EMVISESA

CELEBRACIÓN DE II JORNADAS DE FORMACIÓN CON MOTIVO DEL CENTENARIO DEL PATRONATO MUNICIPAL DE LA VIVIENDA, EN 2.018.

Eficiencia Energética y sostenibilidad: Elementos activos innovadores

Servando Álvarez Domínguez
Catedrático de la Universidad de Sevilla

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

GRUPOTERMOTECNIA

Contenido

- Contexto y marco reglamentario
- Estrategias reducción de la demanda.
- Enfriamiento de la estructura del edificio
  - La inercia como elemento limitador de la usabilidad de las pérdidas por ventilación nocturna.
  - Activando la inercia con elementos convencionales
  - Activando la inercia a través de elementos especiales de la envuelta
- Enfriamiento del aire usando medios naturales.

©GRUPOTERMOTECNIA

CONTEXTO
Eficiencia Energética en Edificios

Objetivo último: Reducir el consumo total

- **EXPRESIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO**

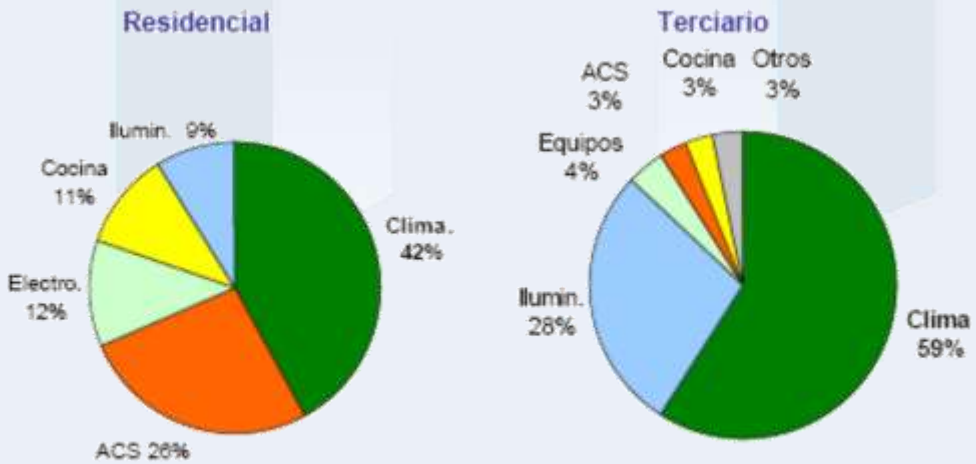
$$C = \frac{\text{DEMANDA ENERGÉTICA}}{\text{RENDIMIENTO MEDIO DEL SISTEMA}}$$

Calefacción

Refrigeración

ACS

Iluminación



Fuente: Secretaría General de Energía.

©GRUPOTERMOTECNIA

2010/ 31/EU
Artículo 9 : Edificios de consumo de energía casi nulo (NZEB)

©GRUPOTERMOTECNIA

Artículo 9 apartado 1

Los Estados miembros se asegurarán de que:

- a) como muy tarde el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean al menos edificios de energía casi nula

- b)después del 31 de diciembre de 2018, los organismos públicos que ocupen y posean un edificio nuevo garantizarán que el edificio es un edificio de energía casi nula

©GRUPOTERMOTECNIA

Cascada de Indicatores en NZEB prEN ISO/DIS 5200-1

CSTB
le futur en construction

CEN proposal for nZEB assessment the hurdle race

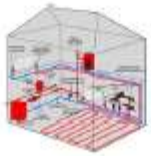
Start

Hurdle 1:
Building needs
(EN ISO 13790)

Conditioned space

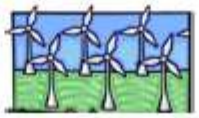
Hurdle 2:
Building use
Total primary energy
(FprEN 15603)

Technical building systems



Hurdle 3:
Building use
Non-renewable prim. Energy
(FprEN 15603)

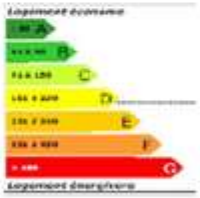
Energy carriers



Arrival

nZEB rating

Primary energy balance
(FprEN15603)



Delivered - Exported

¿Cómo se obtienen los NZEB?

$$\text{CONSUMO} = \frac{\text{DEMANDA ENERGÉTICA}}{\text{RENDIMIENTO MEDIO DEL SISTEMA}}$$

- Reducción de la demanda:
  - Buen diseño arquitectónico del edificio,
  - Alta calidad constructiva de la envuelta
  - Inclusión en el mismo de fachadas y cubiertas inteligentes que utilicen fuentes y sumideros medioambientales.
- Aumento del rendimiento
  - Instalaciones y equipos de alto rendimiento medio estacional.
  - Equipos y sistemas innovadores apoyados por energías renovables.
- Optimización de la operación:
  - Gestión de la demanda.
  - Concienciación y participación del usuario
  - Gestión óptima instalaciones multigeneración

©GRUPOTERMOTECNIA

Contenido

- Contexto y marco reglamentario
- Estrategias reducción de la demanda.
  - El dilema calefacción / refrigeración
- Enfriamiento de la estructura del edificio
  - La inercia como elemento limitador de la usabilidad de las pérdidas por ventilación nocturna.
  - Activando la inercia con elementos convencionales
  - Activando la inercia a través de elementos especiales de la envuelta
- Enfriamiento del aire usando medios naturales.

©GRUPOTERMOTECNIA

Estrategias reducción de la demanda de calefacción

		Reducir pérdidas		Aumentar ganancias	
	Descripción	Transmisión	infiltración / ventilación	Aumentar área sur equivalente	Aumentar factor de utilización
Ubicación					
Diseño	Compacidad				
	Superficie acristalada				
	Orientación y distribución de la superficie acristalada				
Elementos convencionales	Mejora aislamiento opacos				
	Mejora calidad ventanas				
	Estanqueidad				
	Inercia				
Elementos y estrategias especiales					

©GRUPOTERMOTECNIA

Estrategias reducción de la demanda de refrigeración

		Reducir ganancias		Aumentar perdidas	
	Descripción	Transmisión	Solares	Aumentar renovaciones aire exterior durante noche	Aumentar factor de utilización
Ubicación					
Diseño	superficie acristalada				
	Orientación y distribución de la superficie acristalada				
Elementos convencionales	Mejora aislamiento cubierta				
	Control solar				
	Ventilación nocturna				
	Inercia				
Elementos y estrategias especiales					

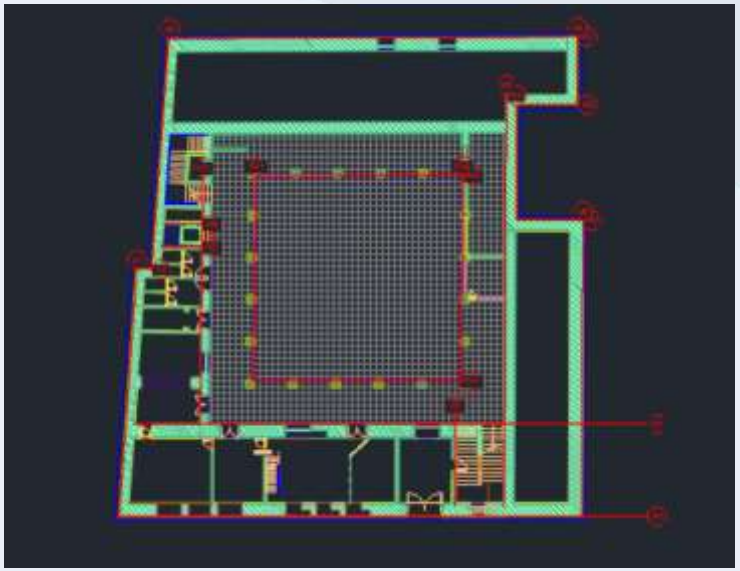
©GRUPOTERMOTECNIA

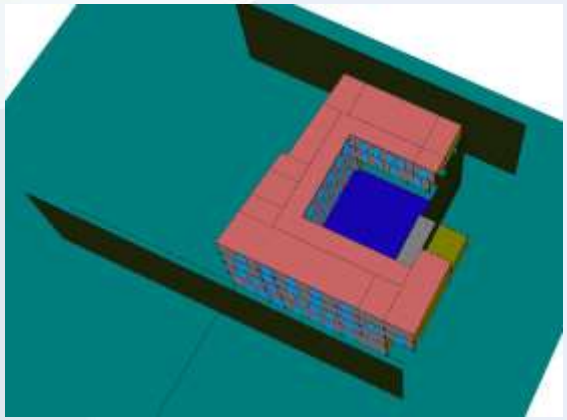
Dilema Calefacción / Refrigeración

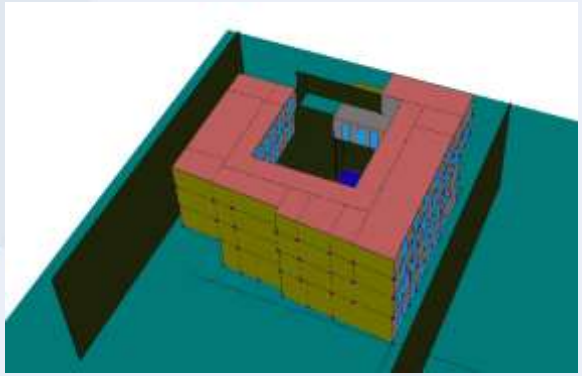
- A medida que aumenta la calidad constructiva de los elementos de la envuelta se reduce la demanda de calefacción pero aumenta la demanda de refrigeración puesto que es más difícil disipar las ganancias solares e internas

©GRUPOTERMOTECNIA

Ejemplo del impacto de la mejora de la calidad constructiva de un edificio: aislamiento, tratamiento puentes térmicos, transmitancia de ventanas, estanqueidad







©GRUPOTERMOTECNIA

Medidas de mejora de calefacción

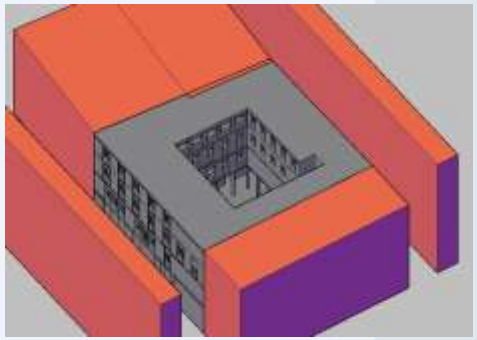
CASO	Umuros_int	Umuros_ext	Ucubiertas	Usuelos	Uventanas	Phi*L	ACH_eq	Demanda Calef.	Demanda Ref.
INICIAL	1.21	1.64	3.31	3.32	5.70	0	0.75	24.66	21.55
1	1.21	1.64	3.31	3.32	5.70	0	0.75	24.66	21.55
2	1.21	1.64	3.31	3.32	5.70	0	0.25	22.79	22.78
3	1.21	1.64	3.31	3.32	5.70	0	0.08	22.10	23.26
4	1.21	1.64	3.31	3.32	5.70	0.3	0.75	24.58	21.57
5	1.21	1.64	3.31	3.32	5.70	0.3	0.25	22.72	22.80
6	1.21	1.64	3.31	3.32	5.70	0.3	0.08	22.03	23.29
7	1.21	1.64	3.31	3.32	5.70	0.4	0.75	24.57	21.58
8	1.21	1.64	3.31	3.32	5.70	0.4	0.25	22.70	22.81
9	1.21	1.64	3.31	3.32	5.70	0.4	0.08	22.01	23.30
10	1	1.00	0.80	0.80	5.70	0	0.75	16.57	24.76
11	1	1.00	0.80	0.80	5.70	0	0.25	14.38	26.46
12	1	1.00	0.80	0.80	5.70	0	0.08	13.57	27.14
13	1	1.00	0.80	0.80	5.70	0.3	0.75	16.44	24.82
14	1	1.00	0.80	0.80	5.70	0.3	0.25	14.26	26.53
15	1	1.00	0.80	0.80	5.70	0.3	0.08	13.44	27.22
16	1	1.00	0.80	0.80	5.70	0.4	0.75	16.47	24.79
17	1	1.00	0.80	0.80	5.70	0.4	0.25	14.29	26.51
18	1	1.00	0.80	0.80	5.70	0.4	0.08	13.47	27.19
19	0.5	1.00	0.47	0.53	2.60	0	0.75	6.74	36.62
20	0.5	1.00	0.47	0.53	2.60	0	0.25	4.55	40.03
21	0.5	1.00	0.47	0.53	2.60	0	0.08	3.84	41.45
22	0.5	1.00	0.47	0.53	2.60	0.3	0.75	6.60	36.77
23	0.5	1.00	0.47	0.53	2.60	0.3	0.25	4.44	40.22
24	0.5	1.00	0.47	0.53	2.60	0.3	0.08	3.73	41.66
25	0.5	1.00	0.47	0.53	2.60	0.4	0.75	6.63	36.73
26	0.5	1.00	0.47	0.53	2.60	0.4	0.25	4.46	40.16
27	0.5	1.00	0.47	0.53	2.60	0.4	0.08	3.75	41.60
28	0.5	0.50	0.47	0.53	2.60	0	0.75	5.65	38.26
29	0.5	0.50	0.47	0.53	2.60	0	0.25	3.46	42.02
30	0.5	0.50	0.47	0.53	2.60	0	0.08	2.81	43.61
31	0.5	0.50	0.47	0.53	2.60	0.3	0.75	5.51	38.43
32	0.5	0.50	0.47	0.53	2.60	0.3	0.25	3.39	42.24
33	0.5	0.50	0.47	0.53	2.60	0.3	0.08	2.73	43.85
34	0.5	0.50	0.47	0.53	2.60	0.4	0.75	5.54	38.38
35	0.5	0.50	0.47	0.53	2.60	0.4	0.25	3.42	42.18
36	0.5	0.50	0.47	0.53	2.60	0.4	0.08	2.73	43.78
37	0.3	0.50	0.23	0.37	2.10	0	0.75	3.08	43.23
38	0.3	0.50	0.23	0.37	2.10	0	0.25	1.36	48.08
39	0.3	0.50	0.23	0.37	2.10	0	0.08	0.96	50.16
40	0.3	0.50	0.23	0.37	2.10	0.3	0.75	2.99	43.47
41	0.3	0.50	0.23	0.37	2.10	0.3	0.25	1.40	48.39
42	0.3	0.50	0.23	0.37	2.10	0.3	0.08	0.98	50.50
43	0.3	0.50	0.23	0.37	2.10	0.4	0.75	3.02	43.40
44	0.3	0.50	0.23	0.37	2.10	0.4	0.25	1.42	48.31
45	0.3	0.50	0.23	0.37	2.10	0.4	0.08	0.99	50.42
46	0.3	0.30	0.23	0.37	2.10	0	0.75	2.71	44.18
47	0.3	0.30	0.23	0.37	2.10	0	0.25	1.11	49.28
48	0.3	0.30	0.23	0.37	2.10	0	0.08	0.76	51.47
49	0.3	0.30	0.23	0.37	2.10	0.3	0.75	2.63	44.43
50	0.3	0.30	0.23	0.37	2.10	0.3	0.25	1.12	49.60
51	0.3	0.30	0.23	0.37	2.10	0.3	0.08	0.73	51.83
52	0.3	0.30	0.23	0.37	2.10	0.4	0.75	2.65	44.36
53	0.3	0.30	0.23	0.37	2.10	0.4	0.25	1.12	49.52
54	0.3	0.30	0.23	0.37	2.10	0.4	0.08	0.73	51.74

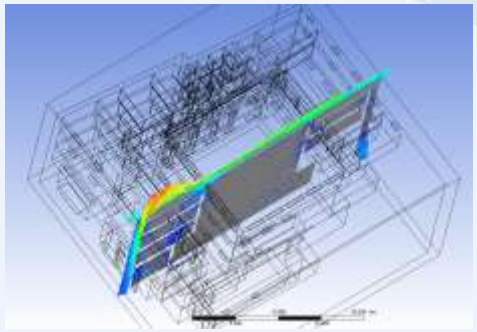
©GRUPO TERMOTECNIA

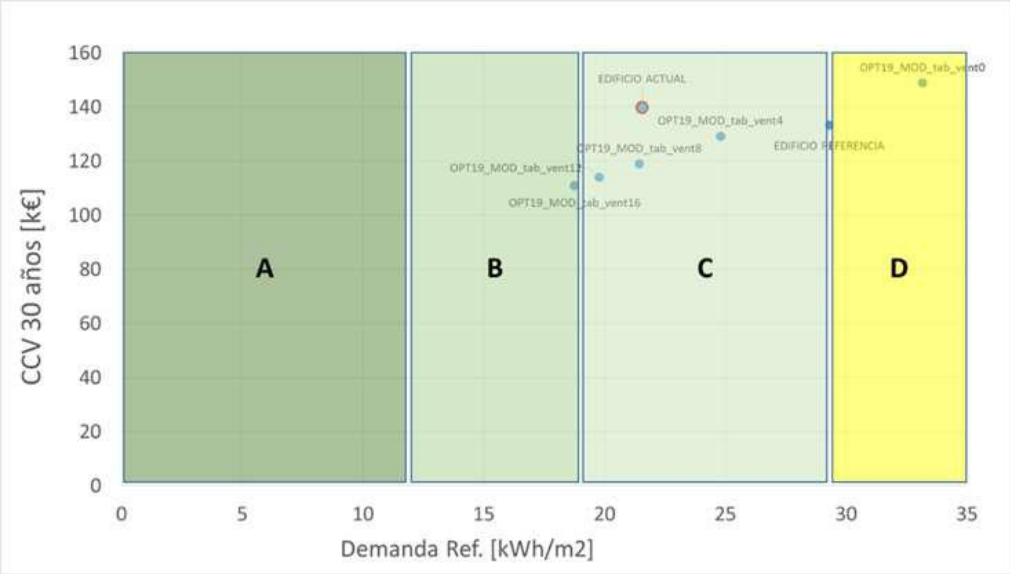
CASO	Umuros_int	Umuros_ext	Ucubiertas	Usuelos	Uventanas	Phi*L	ACH_eq	Demanda Calef.	Demanda Ref.
INICIAL	1.21	1.64	3.31	3.32	5.70	0	0.75	24.66	21.55
33	0.5	0.50	0.47	0.53	2.60	0.3	0.08	2.73	43.85

Medidas de mejora en refrigeración

CASO	Infiltraciones	ACH_nocturna	Demanda de calefacción	Demanda de refrigeración
OPT19_MOD_tab_vent0	0.75	0	5.73	33.14
OPT19_MOD_tab_vent4	0.75	4	5.73	25.91
OPT19_MOD_tab_vent8	0.75	8	5.73	22.31
OPT19_MOD_tab_vent12	0.75	12	5.73	20.52
OPT19_MOD_tab_vent16	0.75	16	5.73	19.40







©GRUPOTERMOTECNIA

Conclusión

Se dimensiona la calidad de la envuelta para reducir al máximo la demanda de calefacción.

Se actúa sobre el uso del edifico para reducir la demanda de refrigeración.

La reducción de la demanda de calefacción es siempre factible a través de la mejora de la calidad de los componentes convencionales, mientras que la reducción de la demanda de refrigeración solo puede hacerse a través del control solar (con restricciones de iluminación natural) y de la ventilación nocturna (muy poco eficiente)

©GRUPOTERMOTECNIA

Contenido

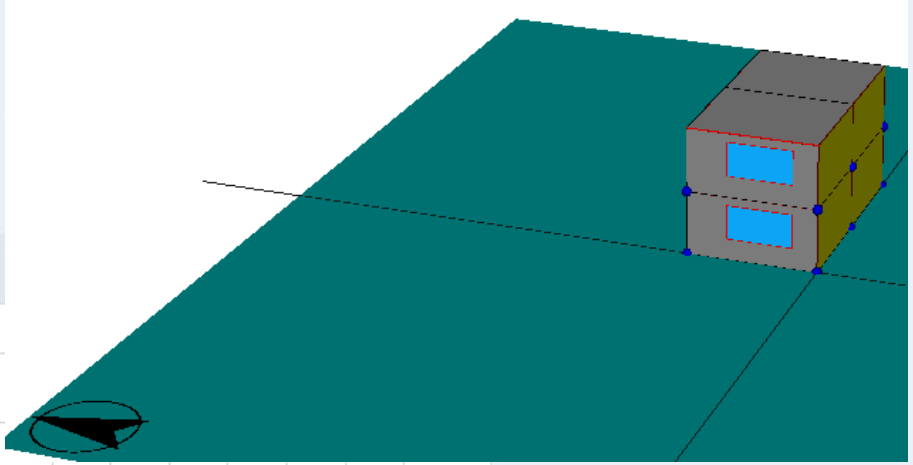
- Contexto y marco reglamentario
- Estrategias reducción de la demanda.
- Enfriamiento de la estructura del edificio
  - La inercia como elemento limitador de la usabilidad de las pérdidas por ventilación nocturna.
  - Activando la inercia con elementos convencionales
  - Activando la inercia a través de elementos especiales de la envuelta
- Enfriamiento del aire usando medios naturales.

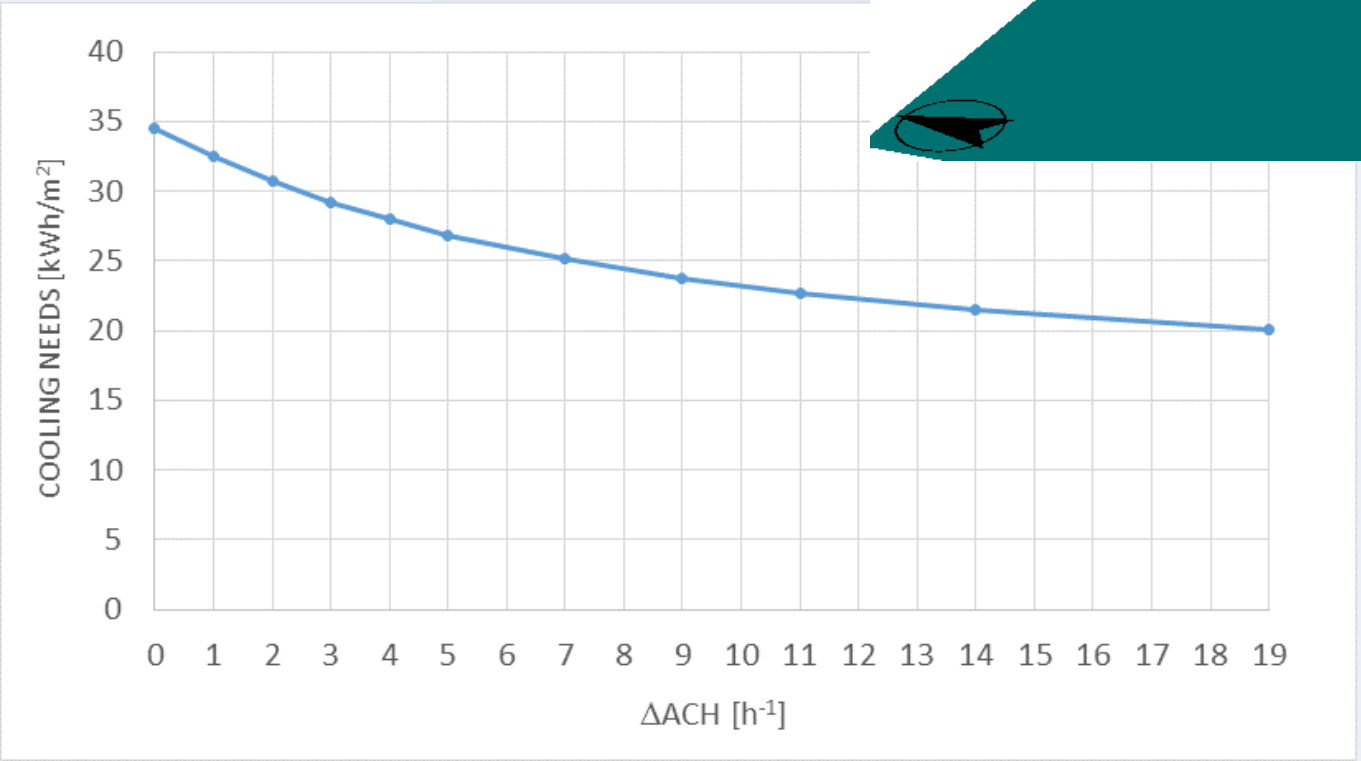
©GRUPOTERMOTECNIA

La inercia y su efecto sobre la estrategia de ventilación nocturna en edificio situado en Sevilla (zona 4)

©GRUPOTERMOTECNIA

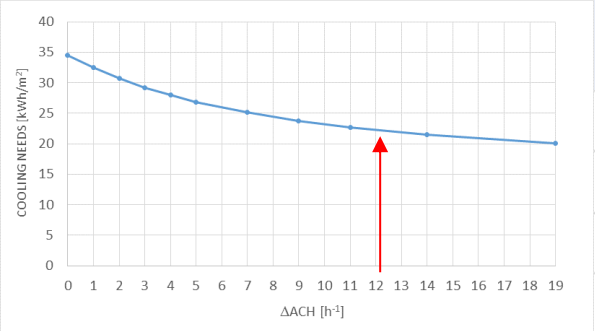
Demanda de refrigeración en función de las renovaciones hora (ACH) durante la noche

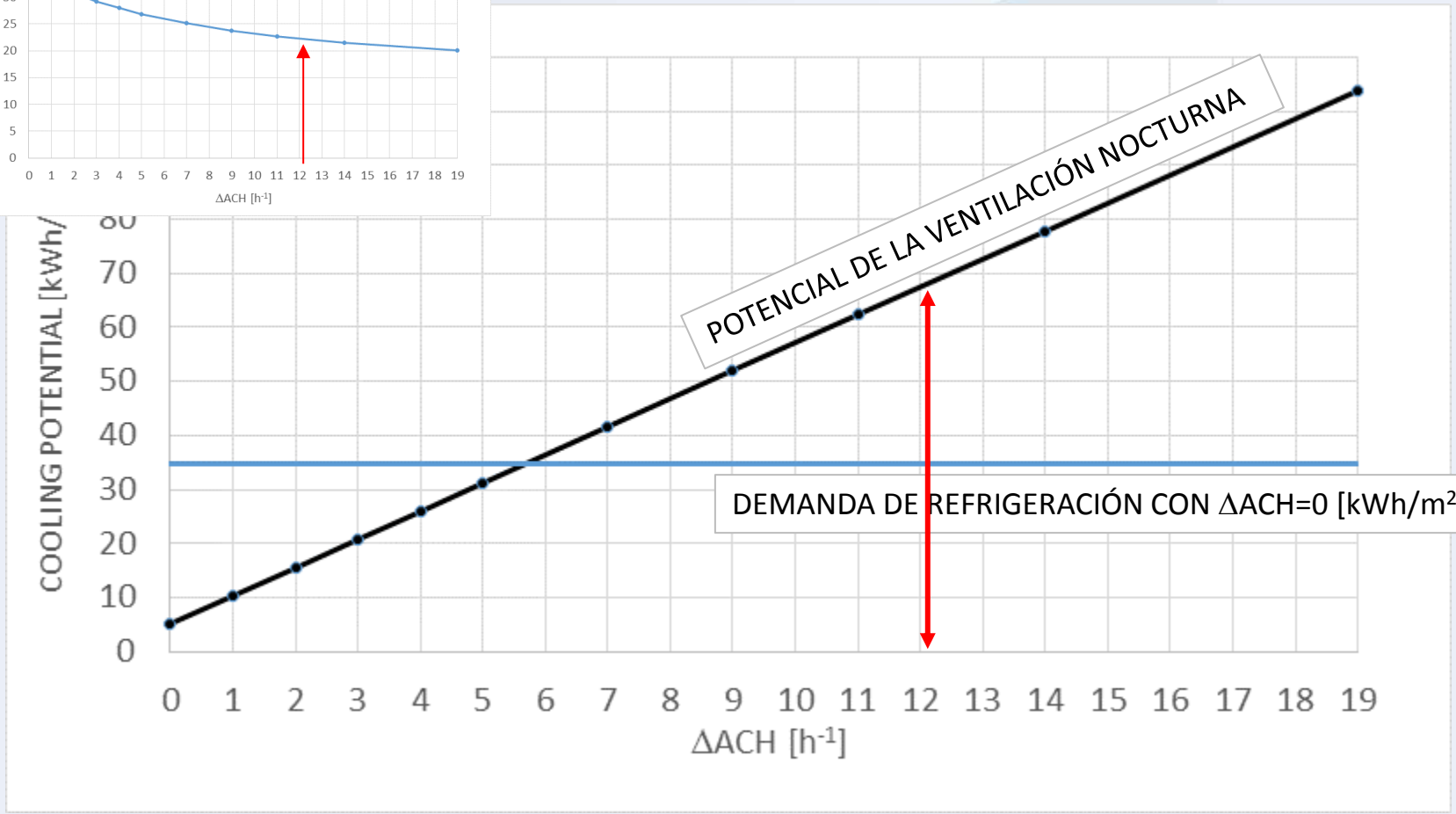




©GRUPOTERMOTECNIA

Potencial de la ventilación nocturna y reducción de la demanda de refrigeración





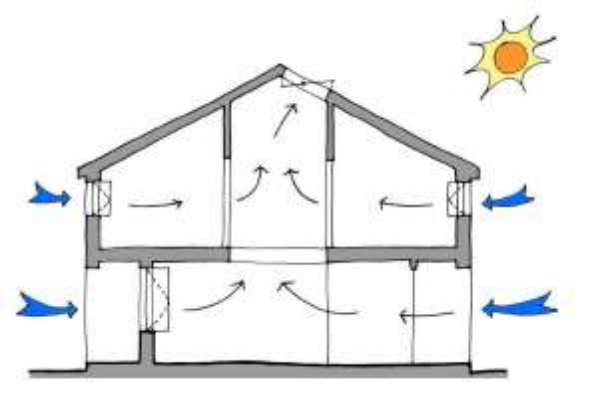
©GRUPOTERMOTEC

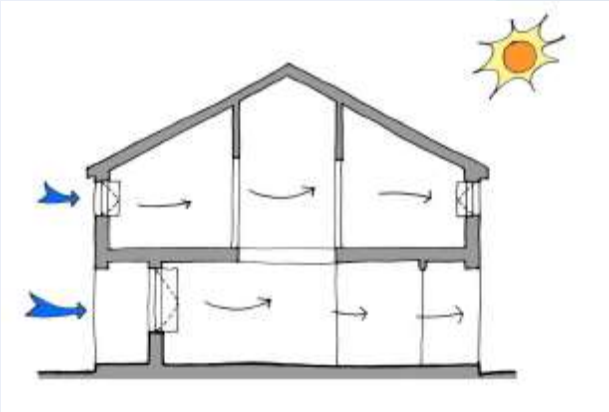
El efecto de la inercia

- Si las pérdidas son mayores que las ganancias , por qué el edificio necesita refrigeración
- …….
- Porque las pérdidas reales son mucho menores que las estimada (baja eficiencia del edificio como intercambiador)
- Porque solo una pequeña parte de las pérdidas reales se utiliza para compensar ganancias (bajo factor de utilización)
- La eficiencia y el factor de utilización dependen en gran medida de la inercia del edificio

©GRUPOTERMOTECNIA

¿Por qué la eficiencia del edificio como intercambiador es tan baja?





- El edificio no es un intercambiador:
  - Poca área de transferencia
  - Coeficientes de transferencia convectiva con el aire muy bajos
- La masa del edificio está típicamente concentrada en paredes exteriores, suelo y techos (que no son normalmente “tocados” por el flujo de aire)

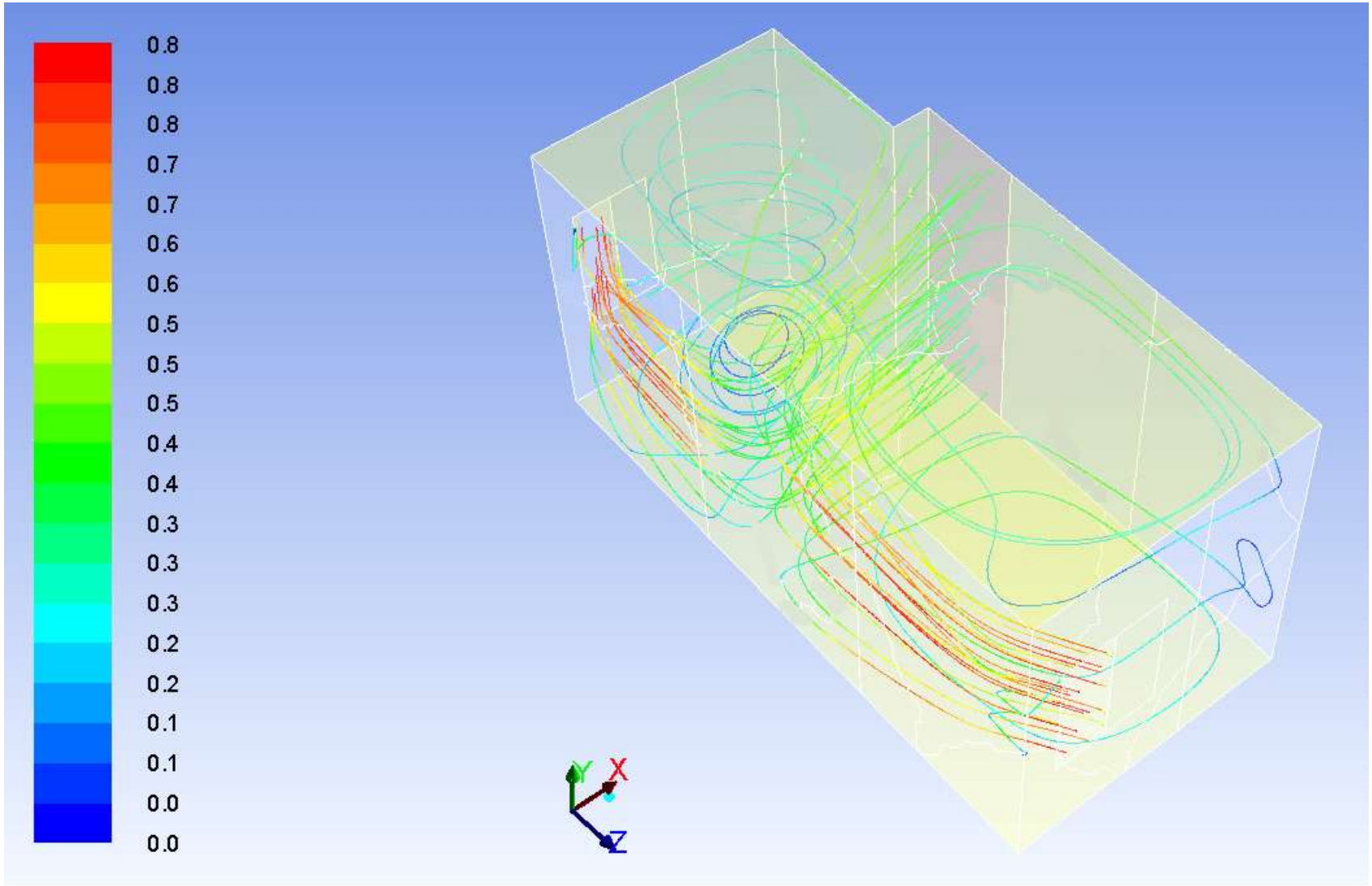
©GRUPOTERMOTECNIA

Contenido

- Contexto y marco reglamentario
- Estrategias reducción de la demanda.
- Enfriamiento de la estructura del edificio
  - La inercia como elemento limitador de la usabilidad de las pérdidas por ventilación nocturna.
  - Activando la inercia con elementos convencionales
  - Activando la inercia a través de elementos especiales de la envuelta
- Enfriamiento del aire usando medios naturales.

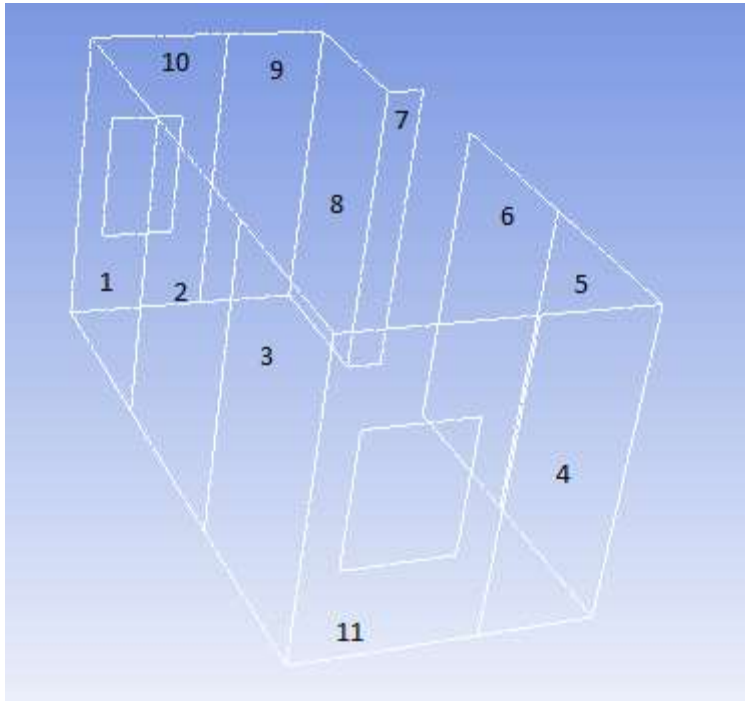
©GRUPOTERMOTECNIA

Activando la inercia mediante incremento de el coeficiente de calor por convección

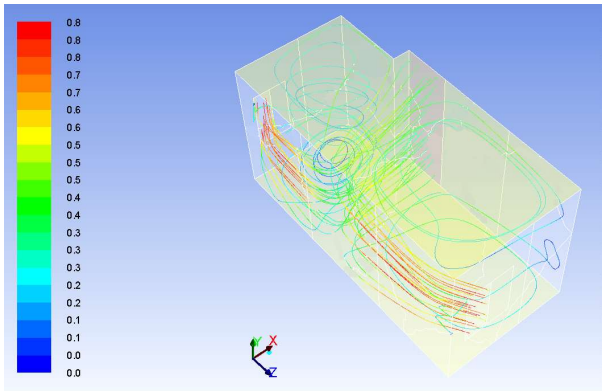


©GRUPOTERMOTECNIA
©GRUPOTERMOTECNIA

Activando la inercia mediante incremento de el coeficiente de calor por convección



Área de transferencia (m2)	Coeficiente de Película h (W/m2K)	Zona
8.2	4.7	Pared1
4.5	2.5	Pared10
5.2	2.4	Pared11
8.4	3.8	Pared2
7.9	4.9	Pared3
4.5	2.1	Pared4
7.0	2.0	Pared5
6.8	3.1	Pared6
1.5	4.5	Pared7
6.5	2.5	Pared8
4.2	2.5	Pared9
22.1	2.2	suelo
22.1	2.2	techo



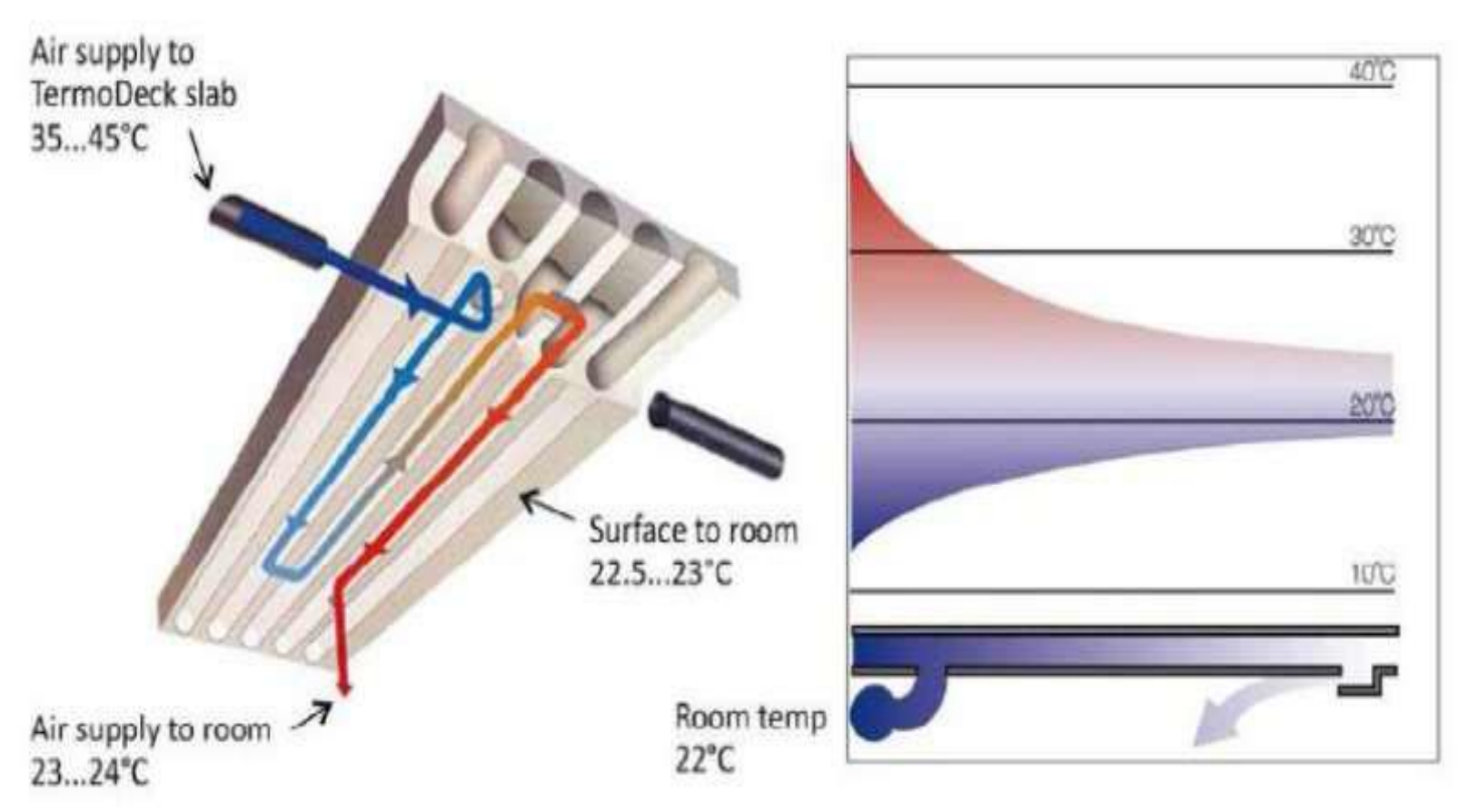
©GRUPOTERMOTECNIA
©GRUPOTERMOTECNIA

Contenido

- Contexto y marco reglamentario
- Estrategias reducción de la demanda.
- Enfriamiento de la estructura del edificio
  - La inercia como elemento limitador de la usabilidad de las pérdidas por ventilación nocturna.
  - Activando la inercia con elementos convencionales
  - Activando la inercia a través de elementos especiales de la envuelta
- Enfriamiento del aire usando medios naturales.

©GRUPOTERMOTECNIA

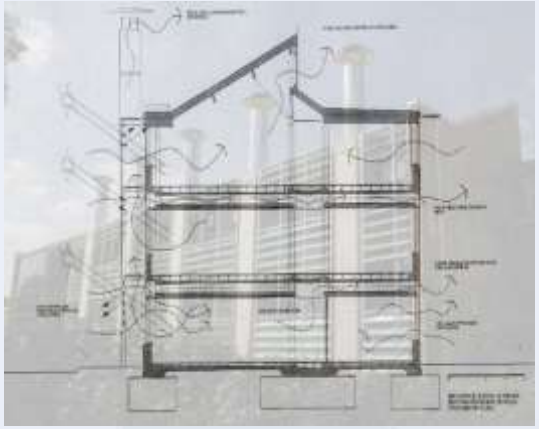
Activando la inercia desde el núcleo de elementos masivos (Thermodeck: enfría la masa del edificio y al aire usado durante el día para ventilación

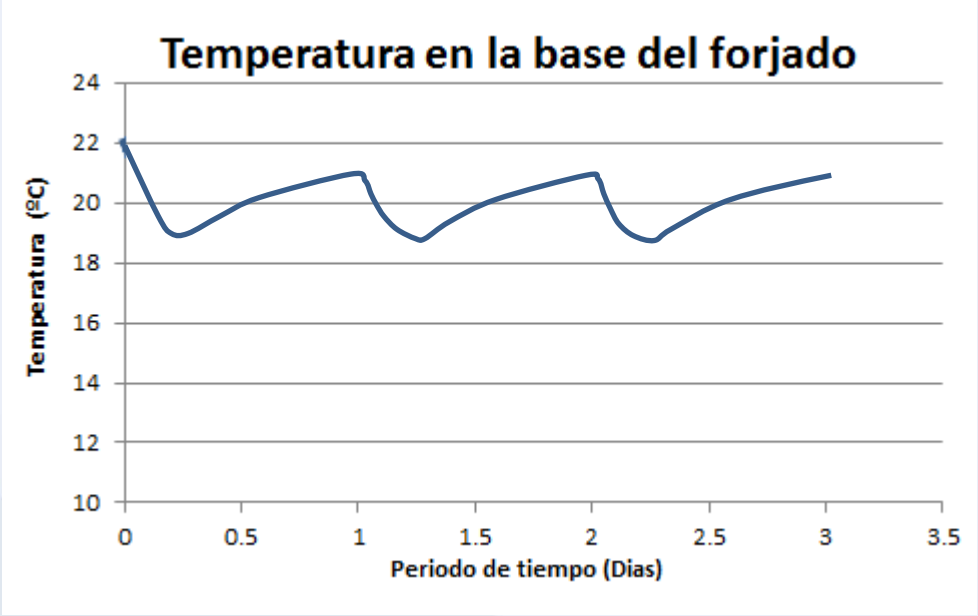


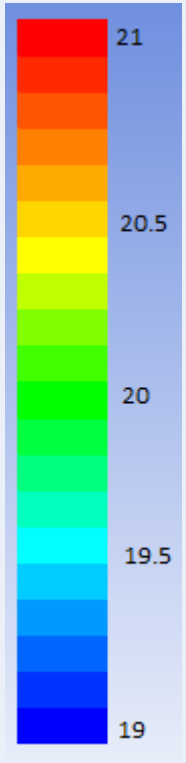
©GRUPOTERMOTECNIA

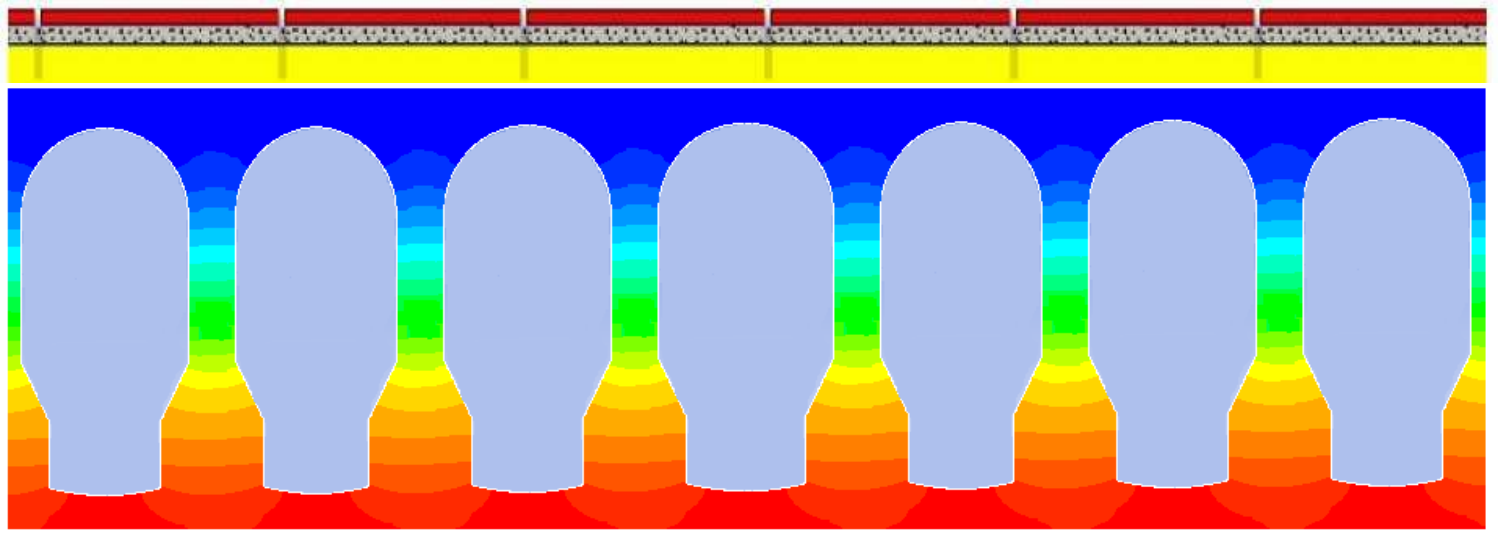
Convective and radiant effect)

INFLUENCIA DEL FORJADO ACTIVO









temperatura del interior 25ºC

©GRUPOTERMOTECNIA

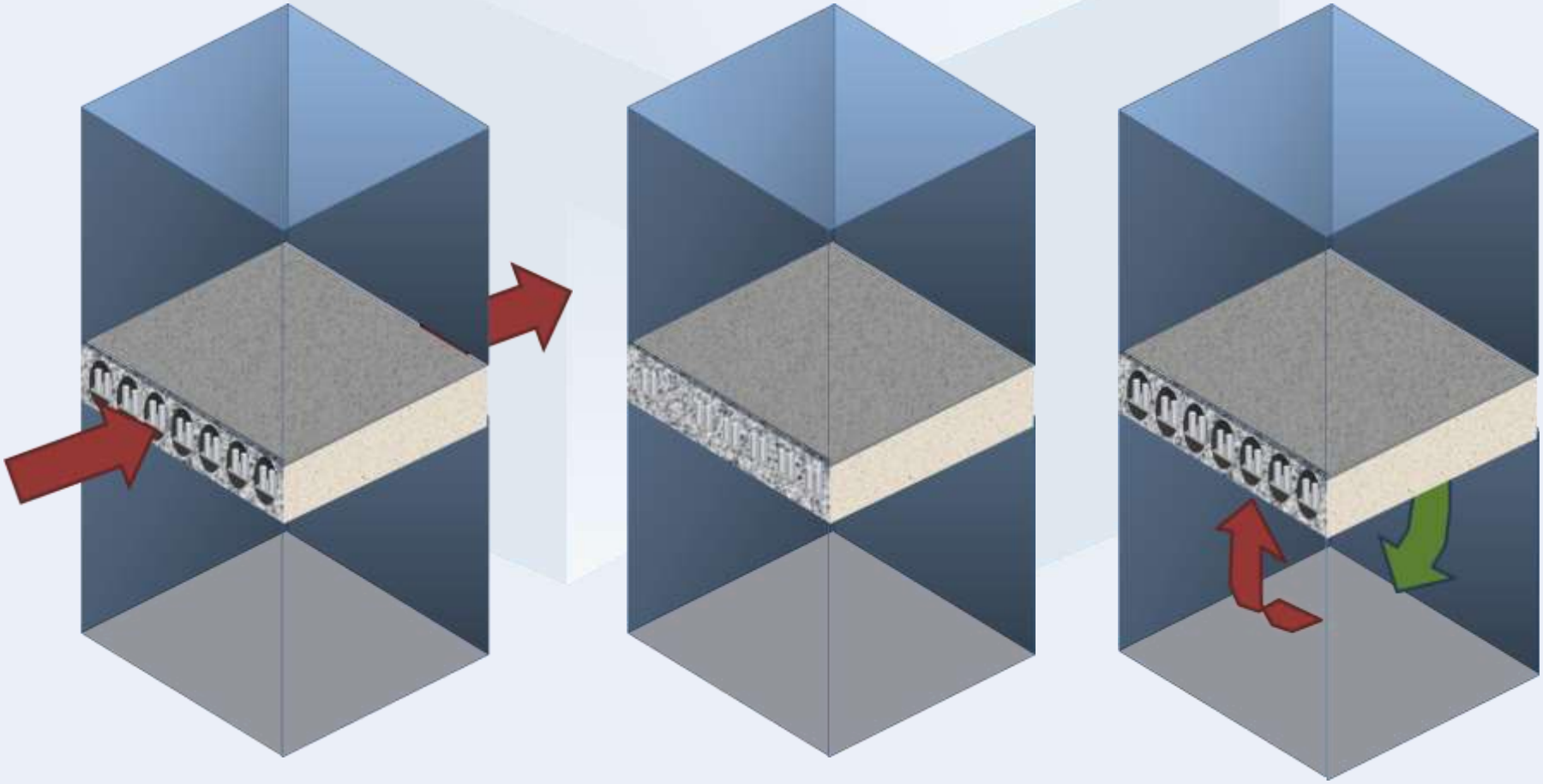
Forjados alveolares con PCM

Operación

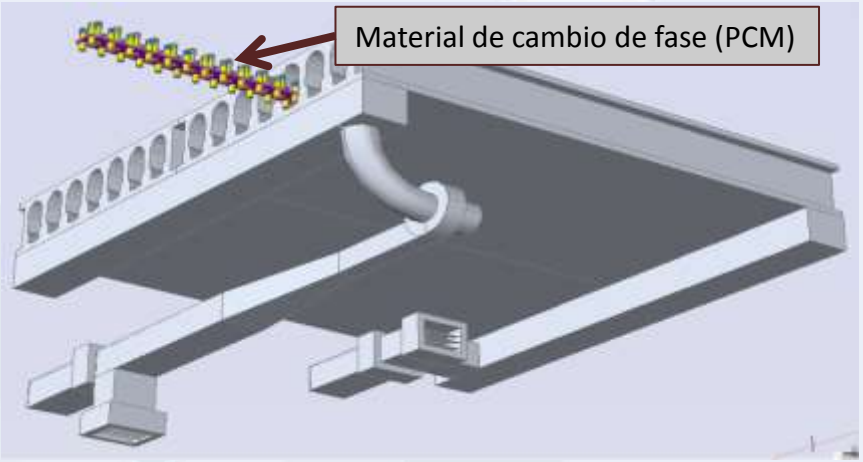
Noche
PCM solido

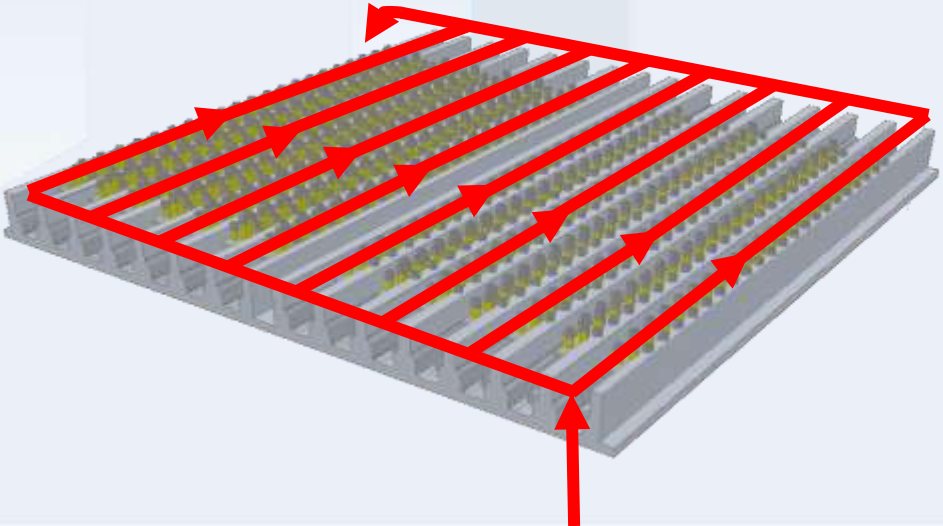
Periodo
intermedio

Horas centrales
del día
PCM liquidp



Distribución de aire





©GRUPOTERMOTECNIA

Análisis del comportamiento energético de los cerramientos de hormigón en base a la maximización de las ventajas derivadas de su inercia térmica

Grupo de Termotecnia de la Universidad de Sevilla

Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones

Estudio de Arquitectura Samler

Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía
CONSEJERÍA DE FOMENTO Y VIVIENDA

Unión Europea

©GRUPOTERMOTECNIA

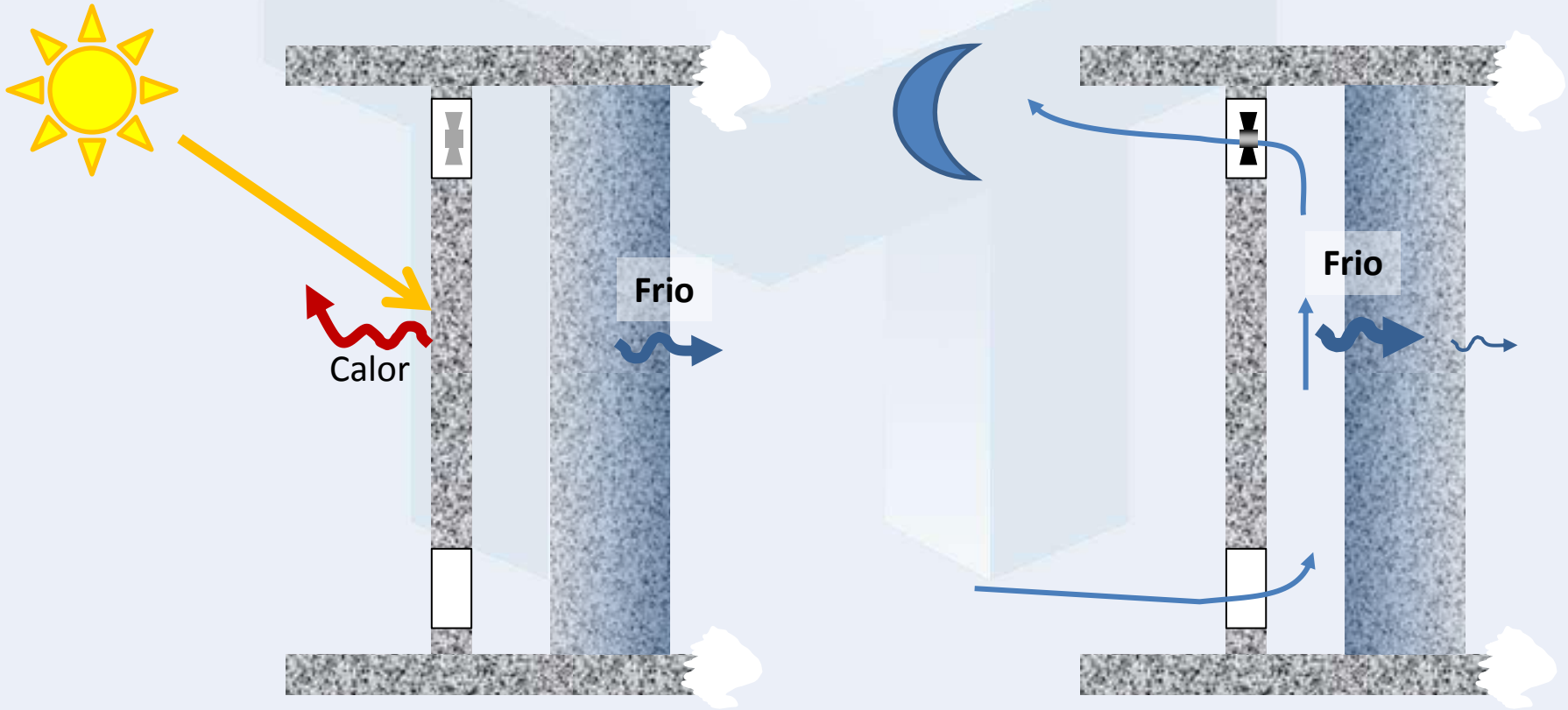
Fachada activa
(Modo refrigeración)

Outdoor

Indoor

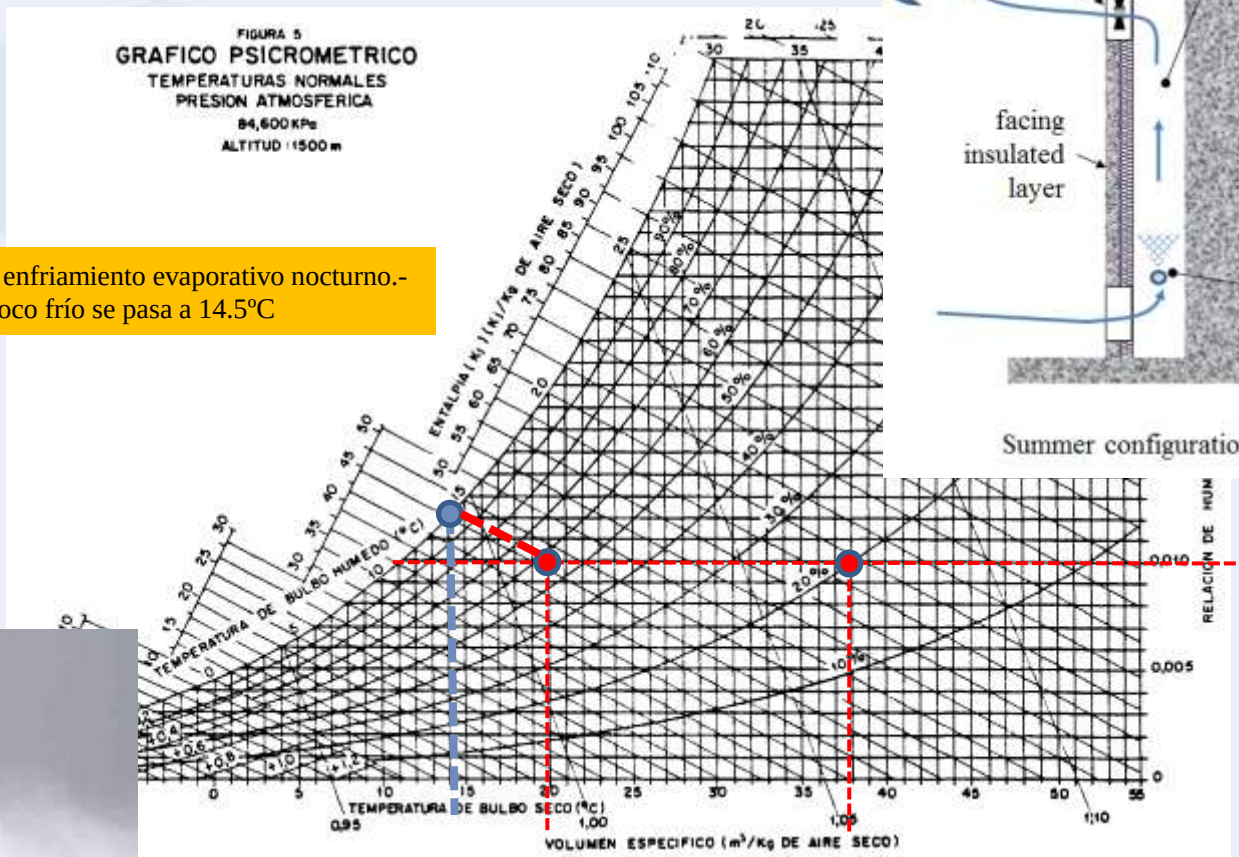
©GRUPOTERMOTECNIA

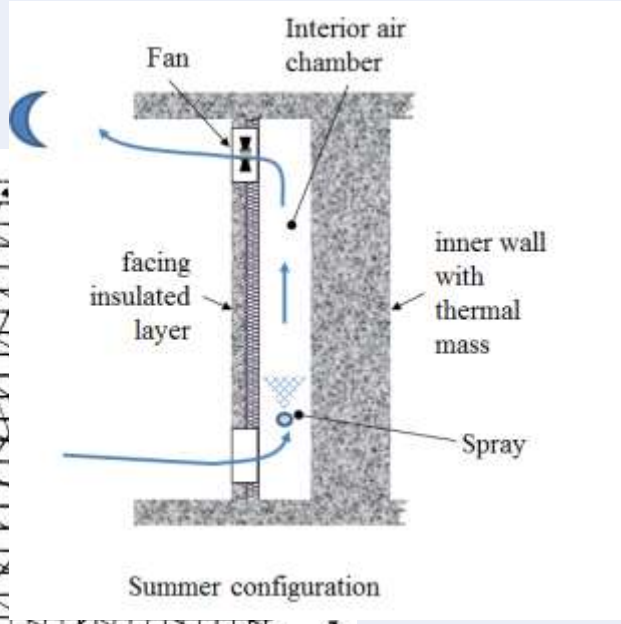
Fachada activa
(Modo refrigeración)



©GRUPOTERMOTECNIA

Enfriamiento evaporativo





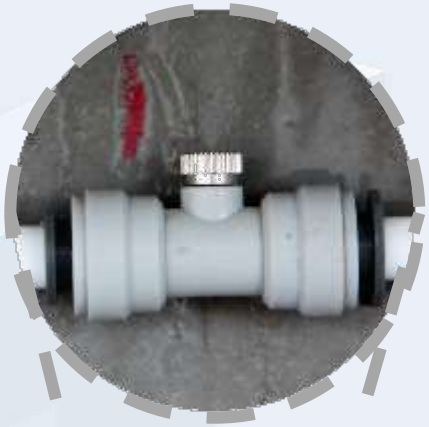
Potencial de enfriamiento evaporativo nocturno.- de 20ºC de foco frío se pasa a 14.5ºC

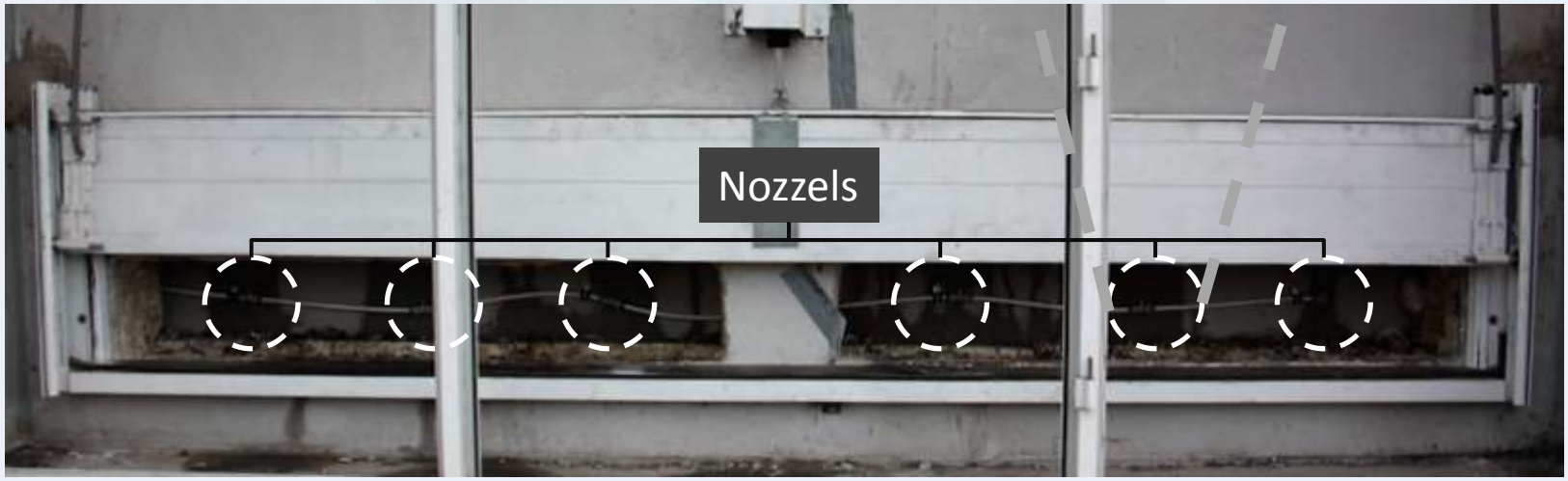
20 ºC

38ºC

©GRUPOTERMOTECNIA

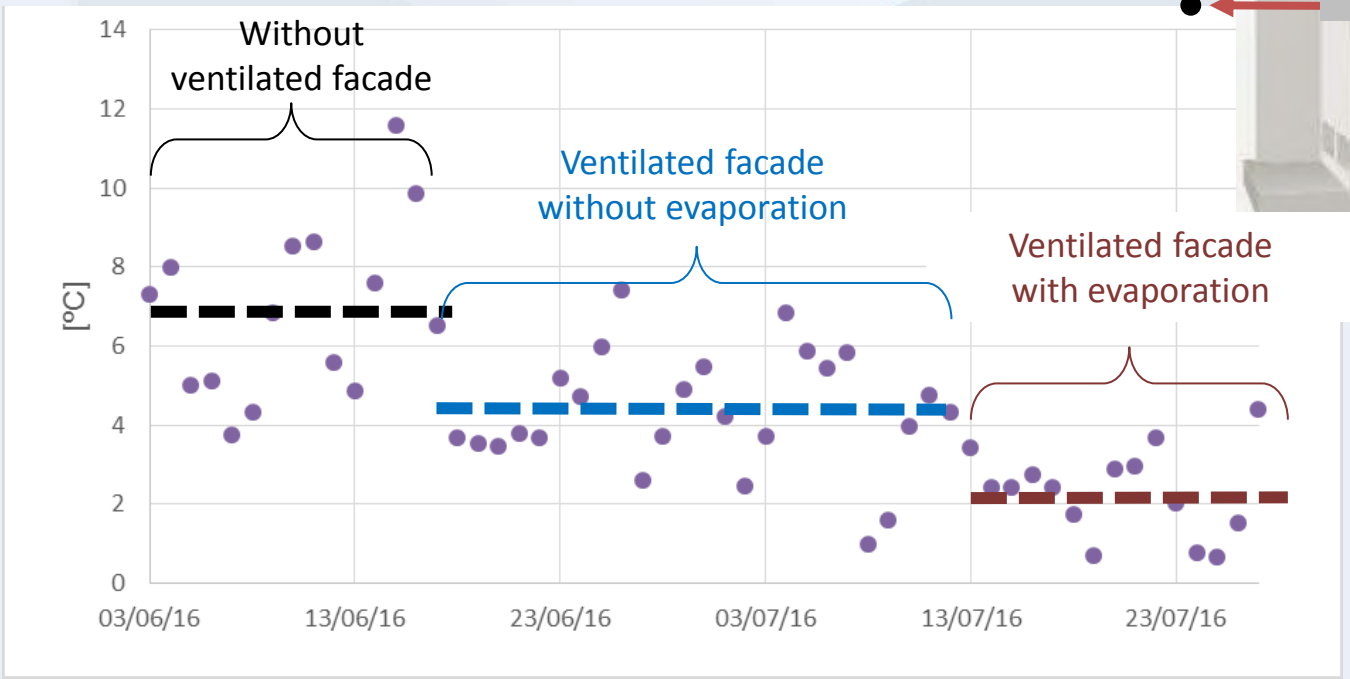
Montaje experimental

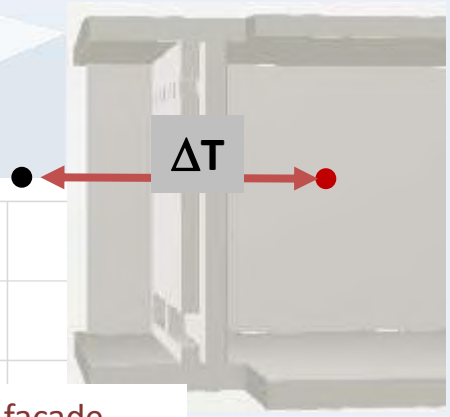




©GRUPOTERMOTECNIA

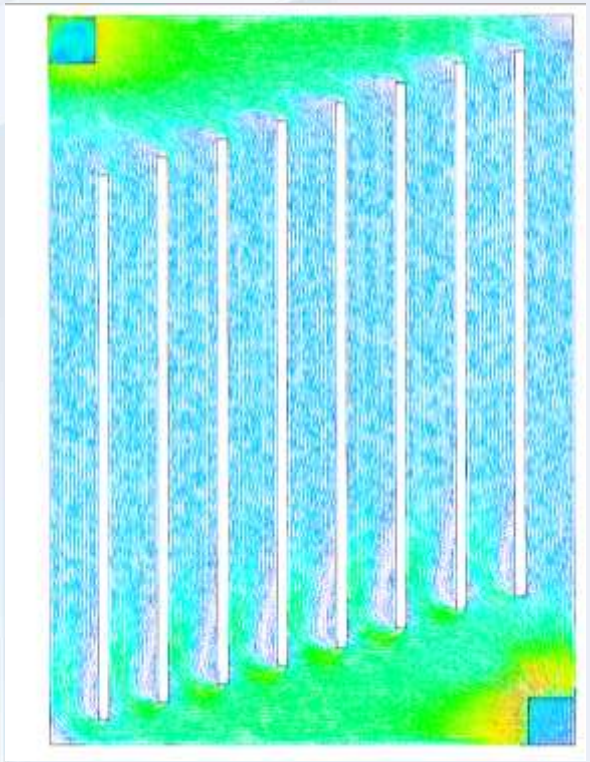
Diferencia entre temperatura interior-exterior
(Valores medios diarios)

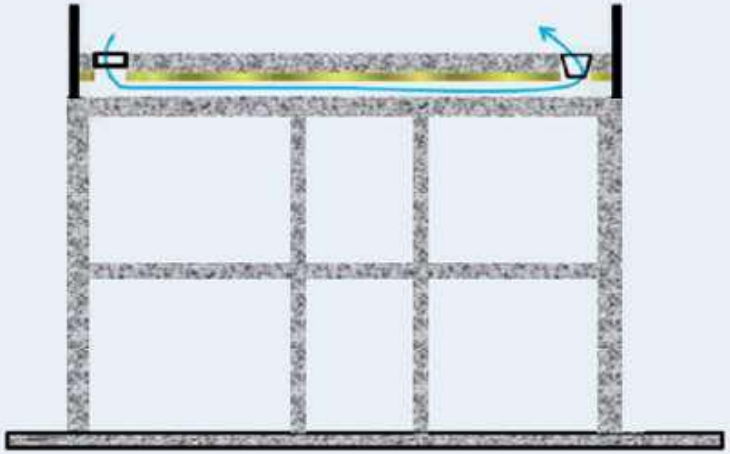




©GRUPOTERMOTECNIA

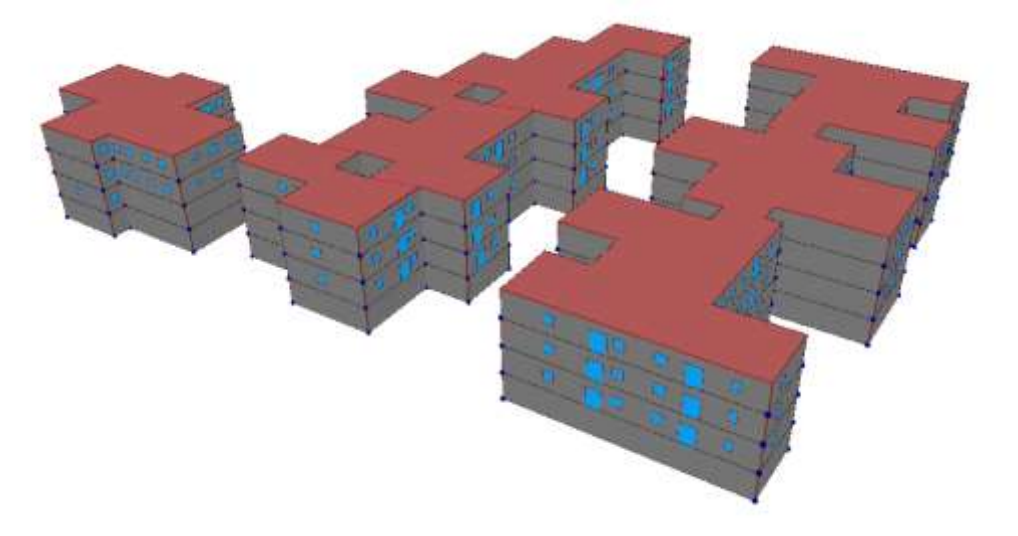
Diseño preliminar de cubierta activa en edificio de la diputación en calle Rosario (Cádiz)

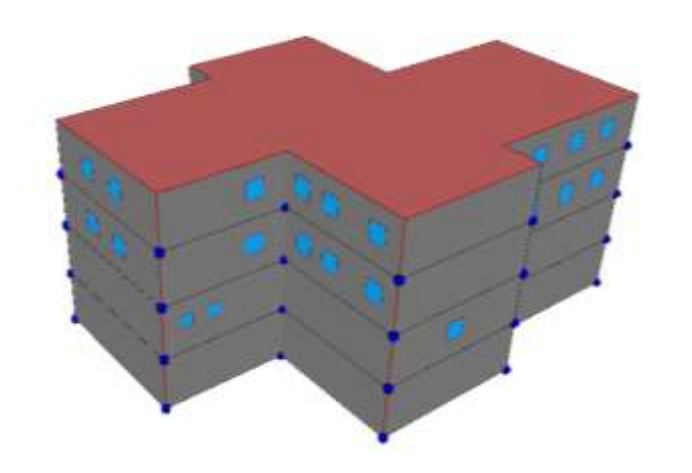


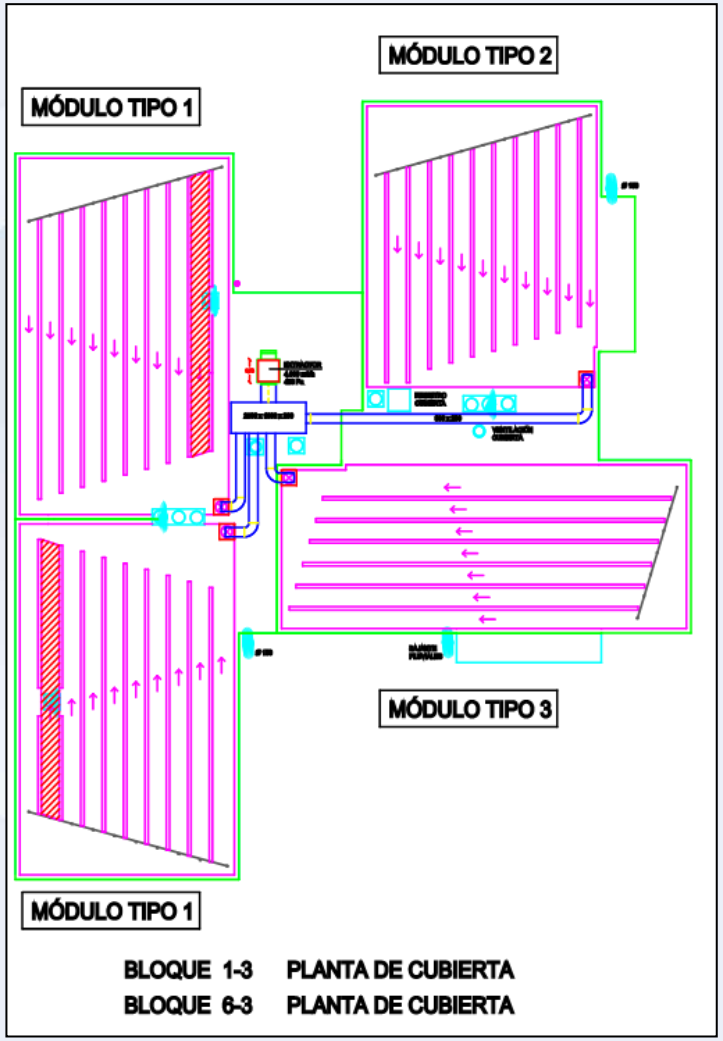


©GRUPOTERMOTECNIA

Rehabilitación AVRA en Mengibar (Jaén)







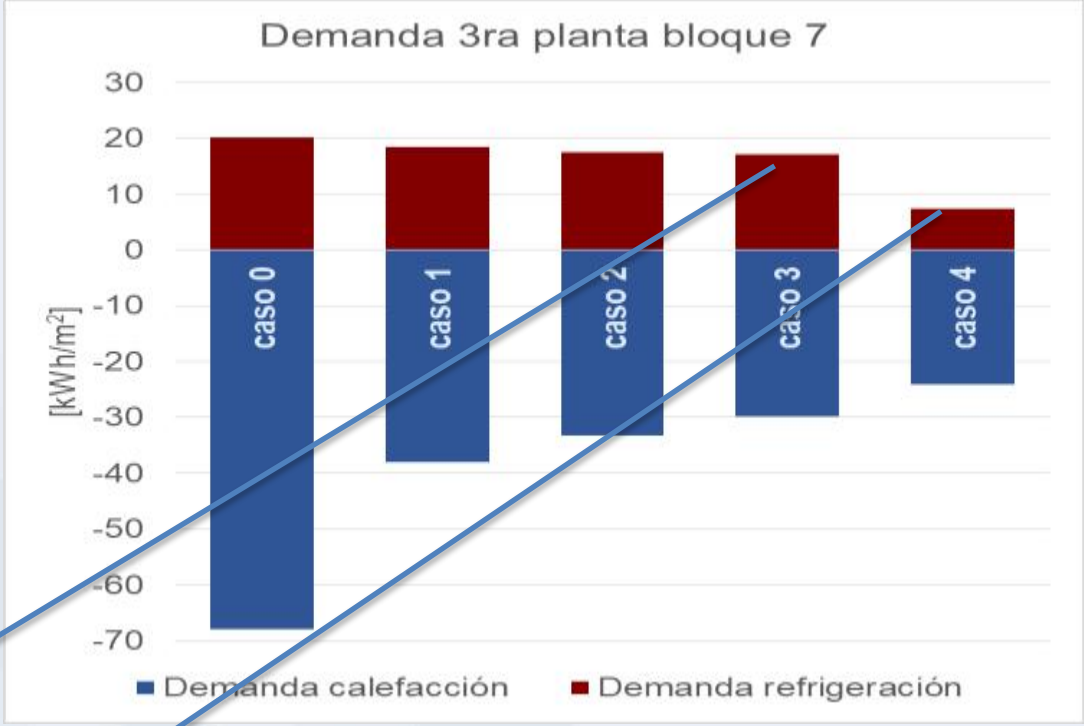
©GRUPOTERMOTECNIA

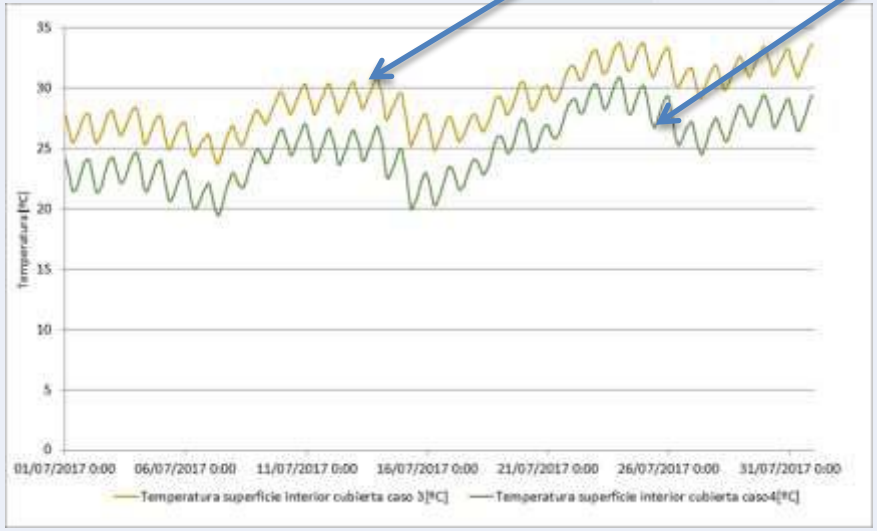
Secuencia de mejora

- Situación inicial
- A1.- Calidades constructivas de componentes: aislamiento muros y cubierta, sustitución carpinterías
- A2.- A1+ puentes térmicos
- A3.- A2+ estanqueidad
- A4.- A3+cubierta activa

©GRUPOTERMOTECNIA

Resultados



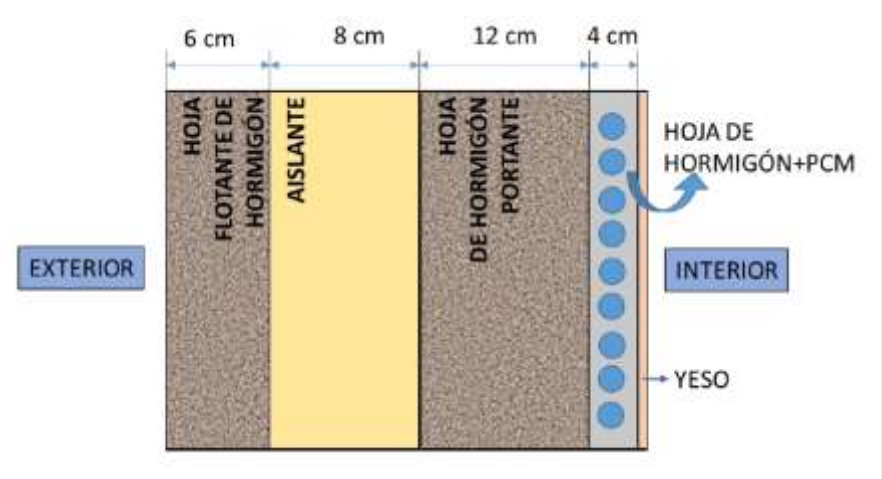


Verano				
[ºC h]	[ºC h ppi]	[h]	[% h]	[h ppi]
ΣTª dif	ΣTª dif x PPI	Comfort V	Comfort V	Comfort V x PPI
4413	2583	1770	60.5	325

Verano				
[ºC h]	[ºC h ppi]	[h]	[% h]	[h ppi]
ΣTª dif	ΣTª dif x PPI	Comfort V	Comfort V	Comfort V x PPI
880	204	719	24.6	82

©GRUPOTERMOTECNIA

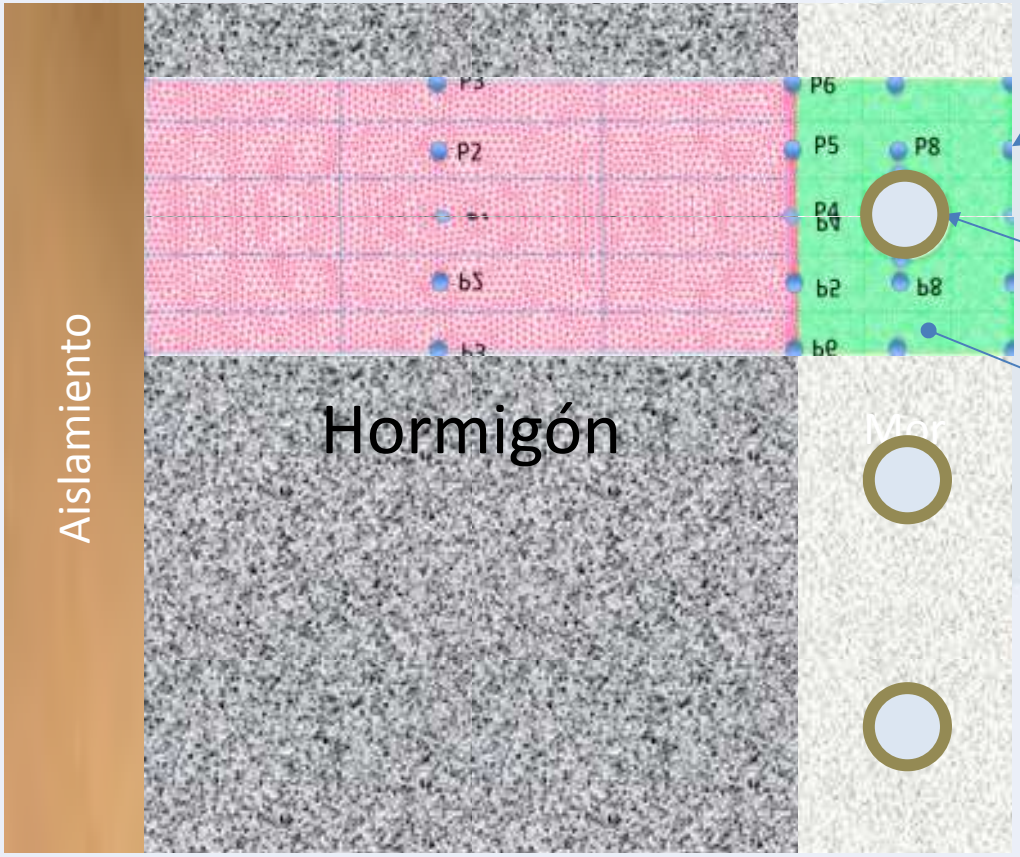
Activando la inercia usando componentes especiales (agua como fluido de transferencia)



TAREA 2: ANÁLISIS DE SENBILIDAD CFD

Objetivo: Eficiencia del proceso en función de los parámetros de diseño y operación

Modelo



Modelo de CFD

Tubos con agua

Mortero + PCM

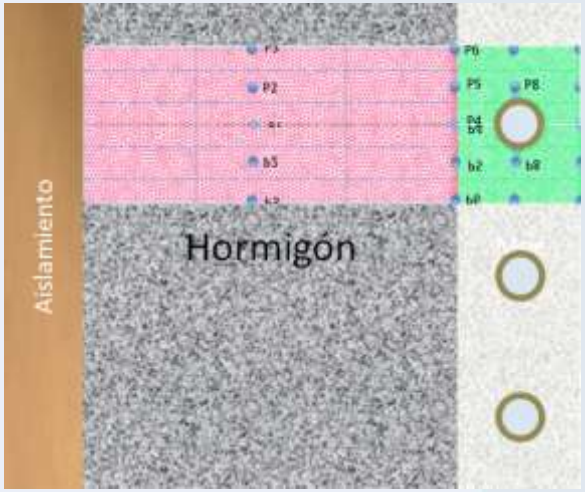
Interior del edificio
T=20ºC

©GRUPOTERMOTECNIA

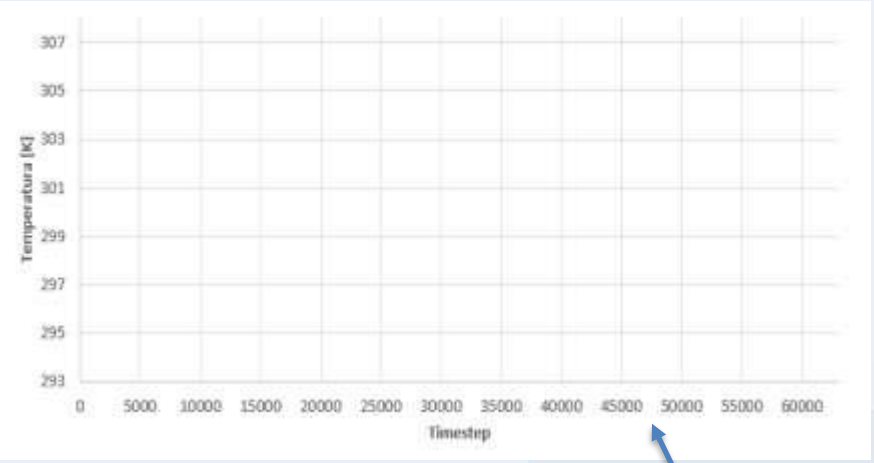
TAREA 2: ANÁLISIS DE SENBILIDAD CFD

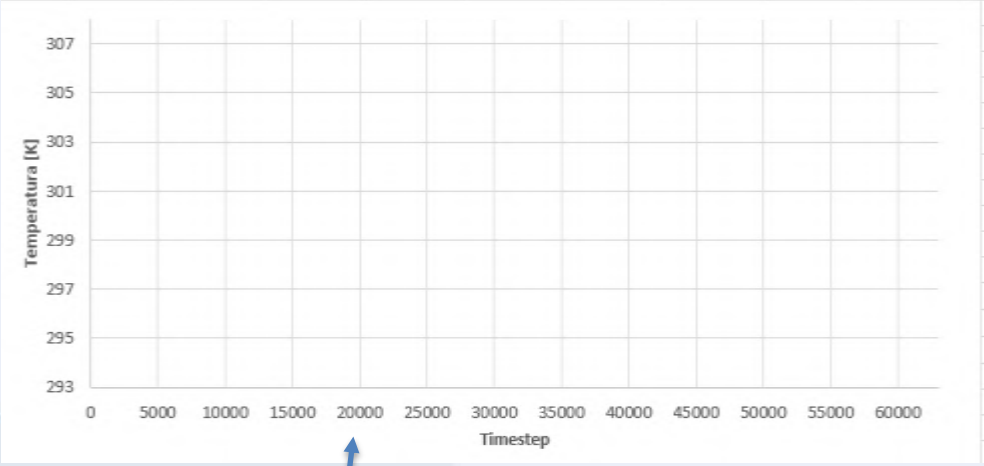
Objetivo: Eficiencia del proceso en función de los parámetros de diseño y operación

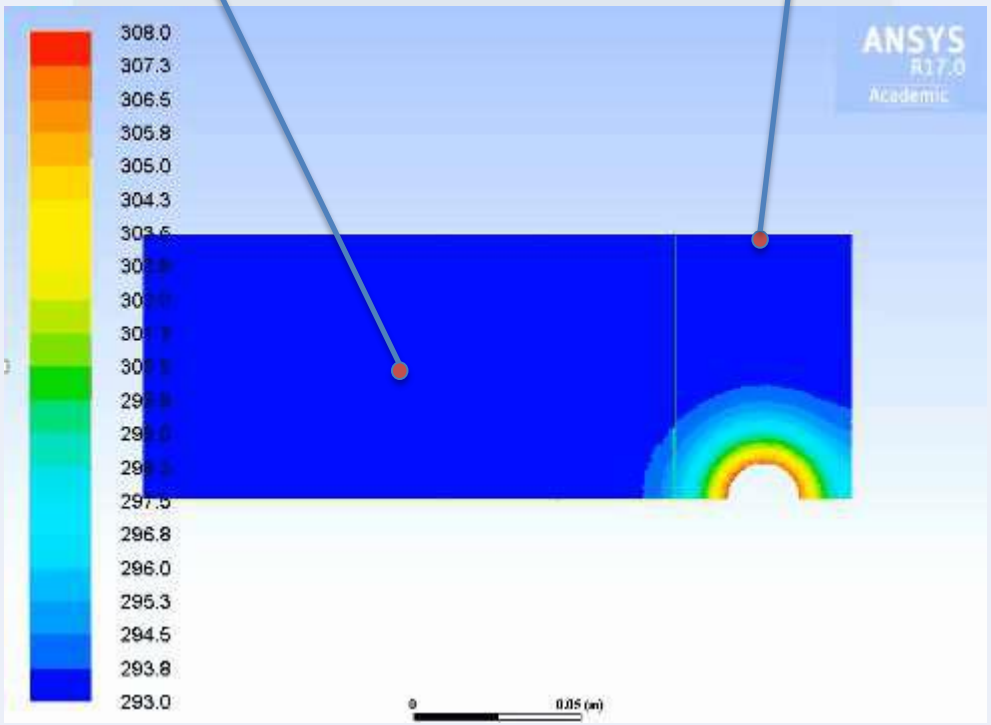
Modelo



©GRUPOTERMOTECNIA







©GRUPOTERMOTECNIA

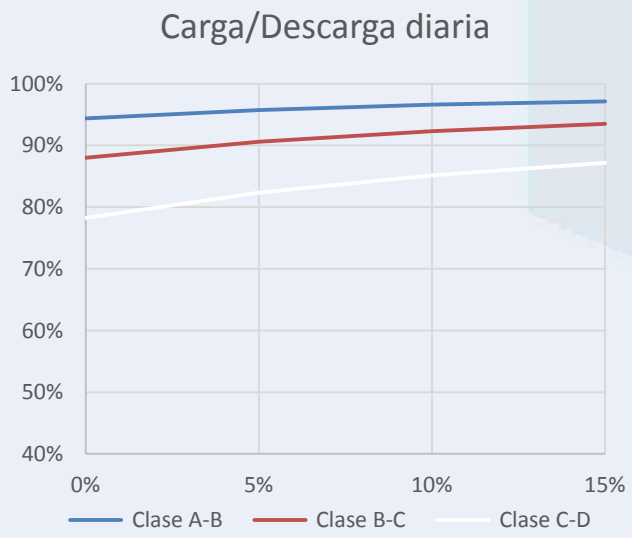
DOSIFICACIÓN DE PCM

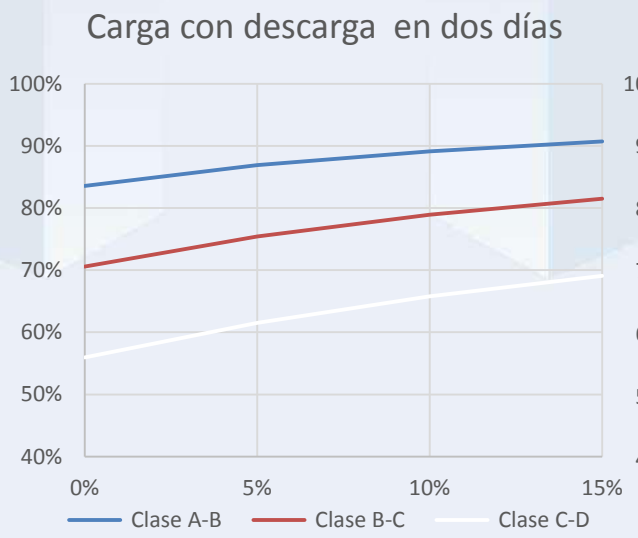
Objetivo: Fracción de la demanda cubierta en función de la dosificación de PCM

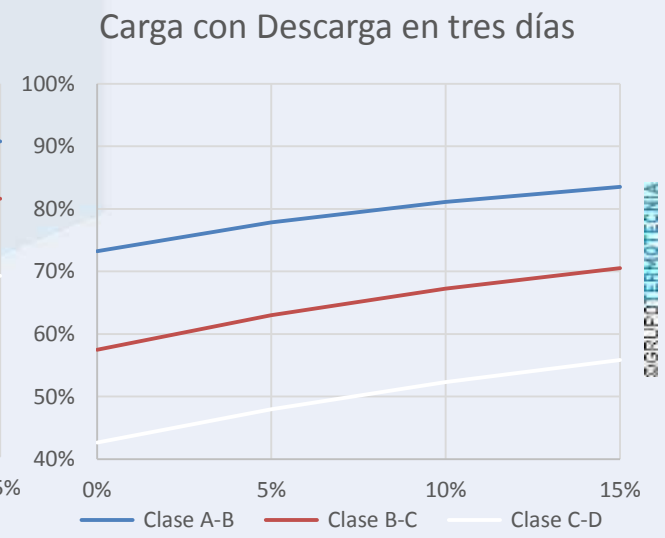
Zona climática D-3

Viviendas unifamiliares con distintas clases energéticas

$A_{fachada_opaca} \div A_{suelo} = 1.45$







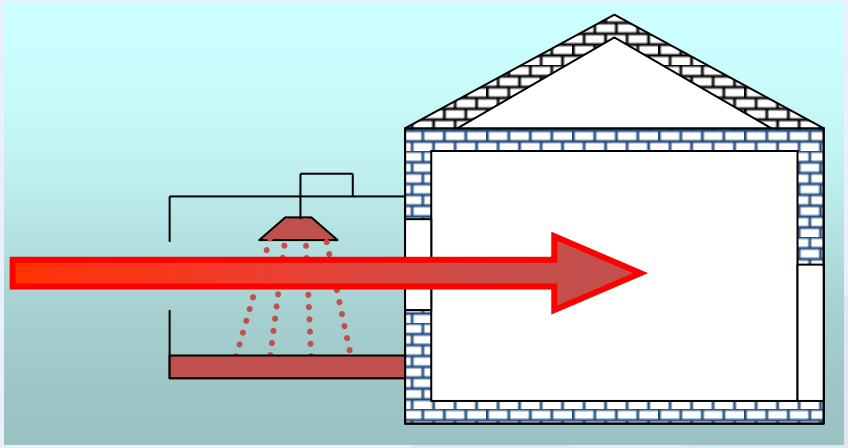
©GRUPOTERMOTECNIA

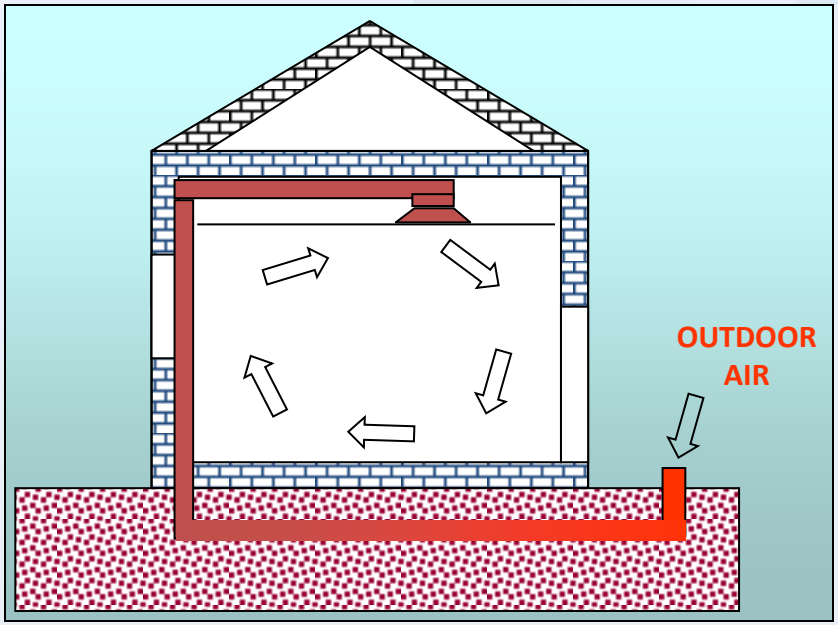
Contenido

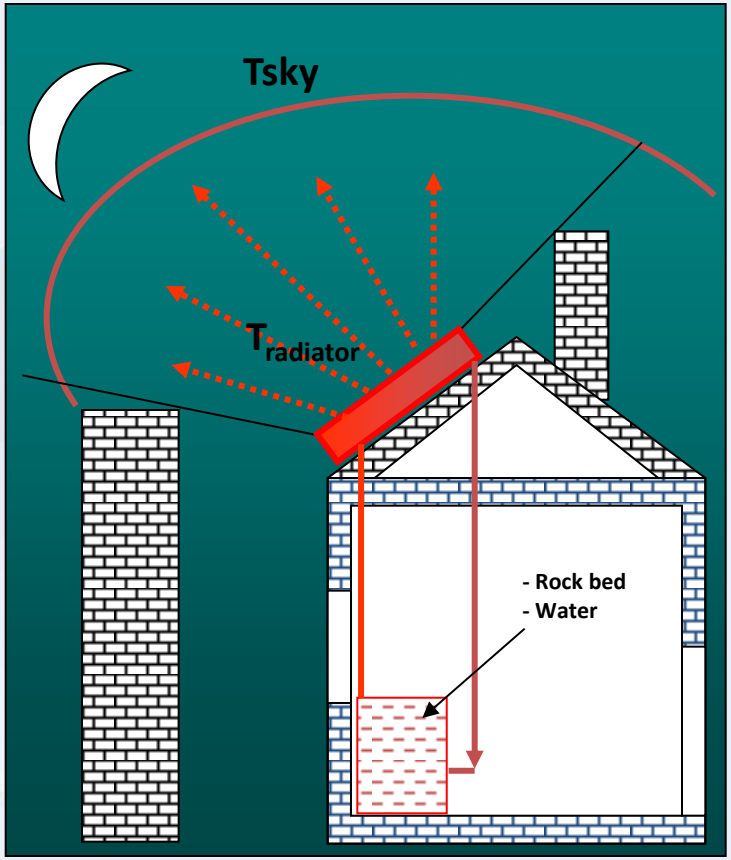
- Contexto y marco reglamentario
- Estrategias reducción de la demanda.
- Enfriamiento de la estructura del edificio
  - La inercia como elemento limitador de la usabilidad de las pérdidas por ventilación nocturna.
  - Activando la inercia con elementos convencionales
  - Activando la inercia a través de elementos especiales de la envuelta
- Enfriamiento del aire usando medios naturales.

©GRUPOTERMOTECNIA

Técnicas naturales de refrigeración

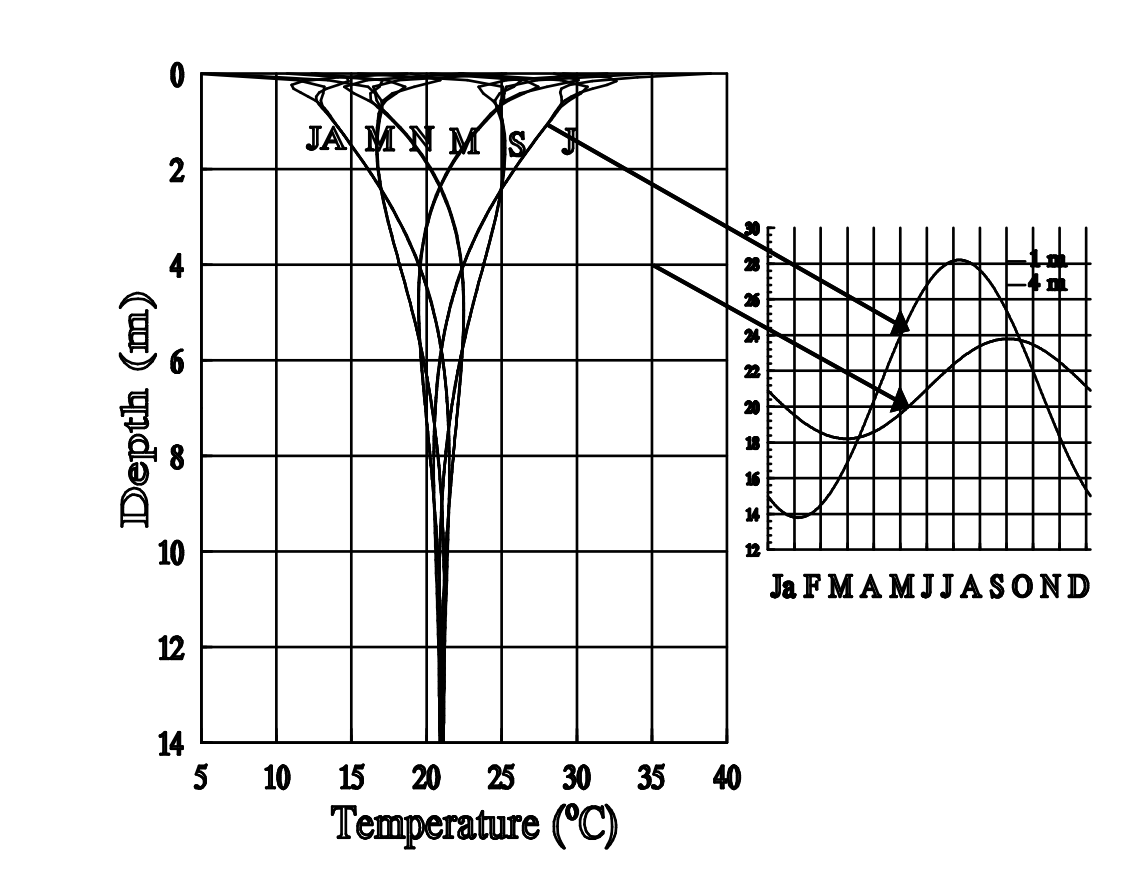






©GRUPOTERMOTECNIA

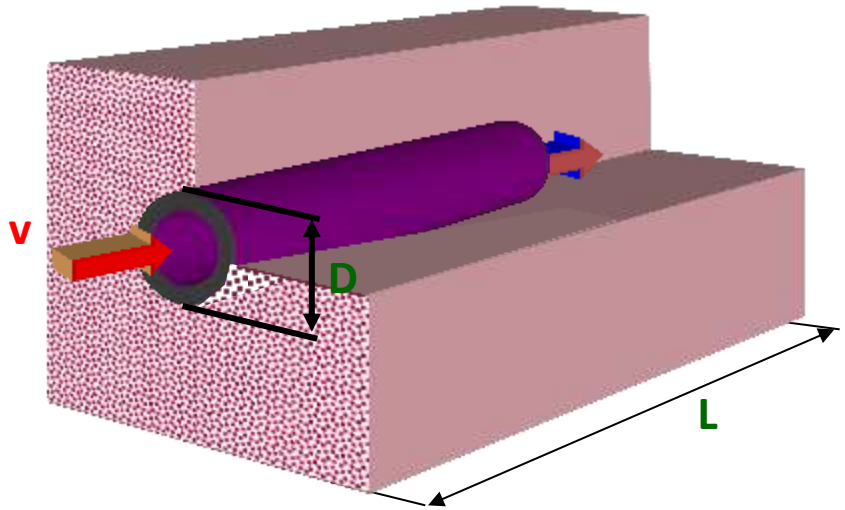
Enfrimiento con el terreno



©GRUPOTERMOTECNIA

Conductos enterrados

Buried Pipes



Efficiency

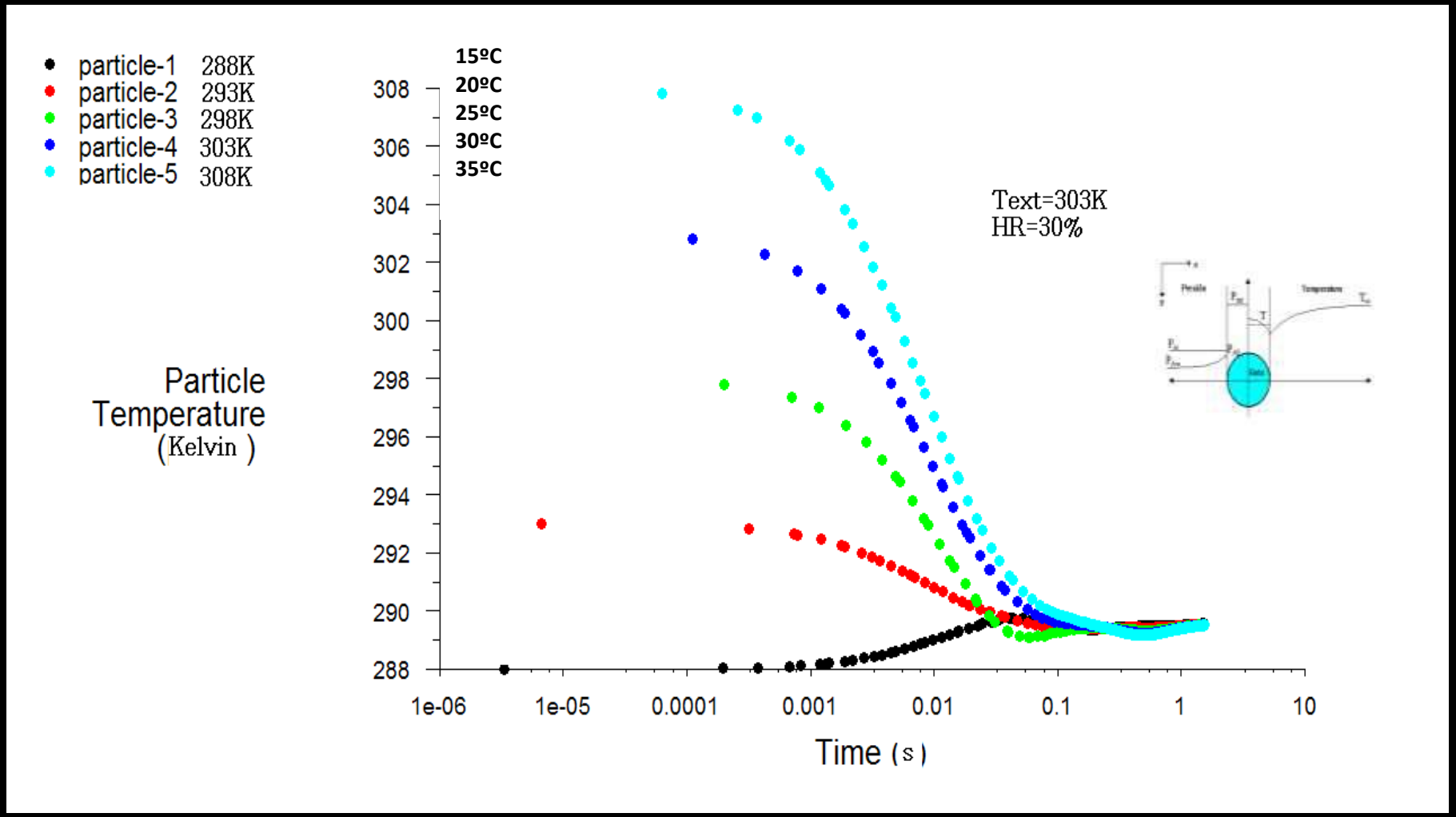
$$\varepsilon = \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{in} - T_{ground}}$$

©GRUPOTERMOTECNIA

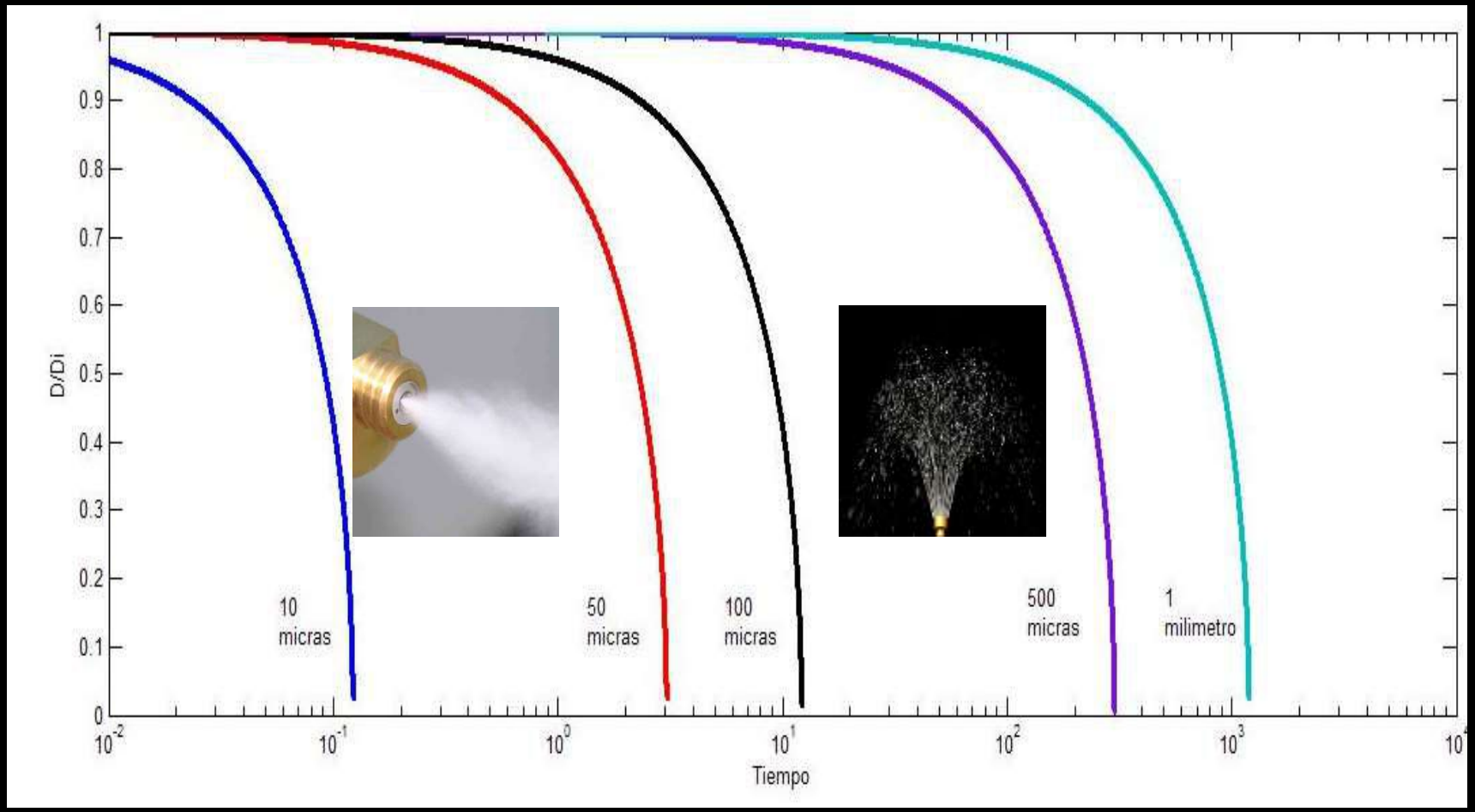
Enfriamiento evaporativo

©GRUPOTERMOTECNIA

Variación de la temperatura de la gota con el tiempo



Variación del diámetro de la gota con el tiempo

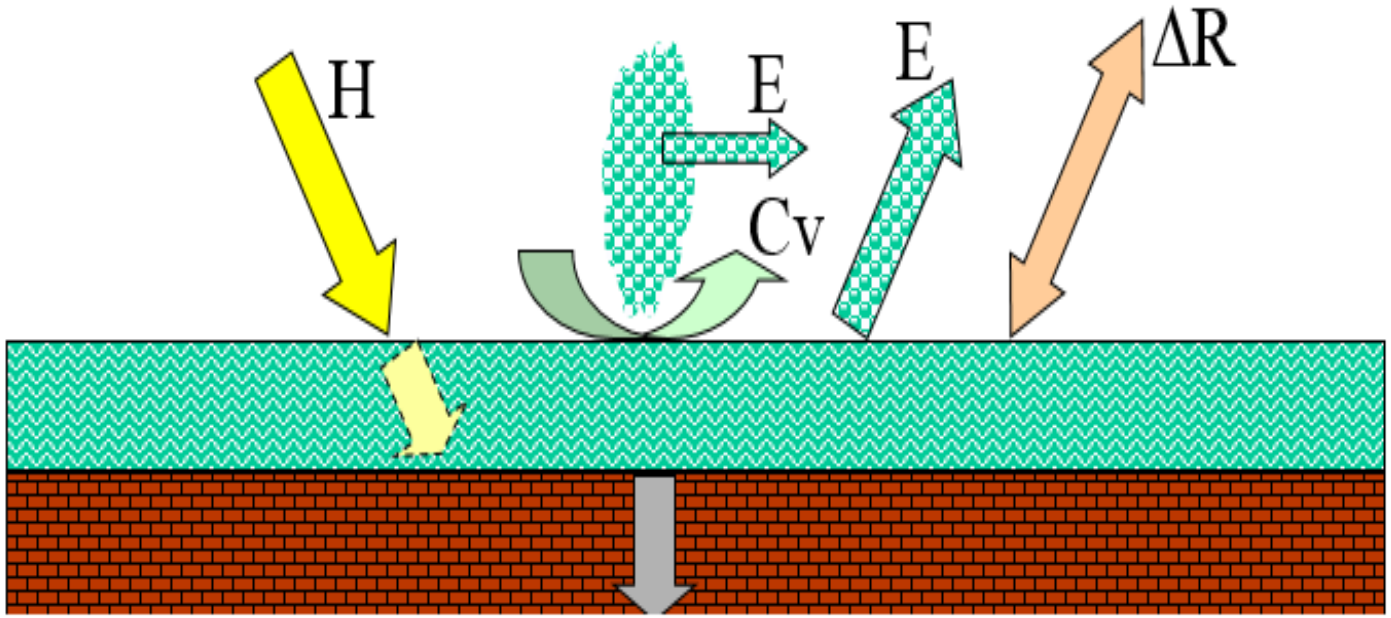


Tiempo de evaporación para diferentes diámetros iniciales

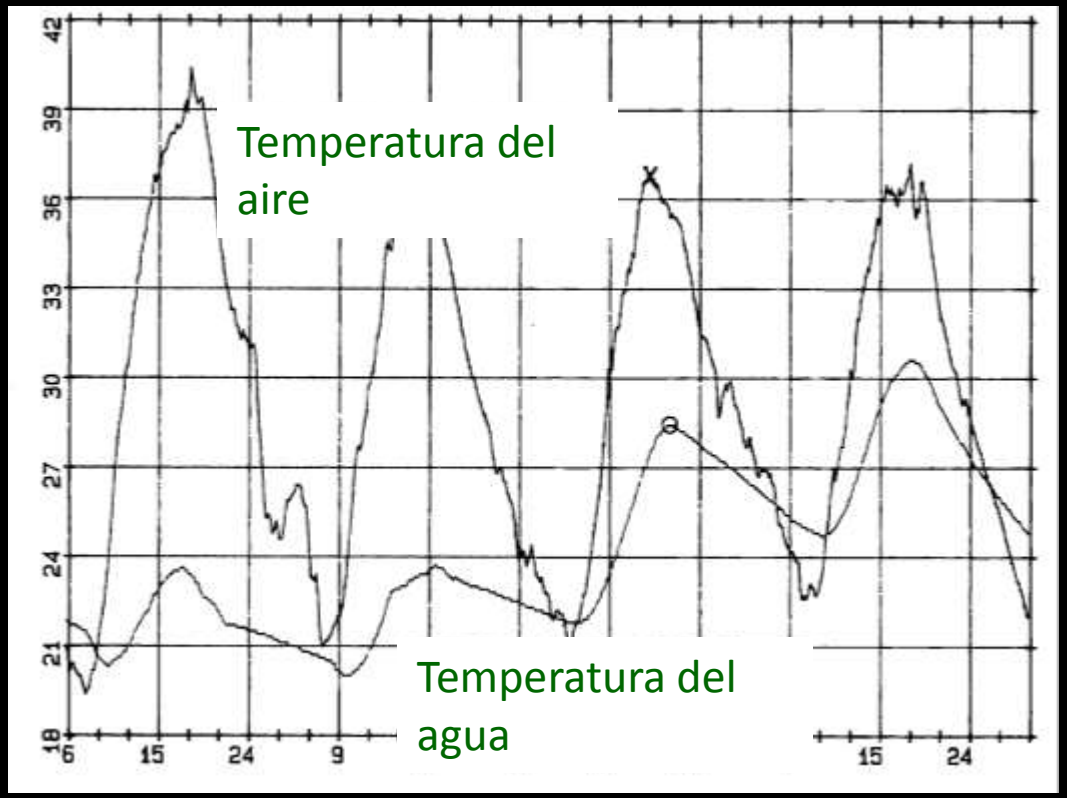
Gotas pequeñas (del orden de 10μm)

Gotas “grandes” (del orden de 1mm)

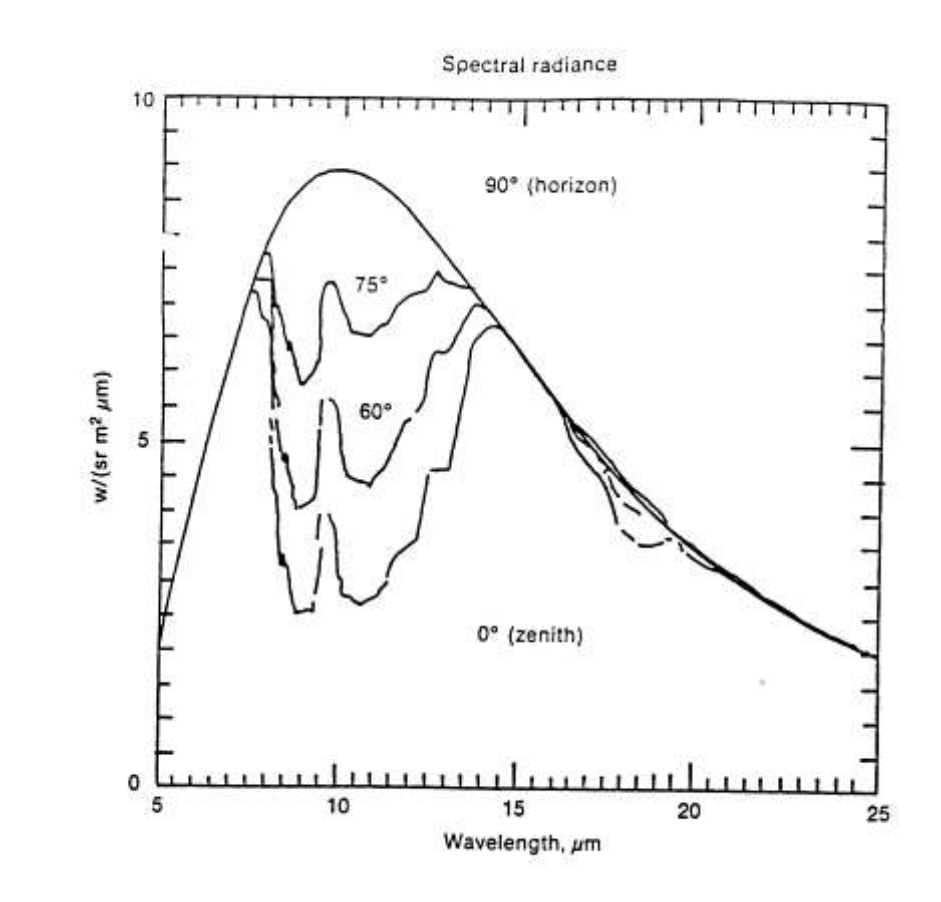
Balance térmico en un estanque de agua



Temperaturas de agua resultantes en estanque

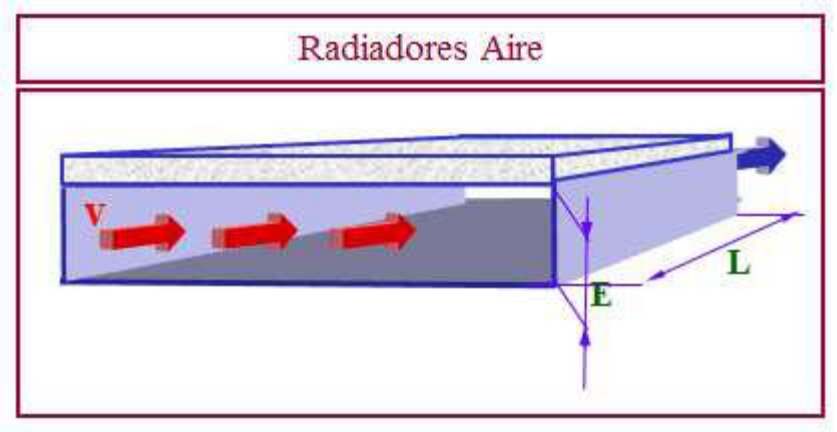


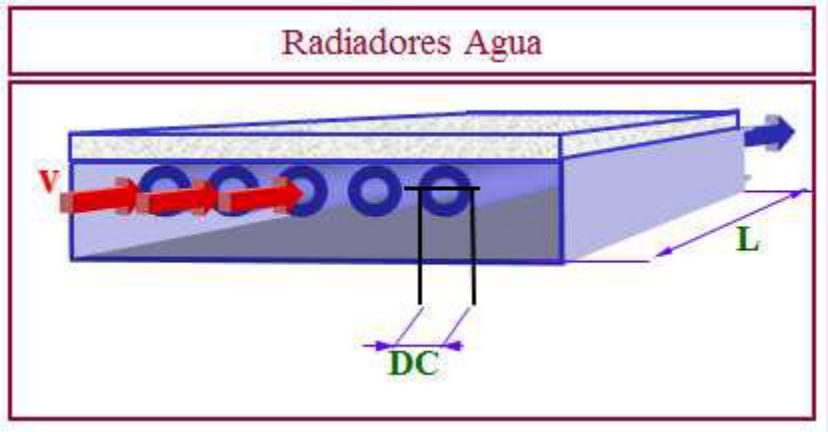
Enfriamiento con el cielo (durante las noches de verano) usando la “ventana atmosférica”



©GRUPOTERMOTECNIA

Enfriamiento radiante con el cielo

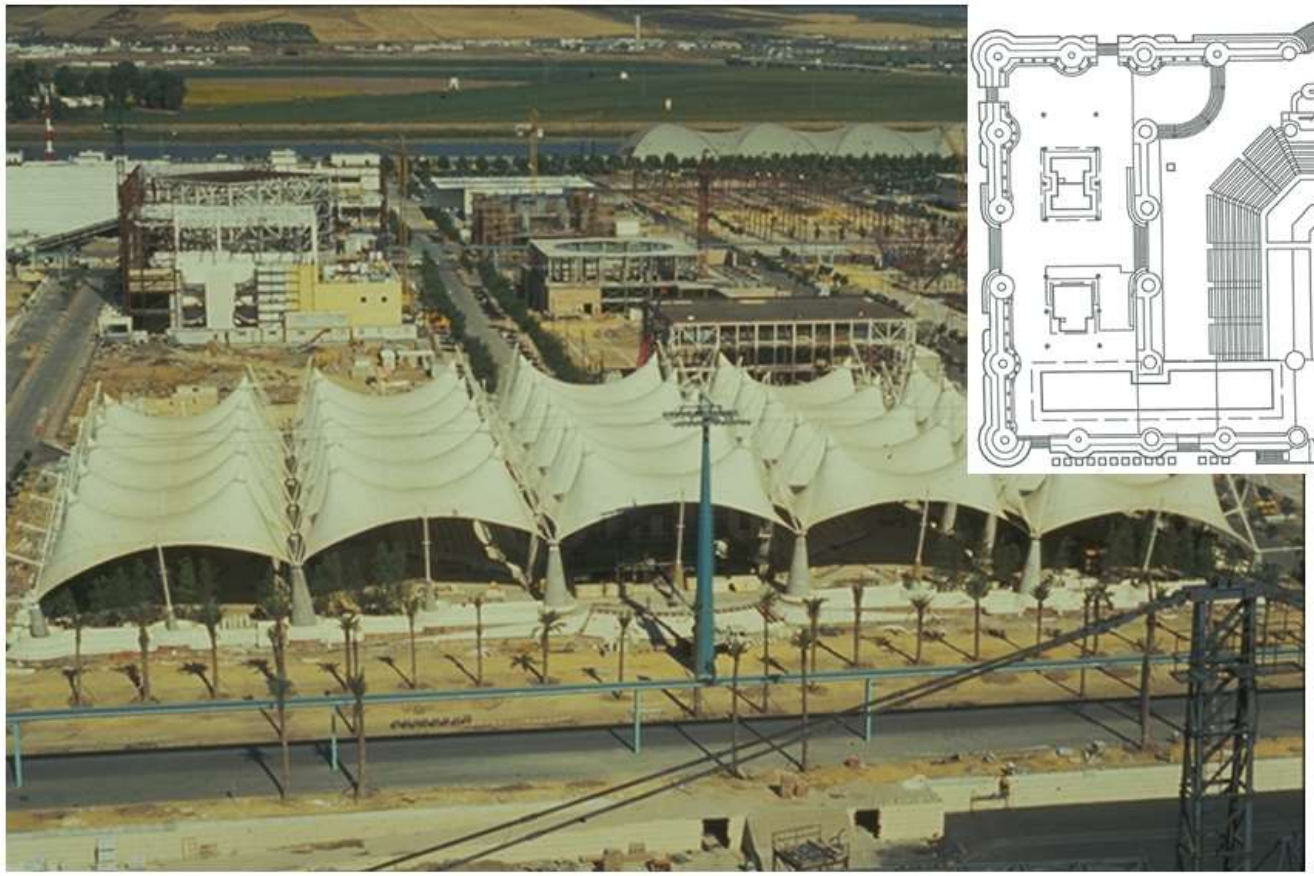


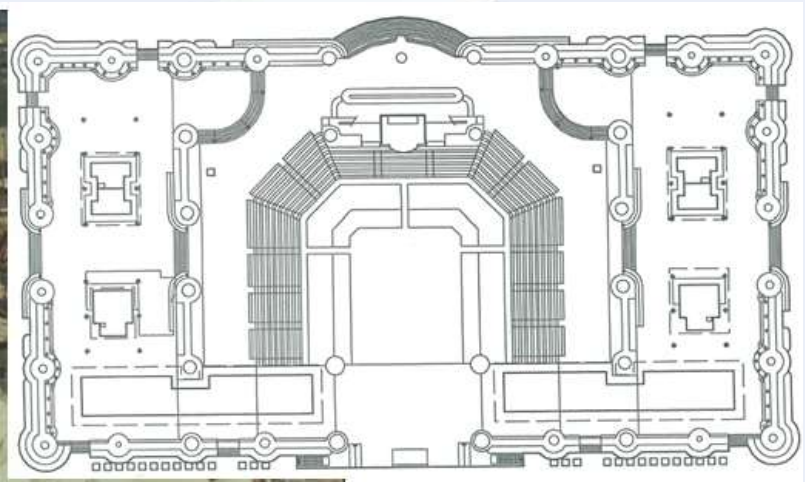


$$\varepsilon = \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{out} - T_{effective}}$$

©GRUPOTERMOTECNIA

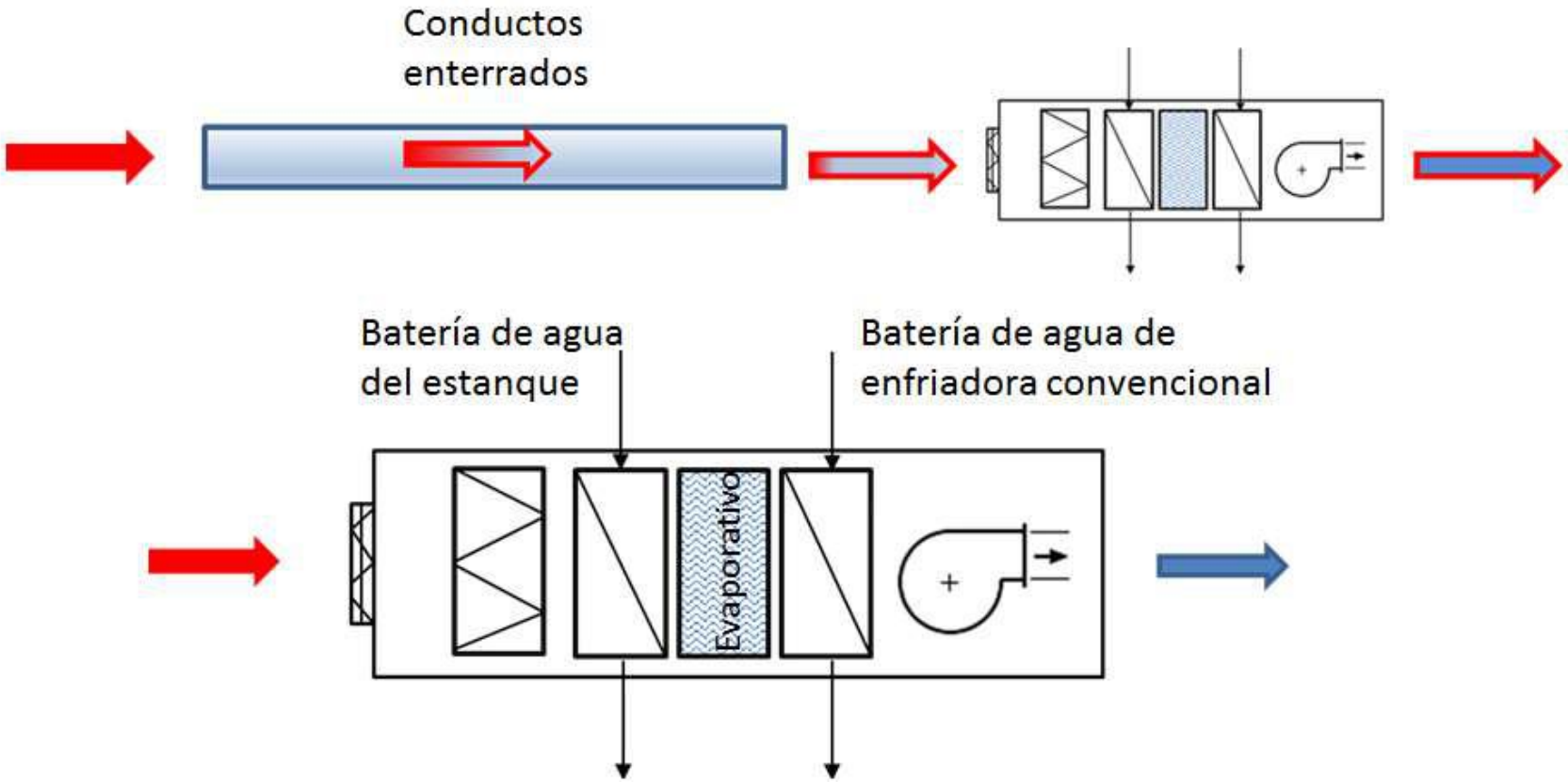
Ejemplo 1





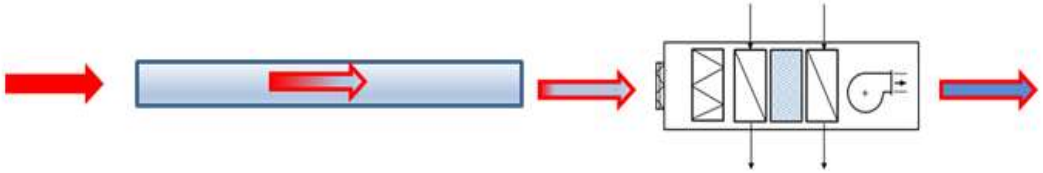
©GRUPOTERMOTECNIA

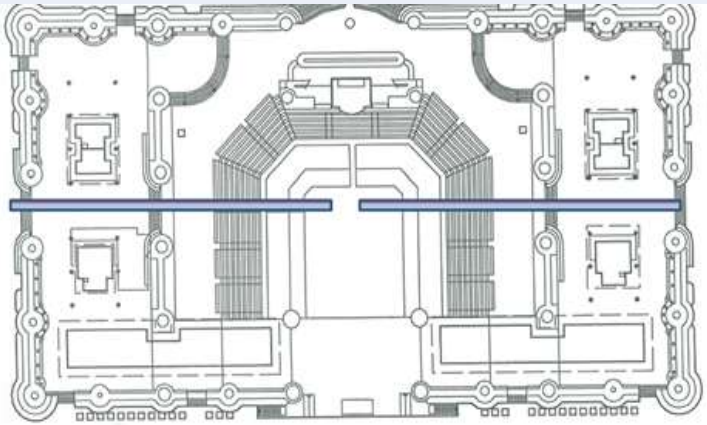
Enfriamiento del aire: concepto

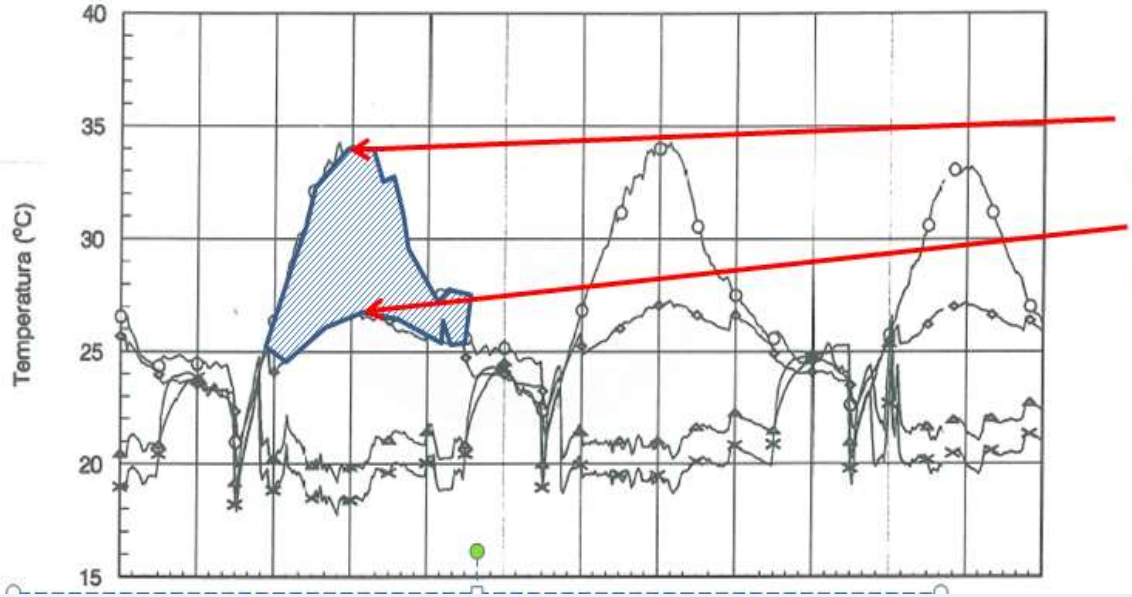


©GRUPOTERMOTECNIA

Conductos enterrados



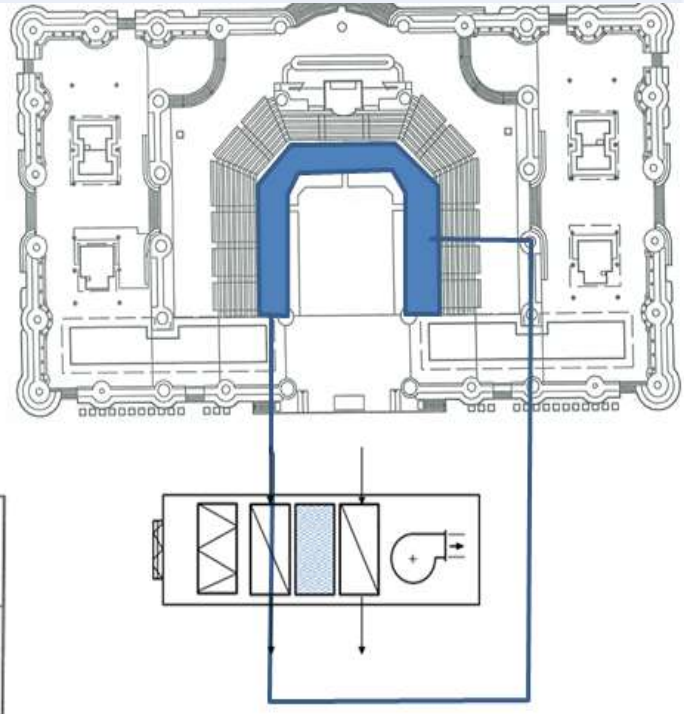


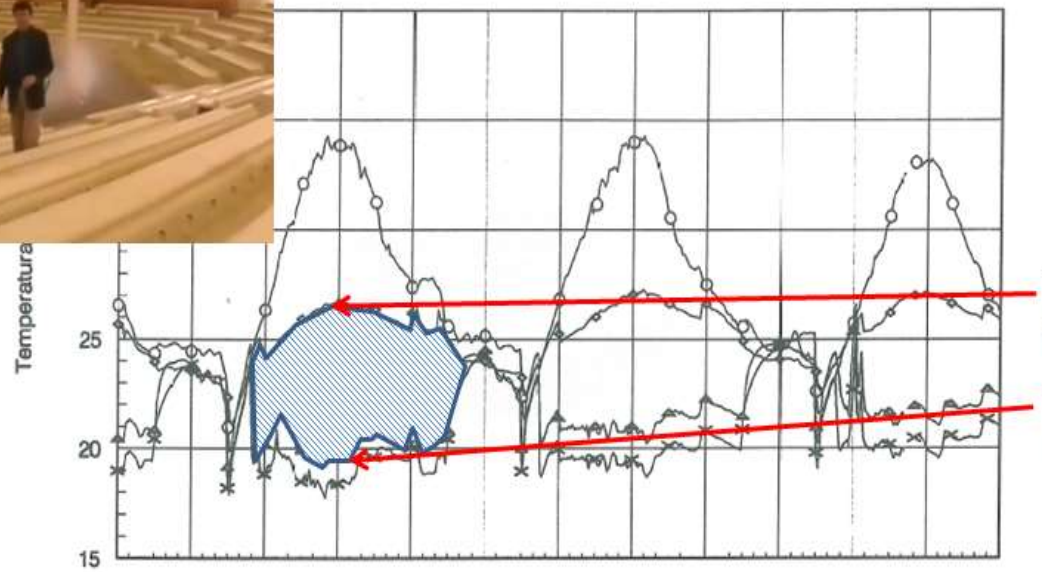


Temperatura del aire exterior (entrada del conducto enterrado)

Temperatura del aire después del conducto enterrado

Estanque de gradas



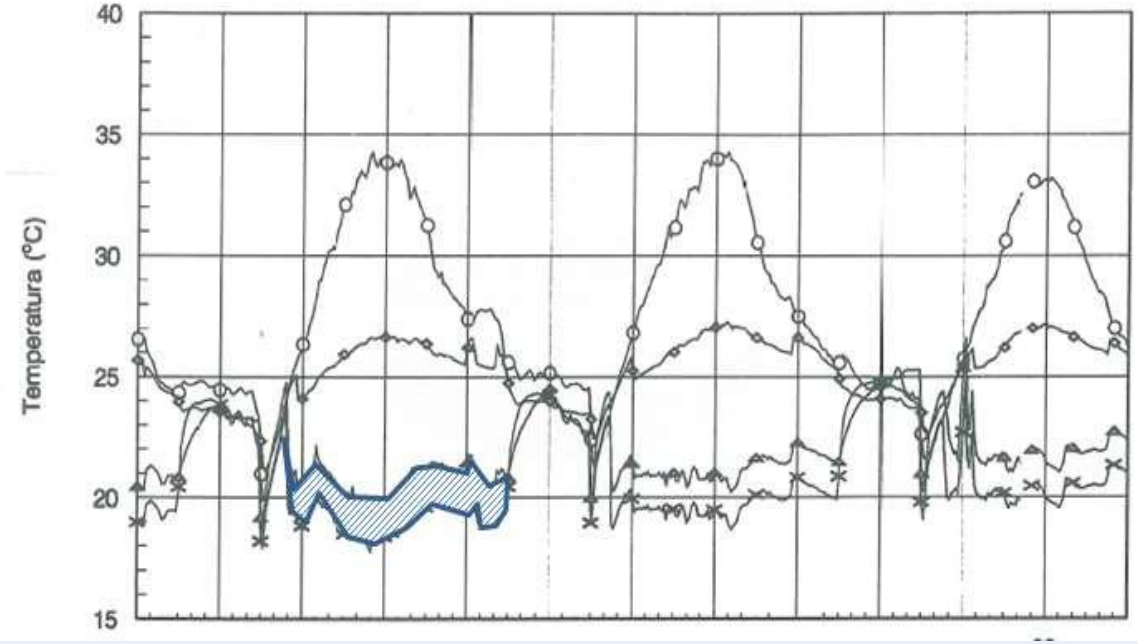


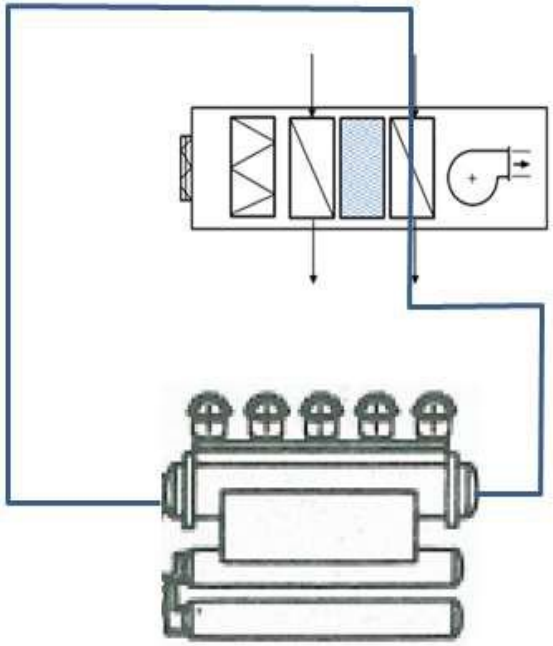
Temperatura del aire a la entrada de la batería

Temperatura del aire a la salida de la batería

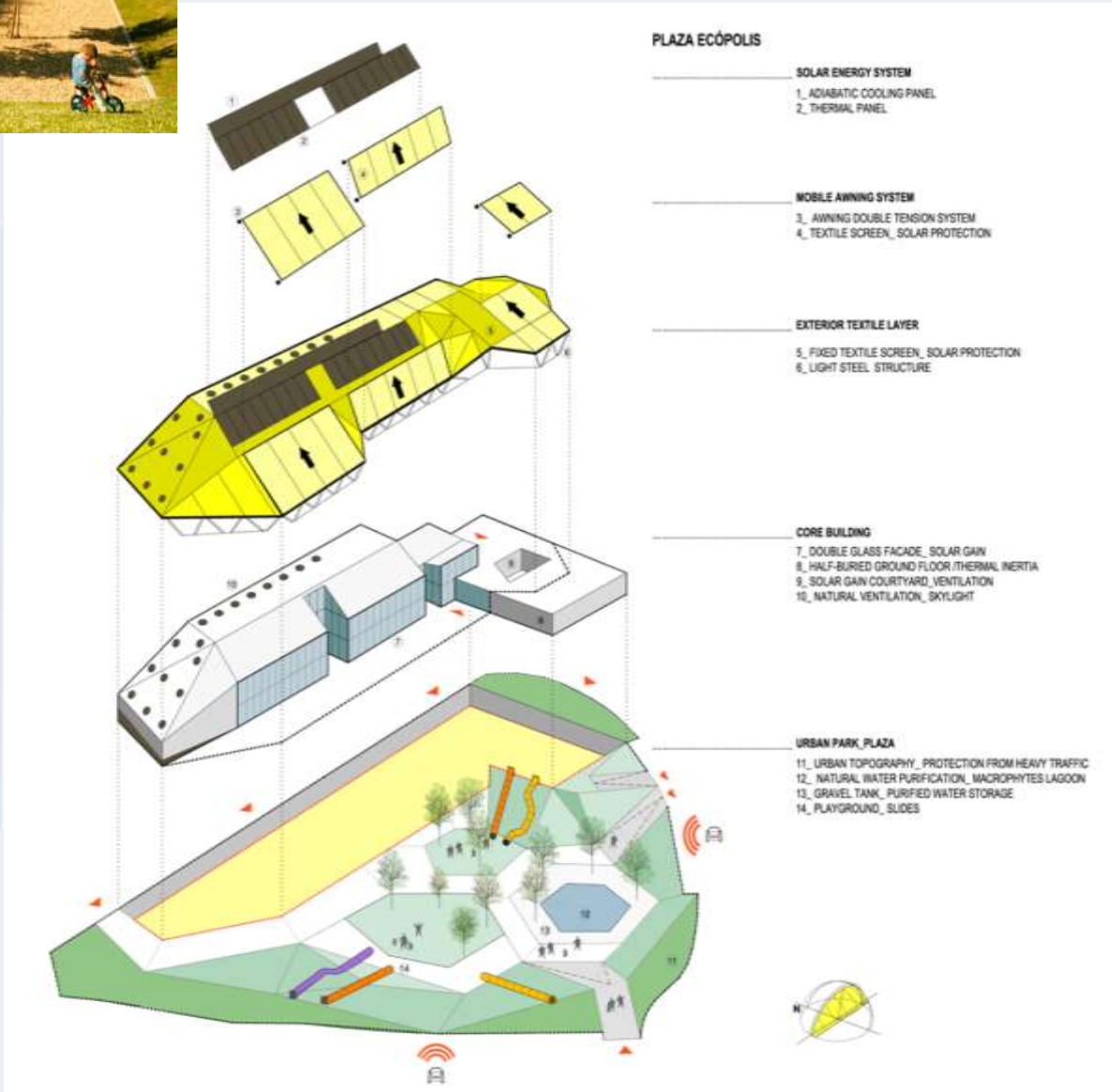
©GRUP

Evaporativo y enfriadora



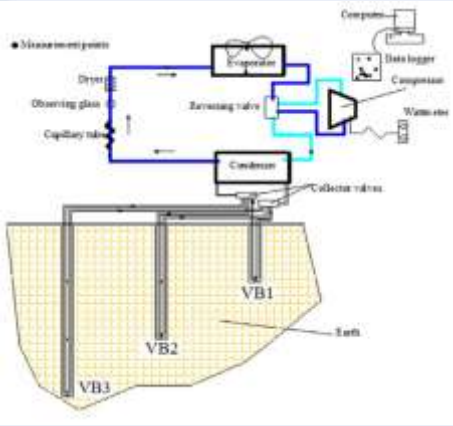


Ejemplo 2

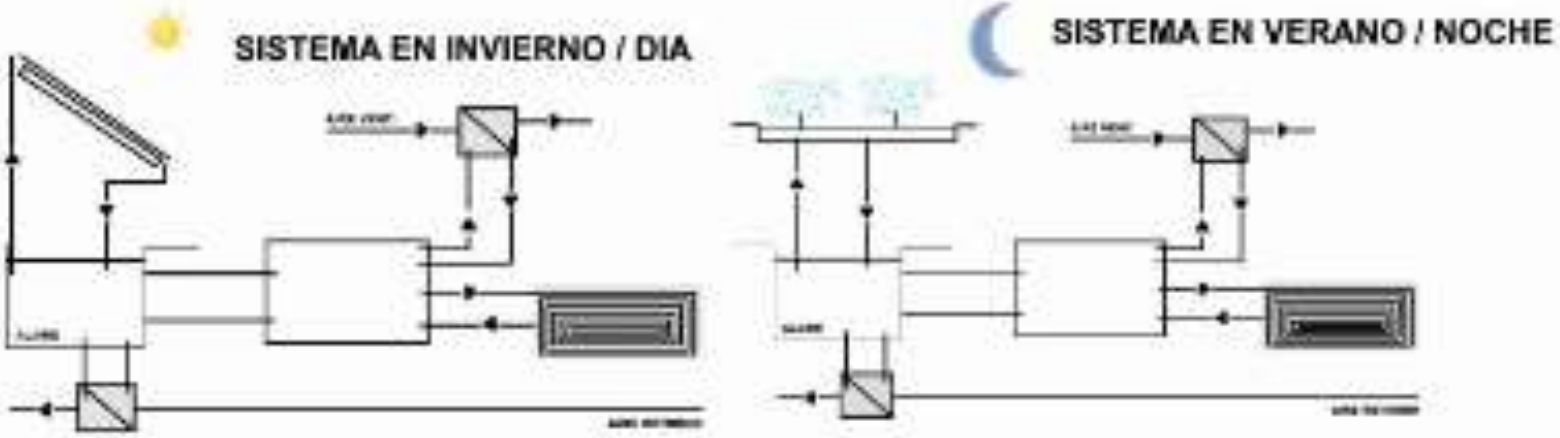

PLAZA ECÓPOLIS
SOLAR ENERGY SYSTEM
1_ ADIABATIC COOLING PANEL
2_ THERMAL PANEL
MOBILE AWNING SYSTEM
3_ AWNING DOUBLE TENSION SYSTEM
4_ TEXTILE SCREEN_ SOLAR PROTECTION
EXTERIOR TEXTILE LAYER
5_ FIXED TEXTILE SCREEN_ SOLAR PROTECTION
6_ LIGHT STEEL STRUCTURE
CORE BUILDING
7_ DOUBLE GLASS FACADE_ SOLAR GAIN
8_ HALF-BURIED GROUND FLOOR /THERMAL INERTIA
9_ SOLAR GAIN COURTYARD_ VENTILATION
10_ NATURAL VENTILATION_ SKYLIGHT
URBAN PARK_PLAZA
11_ URBAN TOPOGRAPHY_ PROTECTION FROM HEAVY TRAFFIC
12_ NATURAL WATER PURIFICATION_ MACROPHYTES LAGOON
13_ GRAVEL TANK_ PURIFIED WATER STORAGE
14_ PLAYGROUND_ SLIDES
©GRUPOTERMOTECNIA

Estanque de disipación (captación en invierno)

Se pueden usan equipos agua / aire o agua / agua con rendimientos equivalentes a las soluciones de geotermia



©GRUPOTERMOTECNIA

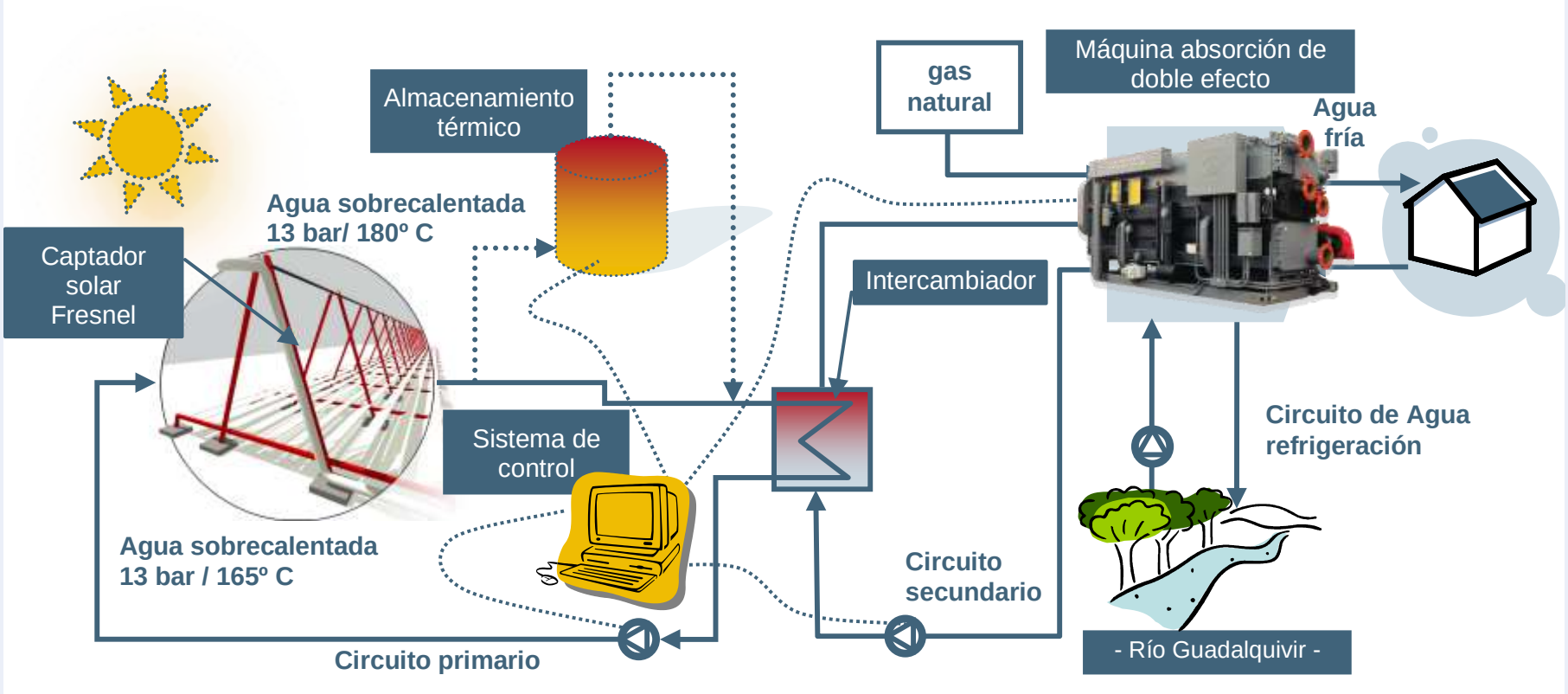


©GRUPOTERMOTECNIA

Refrigeración solar

©GRUPOTERMOTECNIA

Ejemplo de sistema innovador: Refrigeración solar por absorción Escuela de Ingenieros de Sevilla



- **Engineering School (main building).- 35000 m2**

©GRUPOTERMOTECNIA

Refrigeración Solar

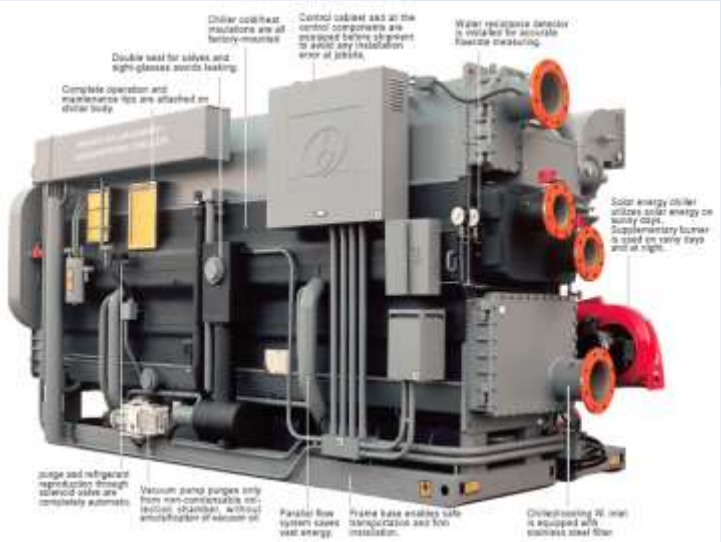
Funcionamiento

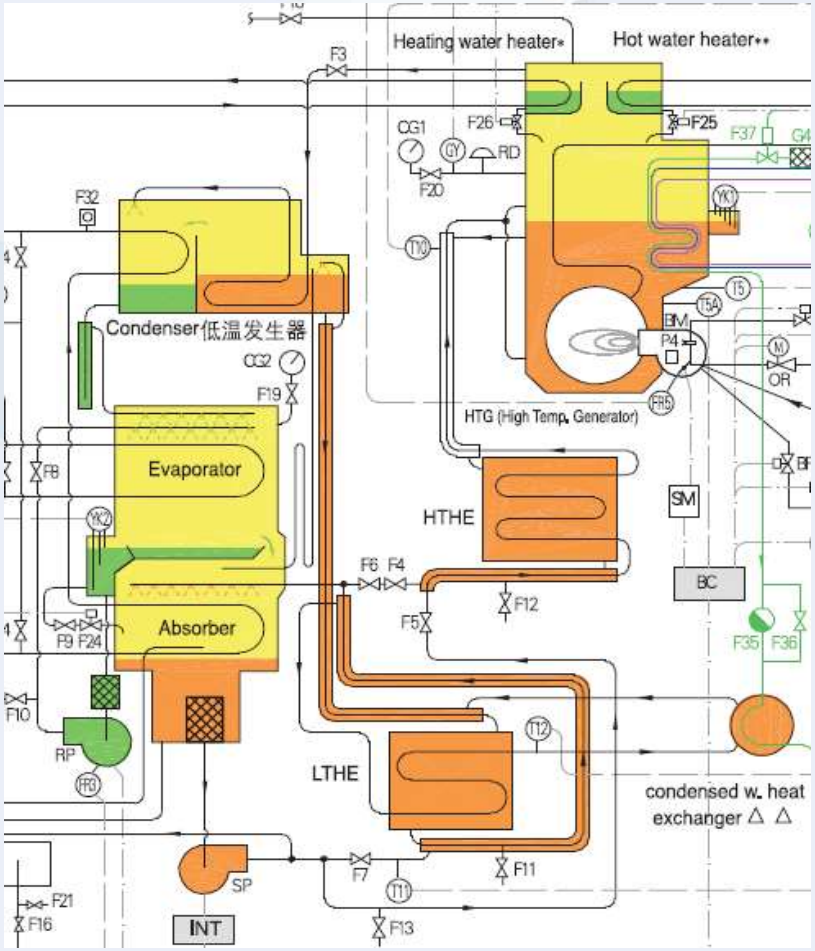
Captadores solares Fresnel

©GRUPOTERMOTECNIA

- **Absorption Chiller: BROAD BZH15**

  Double effect
  H2O/BrLi
  Nominal power: 174 kW
  COP=1.34

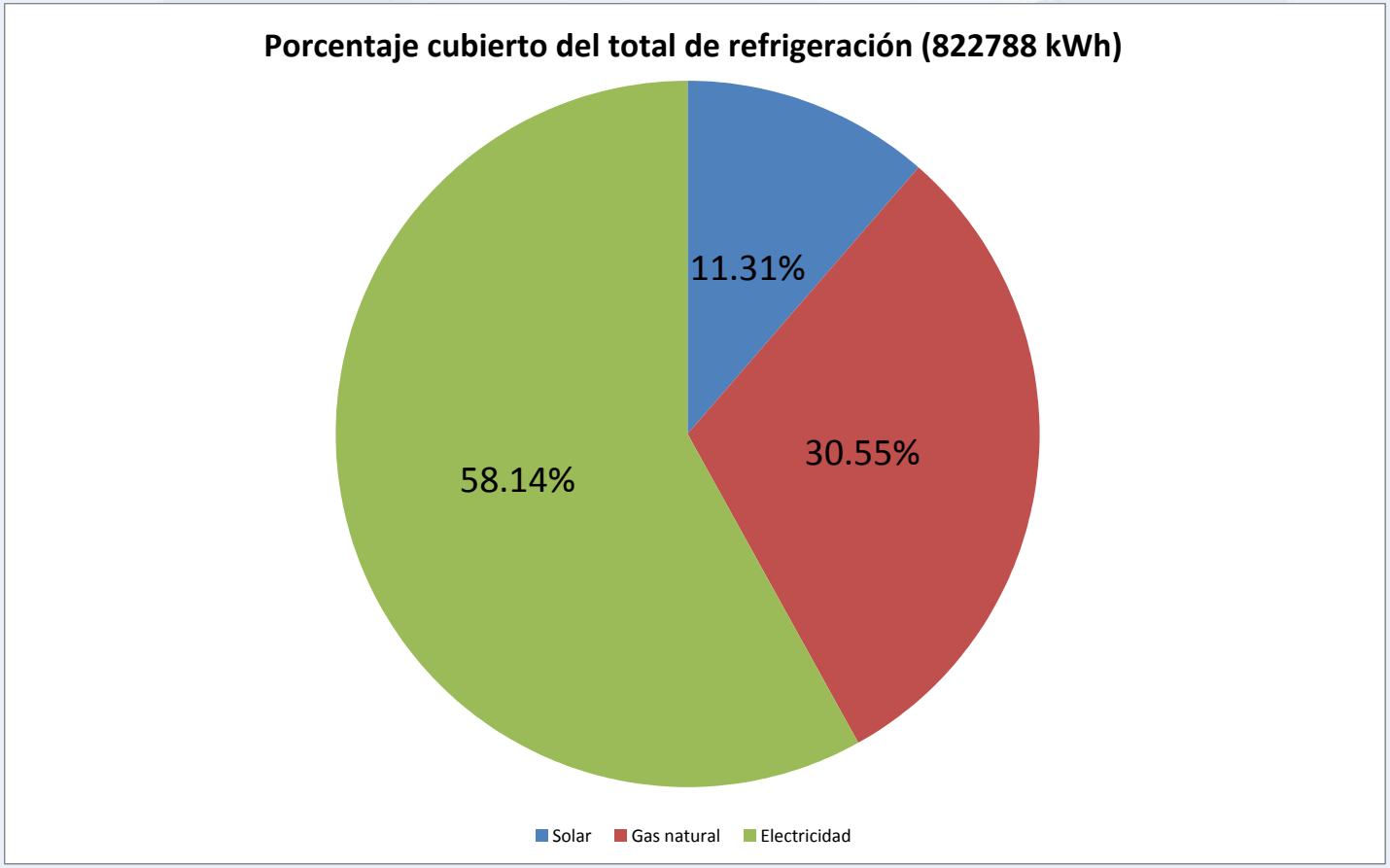




©GRUPOTERMOTECNIA

Monitoring and evaluation (2009)

Energy consumption by fuel source



©GRUPOTERMOTECNIA

Aplicación a viviendas (propuesta de proyecto lighthouse al H2020)

©GRUPOTERMOTECNIA

Estrategia general

- Reducción de la demanda
- Gestión de la demanda
  - Preheating and precooling:
    - Operación equipos (on /off)
    - Consignas
  - Operación ventilación para IAQ
  - Operación control solar
  - Operación ventilación nocturna
- Producción innovadora de energía

©GRUPOTERMOTECNIA

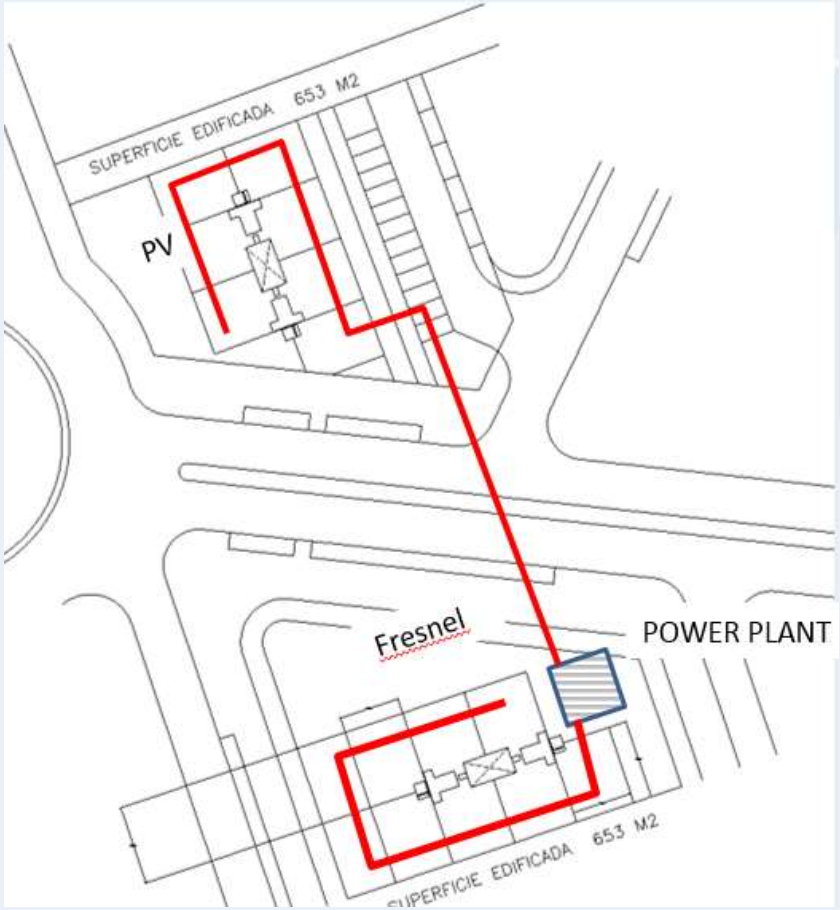
Energy production

- Caldera biomasa con almacenamiento (calefacción y ACS)
- Caldera biomasa + colector Fresnell + almacenamiento en PCM + máquina absorción
- PV .-Electricidad para la instalación (bombas y ventiladoras + iluminación exterior

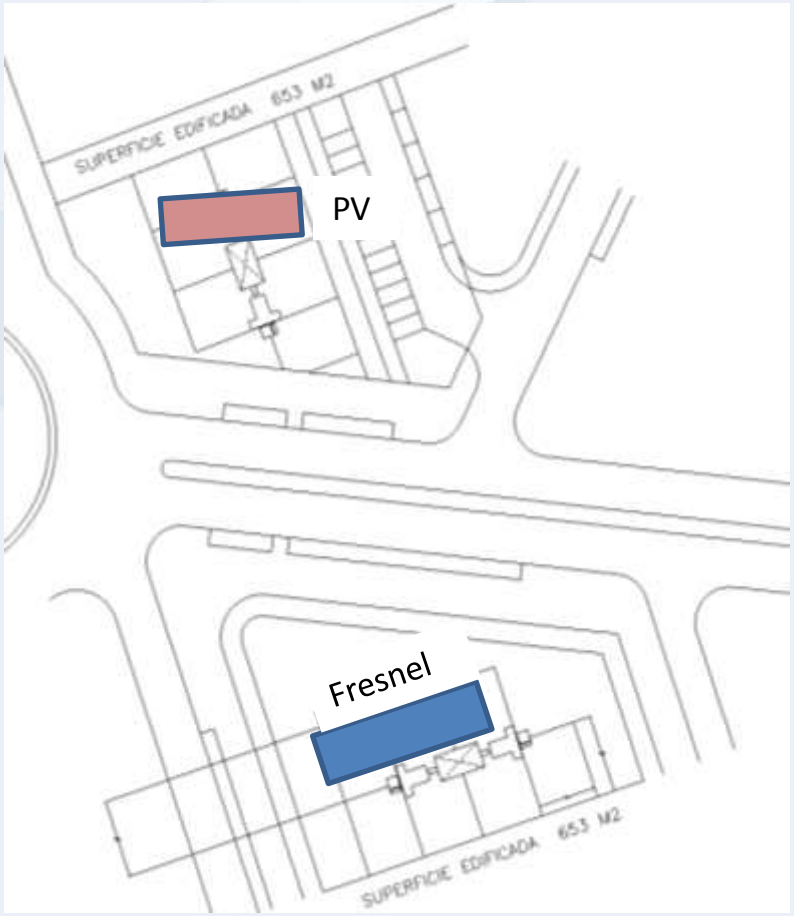
©GRUPOTERMOTECNIA

Producción y distribución de energía

HEATING, COOLING, DHW

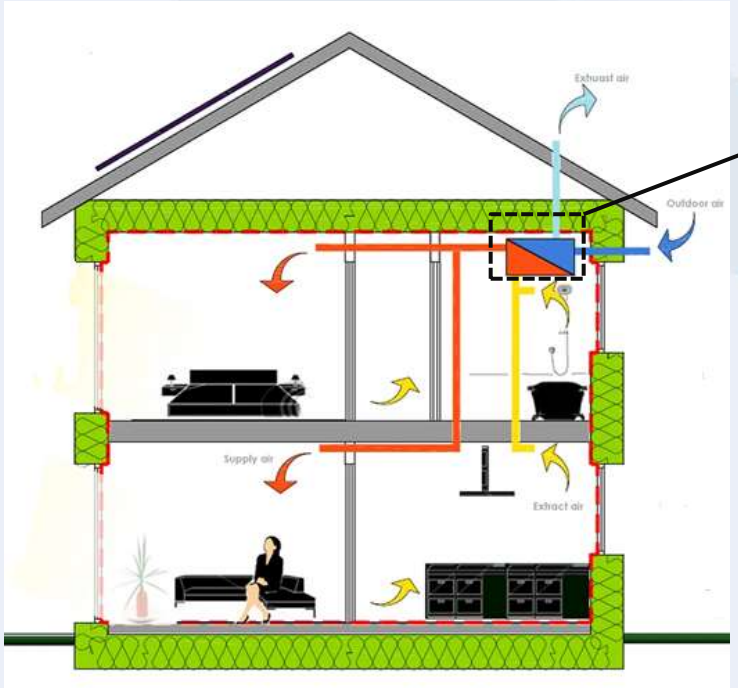


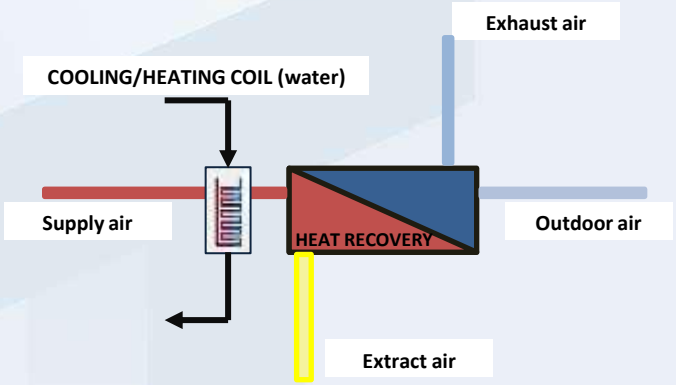
SOLAR



©GRUPOTERMOTECNIA

Distribución calefacción y refrigeración





©GRUPOTERMOTECNIA

Conclusiones

- La hoja de ruta derivada de los compromisos del 2020 (y en adelante) implica reglamentaciones más estrictas con demandas energéticas al nivel de edificios pasivos.
- Los elementos y estrategias tradicionales son en muchos casos incapaces por si solos de llegar a los límites exigidos.
- La disponibilidad de fuentes y sumideros medioambientales puede potencialmente eliminar las demandas energéticas en una gran parte de los edificios de muchas localidades con climas no extremos.
- El diseño apropiado de edificios pasivos basados en el uso de las fuentes y sumideros citados no puede llevarse a cabo sin un uso inteligente de la inercia térmica.

©GRUPOTERMOTECNIA

EMVISESA

CELEBRACIÓN DE II JORNADAS DE FORMACIÓN CON MOTIVO DEL CENTENARIO DEL PATRONATO MUNICIPAL DE LA VIVIENDA, EN 2.018.

Eficiencia Energética y sostenibilidad: Elementos activos innovadores

Servando Álvarez Domínguez
Catedrático de la Universidad de Sevilla

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

GRUPOTERMOTECNIA