

Nuevo DTIE 9.05

ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN DE SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

José Manuel Cejudo López
ETSII-UMA

5º Encuentro ATECYR 29/05/09

Antecedentes

- **DTIE 9.01 Sistemas de climatización**
- **DTIE 9.02 Relación entre el edificio y el sistema de climatización**
- **DTIE 9.03 Sistemas de climatización para viviendas, residencias, y locales comerciales**
- **DTIE 9.04 Sistemas de suelo radiante**

Murcia, 29/05/09

Razones para un nuevo DTIE de sistemas

Modificación normativa

Directiva 2002/91/CE
Código Técnico de la Edificación CTE: RITE, HE-4
Nuevas exigencias de los métodos de cálculo
Requerimientos de ventilación
Enfriamiento gratuito y recuperación del calor de extracción
Energías renovables...

Actualización tecnológica

Nuevos equipos de compresión mecánica
Máquinas de absorción
Sistemas de cogeneración
Sistemas radiantes

Murcia, 29/05/09

¿Cuál debía ser el contenido?

- # Aspectos prácticos que sirvan al proyectista
- # Criterios de elección del sistema. ¿Para qué edificio es adecuado cada sistema?
- # Nuevos sistemas:
 - Renovables,
 - Microturbinas,
 - Pilas de combustibles,
 - Geotermia
 - etc.
- # Incluir la elección del sistema desde el punto de vista de la unidad terminal
- # Conclusión: Enciclopedia climatización

Murcia, 29/05/09

Situación de partida

- # En numerosas instalaciones el sistema de climatización no funciona a plena carga ninguna hora del año
- # El 90% de los sistemas de calefacción analizados en Inglaterra operan con un control ineficiente
- # El rendimiento medio estacional obtenido de un estudio de sistemas de calefacción en el sector residencial es del 30%
- # En muchos casos las quejas sobre sistemas de climatización provienen de no alcanzar el confort pero, ¿cuál es el rendimiento de los sistemas?

Murcia, 29/05/09

Estructura del documento

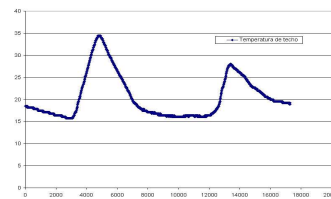
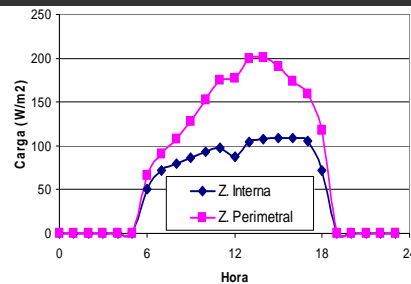
- # Cap. 1 Conceptos previos y antecedentes
- # Cap. 2 Criterios de elección de sistemas
- # Cap. 3 Elementos de un sistema de climatización
- # Cap. 4 Tipos de sistemas de climatización
- # Cap. 5 Estudio de casos

Murcia, 29/05/09

Cap. 1: Conceptos previos

Índice capítulo 1:

- 1.1 Alcance
- 1.2 Zona
- 1.3 Carga sensible y latente. Local y ventilación
- 1.4 Carga en el sistema
- 1.5 Inversión térmica simultánea y sucesiva
- 1.6 Normativa actual relativa a sistemas



Murcia, 29/05/09

Cap. 2: Criterios de elección de sistemas

Índice capítulo 2

- 2.1 Costes de un sistema
- 2.2 Confort alcanzado
- 2.3 Flexibilidad
- 2.4 Espacio requerido por el sistema

Costes de un sistema

SISTEMA	MJ/kg	% de la energía incorporada
<i>Caldera, incluyendo intercambiador de acero inoxidable</i>	16,33	4,27
<i>Distribución de agua (tubería de cobre, bombas y accesorios)</i>	48,40	7,31
<i>Radiadores</i>	32,80	42,55
<i>Sistema de ventilación (ventilador y conductos de chapa)</i>	28,80	2,86
<i>Mano de obra</i>	---	43,01

Tabla 2.1 Energía incorporada en un sistema de calefacción (elaborado de referencia [2.1])

Inversión inicial

$$C = C_r \left(\frac{P}{P_r} \right)^m$$

donde:

C: Coste del sistema de potencia instalada P (€)
 P: Potencia instalada (kW)
 C_r: Coste del sistema de referencia (€)
 P_r: Potencia instalada del sistema de referencia (kW)
 m: exponente que toma valores entre 0,5 y 1

Sistema	€/kW	Relación de coste
<i>Sistema partido unizona todo-nada</i>	450	0,45
<i>Sistema partido unizona inverter</i>	600	0,60
<i>Sistema partido multiinverter</i>	750	0,75
<i>Sistema compacto (Roof-top)</i>	850	0,85
<i>Sistema todo aire caudal constante con PE y caldera de gas</i>	1100	1,10
<i>Caudal de refrigerante variable</i>	1300	1,30
<i>Sistema todo aire caudal variable con PE y caldera de gas</i>	1250	1,25
<i>Sistema de fan-coil a 2T con red de aire primario, con PE y caldera de gas</i>	1000	1,00
<i>Sistema de fan-coil a 4T con red de aire primario, con PE y bomba de calor</i>	1300	1,30
<i>Sistema de inductores con red de aire primario, con PE y caldera de gas</i>	1400	1,40
<i>Sistema de bomba de calor individual en anillo de agua atemperada</i>	1700	1,70

Coste de mantenimiento

SISTEMA	RELACIÓN DE COSTE
Sistema compacto (Roof-top)	0,85
Sistema todo aire caudal constante con PE y caldera a gas	2,24
Caudal de refrigerante variable	1,10
Sistema todo aire caudal constante con enfriadora de absorción y caldera a gas	2,90
Sistema todo aire caudal variable con PE y caldera a gas	1,35
Sistema de fan-coil 2T con red de aire primario con PE de compresión mecánica y bomba de calor	1,00
Sistema de fan-coil 4T con red de aire primario con PE de compresión mecánica y bomba de calor	1,48
Sistema de inductores con red de aire primario con PE de compresión mecánica y bomba de calor	1,54
Sistema de bomba de calor individual en anillo de agua atemperada	2,20

Coste de operación

EEUU:

$$IPLV = \frac{1}{\frac{0,01}{A} + \frac{0,42}{B} + \frac{0,45}{C} + \frac{0,12}{D}}$$

A: EIR al 100% de carga
 B: EIR al 75% de carga
 C: EIR al 50% de carga
 D: EIR al 25% de carga

Europa:

$$ESEER = A \times EER_{100\%} + B \times EER_{75\%} + C \times EER_{50\%} + D \times EER_{25\%}$$

% Carga	Temp. Aire (°C)	Temp. Agua (°C)	Coefficiente (A, B, C, D)
100	35	30	A=0,03
75	30	26	B=0,33
50	25	22	C=0,41
25	20	18	D=0,23

Tabla 2.4 Coeficientes para el cálculo del rendimiento estacional

Confort: oscilación térmica

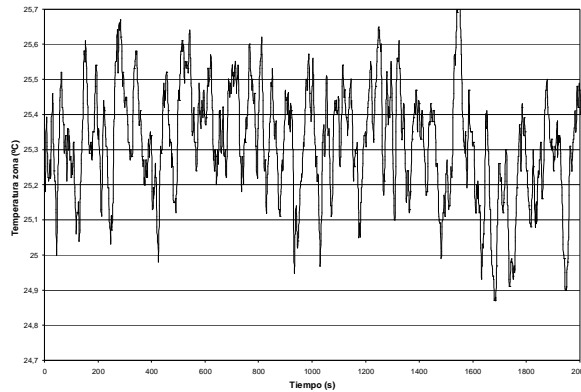
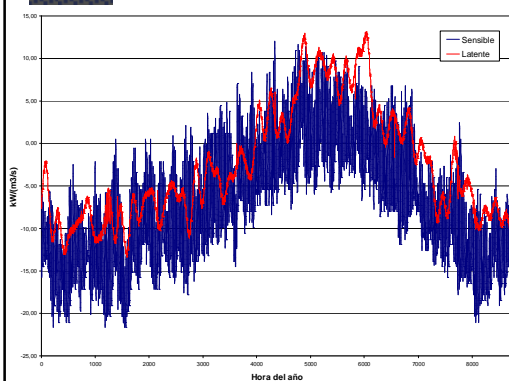


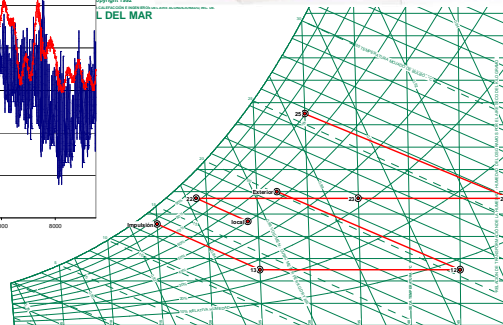
Figura 2.2 Temperatura en un local climatizado con equipo inverter de pequeña potencia

Confort: control de humedad



A DE ASIRAE PPTC
POTENCIA NOMINAL
SOMÉTRICA 101.32
Ejemplar 1992

L DEL MAR



Confort: ruido

EQUIPO	POTENCIA SONORA (dBA)	OBSERVACIONES
Unidad exterior compresión mecánica hasta 12 kW	62-73	
Unidad interior hasta 12 kW	48-75	El máximo valor se da en unidades para conductos
Rejillas, difusores o toberas	25-42	
Ventiloconvector	26-64	
Inductor de techo	25-38	La suciedad en la tobera puede general ruidos de alta frecuencia
Caja de caudal variable	31-72	Sin silenciador
Planta enfriadora de agua condensada por aire con compresor scroll	65-92	Hasta 210 kW de potencia frigorífica
Planta enfriadora de agua compresor alternativo	60-95	
Planta enfriadora de agua condensada por aire con compresor de tornillo	89-96	Entre 400 kW y 600 kW de potencia frigorífica
Planta enfriadora de agua de absorción	44-62	Por llama directa hasta 100 kW
Unidad de cubierta (roof-top)	77-90	
Torre de refrigeración (de más de 75 kW)	96+10logP (P: Pot. Ventilador kW) 93+7logP (P: Pot. Ventilador kW)	Con ventilador axial Con ventilador centrifugo

Espacio requerido

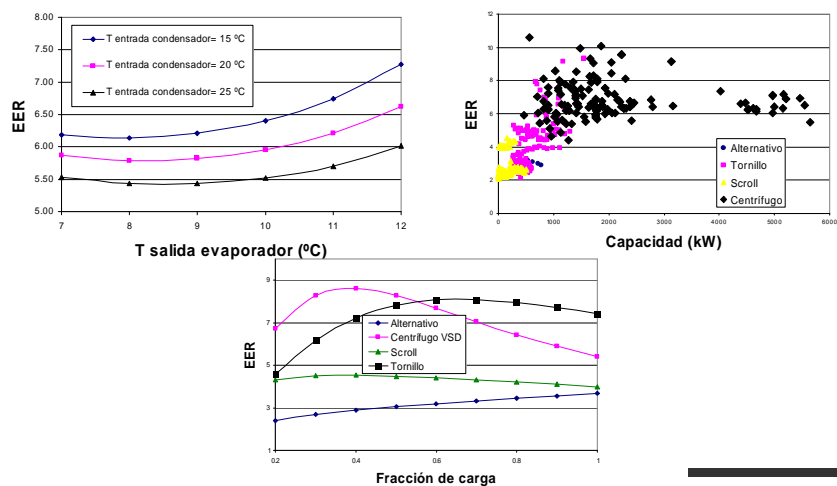
Sistema de producción	Otra información	Espacio requerido
Enfriadora de agua condensada por agua (incluye sistema bombas, tuberías y sistema de control)	Compresión mecánica 1000 kW	50 m ² × 3 m
	Compresión mecánica 2000 kW	63 m ² × 3 m
	Absorción llama directa 17,5 kW	10 m ² × 2,5 m
	Absorción llama directa 300 kW	20 m ² × 2,5 m
	Absorción accionada por vapor 300 kW	70 m ² × 3,5 m
Enfriadora de agua condensada por aire (en exterior, incluye espacio para instalación y mantenimiento)	200 kW	39 m ²
	600 kW	75 m ²
	1000 kW	98 m ²
Caldera (incluye bombas, tuberías, y espacio para mantenimiento)	100 kW	15 m ² × 3 m
	1000 kW	80 m ² × 4 m
Torre de refrigeración		50 m ² + kW/66 m ²
Climatizadora	Con aire recirculado	8 m ² por m ³ /s
	Todo aire exterior	5 m ² por m ³ /s

Cap. 3: Elementos de un sistema de climatización

Índice capítulo 3

- 3.1 Introducción
- 3.2 Producción de frío
- 3.3 Producción de calor
- 3.4 Sistemas combinados de generación
- 3.5 Almacenamiento
- 3.6 Transporte
- 3.7 Intercambio
- 3.8 Bocas y unidades terminales
- 3.9 Control

Producción frío: compresión mecánica



Producción frío: absorción y adsorción

Absorción

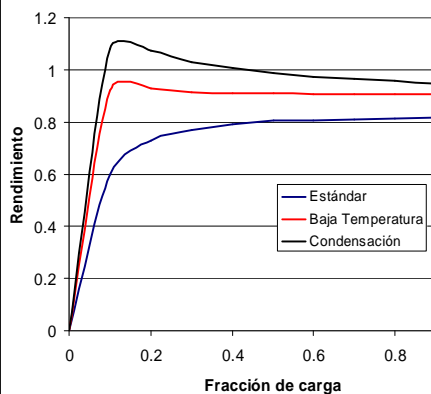
Tipo de máquina de absorción	Capacidad (kW)	Temperatura activación (°C)	EER nominal	IPLV
Simple efecto	10-1700	80-110	0,6-0,7	0,63-0,77
Doble efecto	100-4400	> 120	0,92-1,2	1,04-1,30

Adsorción

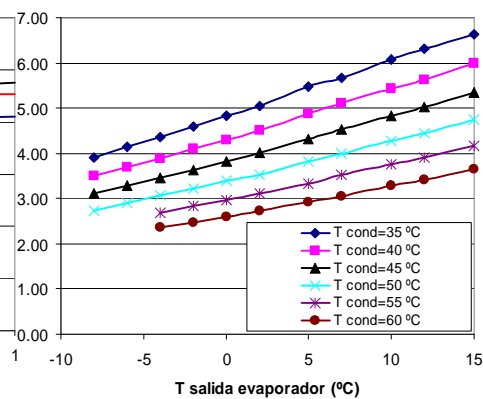
Tipo de máquina de adsorción	Capacidad (kW)	Temperatura activación (°C)	EER nominal
Gel de sílice	70-400	60-95	0,65

Producción de calor

Calderas



Bombas de calor

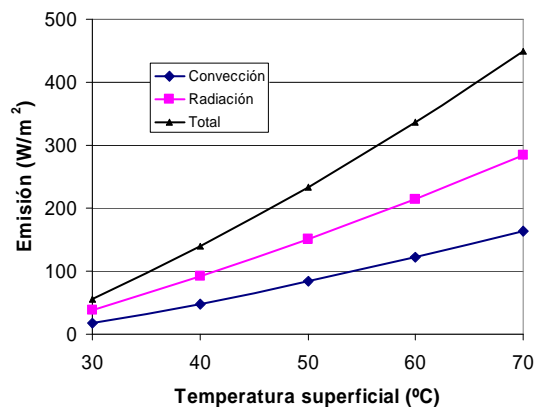


Otros sistemas: Captadores solares, enfriamiento evaporativo, etc

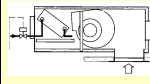
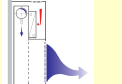



Sistemas combinados de generación

	<i>Turbinas de vapor</i>	<i>Turbinas de gas</i>	<i>MCI</i>	<i>Motor Stirling</i>	<i>Pilas de combustible</i>
PE	400kWe-300MWe	25kWe-50MWe	3kWe-20MWe	1-100kWe	1kWe-1MWe
E/Q	0,1-0,5	0,2-0,83	0,2-2	1,25-2	0,67-2
η_e	60%-85%	65%-90%	70%-92%	60%-80%	80%-90%
Calor	Vapor alta temperatura y presión	Vapor a alta y baja presión y agua a alta temperatura	Vapor a baja presión y agua a baja y media temperatura	Agua caliente	Vapor a alta y baja presión y agua caliente
Encendido	> 1 hora	1-10 min	10 s	-	3-8 horas
Costes					
-Instalación	400-1500 €/kWe	400-900 €/kWe	350-1000 €/kWe	-	900-3300 €/kWe
-O&M	0,27c€/kWh	0,3-1,5 c€/kWh	0,5-1,5 c€/kWh	-	0,5-1,0 c€/kWh
Combustible	Cualquiera	GN, biogas, GLP	Diesel, GN, biogas, GLP	GN, combustibles líquidos	GN, biogas, GLP, Hidrógeno
Madurez	Comercial	Comercial	Comercial	En desarrollo	Pocas instalaciones

Unidades terminales: superficies radiantes



Unidades terminales con agua

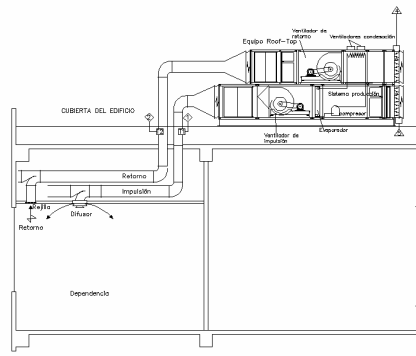
	Ventiloconvectores	Inductores	Radiadores	Suelo radiante	Techo frío
					
Ventajas	-Flexibilidad en diseño -Buen control de cada zona -Menor contaminación cruzada	(1) -Poco espacio para conductos -Bajo coste de operación -Buen control de cada zona -Aplicable a edificios con particiones cambiantes	-No provocan movimiento de aire	-Excelente distribución de temperatura -Bajo coste de operación y mantenimiento -No provoca movimiento del aire -No ocupa espacio en la zona	(2) -Mejor rendimiento de la producción frigorífica -No ocupa espacio en planta -Mayores temperaturas del aire por efecto radiante -Bajo mantenimiento
Inconvenientes	-Requiere drenaje -Mayor humedad relativa en carga parcial que con volumen de aire variable -Mayor nivel de ruidos -Mantenimiento (limpieza de filtros, etc)	-Elevada inversión inicial -Diseño, instalación y operación más complejo que con ventiloconvector -No pueden anularse individualmente las unidades	-Requiere ventilación separada -Son muy dependientes de la temperatura de agua. -Espacio ocupado en las zonas	-Requiere ventilación separada -Elevada inversión inicial -Regulación compleja -Potencia de emisión limitada por las temperaturas superficiales	-Requiere ventilación separada -Riesgo de condensación en el techo -Requiere aislamiento en la parte superior del techo -No válido en calefacción
Parámetros de diseño	-Calefacción: 80 °C a 50 °C (con $\Delta t=10^{\circ}\text{C}$ a 5°C) -Refrigeración: 5-12 °C (con $\Delta t=5-6^{\circ}\text{C}$)	-Velocidad en conductos: 15-20 m/s -R. de inducción > 3:1 -Presión requerida en unidades: 200 Pa -Calefacción: 80 °C (con $\Delta t=10^{\circ}\text{C}$) -Refrigeración: 5-10 °C (con $\Delta t=5-6^{\circ}\text{C}$)	-Temperatura del agua caliente: 90-60 °C - $\Delta t = 10-20^{\circ}\text{C}$	-Temperatura del agua caliente: 35-45 °C - $\Delta t = 5-15^{\circ}\text{C}$ -Capacidad: 100 W/m ² -Temperatura máxima del suelo: 26 °C (personas de pie)	-Temperatura del agua enfriada: 15 °C - $\Delta t = 3^{\circ}\text{C}$ -Capacidad: 30-80 W/m ² -Temperatura del techo: 18 °C (superior a la de rocío del aire del local)
Aplicaciones	Oficinas, hoteles, sector residencial de nivel	Oficinas, hoteles, hospitales.	Calefacción convencional, todos los sectores	Calefacción a baja temperatura. Sector residencial, locales de gran altura	Oficinas, edificios públicos

Cap. 4: Tipos de sistemas de climatización

Índice capítulo 4

- 4.1 Criterios de clasificación
- 4.2 Tipología de edificios y sistemas de climatización más utilizados
- 4.3 Sistemas compactos de pequeña potencia
- 4.4 Sistemas partidos
- 4.5 Unidades compactas de cubierta (Roof-top)
- 4.6 Caudal de refrigerante variable
- 4.7 Sistema de aire de caudal constante
- 4.8 Sistema de aire de caudal constante con bypass
- 4.9 Sistema de aire de caudal variable
- 4.10 Otros sistemas de aire
- 4.11 Sistema de agua con ventiloconvectores (fancoils)
- 4.12 Sistema de agua con inductores
- 4.13 Sistema de bomba de calor agua-aire en anillo
- 4.14 Sistemas radiantes. Suelos radiantes
- 4.15 Techos fríos

Unidades de cubierta (roof-top)



- Accionamiento de compuerta
- ▽ Actuador
- ◇ Señal de sonda

3/02/09

Descripción
Criterios de diseño
Ventajas e inconvenientes
Aplicaciones

Ventajas e inconvenientes

Ventajas

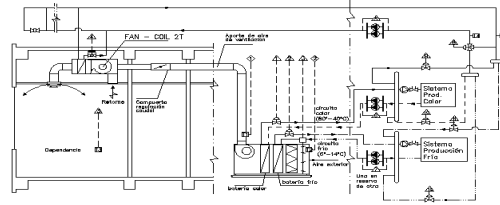
- Bajo inversión inicial
- No ocupa espacio en planta
- Multizona cuando existen varias unidades
- Relativamente simple
- Permite el enfriamiento gratuito y la recuperación del calor de extracción
- Prestaciones garantizadas por el fabricante, al contrario que los equipos montados in situ.

Inconvenientes

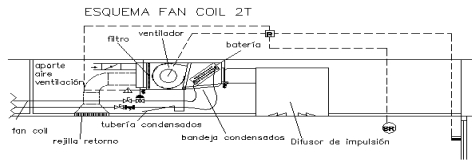
- Coste de mantenimiento cuando hay muchas unidades
- Mayor potencia instalada que en equipos centralizados
- La capacidad de control puede no ser continua
- Control de la humedad en unidades de expansión directa que se adaptan a la carga parcial con ciclos de parada y marcha. Cuando la unidad comienza a funcionar después de una parada, el agua que existe en la batería se incorpora a la corriente de aire

3/02/09

Ventiloconvectores (fancoils)

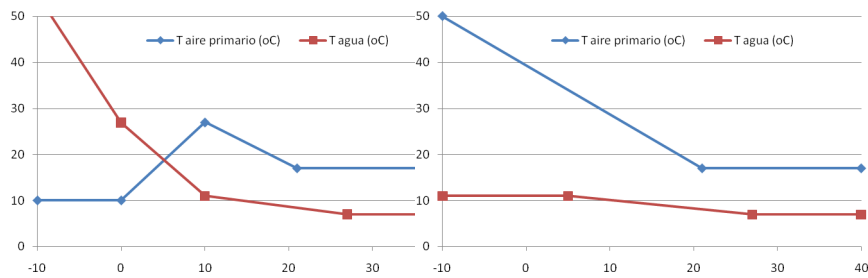


- ◊ Señal de sonda
- △ Actuador
- ▣ Válvula de 2 vías automática
- ▢ Válvula de 2 vías motorizada y equilibrada dinámica
- ▤ Válvula automática de tres vías
- ▥ Contacto magnético para desconexión de ventiladores en caso de apertura de sus puertos de registro.
- ▧ Equipo compacto Marcha/Para fancoil, selector de velocidad y regulación de temperatura, dotado de sonda ambiente.
- ▩ Regulador de control de Fancoil
- ▨ Filtro de malla metálica
- ▩ Válvula de bola
- ◉ Bomba caudal variable
- ◉ Bomba caudal constante
- ▢ Válvula equilibrada dinámica
- ▣ Válvula equilibrada dinámica by-pass mínimo



3/02/09

Ventiloconvectores (fancoils)



Con inversión del ciclo

Sin inversión del ciclo

3/02/09

Cap. 5: Estudio de casos

Índice capítulo 5

- 5.1 Residencia de ancianos de Carlos Haya (Málaga)
- 5.2 Museo del automóvil de Málaga
- 5.3 Delegación de Educación de Cuenca
- 5.4 Hotel de cinco estrellas en Antequera (Málaga)
- 5.5 Edificio de oficinas en Sevilla
- 5.6 Hospital de Roquetas de Mar (Almería)

3/02/09

Hospital de Roquetas (Almería)

Descripción del edificio

Sistema de climatización

Producción

Transporte

Unidades terminales

Ventilación

Justificación del sistema elegido

Presupuesto

PEM: 3.400.000 €

PEM / m² climatizado: 212 €

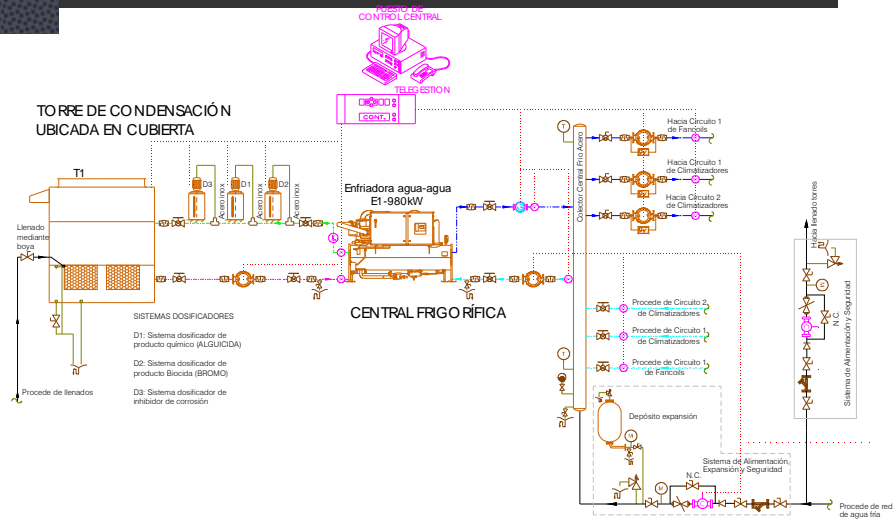
PEM / m² construido: 148 €

PEM / kW: 1.420 €

Modo	Carga máxima simultánea	Ratio carga total	Ventilación (m ³ /h)
Refrigeración	2.400.000 W	150 W/m ²	173.000
Calefacción	1.400.000 W	88 W/m ²	173.000

3/02/09

Hospital de Roquetas (Almería)



DTIE Sistemas de Climatización



Gracias por su atención