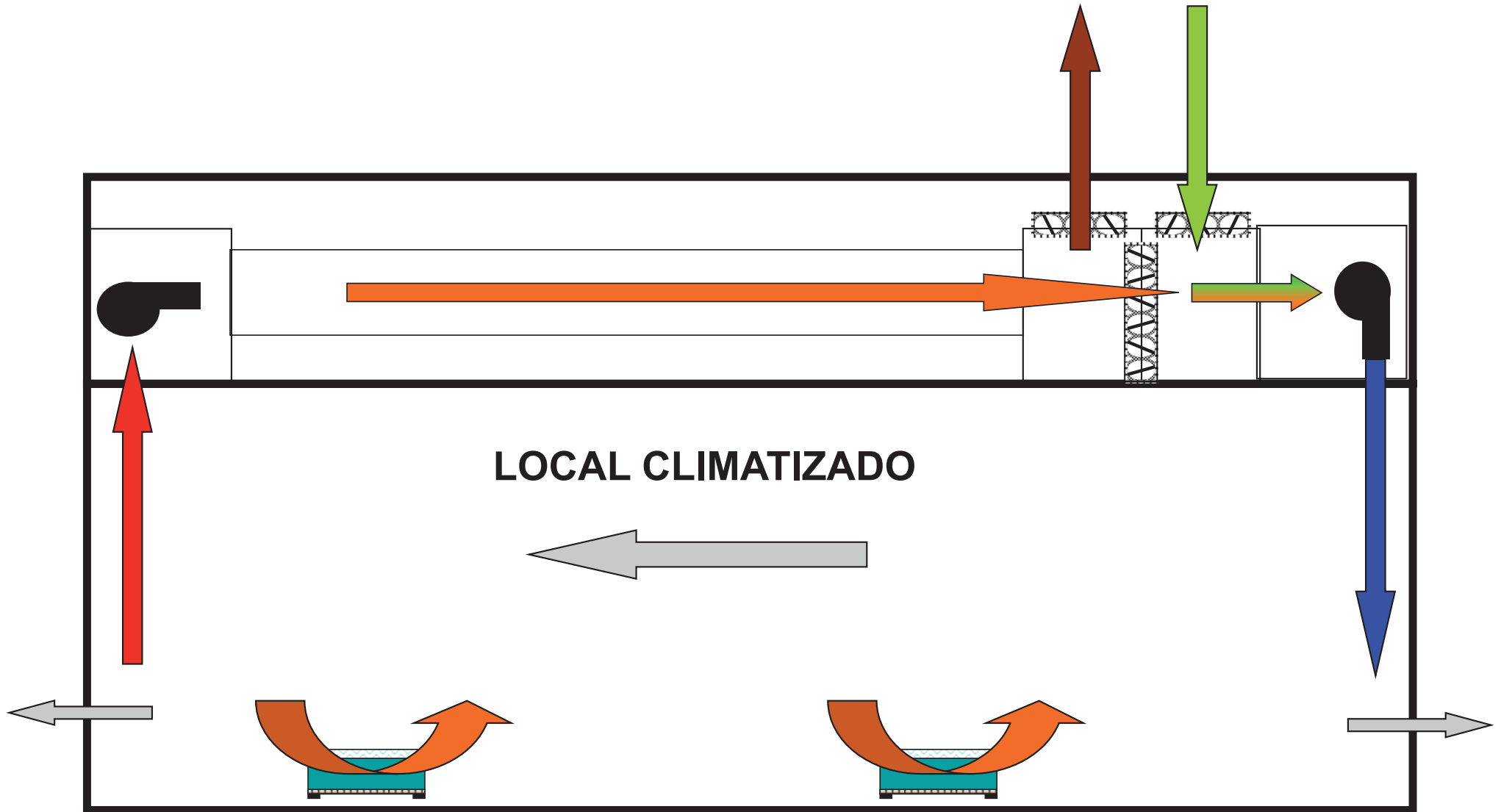


## ***Sistema de Calefacción y/o Refrigeración (NO ES AIRE ACONDICIONADO)***

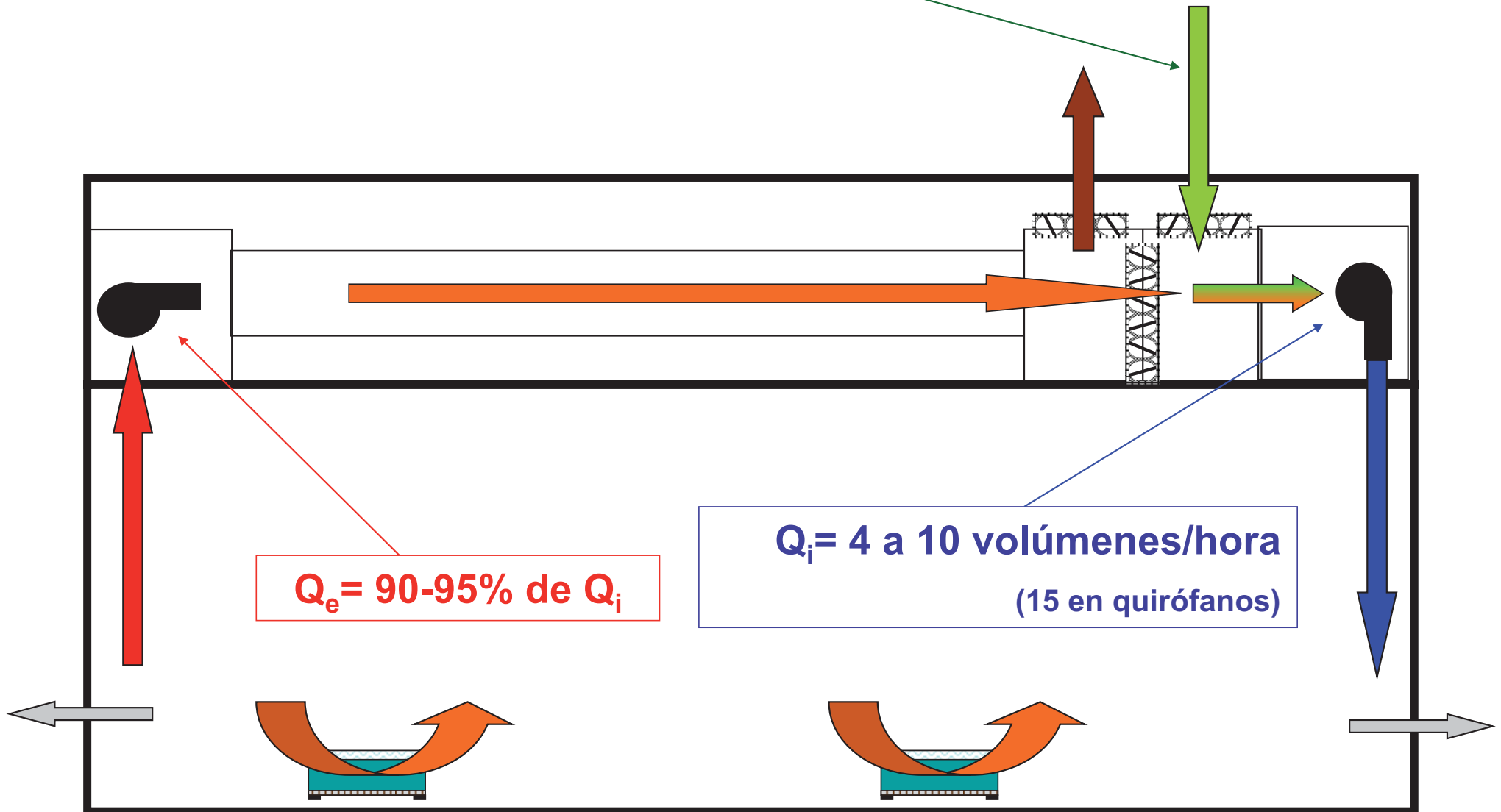
**FALTA LA VENTILACIÓN**

**LOCAL CLIMATIZADO**



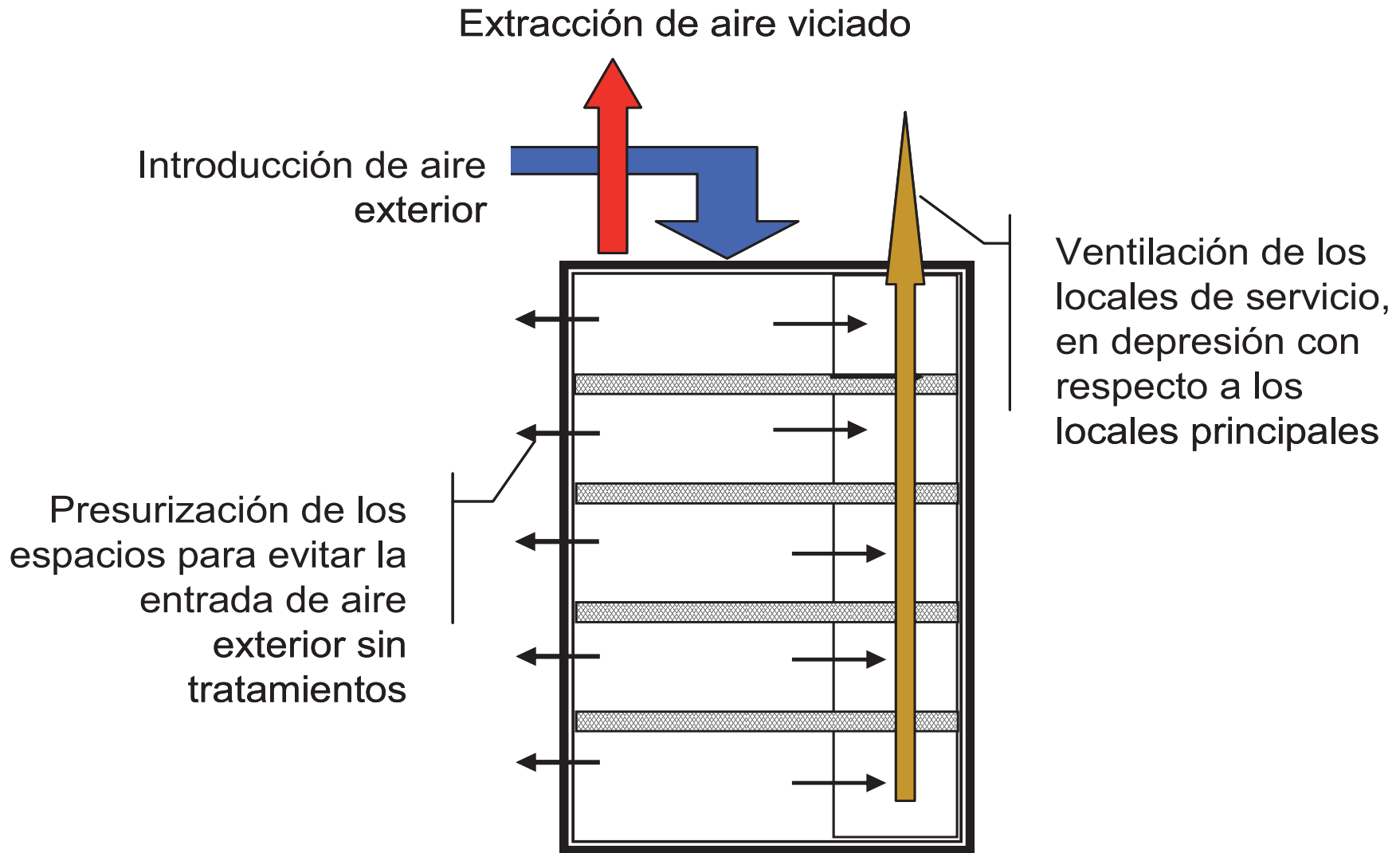


$A_e = \text{Desde IDA hasta } 100\% Q_i$



$Q_e = 90-95\% \text{ de } Q_i$

$Q_i = 4 \text{ a } 10 \text{ volúmenes/hora}$   
(15 en quirófanos)



## Carcasa de una Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) o Climatizadora











## Generador de frío condensado por aire



Niveles de parcialización



# ***Influencia de la ventilación en el consumo de energía***

## Cálculo de cargas verano

Componentes	Carga en W		
	sensible	latente	
Ganancia Solar	97.529	---	
Transmisión vidrios	11.657	---	
Transmisión muros	11.346	---	
Transmisión cubiertas	9.553	---	
Perdidas a esp. no acond.	3.075	---	
Luces	92.705	---	
Otros elementos	450	---	
Personas	24.918	20.849	
Varios	500	500	
Infiltraciones	274	221	
Seguridad	25.201	2.157	
Subtotal	277.208	23.727	
Carga neta ventilación	33.957	20.643	
<b>Carga Total Refrigeración</b>	<b>311.165</b>	<b>44.370</b>	<b>355.535 W</b>



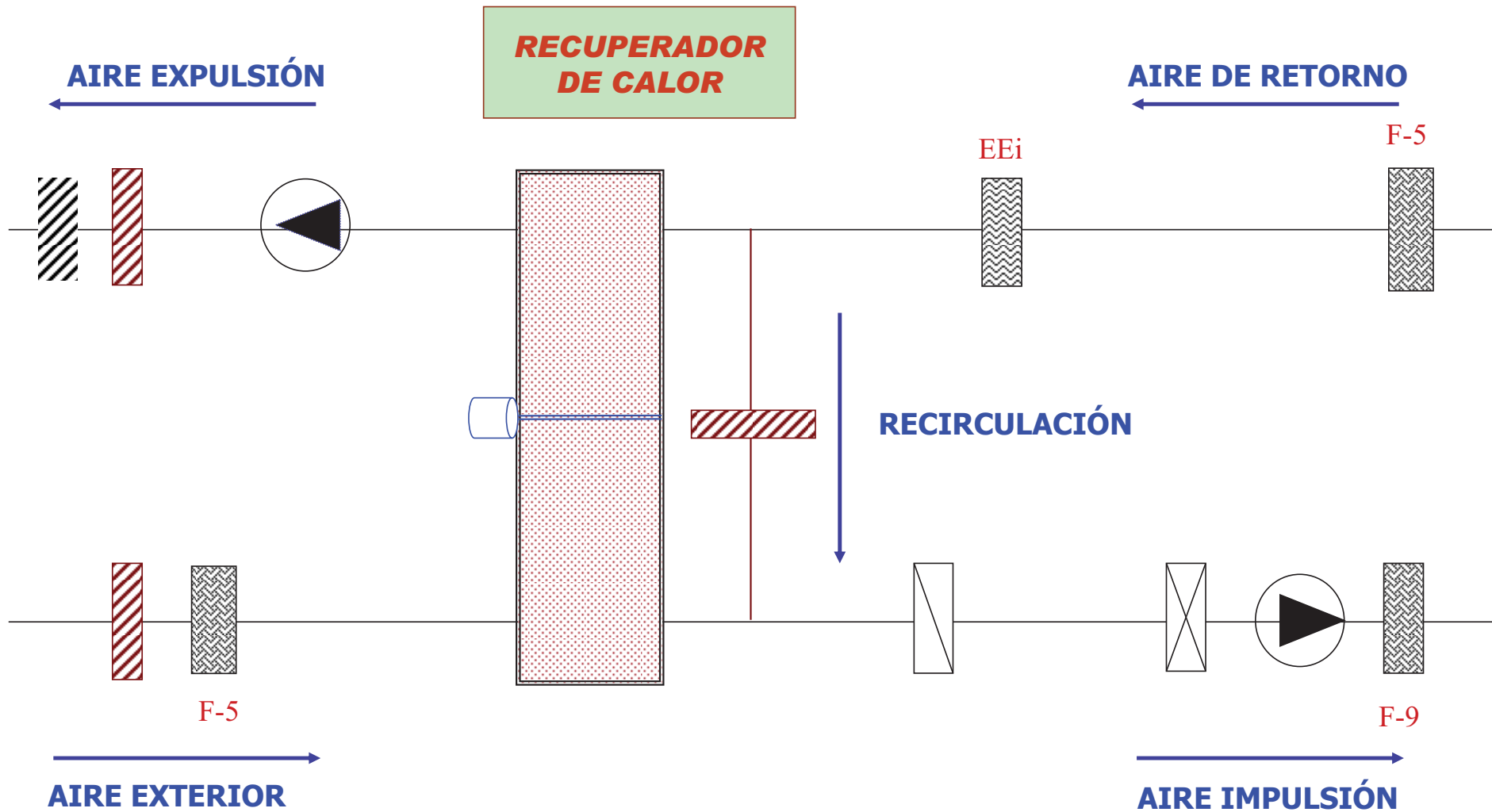
15%

## Cálculo de cargas invierno

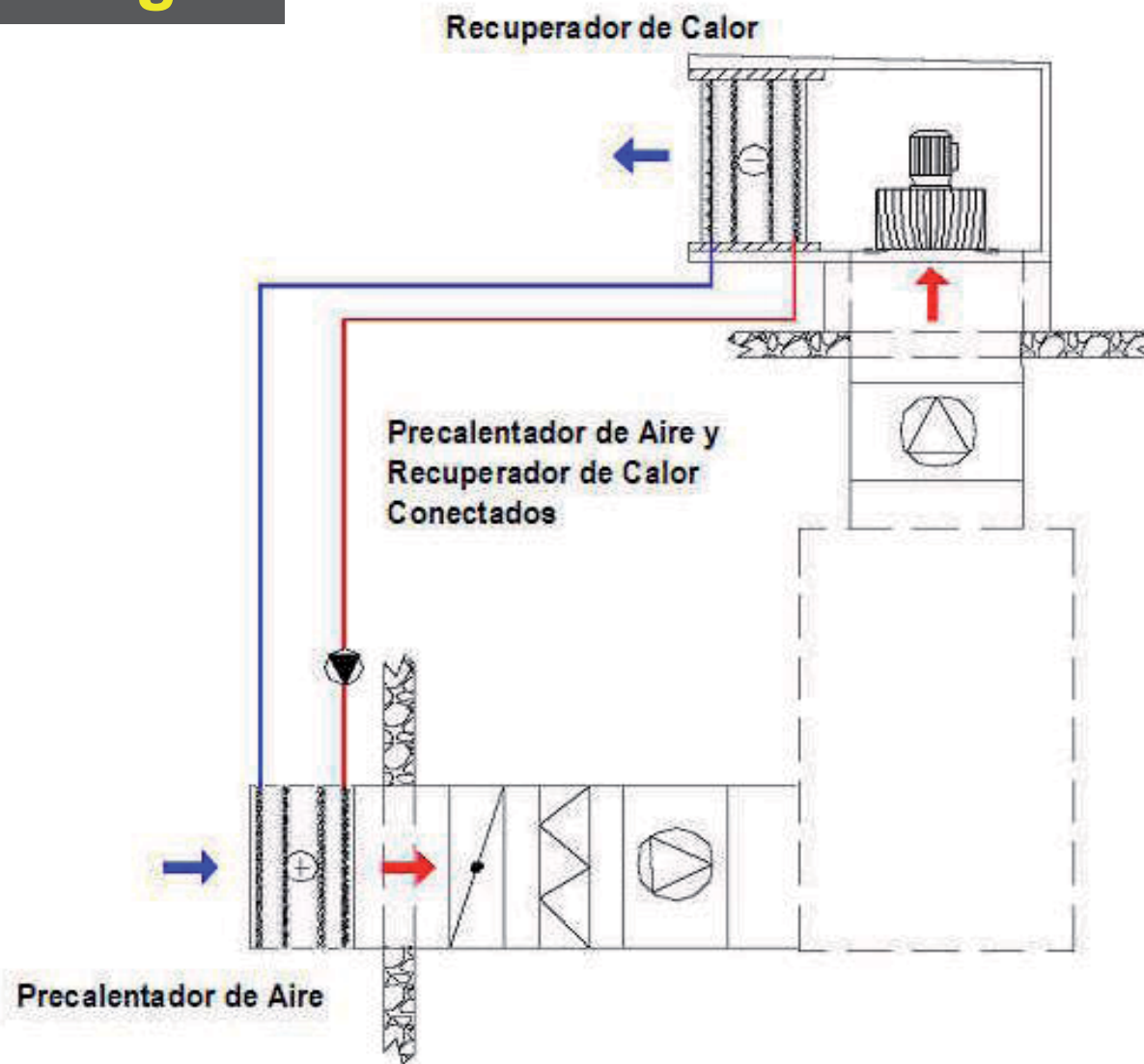
Componentes	Carga en W
Transmisión vidrios	-16.642
Transmisión muros	-18.793
Transmisión cubiertas	-15.823
Perdidas a esp. no acond.	-5.093
Infiltraciones	-454
Seguridad	-5.681
<b>Subtotal</b>	<b>-62.486</b>
Carga neta ventilación	-214.416
<b>Carga Total Calefacción</b>	<b>-276.903</b>

→ **77%**

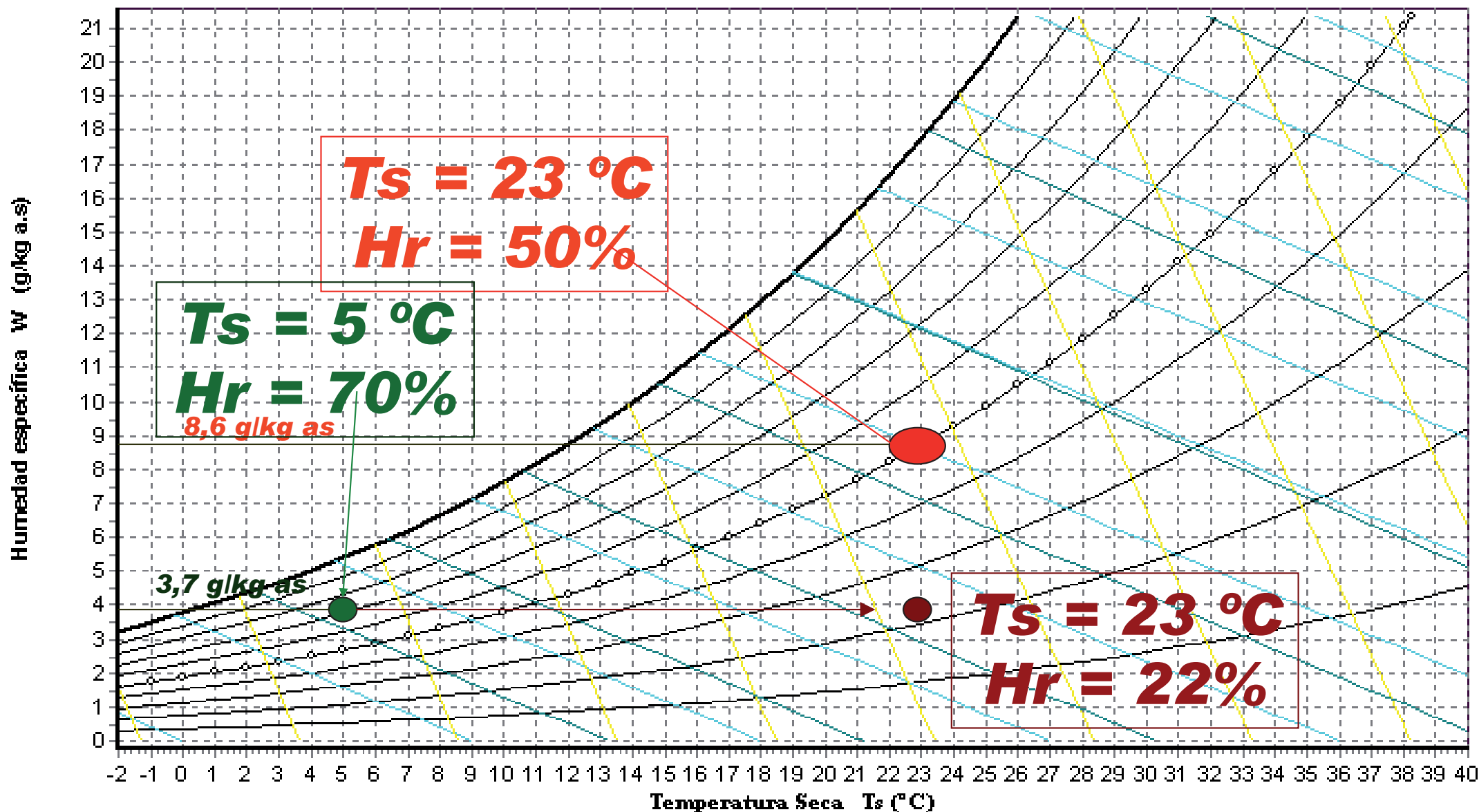
# UTA con recuperador de calor dinámico



# Recuperador aire-agua



# ***Humectación***



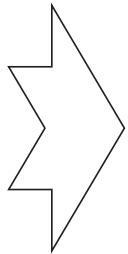


# Zona de humectación





## Humectador

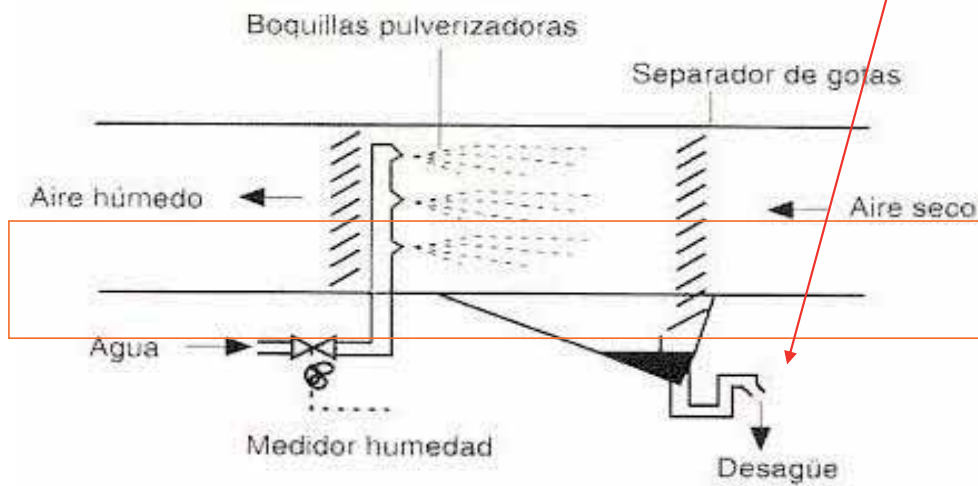


Aire seco

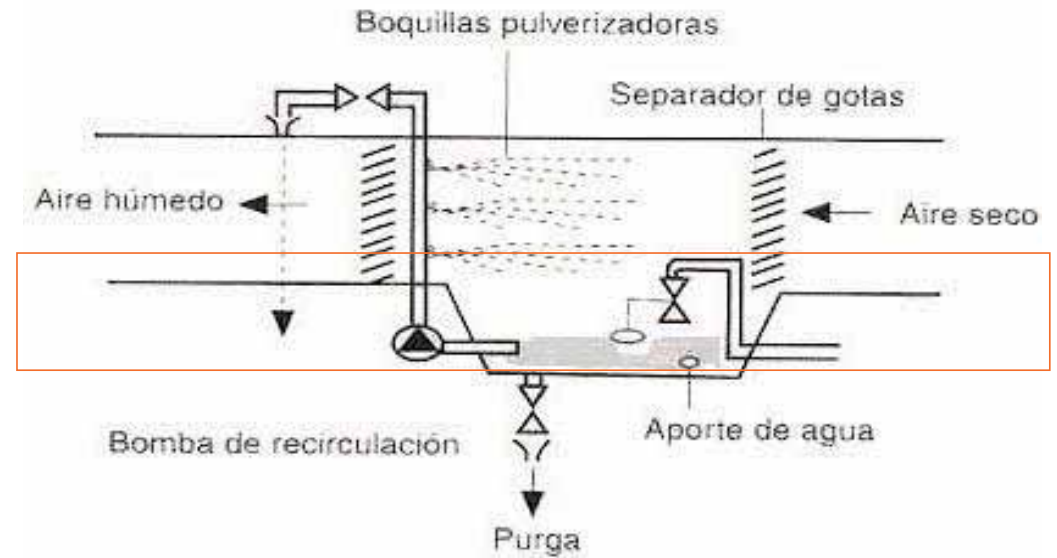


Aire húmedo con  
aerosoles debido a  
las turbulencias del  
aire

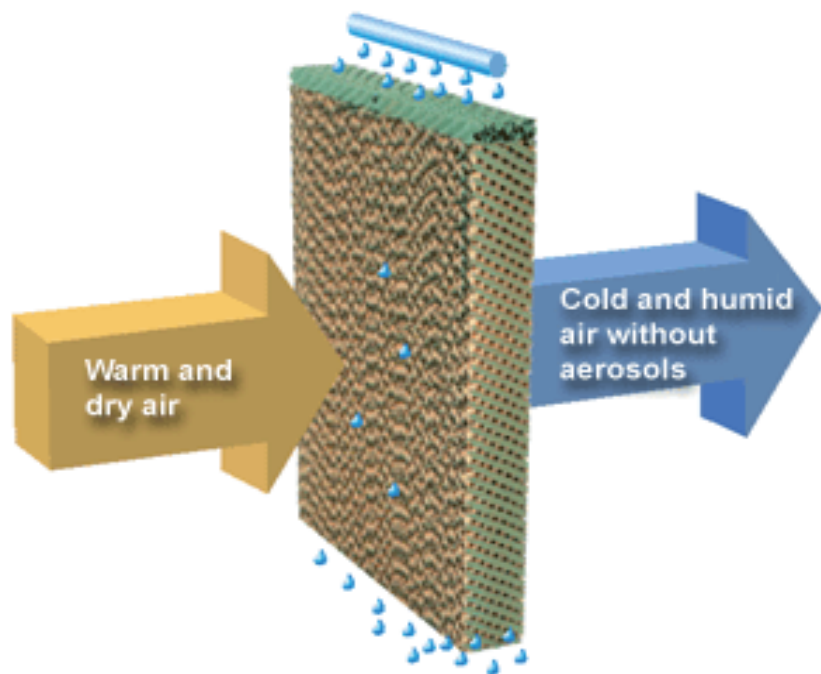
**ATENCIÓN: Prever recogida de condensados**



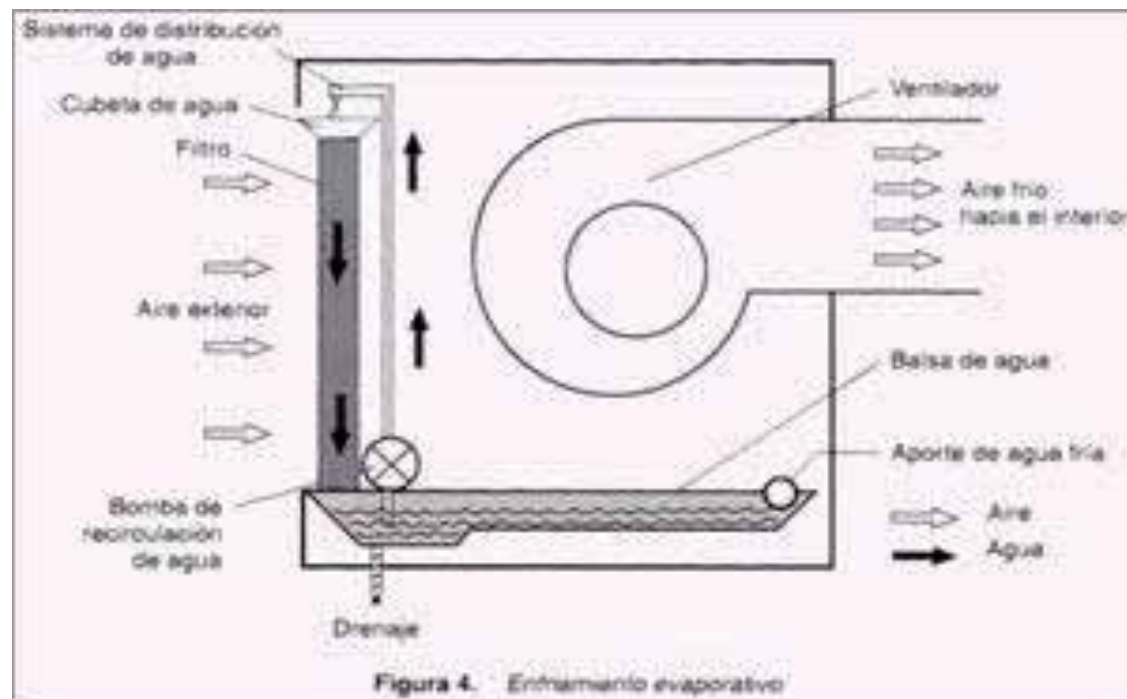
**Pulverizador sin recirculación**



**Pulverizador con recirculación**



## Enfriador (y humectador) evaporativo



## *Regulación de sistemas de caudal variable*

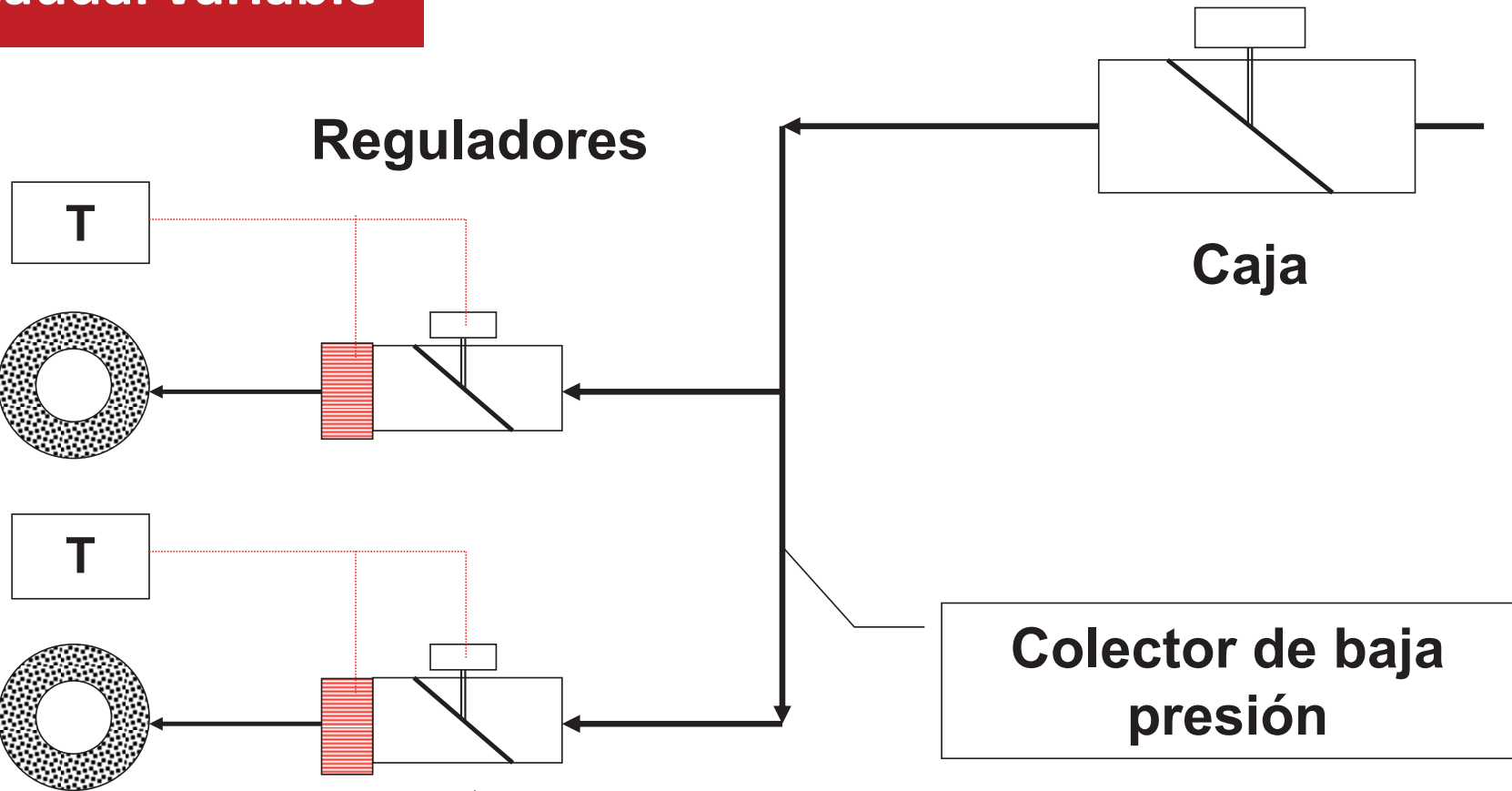
Temperatura del local >>> Presión del aire >>>> Caudal de ventilación



**Equilibrado de redes de conductos**

# Sistemas de caudal variable

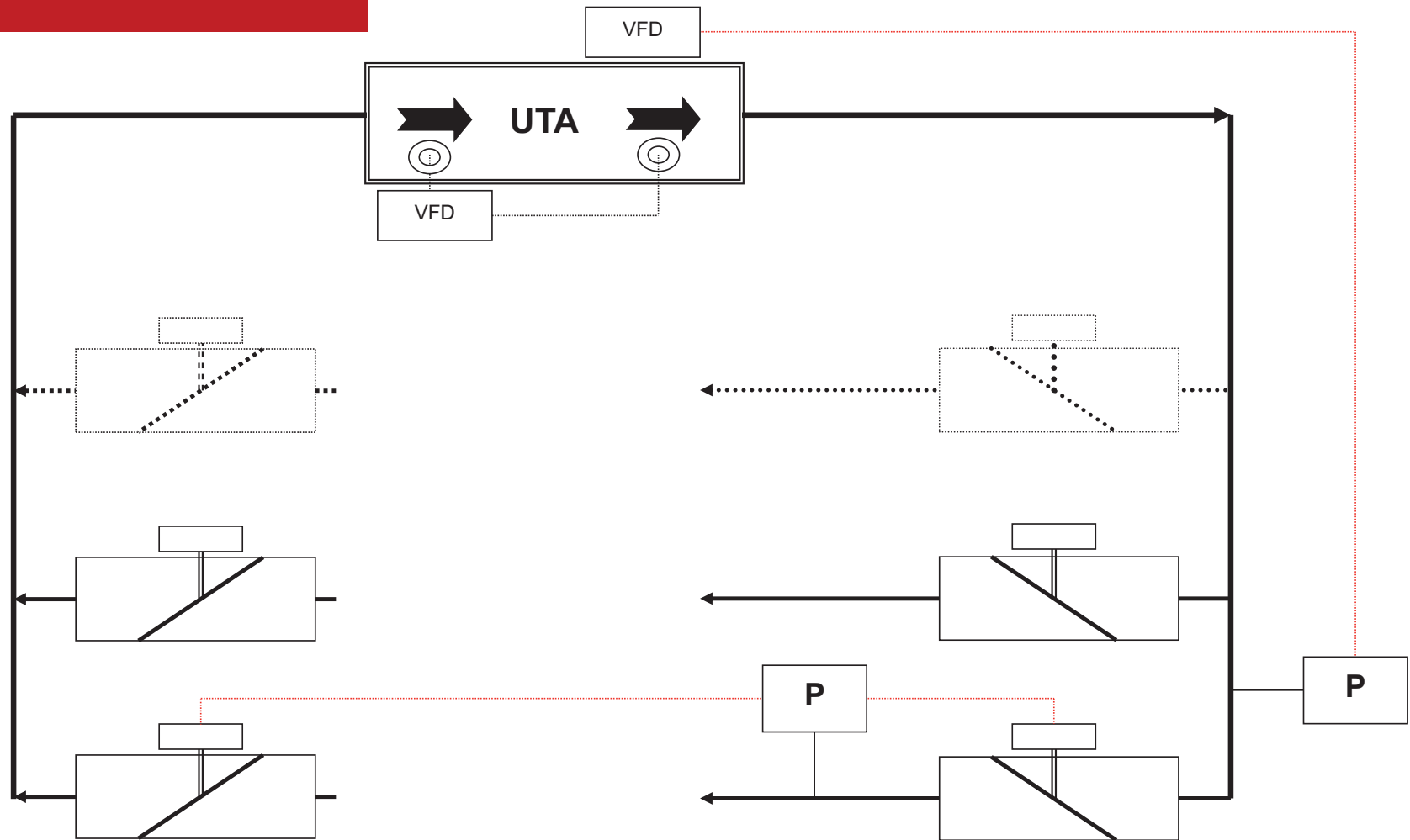
**Difusor rotacional**



**Baja velocidad**

**Media velocidad**

## Sistemas de caudal variable

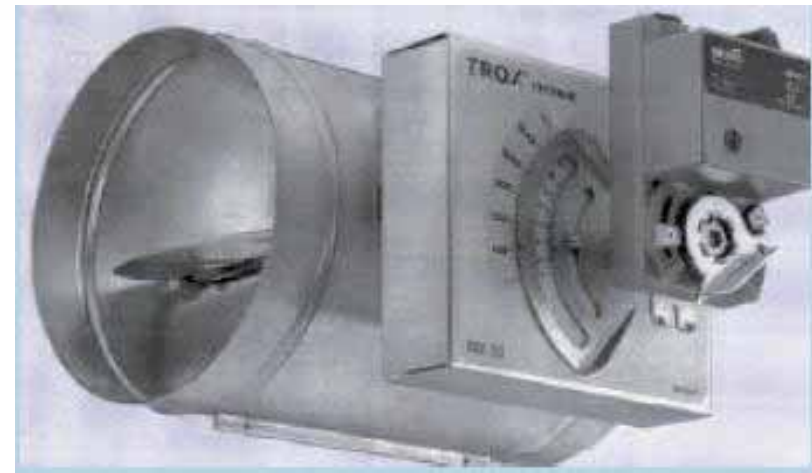
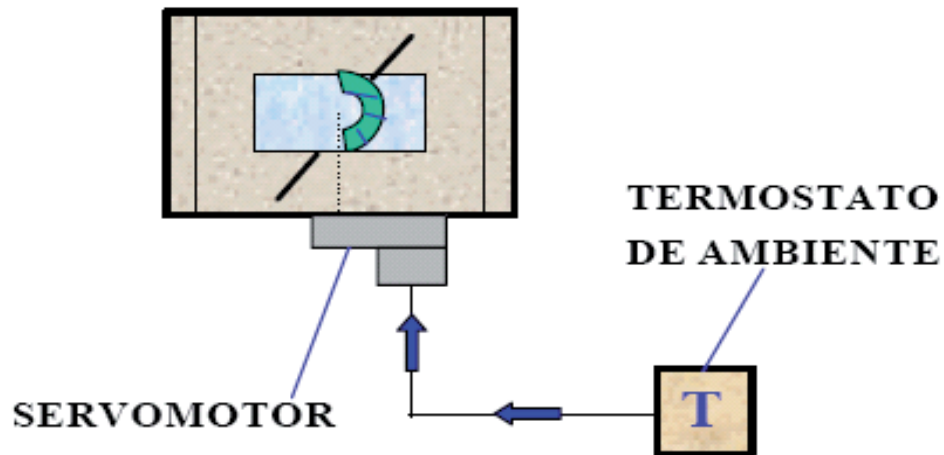


Cajas de equilibrado en impulsión y retorno

# Cajas de regulación del caudal de aire



Anemómetro





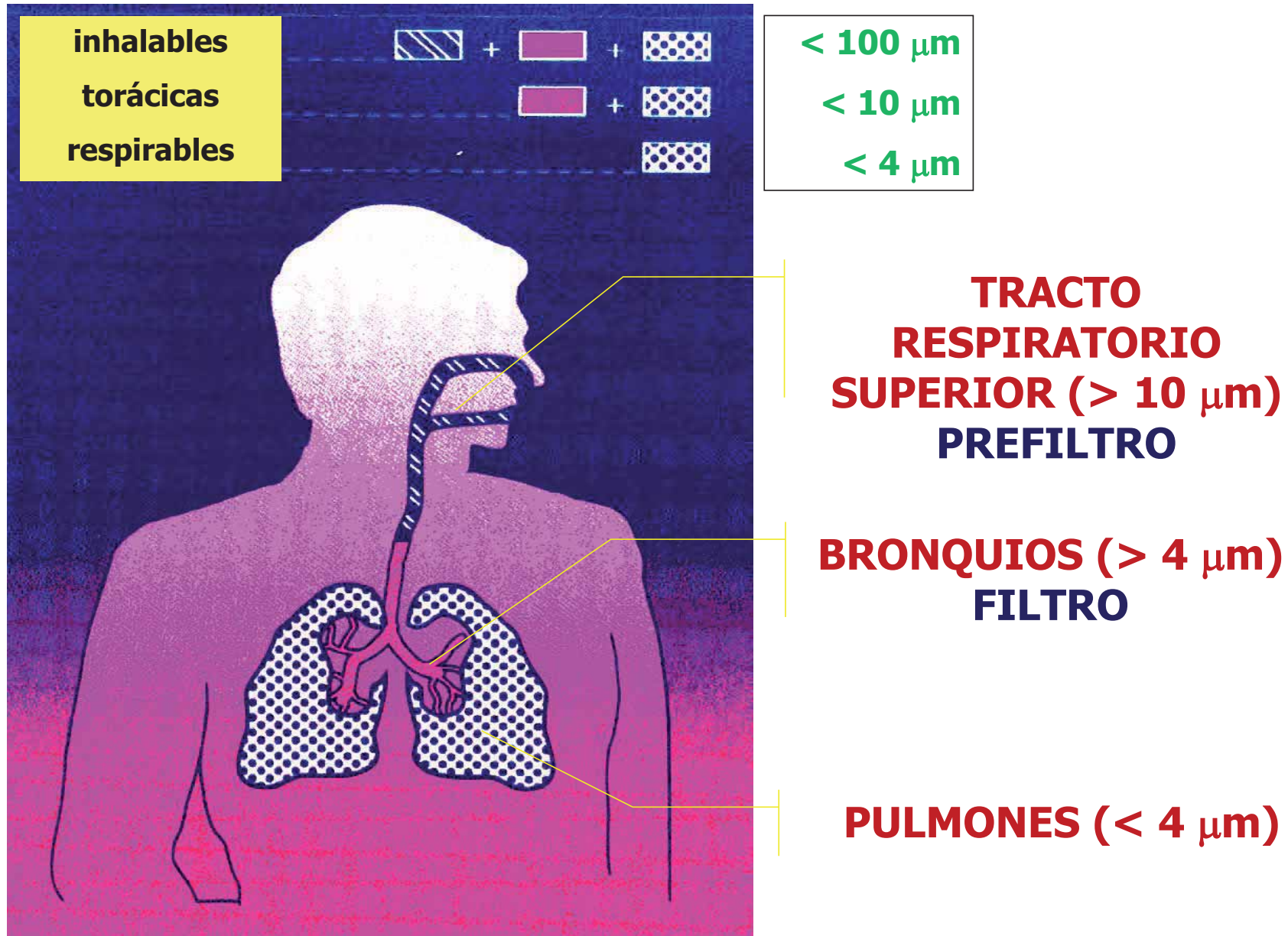
## ***Filtración***

*El **polvo atmosférico** es una mezcla compleja de partículas granulares, humos, nieblas, fibras naturales y sintéticas etc. que contiene **materia orgánica e inorgánica***



# **TAMAÑO DE PARTÍCULAS**

	<b>TAMAÑO <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>VIRUS</b>	<b>0,003...0,07</b>
<b>BACTERIAS</b>	<b>0,3...30</b>
<b>MOHOS</b>	<b>4...9</b>
<b>ESPORAS</b>	<b>10...30</b>
<b>POLEN</b>	<b>10...100</b>
<b>POLVO FINO</b>	<b>0,5...5</b>
<b>POLVO ATMOSFÉRICO</b>	<b>0,001...20</b>
<b>HUMO DE TABACO</b>	<b>0,01...1</b>
<b>Filtros para ventilación</b>	<b>1...100</b>
<b>Filtros absolutos</b>	<b>0,001...5</b>



# ELIMINACIÓN DE PARTÍCULAS

100 pm

1 nm

10 nm

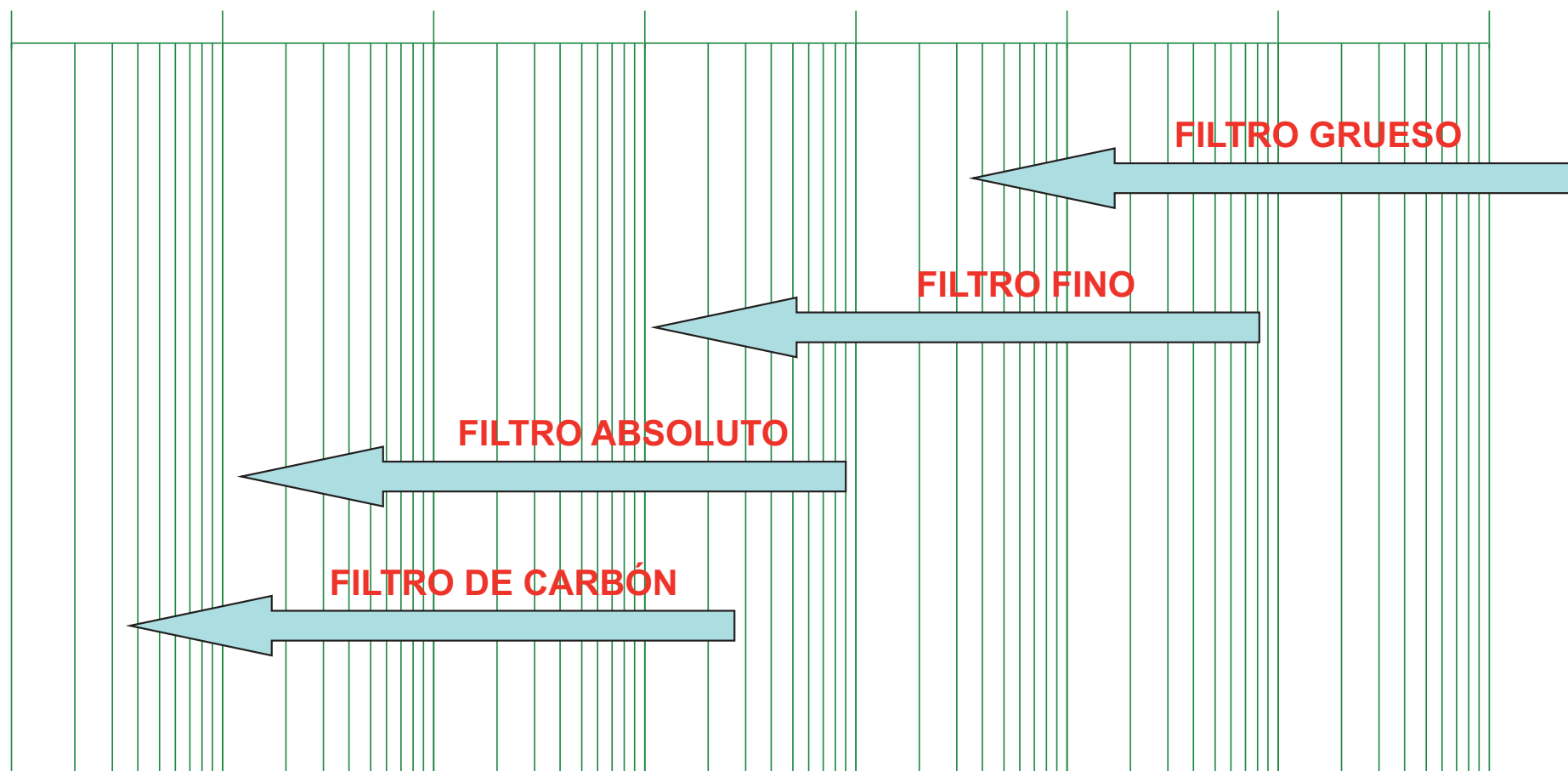
100 nm

1  $\mu\text{m}$

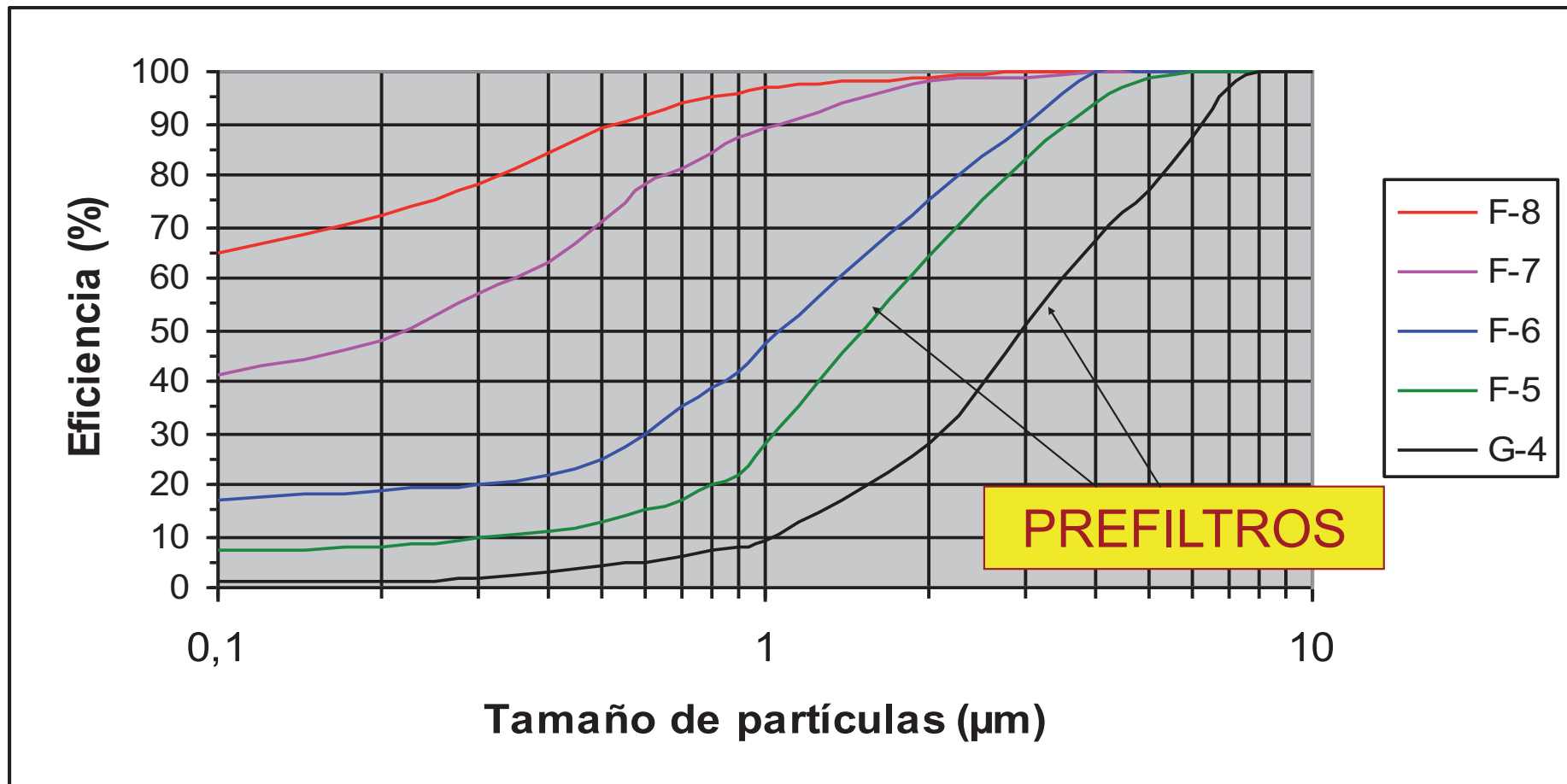
10  $\mu\text{m}$

100  $\mu\text{m}$

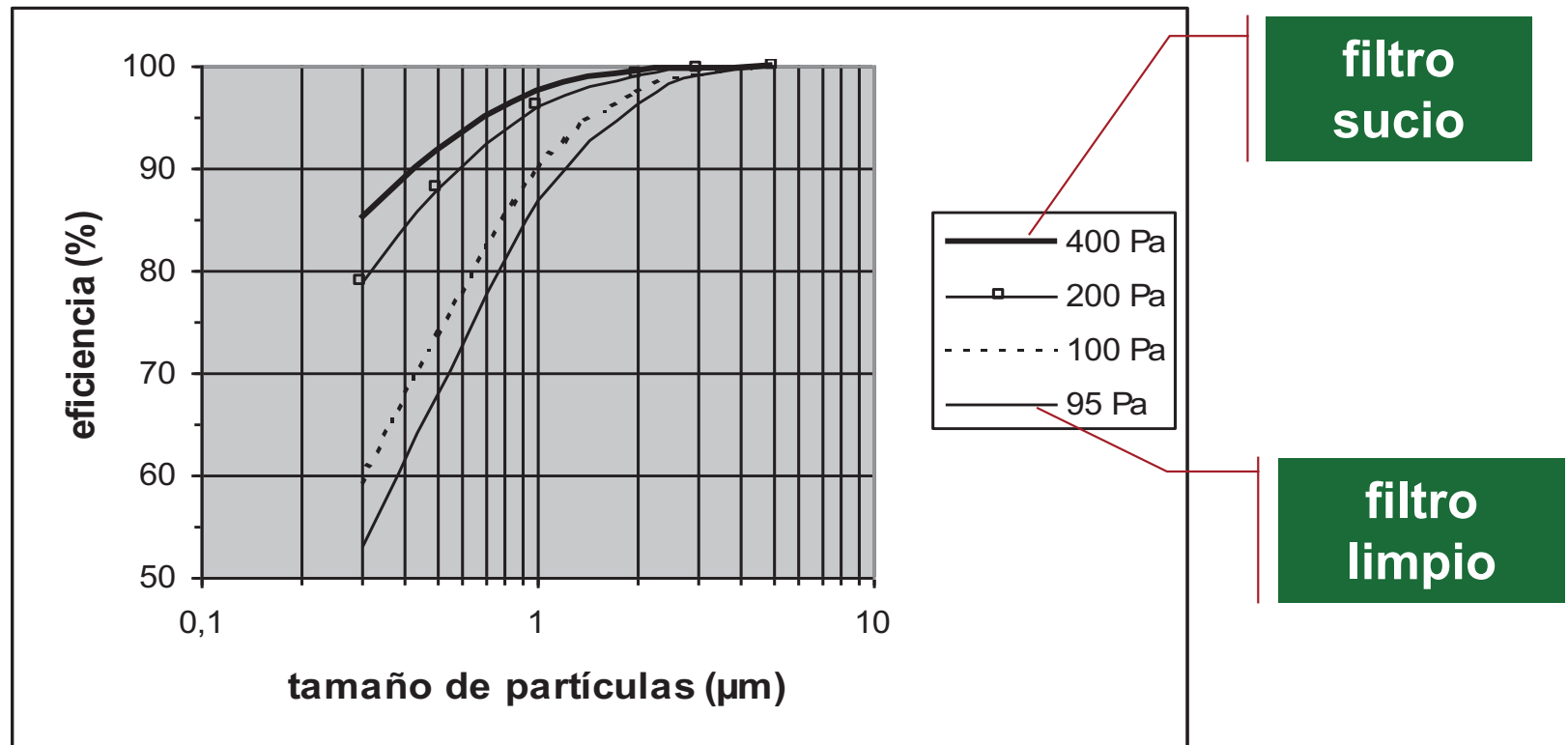
1 mm

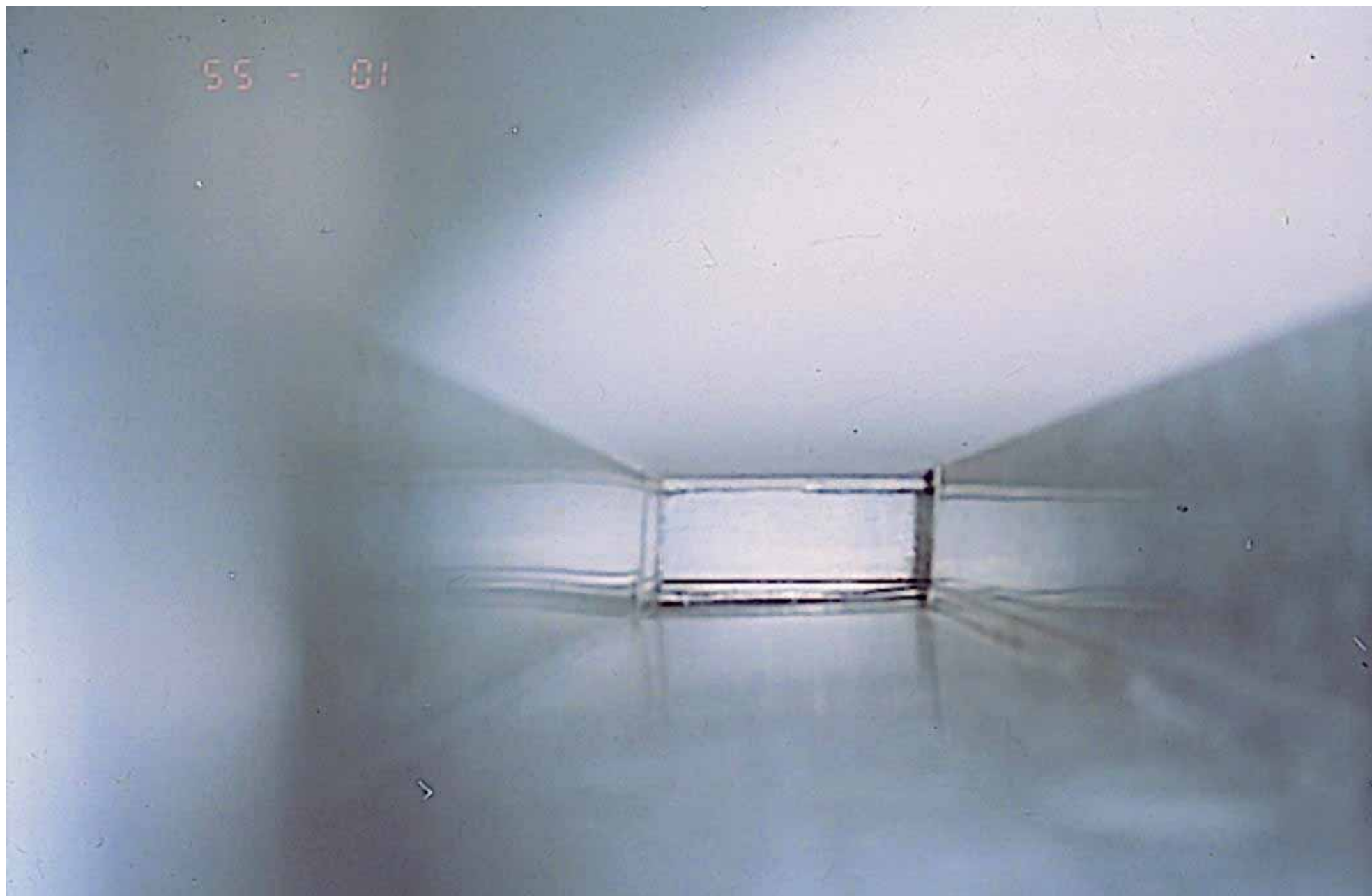


## COMPARACIÓN DE EFICIENCIAS CON FILTRO LIMPIO

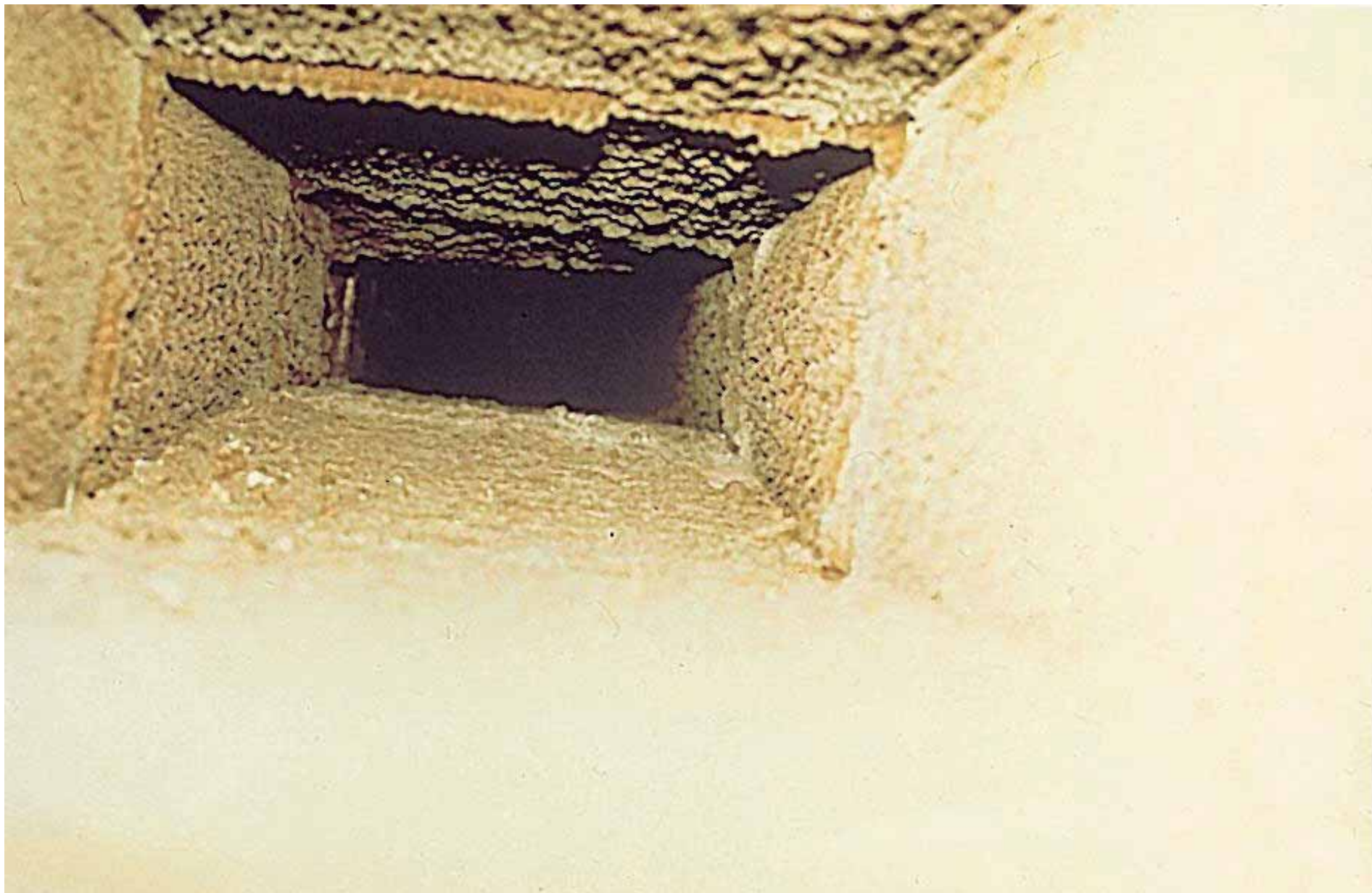


# VARIACIÓN DE LA EFICIENCIA SEGÚN GRADO DE AGOTAMIENTO Y TAMAÑO DE PARTÍCULAS

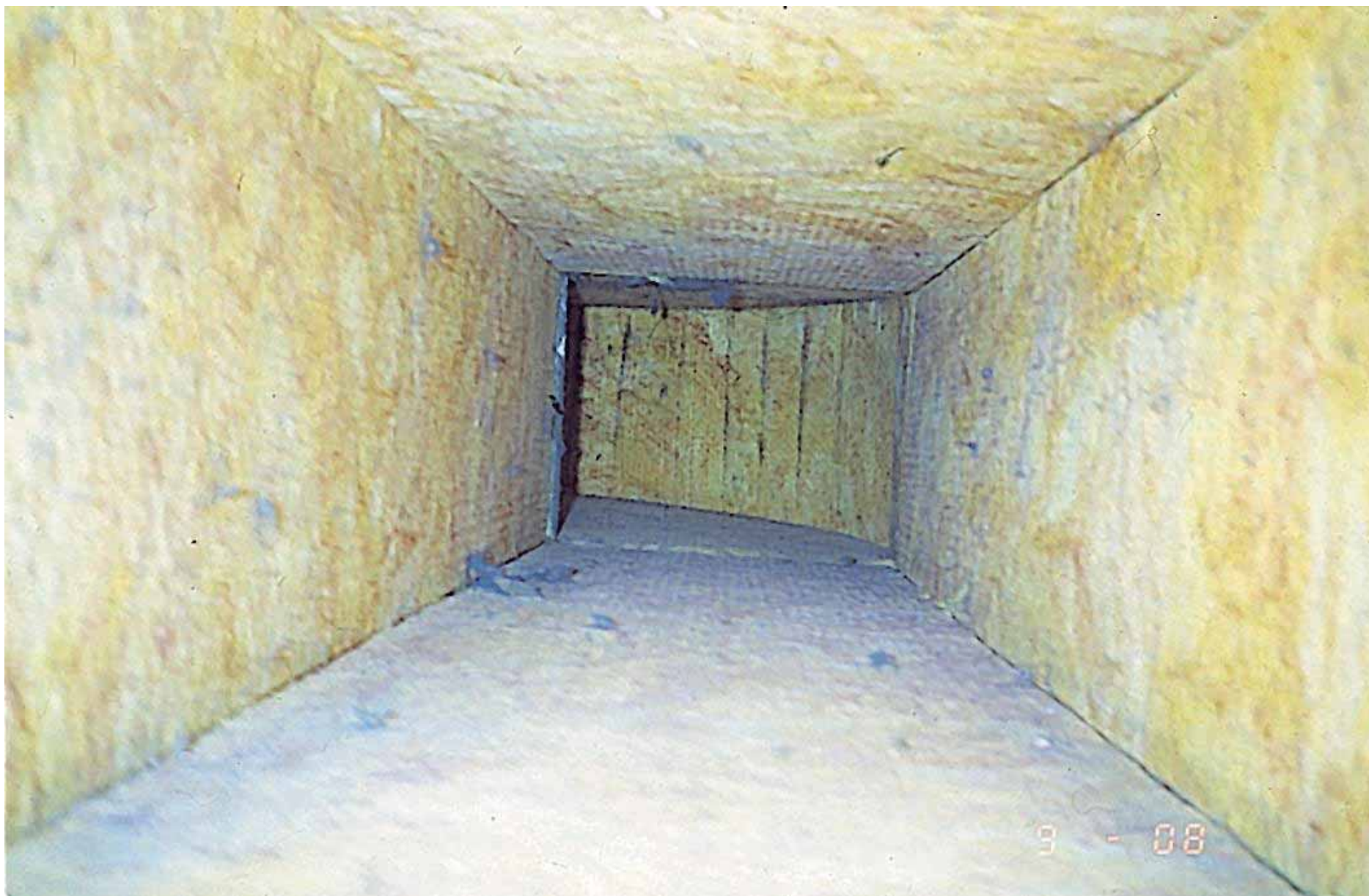




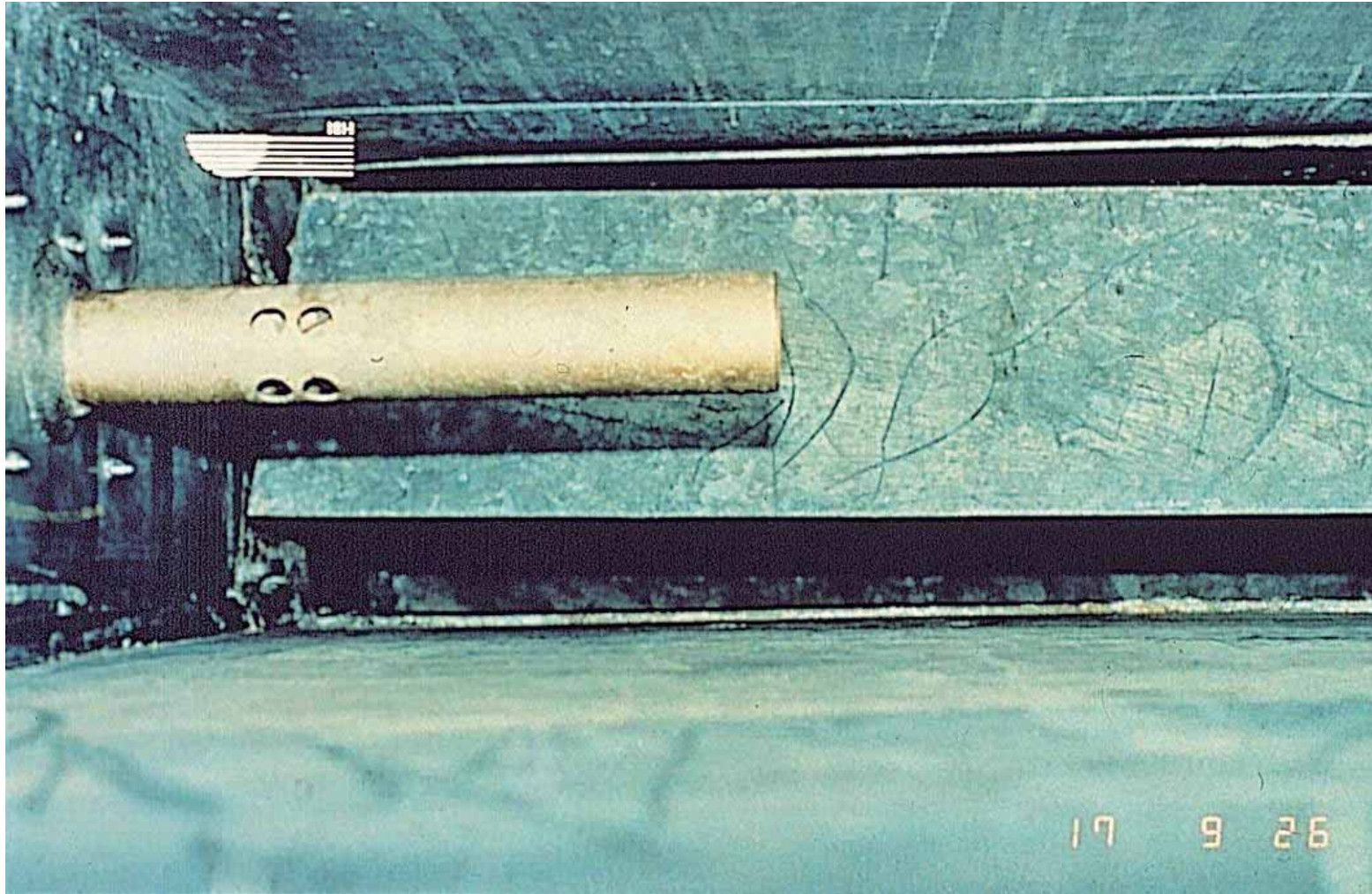








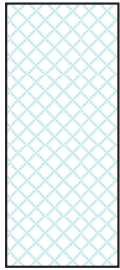








## Recomendación para la aplicaciones de los filtros



**PREFILTRO G-3, G-4 o F-5**



**FILTRO F-7...F-9**



**FILTRO FINAL H-12...H-14**

## LOCALES AUXILIARES

Vestuarios, Lavandería, Almacenes, Archivos,  
Cocina ...

## LOCALES COMUNES

Oficinas, Cafetería, Restaurante, Salón de  
Actos, Salas de espera, Farmacia, Residencias y  
Hoteles, Iglesias, etc..

## SERVICIOS HOSPITALARIOS

Rehabilitación, UCI, Áreas de Tratamiento y  
Diagnóstico, Urgencias, Radiología,  
Maternidad, Consultas externas,  
Hospitalización, Laboratorios ...

## UNA ETAPA:

Filtro clase G-3...G-4

## DOS ETAPAS

1. Prefiltro clase G-4
2. Filtro clase F-7

## DOS ETAPAS:

1. Prefiltro clase G-4 o F-5
2. Filtro clase F-9

## LOCALES DE ALTO RIESGO

Quirófanos, Unidades de aislamiento de inmunodeprimidos , algunos Laboratorios

...

## EXPULSIÓN DE ALGUNOS LABORATORIOS

### TRES ETAPAS:

1. Prefiltro clase G-4 o F-5
2. Filtro clase F-9 a la salida de la UTA
3. Filtro absoluto clase H-12...H-14 mínimo en difusores

### UNA ETAPA:

1. Filtro absoluto clase H-12...H-14

**Muchas gracias por su atención**

**[angel.sanchezdevera@idae.es](mailto:angel.sanchezdevera@idae.es)**