ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y CLIMATIZACIÓN DE PISCINAS CUBIERTAS

Rafael Ros Urigüen
Ingeniero Industrial

SEDICAL, S.A.

Impreso nº 2000340, feb 2011

Energía Solar Térmica y Climatización de Piscinas Cubiertas

1. **Introducción**

2. **Aplicaciones de obligado cumplimiento**
   - **2.1.** Producción de agua caliente sanitaria
   - **2.2.** Climatización de piscina cubierta
     - **2.2.1.** Superficie de colectores
       - **o** Ejemplo de cálculo
       - **o** Cálculo mediante software “Sedical”. Superficie de colectores para pérdidas térmicas del vaso.

3. **Deshumidificadora de piscina**
   - **o** Ejemplo de cálculo
   - **o** Cálculo mediante Software “Sedical”. Deshumidificación, pérdidas térmicas y potencia de puesta en marcha
   - **o** Cálculo mediante Software “Sedical”. Superficie de colectores para producción ACS.

4. **Deshumidificación de piscina cubierta sin refrigerantes**
   - **4.1.** Deshumidificación mediante aire exterior en cantidad variable con recuperador de calor de placas aire/aire
     - **4.1.1.** Ejemplo de cálculo
       - a. Humedad específica mínima (situación invierno)
       - b. Humedad específica máxima (situación verano)
   - **4.2.** Sistema DEC
     - **4.2.1.** Descripción del sistema
     - **4.2.2.** Ejemplo de cálculo

5. **Conclusiones**

1. Introducción

Afortunadamente, la energía solar térmica, tan utilizada recientemente en nuestro país, tiene, sin duda, un enorme futuro, pero deberá encontrar nuevas aplicaciones que la hagan más atractiva, tanto para el usuario final como para la ingeniería y la empresa instaladora.

Los proyectos e instalaciones que hoy se están haciendo, muy a menudo, se realizan no tanto por el ahorro de energía y por razones de conservación del medio ambiente, sino únicamente para cumplir con la obligatoriedad impuesta por el nuevo Código Técnico de la Edificación. Este código es aplicable a los edificios de nueva construcción y a la rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.

2. Aplicaciones de obligado cumplimiento

En la práctica, su uso se ha generalizado sólo a las dos aplicaciones que son de obligado cumplimiento:

2.1. Producción de agua caliente sanitaria

Nunca soluciona completamente la producción y, de hecho, el sistema auxiliar de producción que se instala es para producir el 100% de la energía demandada. Cálculo e instalación sencillos. Importante ahorro de energía durante todo el año.

La determinación de la superficie de colectores se realiza mediante programas informáticos, hoy en día al alcance de todos. El cálculo debe hacerlo un técnico competente familiarizado con las técnicas de intercambio de calor. Es evidente que los colectores con las mejores prestaciones térmicas pueden fracasar si no son capaces de liberar eficazmente toda la energía producida en ellos al circuito secundario de consumo.

El diseño del intercambiador de calor, del sistema de expansión, de las bombas circuladoras, del equilibrado hidráulico de caudales y del separador de las microburbujas de aire en el circuito solar debe realizarse con criterio por un técnico especializado y tiene la misma importancia o más que la determinación de la superficie de colectores.

El programa de software de Sedical calcula la superficie de colectores necesaria para una determinada demanda total de ACS en litros/día, de acuerdo con la contribución solar mínima en % asignada por el “Código”. Calcula, además, el intercambiador de calor de placas, el sistema de expansión, las bombas circuladoras y el separador de las microburbujas de aire. Utilizaremos este programa para calcular la superficie de colectores para la producción del agua caliente sanitaria de una piscina.

2.2. Climatización de piscina cubierta

Si bien para el calentamiento del agua del vaso de una piscina descubierta es una aplicación adecuada, ya que consigue alargar la temporada de baño en 2 ó 3 meses, para climatización de una piscina cubierta veremos que no es la aplicación que térmicamente resulta más conveniente, y el “Código” debe interpretarse de forma diferente.

Recordemos que el aire en contacto con el agua absorbe siempre vapor de agua, a no ser que esté saturado de humedad. La manifestación de esta “ley física” en el recinto de una piscina cubierta conlleva la formación de vapor de agua, que pasa de la lámina del vaso al aire del recinto, y el consiguiente enfriamiento del agua del vaso, ya que la energía para la evaporación del agua la toma de la propia agua del vaso. En resumen, el aire del recinto se carga de vapor de agua, y el agua del vaso se enfría.

La climatización de una piscina cubierta supone: la deshumidificación permanente del aire del recinto, que debe controlar su humedad relativa (60-65%) para evitar que se produzcan condensaciones en las superficies frías del recinto; el calentamiento del agua del vaso (25 a 28ºC); y el calentamiento del aire del recinto, que debe tener una temperatura superior al agua del vaso (27 a 31ºC).

El "Código", en función de la zona climática, asigna en % la contribución solar mínima anual para la aplicación en piscinas cubiertas. El objetivo es compensar las pérdidas térmicas del vaso mediante energía solar, evitando el enfriamiento del agua del vaso.

2.2.1. Superficie de colectores

El cálculo de la superficie de colectores se realiza, como en el caso de la producción de agua caliente sanitaria, mediante programas informáticos. Básicamente se calculan las pérdidas térmicas que se tienen en el vaso y las consiguientes demandas energéticas, en función de los datos meteorológicos de la localización de la piscina, que se producen mes a mes. Se calcula mediante el grado de cobertura anual mínimo, por ejemplo 60% (zona climática IV), la energía mensual que debe aportar el campo de colectores y; en función del rendimiento medio del colector, de la potencia radiante incidente media por m^2 de superficie absorbedora (W/m^2) y del % de pérdidas globales del sistema (distribución, intercambio), se obtiene la superficie en m^2 de colectores necesaria y el número de colectores. Es un cálculo sencillo, que se adapta muy bien al cálculo informático. En el programa de cálculo desarrollado por Sedical, las pérdidas del vaso se calculan mediante las siguientes ecuaciones:

P_T = $P_E + P_R + P_C + P_{RE}$ (W)

P_T = Pérdidas total del vaso en W

P_E = Pérdidas por evaporación

$P_E = M_E . L . S$ (W)

M_E = Caudal másico horario evaporado ($\frac{kg}{h.m^2}$)

L = Calor latente de vaporización = 680 $\frac{W.h}{kg}$

$M_E = (16 + 133 . n) . (W_{ag} – h . W_a)$ ($\frac{kg}{h.m^2}$)

n = Ocupación de la piscina ($\frac{bañistas}{h.m^2}$)

Valores habituales 0 / 0,1 / 0,15 / 0,2

W_{ag} = Humedad específica en saturación a la temperatura del agua ($\frac{kg\ vapor\ de\ agua}{kg\ a.s.}$ **)**

W_a = Humedad específica en saturación a la temperatura del ambiente ($\frac{kg\ vapor\ de\ agua}{kg\ a.s.}$ **)**

h = Humedad relativa del aire ambiente en %

S = Superficie del vaso en m^2

En nuestro programa se considera por defecto una ocupación media durante las 12 h de uso de 0,15 $\frac{bañistas}{h.m^2}$

*P_R = Pérdidas por radiación

$P_R = \delta . \varepsilon . (T_{ag}^4 – T_v^4) . S$ (W)

δ = Cte. de Stefan Boltzman = $5,67 . 10^{-8}$ $\frac{W}{m^2.ºK^4}$

ε = Emisividad del agua = 0,95

T_{ag} = Temperatura del agua (ºK)

T_v = Temperatura de la superficie que recibe radiación (ºK)

En una piscina cubierta, esta ecuación puede ser simplificada a:

$P_R = \delta \cdot \varepsilon \cdot (T_{ag}^4 - T_v^4) \cdot S \cdot FF$ (W)

T_v = Temperatura media de todas las superficies que reciben radiación desde el vaso (ºK)

FF = Factor de forma vaso/cielo (adimensional)

FF = 100%: Cubierta con cerramientos transparentes
10%: Cubierta con cerramientos opacos
100%: Piscina descubierta sin protecciones

*P_C = Pérdidas por convección (piscina cubierta)

$P_C = H_C \cdot (t_{ag} - t_a) \cdot S$ (W)

$H_C = 0{,}6246 \cdot \left(\frac{W}{m^2 \cdot ºC^{4/3}}\right) \cdot |(t_{ag}-t_a)|^{1/3}$

$P_C = 0{,}6246 \cdot (t_{ag} - t_a)^{4/3} \cdot S$ (W)

H_C = Coeficiente de convección ($\frac{W}{ºC.m^2}$)

t_{ag} = Temperatura del agua del vaso (ºC)

t_a = Temperatura del aire (ºC)

*Pérdidas por renovación

El caudal mínimo de renovación de agua de la piscina es de 1/40 a 1/50 del volumen de agua de la piscina al día.

$P_{RE} = V_{RE} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (t_{ag} - t_x) \cdot \frac{1}{24}$ (W)

V_{RE} = Volumen de agua a calentar (m^3/día)

ρ = Densidad del agua = 1.000 kg/m^3

C_P = Calor específico del agua = 1,16 $\frac{W \cdot h}{kg.ºC}$

t_{ag} = Temperatura del agua del vaso (ºC)

t_x = Temperatura del agua de la red (ºC)

*Pérdidas por transmisión

P_K = Σ K_K . S_K . (t_{ag} – t_{ext}) (W)

K_K = Coeficiente de transmisión térmica de los muros y solera que rodean el vaso ($\frac{W}{ºC.m^2}$)

S_K = Superficie de transmisión de calor (m^2)

t_{ag} = Temperatura del agua del vaso (ºC)

t_{ext} = Temperatura de cada elemento exterior que rodea el vaso (ºC)

Una vez calculadas las pérdidas del vaso en "W", el programa calcula la demanda energética "kW . h", mes a mes, del vaso de la piscina.

- Ejemplo de cálculo

  Estudiamos una piscina cubierta de 160 m^2 de superficie del vaso en Valencia, con ayuda del programa de cálculo de Sedical. Utilizando los datos meteorológicos de Valencia, la cobertura solar mínima del 60% de la zona climática IV y los parámetros habituales de temperatura, humedad y ocupación de las piscinas cubiertas, el programa nos calcula 66 colectores Weishaupt WTS-F K3/K4.

  Si analizamos las demandas energéticas mensuales, vemos que no hay mucha variación, debido a que las pérdidas mayores que se tienen son las de evaporación (60%) y éstas no varían significativamente a lo largo del año. En el mes de julio, por ejemplo, tenemos una demanda energética de 19.140 kW.h/mes. El cálculo se realiza en función de esta demanda con las ecuaciones y metodología habituales en energía solar.

Determinamos "G_K" mediante:

$G_K = G_H \cdot K \cdot K^*$

G_K = Ganancia de energía mensual bruta por m^2 de superficie absorbedora para una determinada inclinación, latitud y azimut del colector

G_H = Energía incidente por m^2 y mes en el plano horizontal

K = Factor en función de la inclinación y la latitud del lugar

K* = Coeficiente de azimut; tiene en cuenta las desviaciones hacia el sur geográfico

En nuestro caso, β = 45º; α = 0º; latitud 39,5º y utilizando los datos de CENSOLAR:

$G_K = 204{,}94 \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot mes} \cdot 0{,}91 \cdot 1 = 186{,}5 \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot mes}$

El rendimiento del colector Weishaupt WTS-F1 K3/k4 es:

$\eta = \eta_0 - a_1 x - a_2 \cdot x^2 \cdot I$

$\eta_0 = 0{,}828$

$a_1 = 4{,}1 \frac{W}{m^2 \cdot ºK}$

$a_2 = 0{,}0055 \frac{W}{m^2 \cdot ºK}$

I = Potencia radiante incidente media por m^2 de superficie

$x = \frac{tm - ta}{I}$

t_a = Temperatura ambiente

t_m = Temperatura media del fluido caloportador que circula por el colector. El programa calcula "t_m", que varía en función de la radiación que recibe el colector. Es mínima cuando la radiación incidente es mínima, y máxima cuando la radiación incidente es máxima.

Para el mes de julio tenemos que:

$I = G_K \left(\frac{kW \cdot h}{m^2\ \text{mes}}\right) . \frac{1 mes}{horas\ mensuales\ sol\ útiles} . \frac{1000\ W}{1\ kW} = \frac{W}{m^2}$

$I = 186{,}5 . \frac{1}{294{,}5} . \frac{1000}{1} = 633{,}3 \frac{W}{m^2}$

$t_a = 26ºC$

$\eta = 66{,}4\%$

La ganancia energética mensual neta por m^2 de superficie absorbedora se determina con la siguiente expresión, considerando un 15% de pérdidas globales por distribución, intercambio, etc.

$G = G_K . \eta . 0{,}85$

$G = 186{,}5 . 0{,}664 . 0{,}85 = 105{,}26 \left(\frac{kW \cdot h}{m^2\ \text{mes}}\right)$

El programa nos ha calculado una cobertura anual de 60,81% que corresponde, para el mes de julio, a una cobertura del 82,7%. La energía neta producida en el campo de colectores para el mes de julio será:

$19.140 \left(\frac{kW \cdot h}{\text{mes}}\right) . 0{,}827 = 15.828 \left(\frac{kW \cdot h}{\text{mes}}\right)$

Superficie absorbedora $= \frac{15.828 \frac{kW \cdot h}{mes}}{105{,}26 \frac{kW \cdot h}{m^2\ \text{mes}}} = 150{,}37\ m^2$

Número de colectores $= \frac{150{,}37}{2{,}28\ m^2} \approx 66$ colectores

Es decir, necesitamos 66 colectores para una cobertura del 60% de las pérdidas térmicas del vaso. Estas pérdidas son las pérdidas de mantenimiento, y no debemos confundirlas con la potencia necesaria para la puesta en marcha, que es siempre mayor y que requiere una caldera calculada para el número de horas de puesta en marcha, habitualmente 96 horas.

Si hubiésemos utilizado manta térmica durante las horas de no ocupación, en nuestro caso 12, se habrían eliminado las pérdidas por evaporación nocturna y reducido las pérdidas por radiación y convección. Se necesitarían, en este caso y utilizando el programa de Sedical, 48 colectores. La reducción de superficie absorbedora es del orden del 27%, lo cual la hace muy recomendable.

Es evidente que hay que tratar de disminuir esta gran superficie de colectores. Recordamos que las pérdidas del vaso más significativas son las de evaporación. Utilizando el mismo programa de cálculo y variando las temperaturas de aire del recinto, tenemos la siguiente tabla:

Ocupación 0,15 $\frac{\boldsymbol{bañistas}}{\boldsymbol{h.m^2}}$

t_{aire}	t_{agua}	Manta térmica	S. colector m^2	Nº colectores
27ºC	26ºC	NO	150,48	66
27ºC	26ºC	SI	109,44	48
28ºC	26ºC	SI	100,32	44

Si hubiésemos considerado una ocupación de 0,1 $\frac{\boldsymbol{bañistas}}{\boldsymbol{h.m^2}}$

t_{aire}	t_{agua}	Manta térmica	S. colector m^2	Nº colectores
27ºC	26ºC	NO	136,8	60
27ºC	26ºC	SI	95,76	42
28ºC	26ºC	SI	86,64	38

o Cálculo mediante Software “Sedical”. Superficie colectores para pérdidas térmicas del vaso

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta nº	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

Sedical S.A. - Cálculo de Piscinas con colectores solares WEISHAUPT

Descripción del proyecto

Piscina cubierta en Valencia

Localización del proyecto - Datos meteorológicos

VALENCIA

Altitud (m)	10	Latitud (º)	39.5	Tª mínima histórica (ºC)	-8

	Tª media ambiente ºC	Humedad relativa %	Tª media del agua de red ºC	Nº de horas de sol útiles h	Energía incidente por m2 y mes en el plano horizontal kWh/(m2.mes)
Enero	12	83.0	8	248.0	65.44
Febrero	13	82.0	9	252.0	82.44
Marzo	15	83.0	11	279.0	128.31
Abril	17	79.0	13	285.0	150.83
Mayo	20	78.0	14	294.5	177.39
Junio	23	79.0	15	285.0	190.00
Julio	26	78.0	16	294.5	204.94
Agosto	27	79.0	15	294.5	178.25
Septiembre	24	82.0	14	270.0	139.17
Octubre	20	82.0	13	279.0	103.33
Noviembre	16	82.0	11	240.0	72.50
Diciembre	13	83.0	8	232.5	56.83

Datos de la piscina

¿Tipo de piscina?	Cubierta	Tª del aire del local	27	ºC	
Número de vasos	--	Humedad relativa del local	65	%	

	Perfil de ocupación %	Nº de horas funcionamiento
Enero	100	12
Febrero	100	12
Marzo	100	12
Abril	100	12
Mayo	100	12
Junio	100	12
Julio	100	12
Agosto	100	12
Septiembre	100	12
Octubre	100	12
Noviembre	100	12
Diciembre	100	12

		Vaso nº 1	Vaso nº 2	Vaso nº 3
¿Tiene manta termica?		No	--	--
Factor forma vaso/cielo	%	10	--	--
Superficie del vaso	m2	160	--	--
Ancho del vaso	m	8	--	--
Volumen del agua del vaso	m3	260	--	--
Temp. final del agua del vaso	ºC	26	--	--
Ocupación dentro del vaso	B/m2.h	0.15	--	--

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta nº	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

Sedical S.A. - Cálculo de Piscinas con colectores solares WEISHAUPT

Expresión de la curva de rendimiento

$R = Ro - a1 \cdot x - a2 \cdot I \cdot x^2$

Ro = 0.828 (Referido a la superficie de absorción)

$a1 = 4.10\ W/m^2 \cdot K$

$a2 = 0.0055\ W/m^2 \cdot K^2$

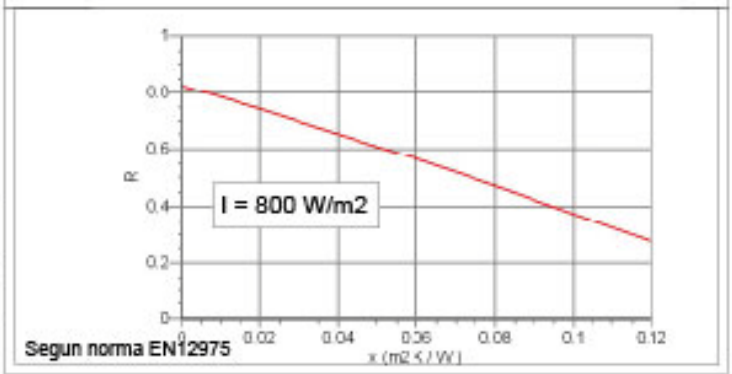
I = Potencia radiante incidente media W/m^2

$x = (tm - ta)/I \quad (m^2 K/W)$

Disposición del campo de colectores

Inclinación (º)	45
Azimut (º)	0

Curva rendimiento colector solar WEISHAUPT WTS-F1 K3/K4

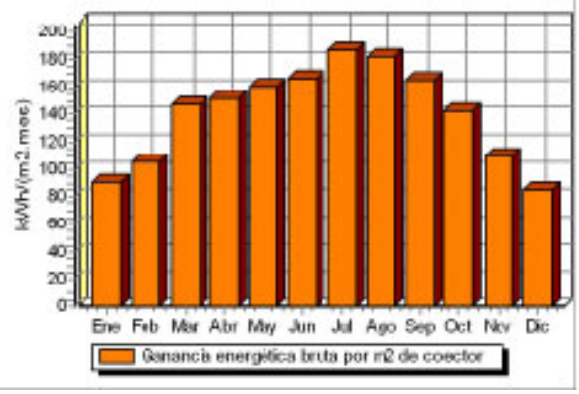


Segun norma EN12975

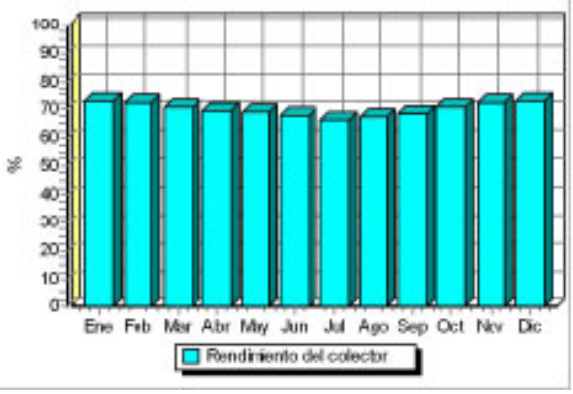
Balance energético del sistema WEISHAUPT WTS-F1 K3/K4

	Ganancia energética bruta mensual por m2 de superficie absorbedora kWh/(m2.mes)	Potencia radiante incidente media por m2 de superficie absorbedora W/m2	Rendimiento medio del colector %	Ganancia energética neta mensual por m2 de superficie absorbedora kWh/(m2.mes)
Enero	91.0	366.8	72.8	56.3
Febrero	105.5	418.7	72.5	65.0
Marzo	146.9	526.6	70.7	88.3
Abril	151.6	531.9	69.6	89.6
Mayo	160.5	545.1	69.1	94.2
Junio	166.3	583.3	67.9	96.0
Julio	186.5	633.3	66.4	105.2
Agosto	181.8	617.4	67.3	104.0
Septiembre	165.6	613.4	68.4	96.4
Octubre	142.6	511.1	70.6	85.6
Noviembre	109.5	456.1	72.4	67.3
Diciembre	84.7	364.2	72.7	52.3

Ganancia energética bruta



Rendimiento medio del colector



Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta nº	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

Sedical S.A. - Cálculo de Piscinas con colectores solares WEISHAUPT

Número de colectores WEISHAUPT WTS-F1 K3/K4	
Nº colectores WEISHAUPT WTS-F1 K3/K4	66

Superficie absorbedora	
Superficie absorbedora total (m2)	150.48

Acumulación solar	
Volumen de acumulación solar (litros)	

Superficie total de colectores	
Superficie total de colectores (m2)	169.09

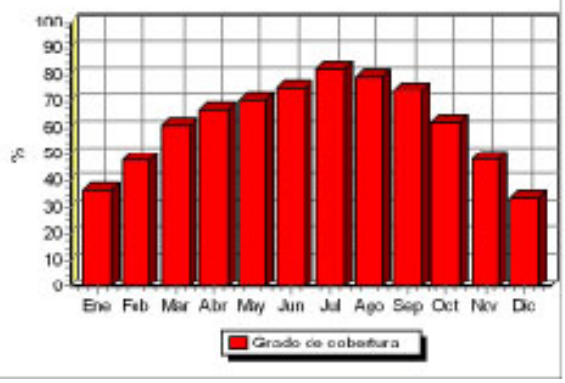
Distancia mínima entre filas de colectores	
Colocados horizontalmente	289.0 cm
Colocados verticalmente	454.0 cm

Distancia mínimas detrás de un obstáculo	
Detrás de un obstáculo de 50 cm	86.2 cm
Detrás de un obstáculo de 100 cm	172.3 cm
Detrás de un obstáculo de 150 cm	258.4 cm

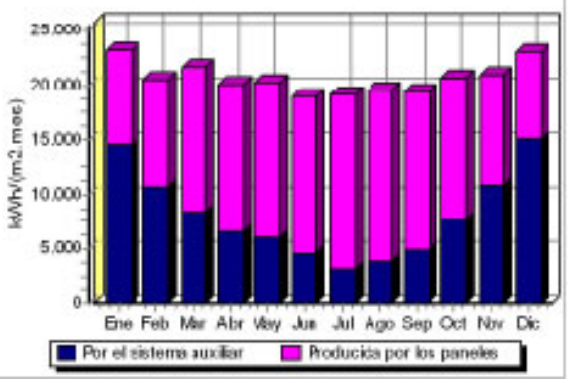
Producción energética del sistema WEISHAUPT WTS-F1 K3/K4

	Demanda energética mensual kWh/mes	Ganancia energética neta mensual por m2 de superficie absorbedora kWh/(m2.mes)	Energía mensual neta producida por el campo de colectores kWh/mes	Grado de cobertura mensual %
Enero	23138	56.3	8468	36.6
Febrero	20468	65.0	9783	47.8
Marzo	21706	88.3	13291	61.2
Abril	20081	89.6	13487	67.2
Mayo	20216	94.2	14182	70.2
Junio	19045	96.0	14448	75.9
Julio	19140	105.2	15837	82.7
Agosto	19560	104.0	15646	80.0
Septiembre	19453	96.4	14500	74.5
Octubre	20667	85.6	12884	62.3
Noviembre	20980	67.3	10133	48.3
Diciembre	23112	52.3	7877	34.1
Anual	247566		150536	60.81

Grado de cobertura



Producción de energía



Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta nº	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

Sedical S.A. - Cálculo de ACS con colectores solares WEISHAUPT

Datos técnicos del colector solar Weishaupt WTS-F1 K3/K4 (4 tomas)

Superficie bruta	m2	2.562
Superfice absorbedor	m2	2.280
Superficie apertura (entrada de luz)	m2	2.283
Altura	mm	1227
Anchura	mm	2088
Grosor	mm	111
Peso	kg	52
Contenido de líquido	l	2.4
Presión máxima de trabajo	Bar	5.0
Presión máxima de prueba	Bar	8.0
Temperatura máxima de trabajo	ºC	120.0
Temperatura a sistema parado (para Ta=30°C/1.000 W/m2)	ºC	209.0

Fluido caloportador	Agua / Propilenglicol (Tipo : Tyfocor L)
Caudal mínimo (sobre la superficie de absorción)	l/hm2 23.0
Pérdida de carga con fluido caloportador 50ºC	Solicitar curva de pérdida de carga (50 mbar aprox.)
Material absorbedor	Aluminio con tubo de cobre (doble soldadura por láser)
Recubrimiento absorbedor	Tratamiento selectivo MIRO-THERM
Material del marco	Aluminio
Material aislante	Lana mineral (Especial y probada para uso solar)
Espesor del aislante pared posterior / pared lateral	mm 50
Juntas de estanqueidad del colector	Juntas EPDM, circundantes, esquinas vulcanizadas
Luna vidrio solar	3.2 mm vidrio de seguridad desmontable, clase de rendimiento U1 (SPF) prismatizado, apoyado sobre soportes flotantes, resistentes al granizo, transitable
Factor de transmisión del vidrio	% >91.1
Rendimiento del vidrio	% >90.7
Sistema de desagüe	Sistema de desagüe patentado, integrado en el perfil del marco
Ventilación	Sis. de ventilación y purga con protección antiinsectos

Aportación térmica

El colector cumple las condiciones de la "Directiva para la promoción de medidas para el aprovechamiento de energías renovables" del Ministerio de Economía de Alemania, de fecha 1 de agosto 1995 (modificado con fecha 1 de agosto 1995 (modificado con fecha 23 de marzo 2001).

Curva característica de rendimiento según ISO, DIN, EN

		Superficie absorbedor	Superficie apertura
Ro	%	0,828	0,827
a1	W/m2K	4,10	4,09
a2	W/m2K2	0,0055	0,0055

Carga eólica y nieve

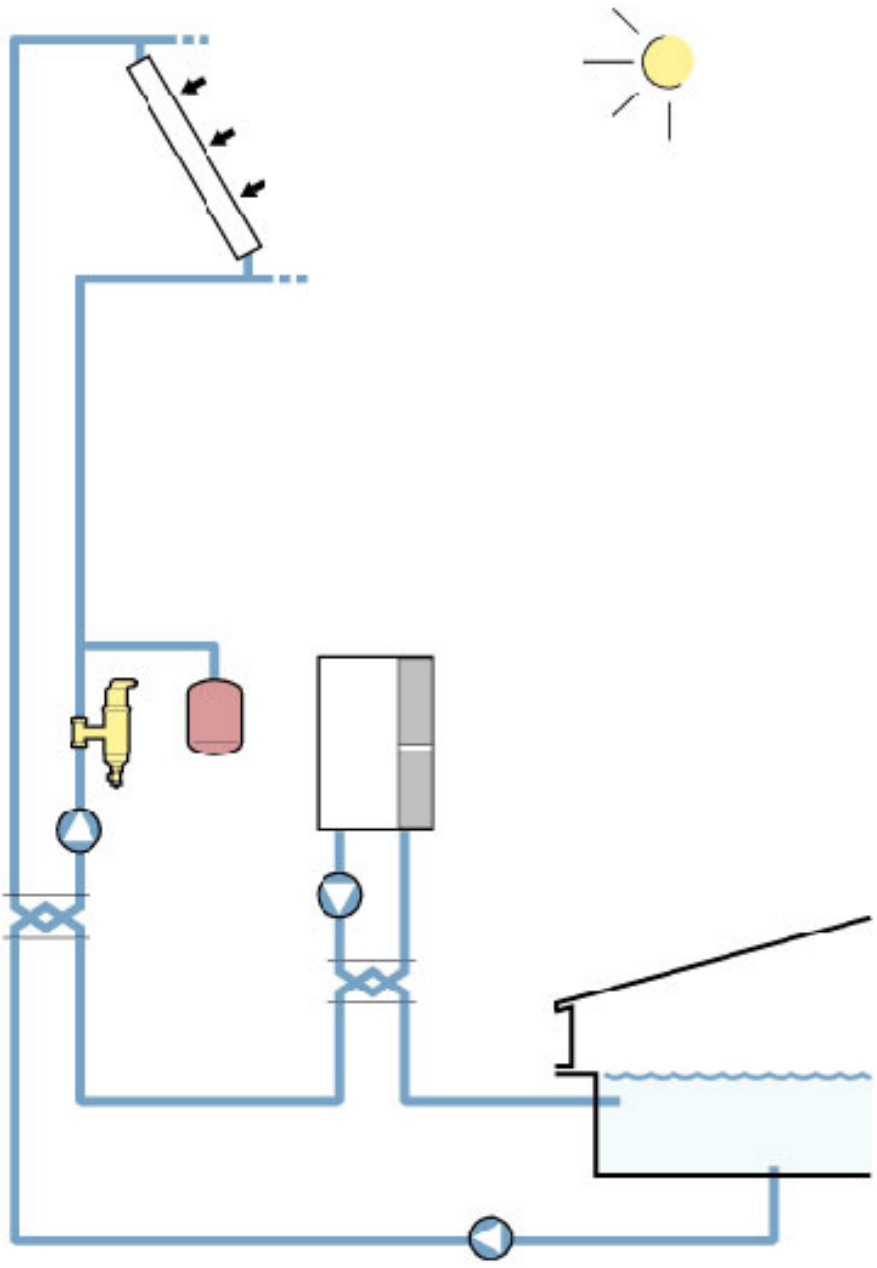
		Sobre tejado
Succión del viento perpendicular al tejado	kN/m2	1.4
Presión del viento y nieve perpendicular al tejado	kN/m2	1.4

Contraseña de homologación del Ministerio de Industria **NPS - 5106**

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta nº	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

Sedical S.A. - Cálculo de Piscinas con colectores solares WEISHAUPT

Esquema propuesto



Esquema orientativo simplificado, en el que no se muestran todos los elemento necesarios. Para el proyecto definitivo, consultar con un proyectista especializado.

3. Deshumidificadora de piscina

La deshumidificación del aire del recinto se realiza, en la práctica, mediante el enfriamiento de dicho aire, haciéndolo pasar a través de una batería aleteada por la que circula refrigerante (expansión directa) o agua fría (6ºC-7ºC) y cuya superficie está a una temperatura inferior a la del punto de rocío de dicho aire. Se produce primero el enfriamiento sensible y, posteriormente, la deshumidificación. El aire deshumectado se impulsa a temperaturas de 17ºC a 18ºC, y debe ser calentado (30ºC a 33ºC) para poder ser enviado al recinto de la piscina.

Es decir, para controlar la humedad se necesita una enfriadora que enfríe y deshumecte el aire del recinto. Este aire deshumectado y frio obligatoriamente debe ser calentado antes de introducirlo de nuevo al recinto.

Existe un equipo frigorífico diseñado a medida para climatización de piscinas cubiertas. La “Deshumidificadora de Piscinas” es una bomba de calor aire/aire-agua que es capaz de deshumectar el aire del recinto y calentar tanto el agua del vaso como el aire del recinto una vez que ha sido deshumectado.

La deshumidificadora es una máquina frigorífica de compresión mecánica, cuyos componentes principales son: compresor, evaporador, elemento de expansión y condensador que, generalmente, es doble: uno de aire y otro de agua. Estos condensadores en paralelo se diseñan de forma que por el condensador de aire se elimina aproximadamente el 55% del calor de la condensación y, por el de agua, aproximadamente el 45%, (ver figura 1).

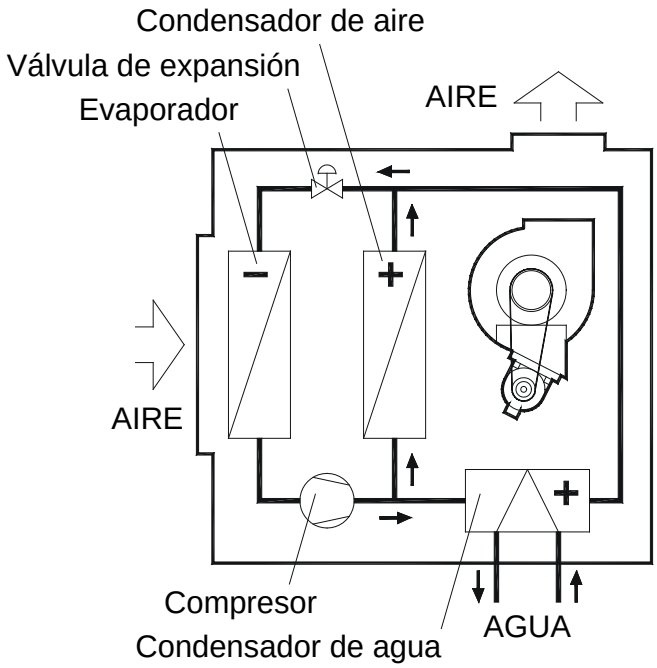


Figura 1.

Hay deshumidificadoras que utilizan un único condensador para eliminar el 100% del calor de condensación, calentando sólo el aire o sólo el agua.

Existen máquinas con dos condensadores que, trabajando en condiciones standard (55% aire y 45% agua), son capaces de eliminar, si las necesidades energéticas de la piscina lo requieren, el 100% del calor de condensación en el aire o en el agua, indistintamente.

El funcionamiento es sencillo. Se hace circular el aire de la piscina en primer lugar por el evaporador, donde se enfría y deshumecta condensando agua. El calor de condensación generado se utiliza para calentar ese mismo aire en el condensador de aire , así como el agua del vaso de la piscina.

La diferencia con una enfriadora convencional aire/aire radica en que la enfriadora sería capaz de enfriar el aire y deshumectarlo, pero se perdería el 100% del calor de condensación, que tendría que ser disipado al ambiente exterior. Una deshumidificadora utiliza el 100% del calor de condensación. Esta recuperación de calor procedente de los condensadores de aire y agua de la deshumidificadora es una "fuente de energía residual" que el "Código Técnico de la Edificación" considera para disminución justificada de la contribución solar mínima.

- **o** Ejemplo de cálculo

Utilizamos el programa de cálculo de piscinas de Sedical. Hemos calculado ya las pérdidas del vaso y nos faltaría:

- Capacidad de deshumectación
- Pérdidas del local
- Potencia de puesta en marcha

<u>Capacidad de deshumectación</u>

M_T = $M_E \cdot S + (Esp. + n \,.\, 2{,}5 \,.\, S) \,.\, 0{,}1$ (kg/h)

M_T = Caudal másico total de vapor de agua a deshumectar en la piscina (vaso + local)

M_E = Caudal másico de vapor de agua evaporado en el vaso

Esp. = Número de espectadores (nunca se bañan)
Se considera que una persona emite por término medio 0,1 kg vapor de agua / hora

Pérdidas del local

P_T = $P_1 + P_2$

P_1 = Pérdidas por transmisión a través de las superficies que envuelven la piscina (W)

P_1 = $\Sigma K_i \cdot S_i \cdot (t_{int} - t_{ext})$

K_i = Coeficiente de transmisión térmica de los cerramientos $(\frac{W}{ºC.m^2})$

S_i = Superficie de los cerramientos (m^2)

t_{int} = Temperatura interior aire (ºC)

t_{ext} = Temperatura exterior aire (ºC)

P_2 = Potencia para calentamiento del aire exterior de renovación

P_2 = $V_E \cdot \rho_E \cdot C_p \cdot (t_{int} - t_{ext})$ (W)

V_E = Caudal de aire exterior (m^3/h)

36 m^3/h .Bañista (se bañan y no se bañan)

22 m^3/h .Espectador (nunca se bañan)

V_E = (Esp. + n · 1,5 · S) . 22 + n . S . 36 (m^3/h)

ρ_E = Densidad del aire exterior (1,2 $\frac{kg}{m^3}$)

C_p = Calor específico del aire = 0,28 $\frac{W \cdot h}{kg\ ºC}$

Si se instala un recuperador de placas de solo calor sensible de eficacia térmica 50%, las pérdidas totales serían:

P_T = $P_1 + P_2 \cdot 0,5$ (W)

Potencia de puesta en marcha

P_{PM} = P_{agua} + $P_{muros\ y\ solera}$ + Pérdidas

P_{PM} = Potencia necesaria para el calentamiento del agua, muros y solera del vaso en un tiempo determinado

P_{agua} = $\frac{V.\rho.C.(t_{ag}-t_{red})}{T}$ (W)

V = m^3 agua

ρ = Densidad del agua (1000 kg/m^3)

C = Calor específico del agua (1,16 $\frac{W \cdot h}{kg\ ^{o}C}$)

t_{ag} = Temperatura del agua (ºC)

t_{red} = Temperatura del agua de red (ºC)

T = Horas de puesta en marcha (habitualmente 96 h)

$P_{muros\ y\ solera}$ = Potencia necesaria para calentar el espesor de muros y solera del vaso (W)

Pérdidas = $P_{Evaporación}$ + $P_{Convección}$ + $P_{Radiación}$

Supongamos que hemos determinado mediante cálculo que las necesidades de deshumectación y las pérdidas de calor, utilizando el programa de cálculo de piscinas de Sedical, de una piscina cubierta, de un vaso de 160 m^2, en un recinto de 2.000 m^3, son las siguientes:

Deshumectación necesaria .....= 44,4 kg/h

Potencia necesaria para calentar los vasos en 96 h .....= 96,25 kW

Pérdidas medias mantenimiento del vaso .....= 31,25 kW

Pérdidas térmicas totales en el recinto con recuperador aire/aire..... = 55,28 kW

Seleccionamos una deshumidificadora modelo “DRESY 242”, que tiene los siguientes valores:

Capacidad de deshumidificación .....= 42 kg/h

Potencia consumida compresor .....= 11,9 kW

Caudal de aire (27 ºC; 65%; 0,87$\frac{m^3}{kg\ a.s.}$) .....= 9.300 m^3/h

Potencia cedida en el condensador de agua .....= 31,8 kW

Potencia cedida en el condensador de aire .....= 39,7 kW

Potencia frigorífica en el evaporador = 2x28,8.....= 57,6 kW

Compresor “Copeland”Tipo Scroll, R-410A, R=6ºK, S=4ºK

Modelo 2xZP103KCE-TFD

Además, dicha máquina irá provista de una batería de agua caliente que, con agua 90/70ºC y aire a 25ºC, cede al aire del recinto una potencia de 111 kW, (ver figura 2).

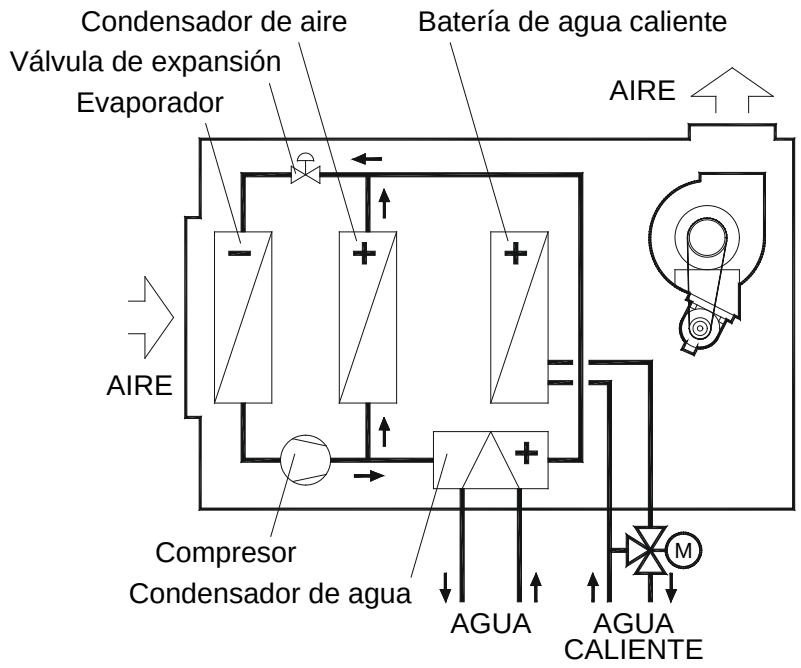


Figura 2

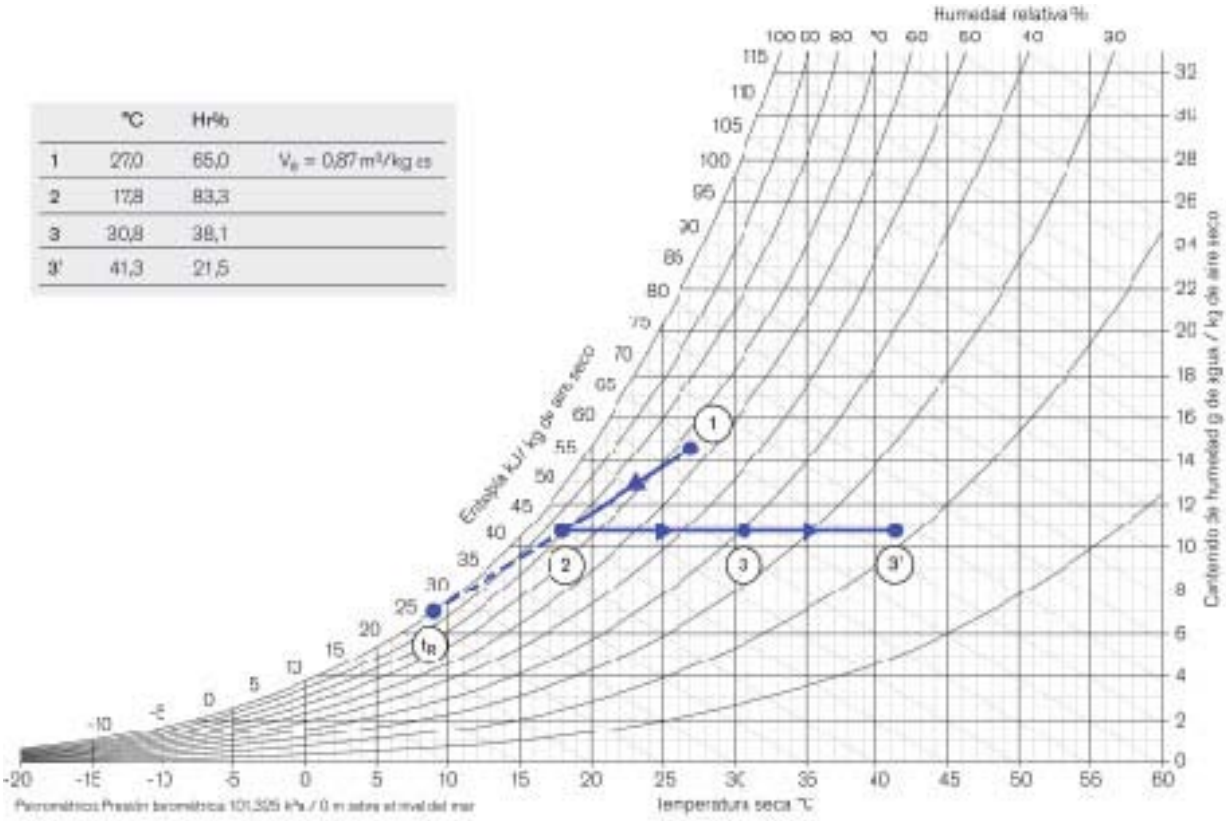
Nuestra deshumidificadora sería capaz de controlar la humedad del aire del recinto así como de mantener caliente el agua del vaso y el aire del recinto. Necesitaríamos una caldera para el primer calentamiento del agua del vaso y del aire del recinto. Esta caldera apoyaría a las pérdidas de mantenimiento del agua del vaso y a las pérdidas del local.

En nuestro ejemplo hemos calculado unas pérdidas totales del local, utilizando un recuperador de placas de 50% de rendimiento, de:

$P_T = P_1 + P_2 \cdot 0.5$

$P_T = 47,5 + 15,55 \cdot 0,5 = 55,28$ kW

Además, puede trabajar, si fuera necesario, cediendo todo el calor de condensación al aire (prioridad al aire), en cuyo caso la potencia cedida al aire sería de P = 31,8 + 39,7 = 71,5 kW y el punto 3, salida del condensador de aire (30,8ºC;38,1%), se convertiría en 3' (41,3ºC;21,5%). Nuestra deshumidificadora utilizaría la batería de agua caliente si no pudiera mantener la temperatura del local a 27ºC, cuando la temperatura exterior fuese muy baja, (ver figura 3).



	°C	Hr%	
1	27,0	65,0	V_e = 0,87 m³/kg es
2	17,8	83,3	
3	30,8	38,1	
3'	41,3	21,5	

Figura 3

Si quisiéramos, para este mismo ejemplo, utilizar nuestra deshumificadora como una enfriadora convencional aire/aire que fuera capaz de eliminar 42 kg/h de vapor de agua de un caudal de aire de 9.300 m^3/h, tendríamos que:

9.300 m^3/h . $\frac{1}{\frac{0{,}87 m^3}{kg\ a.s.}}$ = 10.689 $\frac{kg\ a.s.}{h}$

$\frac{42\ kg\ agua/h}{10.689\ kg\ a.s./h}$ = 3,93 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$

Potencia en el evaporador = 57,6 kW

P = m. ΔH

57,6 kW = 10.689 $\frac{kg\ a.s.}{m^3}$. ΔH ($\frac{kJ}{kg\ a.s.}$) . $\frac{1\ h}{3600\ s}$

ΔH = 19,399 $\frac{kJ}{kg\ a.s.}$ = $H_{entrada\ evap.}$ – $H_{salida\ evap.}$

ΔH = 19,399 = 64,32 – H_s

H_s = 44,92 $\frac{kJ}{kg\ a.s.}$

1 = L (27ºC; 65%; 14,57 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$; 64,32 $\frac{kJ}{kg\ a.s.}$)

2 = (14,57 – 3,93 = 10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$; 17,85ºC; 83,34%; 44,92 $\frac{kJ}{kg\ a.s.}$)

Es decir, nuestra deshumificadora trabajaría como enfriadora aire/aire con salida de aire frío en punto 2(17,8ºC;83%) y potencia frigorífica de 57,6 kW .

La $P_{sensible}$ de esta enfriadora es:

P = 10689. (27 – 17,8) $\frac{1}{3.600}$ = 27,3 kW

Es decir, el resto de la P, que es 57,6 – 27,3 = 30,3 kW, se utiliza para la deshumectación de 14,57 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$ a 10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$

Nuestra deshumidificadora, además, cede al aire de la piscina 39,7 kW y convierte el punto 2 (17,8ºC; 83%) en el punto 3 (30,8 ºC; 38,1%) y cede 31,8 kW al agua del vaso.

En los cálculos efectuados se ha considerado que el aire de entrada a la deshumectadora es en su totalidad aire recirculado interior (27ºC y 65%), pero la realidad es que el aire de entrada es mezcla de aire interior y de aire de renovación exterior en una proporción aproximada de 80/20%. Esto hace que el aire de entrada a la deshumectadora sea de temperatura inferior (1 a 3ºC) al aire del local. La deshumectadora lo envía de nuevo al local deshumectado y a una temperatura unos 3ºC superior al aire de entrada. Es decir, la deshumectadora ni sube ni baja la temperatura del local. Si el local tiene pérdidas por transmisión (cristales, paredes, …) se necesitará un aporte de energía en el local para mantener los 27ºC. Habitualmente, la deshumectadora viene provista de una batería de agua caliente (alimentada por caldera) independiente del ciclo frigorífico que se utiliza en la puesta en marcha para mantener el local a 27ºC.

Esta enfriadora de 57,6 kW genera un calor de condensación de 71,5 kW que, obligatoriamente para su funcionamiento, tiene que ser disipado. La deshumificadora está diseñada para recuperar este calor y cederlo al aire del recinto y al agua del vaso de la piscina.

Es evidente que esta “fuente de energía residual” debe ser aprovechada. No tiene mucho sentido calentar el vaso de la piscina con energía solar y disipar el calor de condensación producido en la deshumectación para enfriamiento del aire del recinto. Parece más adecuado utilizar dicho calor de condensación para calentar la piscina (vaso y recinto) y sólo si fuera necesario utilizar la energía solar para complementar este calentamiento.

Además, la deshumidificadora es un equipo frigorífico especialmente diseñado para climatización de piscinas. Esto quiere decir que, si está bien calculada, es capaz, en funcionamiento de régimen, de compensar las pérdidas térmicas del vaso y del local, tal y como se puede ver en nuestro ejemplo.

Debemos de considerar también en nuestro estudio térmico que el “calentamiento solar” del vaso puede perjudicar el funcionamiento de la deshumidificadora, ya que la obliga a trabajar cediendo calor sólo al aire del recinto y no puede condensar en el agua del vaso. Puede ocurrir que el ciclo frigorífico se pare por alta temperatura de condensación.

Una posible solución para el uso de energía solar en un sistema tradicional de deshumectación por enfriamiento y condensación del aire del recinto queda reflejada en el esquema que se adjunta. Utiliza la energía solar para la producción de agua caliente sanitaria y, una vez resuelta esta prioridad, puede también apoyar el calentamiento

del vaso mediante una válvula de tres vías y un intercambiador de calor de placas, (ver figura 4).

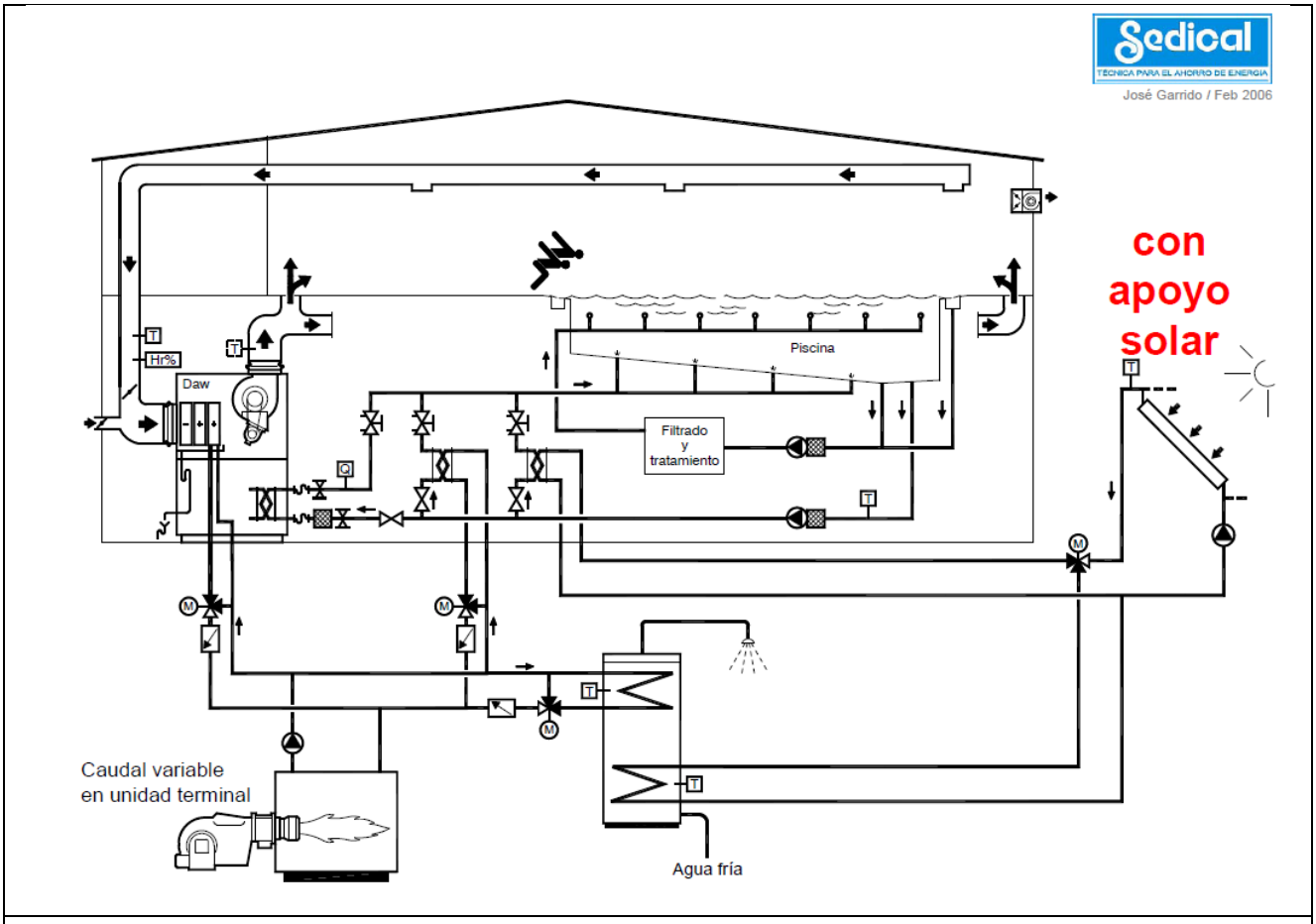


Figura 4

Tanto el intercambiador de placas solar como el condensador de agua de la deshumidificadora deben de trabajar en paralelo. Los dos intercambiadores utilizan como foco frío el agua del vaso de la piscina. Es un error enviar agua precalentada mediante el sistema solar a la deshumidificadora, ya que la máquina condensará mal y puede incluso pararse.

En nuestro ejemplo, considerando una demanda diaria de 1.600 litros y utilizando el programa de cálculo de Sedical, se necesitan 10 colectores del tipo WTS-F1, K3-K4 con un grado de cobertura del 62,78%. Este sistema apoyaría al calentamiento del vaso, si fuese necesario, con una potencia de 13,68 kW. Recordemos que las pérdidas del vaso estaban calculadas en 31,25 kW.

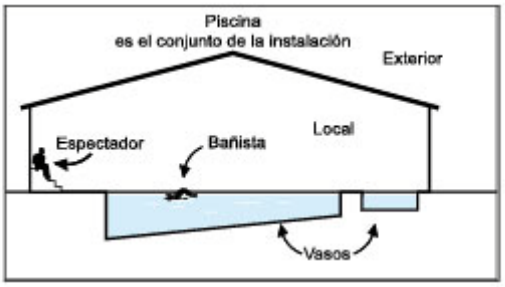
o Cálculo mediante Software “Sedical”. Deshumidificación, pérdidas térmicas y potencias de puesta en marcha

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

SEDICAL S.A. - CALCULO DE PISCINAS CUBIERTAS

Datos de la instalación		
¿Es una piscina cubierta?		Si
Numero de vasos		1
Altura sobre el nivel del mar	m	0

Datos invierno		
Tª del agua de la red o inicial	ºC	10
Tª media - aire exterior	ºC	3
Humedad relativa media - aire ext.	%	80



Datos de verano		
Temperatura del aire exterior	ºC	32.4
Humedad relativa del aire exterior	%	42.8

Datos del local		
Numero de espectadores		6
Temperatura del aire del local	ºC	27
Humedad relativa del local	%	65
Volumen del local	m³	2000

Puesta en marcha		
Nº de horas de puesta en marcha	h	96

Tipo de vaso
Vaso nº 1
Estandar

Datos de los vasos		Vaso nº 1
¿Tiene manta térmica?		No
Factor de forma vaso / cielo	%	10
Superficie del vaso	m²	160
Ancho del vaso	m	8
Volumen de agua del vaso	m³	260
Temperatura final del agua del vaso	ºC	26
Evaporación en aplicaciones especiales	Kg/h	

Estudio de la ocupación
Vaso nº 1
4 h con 0.2 Bañistas/m2.h
5 h con 0.15 Bañistas/m2.h
6 h con 0.1 Bañistas/m2.h
9 h con 0 Bañistas/m2.h

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

SEDICAL S.A. - CALCULO DE PISCINAS CUBIERTAS

Resultados - Puesta en marcha		Local ventilado con aire sin tratar	
		Piscina	Vaso nº 1
Pot. necesaria para calentar el agua	kW	96.25	96.25

Resultados - Mantenimiento		Piscina	Vaso nº 1
Potencia media diaria	kW	31.25	31.25
Potencia punta en periodo de baños	kW	35.48	35.48

Nota al mantenimiento de los vasos

Si la potencia media es inferior a la potencia punta y se utiliza dicha potencia media en vez de la potencia punta, al final del día se tendrá una temperatura del agua por debajo de la especificada.

Tª del agua al final del día			Vaso nº 1
Utilizando la potencia punta	ºC		26.00
Utilizando la potencia media	ºC		25.79
Disminución de la tª del agua al final del día por usar la potencia media	ºC		0.21

Resultado - Aire de renovación		Piscina	Vaso nº 1
Aire exterior total de renovación	m³/h	1714.4	1714.4

Suponiendo : Por cada espectador : 22 m³/h y Por cada bañista : 36 m³/h

Recuerde que esto representa el aire exterior. El aire total de impulsión debe oscilar entre 3 y 8 veces el volumen del local, en este caso entre 6000.0 m³/h y 16000.0 m³/h, si no habrá lugares donde se concentrara humedad.

Sistema de deshumidificación	Deshumidificadora + aire de renovación

Resultado - Deshumidificación		Piscina	Vaso nº 1
Capacidad de Deshumidificación	kg/h	44.40	44.40

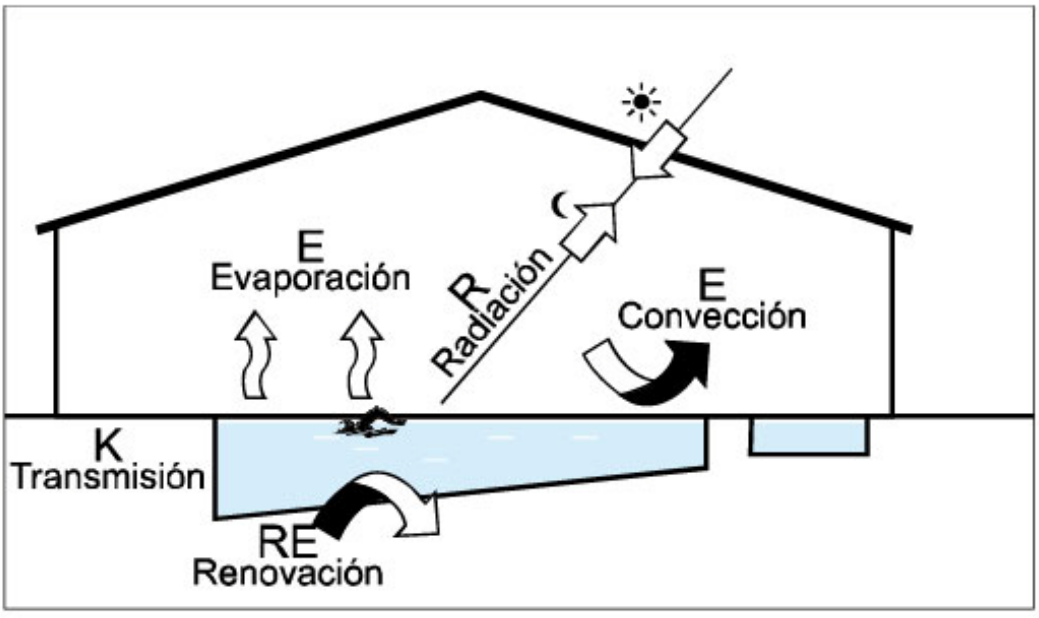
Resultados - Pérdidas totales		Media	Punta
Pérdidas totales	kW	31.25	35.48

Pérdidas puntas = Son las pérdidas en periodo diurno a máxima ocupación.
Pérdidas medias = Son las pérdidas medias durante el día, ponderando las horas a máxima ocupación diurna, y las nocturnas sin ocupación.

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

SEDICAL S.A. - CALCULO DE PISCINAS CUBIERTAS

Estudio de pérdidas			Totales	Vaso nº 1
Por evaporación	Punta	W	25887	25887
	Media	W	20609	20609
Por radiación	Punta	W	0	0
	Media	W	1039	1039
Por convección	Punta	W	-100	-100
	Media	W	-100	-100
Por renovación	Punta	W	5039	5039
	Media	W	5039	5039
Por transmisión	Punta	W	4659	4659
	Media	W	4659	4659



Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

SEDICAL S.A. - CALCULO DE PISCINAS CUBIERTAS

Estudio de cargas

Temperatura mínima exterior en el periodo de baño	ºC	0

Tipo de superficie	Superficie m²	Coeficiente transmisión Kcal/h.m².ºC	Temp. local colindante ºC
Pared al exterior	245	1	
Pared a otro local con tª diferente	105	1.2	22
Pared al exterior	80	5	
Suelo	440	1.1	
Cubierta	600	0.9	

Resultado - Estudio de cargas

Pérdidas por transmisión	kW	47.50
Pérdidas por calentamiento del aire exterior	kW	15.55
Pérdidas totales	kW	63.06
Pérdidas totales con recuperador de aire exterior	kW	55.28

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

SEDICAL S.A. - CALCULO DE PISCINAS CUBIERTAS

Sistema de deshumidificación	Deshumidificadora + aire de renovación

Resultado - Deshumidificación		Piscina	Vaso nº 1
Capacidad de Deshumidificación	kg/h	44.40	44.40

Unid.	Modelo	Capacidad Deshumid. kg/h	Caudal aire m3/h	Potencia cedida al aire kW	Potencia cedida al agua kW	Precios brutos 2010 Maquina euros	Precios brutos 2010 Control euros
1	DRESY 242	42.0	9300	39.7	31.8	39502.00	4066.00

Presión estática : Maquina con batería de agua caliente

Ventilador de impulsión	150 Pa
Ventilador de retorno	100 Pa

Baterías eléctricas de calentamiento del aire

Sin baterías eléctricas

Datos técnicos de la deshumidificadora

Pot. absorbida por los compresores	11.9 kW
Numero de compresores	2
Tipo de compresores	Hermético Scroll
Numero de circuitos frigoríficos	2
Caudal nominal de agua	4558 l/h
Pérdida de carga circuitos agua	21.00 kPa
Potencia batería agua caliente para:	
agua 90/70ºC aire a 15ºC	134 kW
agua 90/70ºC aire a 25ºC	111 kW
Per. de carga máximas en la batería	2.8 mca
Tipo de ventilador	Centrifugo
Potencia absorbida ventiladores	1.28 kW
Potencia instalada motor	2.20 kW
400 V - intensidad máxima	42 A
400 V - intensidad max. arranque	136 A

Dimensiones y pesos

Largo (t)	3160 mm
Ancho (b)	2270 mm
Alto (h)	1890 mm
Peso	1225 kg

Forma de trabajo

Cediendo calor : al aire (55%) y al agua (45%)

Módulos adicionales incluidos en el precio de la deshumectadora

Modulo con recuperador estático de flujo cruzado, ventilador retorno y compuertas motorizadas 0-100%

Potencia recuperada 10.95 kW

Opciones incluidas en el precio de la deshumectadora

Refrigerante R-410A
Paneles con rotura de puente térmico
Filtro de agua <=800 micras
Interruptor de caudal y Manómetros AP/BP
Batería agua caliente de Cu/AL

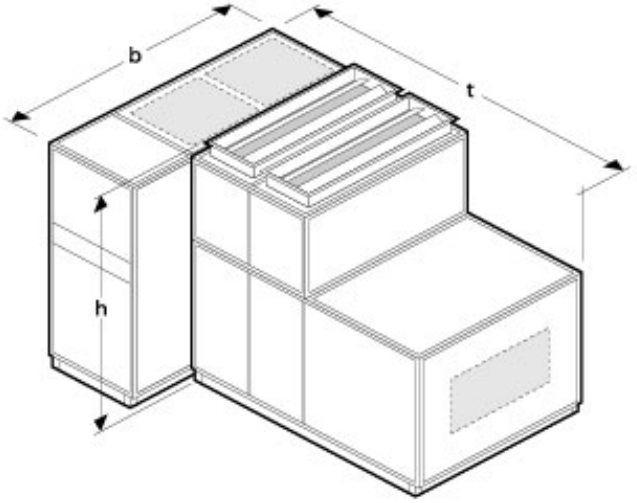
Opc. incluidas en el precio del control

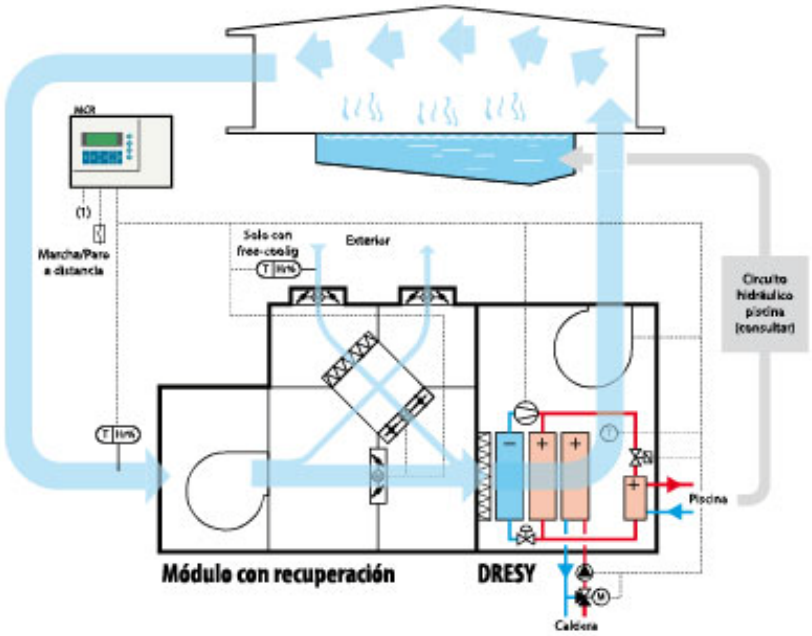
Control humedad, temperatura, mezcla ,free-cooling y recuperador con MCR

Valvula montaje en distribución	V5833A2092
Servomotor	M7410E1028

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

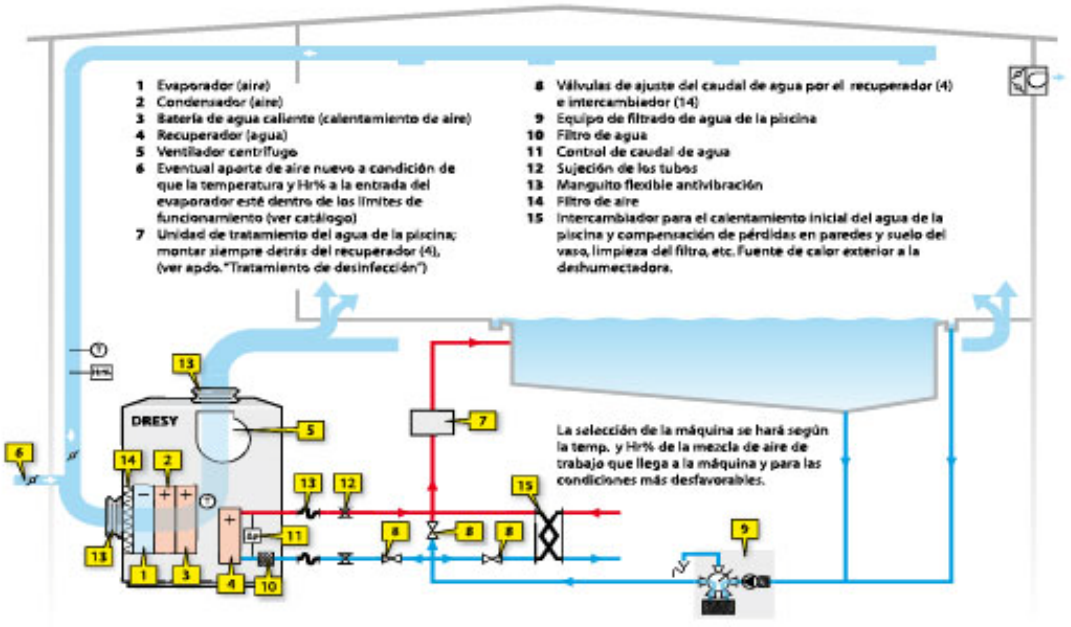
SEDICAL S.A. - CALCULO DE PISCINAS CUBIERTAS





Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: Valencia	Localidad	:

SEDICAL S.A. - CALCULO DE PISCINAS CUBIERTAS



- Cálculo mediante Software “Sedical”. Superficie de colectores para producción ACS

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta nº	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: ACS-valencia	Localidad	:

Sedical S.A. - Cálculo de ACS con colectores solares WEISHAUPT

Descripción del proyecto

Piscina cubierta en Valencia.

Cálculo de ACS

Localización del proyecto - Datos meteorológicos

VALENCIA

Altitud (m)	10	Latitud (º)	39.5	Tª mínima histórica (ºC)	-8

	Tª media ambiente ºC	Tª media del agua de la red ºC	Número de horas de sol útiles	Energía incidente por m2 y mes en el plano horizontal kWh/(m2.mes)
Enero	12	8	248.0	65.44
Febrero	13	9	252.0	82.44
Marzo	15	11	279.0	128.31
Abril	17	13	285.0	150.83
Mayo	20	14	294.5	177.39
Junio	23	15	285.0	190.00
Julio	26	16	294.5	204.94
Agosto	27	15	294.5	178.25
Septiembre	24	14	270.0	139.17
Octubre	20	13	279.0	103.33
Noviembre	16	11	240.0	72.50
Diciembre	13	8	232.5	56.83

Cálculo de la demanda

Demanda diaria 1600 litros a 60 ºC

Tipo de instalación

Cálculo del consumo

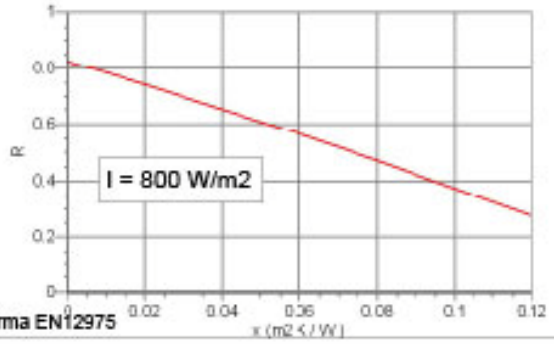
	Temperatura de acumulación ºC	Perfil de ocupación %	Consumo mensual litros	Demanda energética mensual kWh/mes	Demanda energética diaria kWh/dia
Enero	45	100	69708	2999	97
Febrero	45	100	63467	2657	95
Marzo	45	100	71482	2826	91
Abril	45	100	70500	2623	87
Mayo	45	100	73600	2653	86
Junio	45	100	72000	2512	84
Julio	45	100	75255	2538	82
Agosto	45	100	74400	2595	84
Septiembre	45	100	71226	2567	86
Octubre	45	100	72850	2711	87
Noviembre	45	100	69176	2735	91
Diciembre	45	100	69708	2999	97
Anual			853373	32415	

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta nº	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: ACS-valencia	Localidad	:

Sedical S.A. - Cálculo de ACS con colectores solares WEISHAUPT

$R = Ro - a1 \cdot x - a2 \cdot I \cdot x^2$
Ro = 0.828 (Referido a la superficie de absorción)
$a1 = 4.10\ W/m^2 K$
$a2 = 0.0055\ W/m^2 \cdot K^2$
I = Potencia radiante incidente media W/m^2
$x = (tm - ta)/I \quad (m^2 K/W)$

Curva rendimiento colector solar WEISHAUPT WTS-F1 K3-K4



Segun norma EN12975

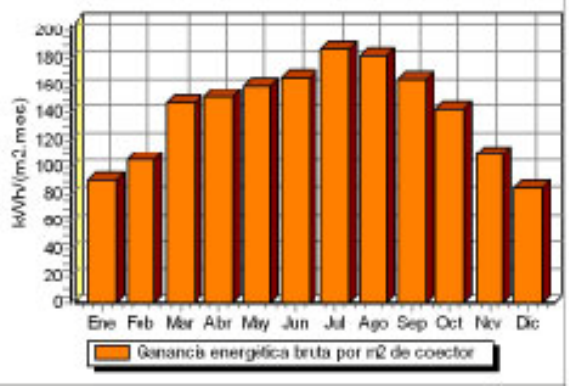
Disposición del campo de colectores

Inclinación (º)	45
Azimut (º)	0

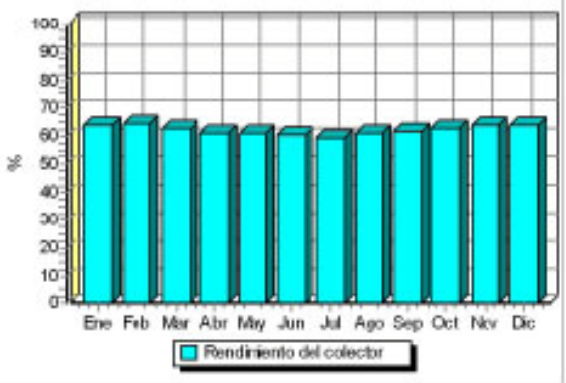
Balance energético del sistema WEISHAUPT WTS-F1 K3/K4

	Ganancia energética bruta mensual por m2 de superficie absorbedora kWh/(m2.mes)	Potencia radiante incidente media por m2 de superficie absorbedora W/m2	Rendimiento medio del colector %	Ganancia energética neta mensual por m2 de superficie absorbedora kWh/(m2.mes)
Enero	91.0	366.8	64.1	49.6
Febrero	105.5	418.7	64.6	57.9
Marzo	146.9	526.6	63.0	78.6
Abril	151.6	531.9	61.4	79.1
Mayo	160.5	545.1	61.3	83.6
Junio	166.3	583.3	60.6	85.6
Julio	186.5	633.3	59.5	94.3
Agosto	181.8	617.4	61.1	94.4
Septiembre	165.6	613.4	61.9	87.1
Octubre	142.6	511.1	63.1	76.4
Noviembre	109.5	456.1	63.9	59.5
Diciembre	84.7	364.2	64.2	46.2

Ganancia energética bruta



Rendimiento medio del colector



Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta nº	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: ACS-valencia	Localidad	:

Sedical S.A. - Cálculo de ACS con colectores solares WEISHAUPT

Número de colectores WEISHAUPT WTS-F1 K3/K4	
Nº colectores WEISHAUPT WTS-F1 K3/K4	10

Superficie absorbedora	
Superficie absorbedora total (m2)	22.80

Acumulación solar	
Volumen de acumulación solar (litros)	1798.92

Superficie total de colectores	
Superficie total de colectores (m2)	25.62

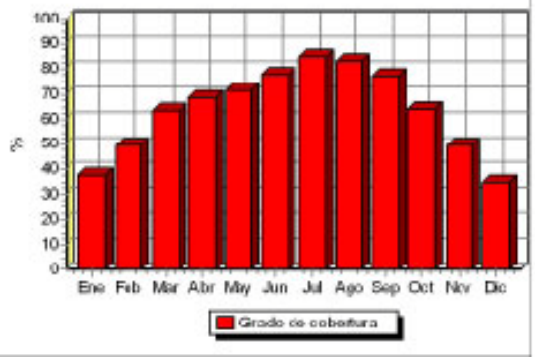
Distancia mínima entre filas de colectores	
Colocados horizontalmente	289.0 cm
Colocados verticalmente	454.0 cm

Distancia mínimas detrás de un obstáculo	
Detrás de un obstáculo de 50 cm	86.2 cm
Detrás de un obstáculo de 100 cm	172.3 cm
Detrás de un obstáculo de 150 cm	258.4 cm

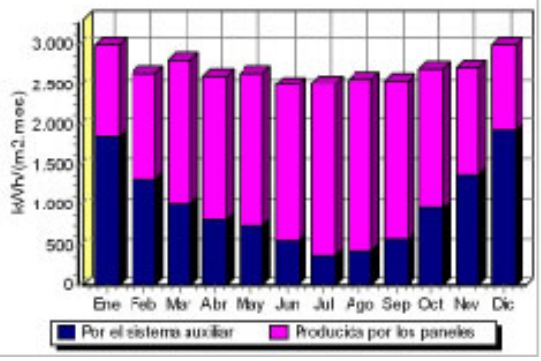
Producción energética del sistema WEISHAUPT WTS-F1 K3/K4

	Demanda energética mensual kWh/mes	Ganancia energética neta mensual por m2 de superficie absorbedora kWh/(m2.mes)	Energía mensual neta producida por el campo de colectores kWh/mes	Grado de cobertura mensual %
Enero	2999	49.6	1131	37.7
Febrero	2657	57.9	1321	49.7
Marzo	2826	78.6	1793	63.4
Abril	2623	79.1	1804	68.8
Mayo	2653	83.6	1906	71.8
Junio	2512	85.6	1952	77.7
Julio	2538	94.3	2151	84.7
Agosto	2595	94.4	2153	83.0
Septiembre	2567	87.1	1987	77.4
Octubre	2711	76.4	1743	64.3
Noviembre	2735	59.5	1356	49.6
Diciembre	2999	46.2	1053	35.1
Anual	32415		20349	62.78

Grado de cobertura



Producción de energía



Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta nº	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: ACS-valencia	Localidad	:

Sedical S.A. - Cálculo de ACS con colectores solares WEISHAUPT

Datos técnicos del colector solar Weishaupt WTS-F1 K3/K4 (4 tomas)

Superficie bruta	m2	2.562
Superfice absorbedor	m2	2.280
Superficie apertura (entrada de luz)	m2	2.283
Altura	mm	1227
Anchura	mm	2088
Grosor	mm	111
Peso	kg	52
Contenido de líquido	l	2.4
Presión máxima de trabajo	Bar	5.0
Presión máxima de prueba	Bar	8.0
Temperatura máxima de trabajo	ºC	120.0
Temperatura a sistema parado (para Ta=30°C/1.000 W/m2)	ºC	209.0

Fluido caloportador	Agua / Propilenglicol (Tipo : Tyfocor L)	
Caudal mínimo (sobre la superficie de absorción)	l/hm2	23.0
Pérdida de carga con fluido caloportador 50ºC	Solicitar curva de pérdida de carga (50 mbar aprox.)	
Material absorbedor	Aluminio con tubo de cobre (doble soldadura por láser)	
Recubrimiento absorbedor	Tratamiento selectivo MIRO-THERM	
Material del marco	Aluminio	
Material aislante	Lana mineral (Especial y probada para uso solar)	
Espesor del aislante pared posterior / pared lateral	mm	50
Juntas de estanqueidad del colector	Juntas EPDM, circundantes, esquinas vulcanizadas	
Luna vidrio solar	3.2 mm vidrio de seguridad desmontable, clase de rendimiento U1 (SPF) prismatizado, apoyado sobre soportes flotantes, resistentes al granizo, transitable	
Factor de transmisión del vidrio	%	>91.1
Rendimiento del vidrio	%	>90.7
Sistema de desagüe	Sistema de desagüe patentado, integrado en el perfil del marco	
Ventilación	Sis. de ventilación y purga con protección antiinsectos	

Aportación térmica

El colector cumple las condiciones de la "Directiva para la promoción de medidas para el aprovechamiento de energías renovables" del Ministerio de Economía de Alemania, de fecha 1 de agosto 1995 (modificado con fecha 1 de agosto 1995 (modificado con fecha 23 de marzo 2001).

Curva característica de rendimiento según ISO, DIN, EN

		Superficie absorbedor	Superficie apertura
Ro	%	0,828	0,827
a1	W/m2K	4,10	4,09
a2	W/m2K2	0,0055	0,0055

Carga eólica y nieve

		Sobre tejado
Succión del viento perpendicular al tejado	kN/m2	1.4
Presión del viento y nieve perpendicular al tejado	kN/m2	1.4

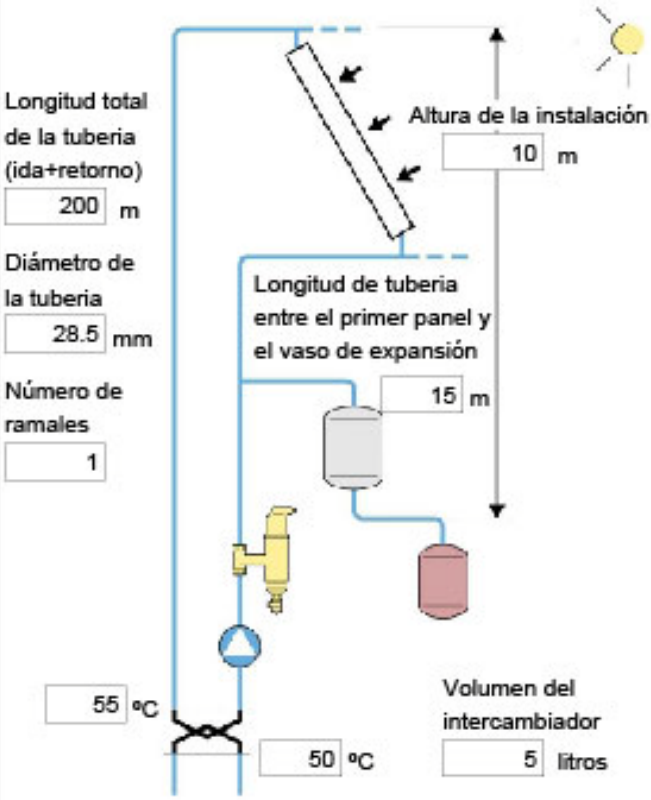
Contraseña de homologación del Ministerio de Industria **NPS - 5106**

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta nº	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: ACS-valencia	Localidad	:

Sedical S.A. - Cálculo de ACS con colectores solares WEISHAUPT

Datos para el cálculo de otros elemento de la instalación

Válvula de seguridad: 6 Bar



Volúmenes

En tuberías	127.6 litros
En colectores	24.0 litros
De reserva	3.0 litros
De expansión	15.0 litros

Vaso de expansión

Vol. mínimo vaso de expansión	128.5 litros
Vaso recomendado	S 140
Presión de gas	1.7 bar

Vaso amortiguador de temperatura

Vol. mínimo vaso amortiguador	17.0 litros

Fluido caloportador (propilenglicol al 45%)

Volumen de Tyfocor L	176.6 litros

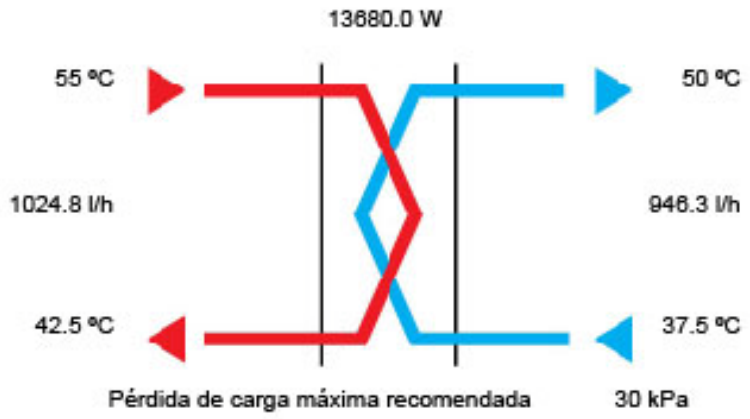
Llenado de la instalación

Presión de llenado	2.3 bar

Bomba y desgasificador

Caudal del circuito	1024.8 l/h
Pérdida de carga del colector	5 Kpa

Intercambiador

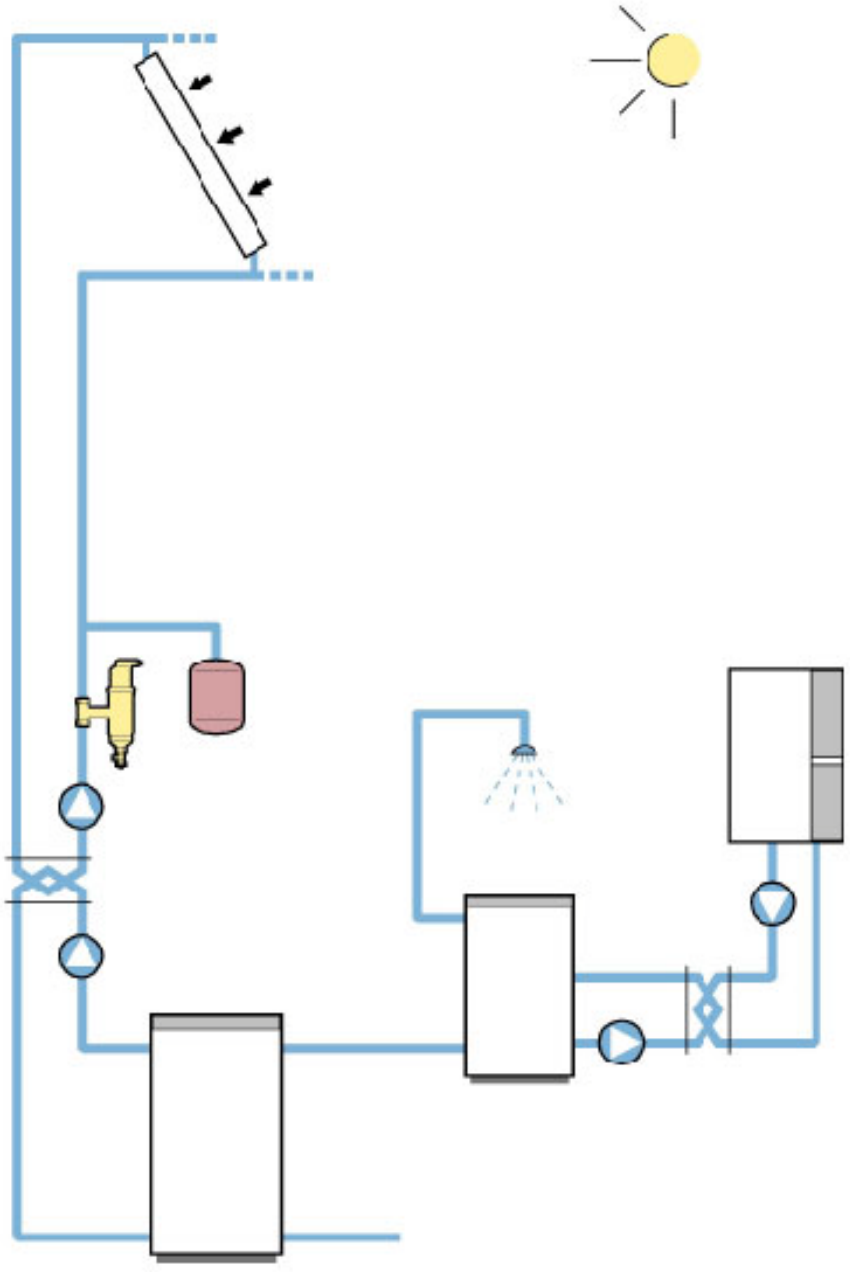


Pérdida de carga máxima recomendada 30 kPa

Fecha	: 17/08/2010	Empresa	:
Oferta nº	:	A la atención de	:
Proyecto	: Piscina cubierta	Dirección	:
Referencia	: ACS-valencia	Localidad	:

Sedical S.A. - Cálculo de ACS con colectores solares WEISHAUPT

Esquema propuesto



Esquema orientativo simplificado, en el que no se muestran todos los elemento necesarios. Para el proyecto definitivo, consultar con un proyectista especializado.

4. Deshumidificación de piscina cubierta sin refrigerantes

Estudiaremos dos sistemas sobre las bases de cálculo que hemos realizado en el sistema tradicional para poderlos comparar. Es decir,

Capacidad de deshumidificación = 42 kg/h

Caudal de aire necesario = 9.300 m^3/h

En el sistema tradicional, el caudal de 9.300 m^3/h es básicamente aire recirculado y en los sistemas que analizaremos el caudal será, en función de las condiciones de humedad específica del aire exterior, desde mezcla de aire exterior con aire recirculado a todo aire exterior.

4.1. Deshumidificación mediante aire exterior en cantidad variable con recuperador de calor de placas aire/aire

El primer cálculo que debemos hacer es la humedad máxima específica del aire exterior que permitiría deshumectar 42 kg/h con 9.300 m^3/h de aire exterior. Si consideramos, para simplificar y poder comparar cálculos,

$$v_E = 0{,}87 \ \frac{m^3}{kg\ a.s.}$$

$$V_E = \frac{Mt}{\rho_E \cdot (x_a - x_e)} = \frac{Mt \cdot v_E}{(x_a - x_e)}$$

x_a = humedad específica aire interior

x_e = humedad específica aire exterior

v_E = volumen específico aire exterior

$$9.300\ m^3/h = \frac{42\frac{kg}{h} \cdot\ 0{,}87}{(14{,}57\frac{g.agua}{kg\ a.s.} - x_e)}$$

$$x_e = 10{,}64\ \frac{g.agua}{kg\ a.s.}$$

Es decir, trabajando con 9.300 kg^3/h de aire exterior y humedad específica del aire exterior inferior a 10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$ podremos controlar la humedad específica de la piscina y mantenerla en valores adecuados por debajo de 14,57 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$.

Si x_e aumenta por encima de 10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$, V_E también lo hará. En el límite tendríamos un V_E infinito para x_E = 14,57 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$.

Este sistema es muy adecuado para climas secos, como Madrid (36,5ºC; 27,3%; 11,17 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$), prácticamente podría trabajar con aire exterior durante todo el año. Veremos sin embargo que, incluso en climas secos, este sistema no es la panacea, ya que consume energía para el calentamiento del aire y del agua y que, aunque utilicemos energía solar, ésta no nos evita la utilización de una caldera para el primer calentamiento del agua del vaso y del aire del recinto y posteriores apoyos térmicos a ambos, debido a que la energía solar nunca se calcula para el 100% de las necesidades.

El elemento base de este sistema es el recuperador de calor aire/aire de placas. Utilizamos el recuperador de placas porque no queremos recuperar humedad, solo queremos recuperar temperatura. Utilizar un recuperador rotativo entálpico o cualquier otro sistema que recuperase humedad sería un error. Queremos eliminar la humedad del aire de la piscina. En nuestro ejemplo utilizaremos un recuperador de placas con tratamiento epoxy y rendimiento térmico aproximado del 60%, (ver figura 5).

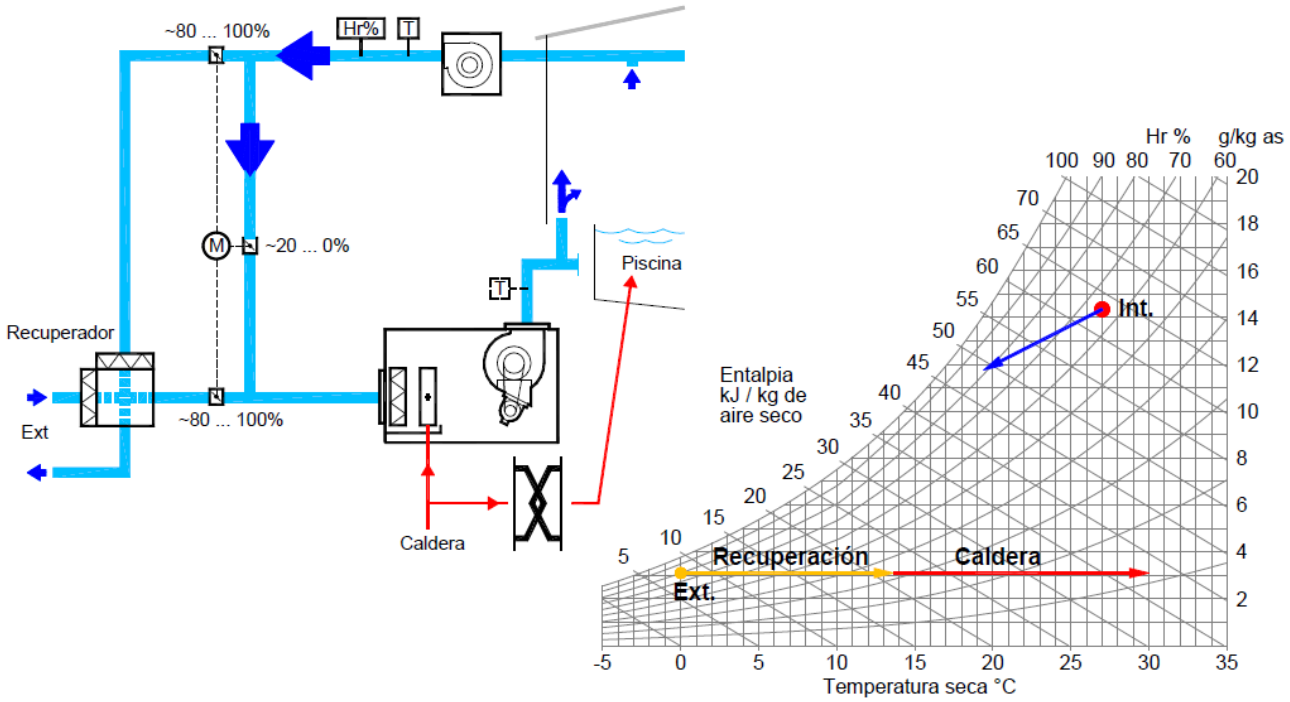


Figura 5

4.1.1 Ejemplo de cálculo

Estudiaremos dos situaciones extremas de humedad específica del aire exterior:

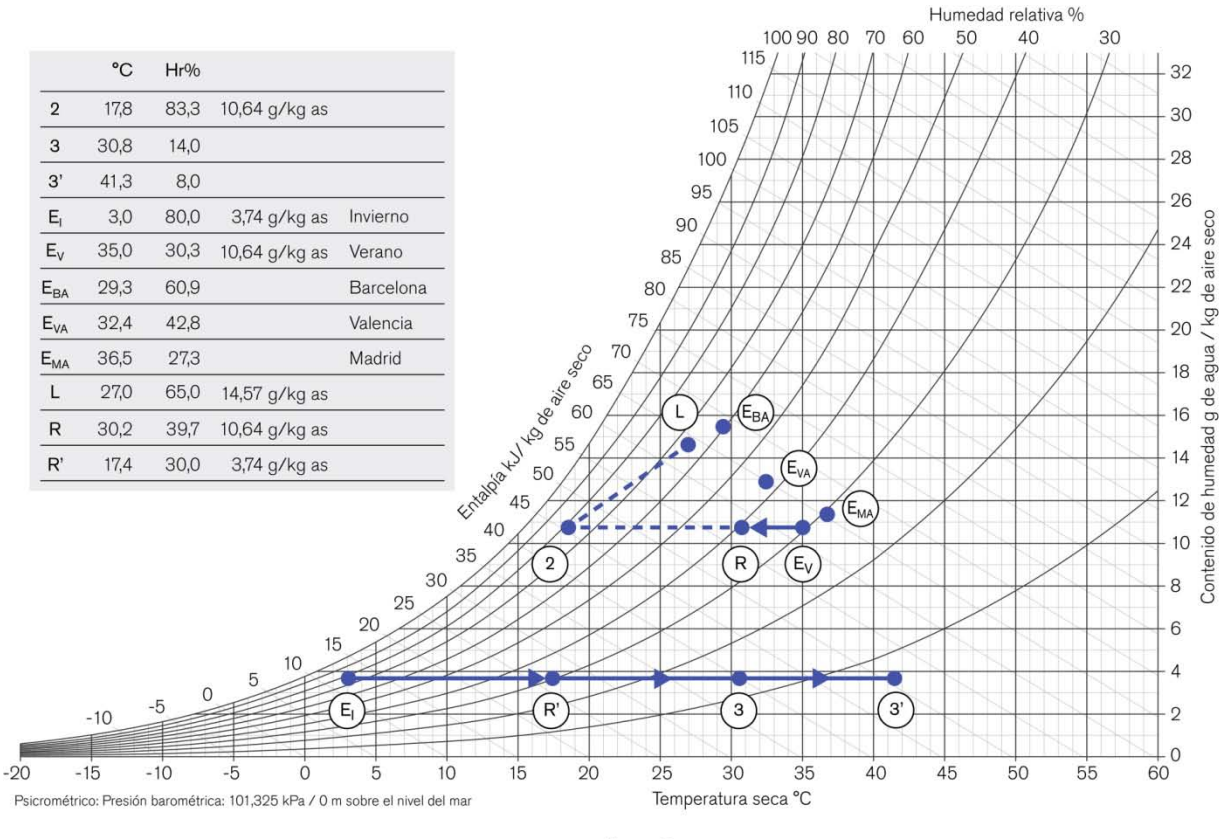
a. Humedad específica mínima. Situación invierno.

Habitualmente, las piscinas cubiertas solo se climatizan en invierno. Debemos de calcular los caudales de aire exterior en invierno entre dos límites de humedad específica. El "límite inferior" correspondería a los datos de proyecto de invierno, por ejemplo (3ºC; 80%; 3,74 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$).

El "límite superior"[1] correspondería a los datos del día más cálido en invierno que hacen que la humedad específica del aire sea máxima. En nuestro ejemplo x =10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$ y V_E = 9.300 m^3/h.

Con aire exterior a (3ºC; 80%; 3,74 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$; 0,787 $\frac{m^3}{kg\ a.s.}$) y utilizando la ecuación anterior, obtendríamos un V_E = 3.052 m^3/h.

Si hacemos pasar este aire frío por un recuperador de placas de rendimiento térmico del 60% y de foco caliente el aire de la piscina (27ºC; 65%), tendríamos unas condiciones de salida después del recuperador de R (17,4ªC; 30%; 3,74 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$), (ver figura 6).



	°C	Hr%		
2	17,8	83,3	10,64 g/kg as	
3	30,8	14,0		
3'	41,3	8,0		
E_I	3,0	80,0	3,74 g/kg as	Invierno
E_V	35,0	30,3	10,64 g/kg as	Verano
E_{BA}	29,3	60,9		Barcelona
E_{VA}	32,4	42,8		Valencia
E_{MA}	36,5	27,3		Madrid
L	27,0	65,0	14,57 g/kg as	
R	30,2	39,7	10,64 g/kg as	
R'	17,4	30,0	3,74 g/kg as	

Figura 6

[1] El programa de cálculo de climatización de piscinas de Sedical permite fijar este límite para las condiciones particulares de cálculo.

Necesitaríamos calentar este aire hasta 30,8ºC (punto 3) ó 41,3ºC (punto 3', prioridad al aire) para obtener unas condiciones similares de temperatura de salida de aire del condensador de aire de la deshumectadora. La potencia para este calentamiento sería:

$P = Q \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta t$

$P = 3.052\ m^3/h \cdot 1{,}27\ kg/m^3 \cdot 1\ kJ/kgºC\ (30{,}8 - 17{,}4)\ \frac{1}{3600} = 14{,}43\ kW$

$P_3 = 14{,}43\ kW$ y $P_{3'} = 25{,}75\ kW$

Si tenemos en cuenta las pérdidas de mantenimiento del vaso de 31,25 kW, tendríamos una potencia de mantenimiento total de
P = 14,43 + 31,25 = 45,68 kW.

Esta situación es la más favorable para este sistema, ya que utiliza un caudal mínimo de aire exterior y, aun así, la potencia de mantenimiento necesaria es de 45,68 kW, muy superior al consumo de 11,9 kW de los compresores de la deshumectadora.

El 60% de la energía necesaria para el mantenimiento del vaso lo puede dar un campo de colectores solares. Será siempre necesaria la utilización de una caldera de apoyo para, al menos, el 40% de energía que falte para mantener el vaso y el calentamiento del aire exterior que, una vez precalentado en el recuperador de placas, se utiliza para la deshumectación del aire del local.

Esta caldera se utiliza, además, en el primer calentamiento del agua del vaso y del aire del local, y debe ser dimensionada para estas condiciones. En nuestro ejemplo y para 96 h de puesta en marcha, la potencia necesaria para calentar el agua será de 96,25 kW. Es decir, necesitaríamos, independientemente del campo de colectores, una caldera de, al menos, 96,25 kW de potencia.

b. Humedad específica máxima. Situación verano.

Vamos a considerar, para poder comparar, que las peores condiciones de humedad específica son las que corresponden al punto 2, que es la salida del evaporador de la deshumectadora, es decir, 10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$.

Supongamos que en verano la temperatura del aire exterior es de 35ºC. El caudal de aire exterior sería de 9.300 m^3/h. Si hacemos pasar este aire por un recuperador de placas del 60% de rendimiento térmico y de foco frío el aire de la piscina (27ºC,65%), tendríamos unas condiciones de salida después del recuperador R de (30,2ºC; 39,7%; 10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$).

Para mantener el local a (27ºC; 65%) tendríamos obligatoriamente que enfriar el aire exterior en función de las cargas térmicas del local. Necesitaríamos una enfriadora que aportaría sólo calor sensible al aire exterior.

Si no enfriamos el aire exterior llegaríamos a una temperatura del local aproximadamente 2ºC superior a la del aire exterior (35ºC), es decir, 37ºC. Recordemos que los bañistas, al estar mojados, pueden soportar temperaturas altas, del orden de 35ºC, por lo que no se suele refrigerar el recinto de la piscina en verano, a no ser que las cargas térmicas sean muy altas. Si queremos mantener en el local 27ºC, se requerirá una enfriadora, siempre que el aire exterior esté a una temperatura superior a 27ºC.

Además, si la humedad específica del aire exterior aumenta por encima de 10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$, aumentará el caudal necesario para la deshumectación.

Si calculamos el aire exterior necesario para la deshumectación en tres ciudades como Madrid, Valencia y Barcelona, tenemos que:

Madrid: (36,5ºC; 27,3%; 11,17 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$) . Altitud 595 m.

Clima seco, muy favorable para la deshumectación.

$V_E = \frac{42\ kg/h}{1{,}05\frac{kg}{m^3}\,(14{,}57-11{,}17\,\frac{g.agua}{kg\ a.s.})}$ = 11.764 m^3/h

Este caudal es ligeramente superior a los 9.300 m^3/h que necesita la deshumidificadora.

Valencia: (32,4ºC; 42,8%; 13,14 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$). Altitud 50 m.

Clima húmedo, poco favorable para la deshumectación.

$V_E = \frac{42\ kg/h}{1{,}14\frac{kg}{m^3}\,(14{,}57-13{,}14)\,\frac{g.agua}{kg\ a.s.})}$ = 25.764 m^3/h

Caudal muy superior a los 9.300 m^3/h de la deshumidificadora. Técnicamente posible, pero no realizable en la práctica, debido al gran aumento de potencias y consumos de ventiladores y, además, se sobrepasa el caudal de impulsión máximo recomendado, que sería de 16.000 m^3/h para un local de 2.000 m^3.

Barcelona: (29,3ºC; 60,9%; 15,65 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$) . Altitud 8 m.

Clima muy húmedo. No se puede deshumectar con aire exterior.

$x_E = 15{,}65 > x_L = 14{,}57$

NOTA: Datos según UNE 100.001/2001

4.2 Sistemas DEC (Dessicant Evaporative Cooling)

En climatización existen sistemas mediante procesos de “deshumectación / regeneración”, “recuperación de calor sensible” y “enfriamiento adiabático” que pueden aplicarse en la climatización de una piscina cubierta y que pueden utilizar la energía solar para la necesaria regeneración de la rueda deshumectadora. Se tiene así una nueva aplicación para el uso eficiente de la energía solar.

A estos sistemas de refrigeración/deshumectación sin compresión mecánica se les conoce con el término anglosajón DEC-System (Dessicant Evaporative Cooling).

Pueden lograr una reducción significativa de la potencia frigorífica de compresión mecánica e, incluso, la eliminación de la enfriadora convencional. Se consigue, en función de las condiciones de temperatura y humedad exterior, una “climatización sin refrigerantes”, que mejora el medio ambiente y protege la capa de ozono.

Vamos a describir y analizar la posible forma de trabajo de estos sistemas DEC para la climatización de una piscina cubierta.

4.2.1 Descripción del sistema

Hemos estudiado cómo se mantiene la humedad controlada en el recinto de una piscina. Se realiza mediante la deshumectación del aire interior del recinto por enfriamiento sensible del aire y posterior deshumectación. Se obtiene un aire deshumectado a temperaturas de 17 a 18ºC que, necesariamente, debe ser calentado para poder introducirlo en el recinto de la piscina.

En un sistema DEC, todo este proceso está invertido.

El control de la humedad del recinto se realiza mediante la impulsión al recinto de aire exterior deshumectado en una rueda deshumectadora donde, además, se calienta, y su posterior enfriamiento en un recuperador de placas de sólo calor sensible, (ver figura 7).

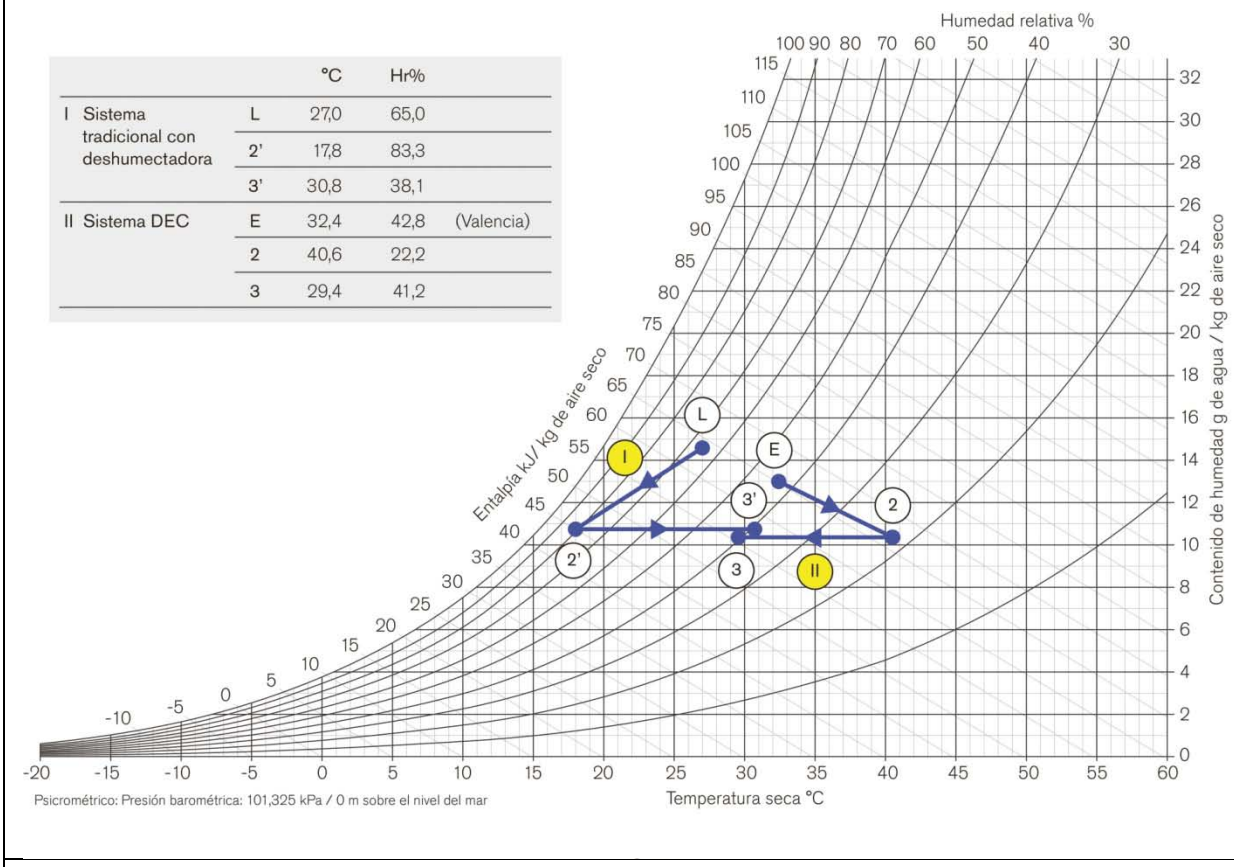


Figura 7

Utilizaremos el sistema DEC sólo para controlar la humedad del recinto de la piscina; las pérdidas del vaso se pueden compensar mediante energía solar térmica.

El sistema DEC se basa en la combinación de dos procesos bien conocidos en climatización: evaporación adiabática y deshumidificación.

En un diagrama psicrométrico, la evolución de la masa de aire exterior que queremos deshumectar y enfriar sería la siguiente:

El aire exterior E se deshumidifica mediante una rueda rotativa de sorción de humedad. El material del rotor es muy secante y atrapa la humedad del aire de forma eficiente y continuada. Dependiendo del fabricante, el material del rotor y su tratamiento físico-químico son diferentes.

Además, el rotor debe ser capaz de regenerarse fácilmente. Es decir, una vez atrapada la humedad en su interior, debe eliminarla mediante un proceso de regeneración térmica que haga que recupere su capacidad original de atrapar humedad. Para esta regeneración a baja temperatura se puede utilizar la energía solar.

Se considera que la deshumidificación por sorción se realiza de forma casi adiabática. El calor de sorción liberado pasa al caudal de aire exterior. De esta forma llegamos al punto 2, que está deshumectado y a mayor temperatura que el punto E. El punto 2 es aire caliente y seco, (ver figura 8).

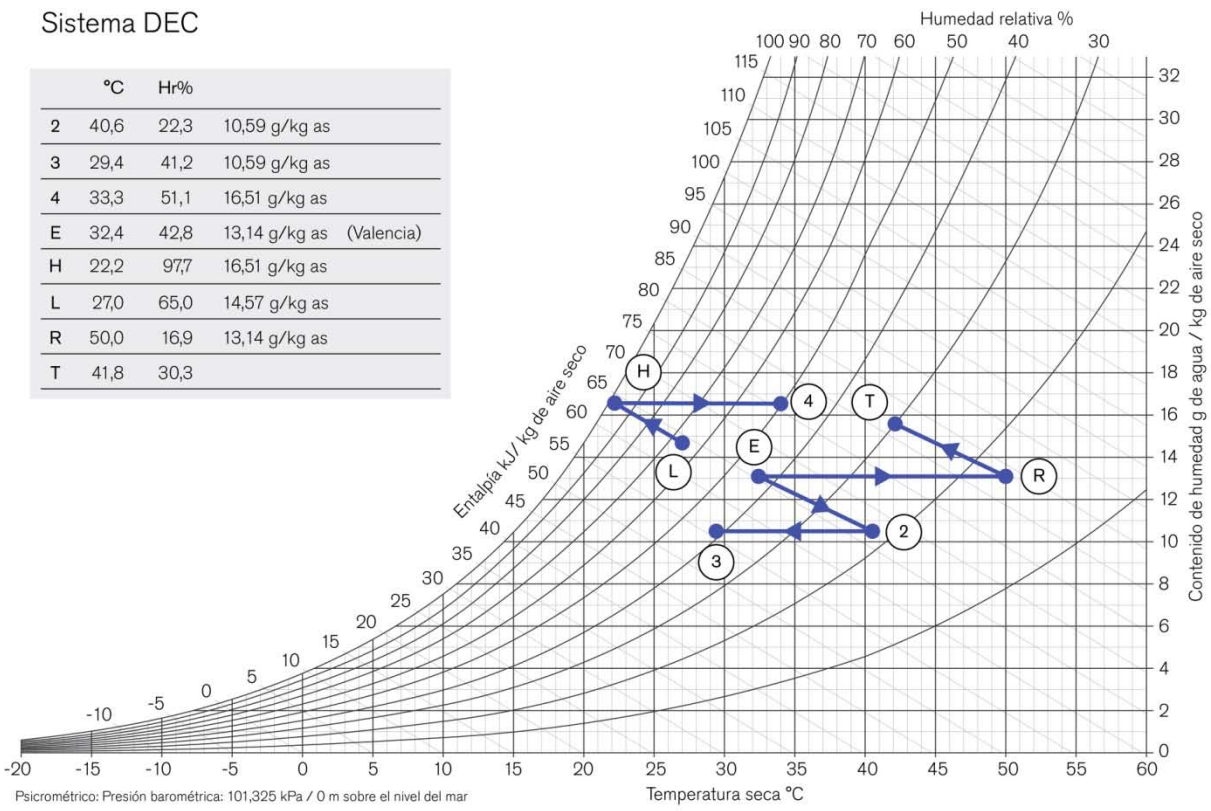


Figura 8

Mediante un recuperador de placas de sólo calor sensible, el aire caliente y seco del punto 2 se enfría, manteniendo la humedad específica constante hasta el punto 3. Utiliza como foco frío el aire interior del recinto de la piscina L, que ha sido enfriado previamente con una humidificación adiabática con pulverización de agua a alta presión, punto H. Este proceso es un enfriamiento adiabático indirecto, puesto que el intercambio de calor se realiza indirectamente en un recuperador de placas de sólo calor sensible.

Por otro lado, se necesita regenerar la rueda deshumectadora y eliminar el agua retenida en ella. Se utiliza una batería de agua caliente alimentada por energía solar para calentar el mismo caudal Q de aire exterior que hemos utilizado en la deshumectación de la piscina, hasta el punto R.

Recordemos que, en función de las condiciones del aire exterior, se pueden deshumectar las piscinas sólo con aire exterior, y este sistema propuesto empezaría a trabajar sólo cuando no lográramos nuestro objetivo de deshumectación con sólo aire exterior.

Es decir, nuestro sistema deshumecta con un caudal Q exterior, pero si esta deshumectación fuera insuficiente, utilizaría la rueda deshumectadora, que necesariamente debería ser regenerada con otra toma de aire exterior Q que se calentaría hasta el punto R y regeneraría la rueda deshumectadora.

4.2.2 Ejemplo de cálculo

Recordemos que la capacidad de deshumectación necesaria en el sistema tradicional (deshumectación del aire del local L) es de 42 kg/h y el caudal de aire necesario es de 9.300 m^3/h, obteniéndose un punto 2' (salida de evaporador), de (17,8ºC; 83,3%; 10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$). Los valores del punto exterior E corresponden a los de la ciudad de Valencia en verano (32,4ºC; 42,8%; 13,14 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$).

Si queremos deshumectar la piscina mediante aire exterior, deberemos deshumectar dicho aire al menos al nivel de humedad específica de 10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$ obtenido mediante el sistema tradicional. Utilizaremos el mismo caudal de aire de 9.300 m^3/h para que ambos sistemas sean comparables. Es decir, deberemos deshumectar 9.300 m^3/h de aire exterior por debajo de una humedad específica de 10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$.

Utilizando una rueda deshumectadora “Klingenburg-SECO” de rotor de celulosa impregnado en cloruro de litio, el vapor de agua del aire exterior queda retenido en ella mediante un proceso selectivo de absorción con enlace químico (quimiosorción). El agua, una vez atrapada en la rueda, debe ser eliminada mediante un proceso de regeneración térmica que haga que recupere su capacidad original de retención de agua.

Utilizamos, como aire de regeneración, 9.300 m^3/h de aire exterior (32,4ºC; 42,8%), que ha sido calentado en una batería de regeneración de tubos y aletas hasta 50ºC(Punto R). La potencia calorífica necesaria sería:

$P = 9.300 \cdot 1,14 \cdot (50-32,4) \frac{1}{3600} = 51,8$ kW

Podemos utilizar energía solar para esa regeneración a baja temperatura. Además, durante los meses de verano, la potencia radiante incidente media por m^2 de superficie absorbedora W/m^2 es máxima (por ejemplo, en julio, en Valencia, es de 633,3 W/m^2), así como la ganancia energética neta mensual por m^2 de superficie absorbedora $\frac{kW \cdot h}{m^2 \text{ mes}}$ (105,2 $\frac{kW \cdot h}{m^2 \text{ mes}}$).

La temperatura media del fluido caloportador en el colector está por encima de 50ºC en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, lo cual nos indica claramente que la utilización de la energía solar para esta aplicación es muy adecuada. Es decir, estaríamos utilizando la energía solar en los meses de mayor ganancia energética.

Recordemos que en nuestro primer ejemplo de cálculo habíamos obtenido la superficie necesaria de colectores para obtener una cobertura del 60% de las pérdidas del vaso bajo diferentes supuestos. Se necesitaba, además de los colectores, una caldera para el primer calentamiento de la masa de agua y posterior apoyo a la energía solar. En el cálculo de la deshumidificadora de la piscina habíamos obtenido una potencia de P = 96,25 kW para calentar toda la masa de agua a la temperatura de 26ºC en 96 h.

Esta caldera de 96,25 kW es mayor que la potencia necesaria en recuperación 51,8 kW. Puede calentar en aproximadamente 1 hora un depósito de 2.000 litros a una temperatura de 60ºC. Este depósito puede ser precalentado con los posibles excedentes de energía solar que hemos utilizado para vencer las pérdidas del vaso y alimentaría directamente a la batería de regeneración.

Si introducimos los datos de E (32,4ºC; 42,8%) y los de R (50ºC; 16,9%) en el programa informático que calcula la rueda deshumectadora, obtenemos una rueda modelo “SECO 2000/2000-1750” de diámetro 1750 mm y un punto 2 (40,6ºC; 22,3%; 10,59 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$). El punto 2 es aire caliente y seco.

Utilizamos un recuperador de placas de sólo calor sensible con tratamiento epoxy para enfriar el aire de 2 a humedad específica constante. Utilizamos con foco frío el aire del interior de la piscina L (27ºC; 65%), que ha sido enfriado previamente mediante una humidificación adiabática con pulverización de agua a alta presión o cualquier otro sistema de humidificación adiabática hasta el punto H (22,2ºC; 97,9%). Con un rendimiento térmico del 60% obtenemos un punto 3 (29,4ºC; 41,2%; 10,59 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$).

Es decir, hemos conseguido 9.300 m^3/h por debajo de la humedad específica de referencia 10,64 $\frac{g.agua}{kg\ a.s.}$ y a una temperatura de 29,4ºC, muy apropiada para climatización de piscinas. Observamos en el diagrama psicrométrico de la transformación que los puntos 3’ y 3 son casi coincidentes; prácticamente hemos llegado al mismo punto, pero con una transformación completamente diferente y no hemos utilizado refrigerantes.

En el diagrama de funcionamiento del nuevo sistema vemos cómo podrían trabajar los diferentes equipos en las dos hipótesis de trabajo:

- Funcionamiento con aire exterior y baja humedad específica. Situación invierno.
- Funcionamiento con aire exterior y alta humedad específica. Situación verano.

Hemos añadido una batería final de apoyo, que en invierno será de calor y en verano de frío, para conseguir unas condiciones diferentes de salida del recuperador de placas, punto 3. En verano podemos bajar la temperatura de salida del recuperador de placas (29,4ºC) y combatir la carga térmica del local. En invierno podemos aumentar la temperatura de salida del recuperador (17,4ºC) y conseguir unas condiciones más apropiadas (30ºC).

En ambos casos, la potencia requerida es sólo de calor sensible. No se consume energía para vencer la carga latente que ya ha sido tratada.

$$P = Q \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta t$$

Si por simplificar, consideramos $\rho_E = 1{,}2$

Ejemplo:

Verano: Supongamos que queremos impulsar a 18ºC.

$$P = 9.300 \cdot 1{,}2 \cdot (29{,}4 - 18) \frac{1}{3600} = 35{,}5 \text{ kW}$$

Podríamos combatir una carga térmica del local de 35,5 kW.

Invierno: Supongamos que queremos impulsar a 30ºC.

$$P = 9.300 \cdot 1{,}2 \cdot (30 - 17{,}4) \frac{1}{3600} = 39 \text{ kW}$$

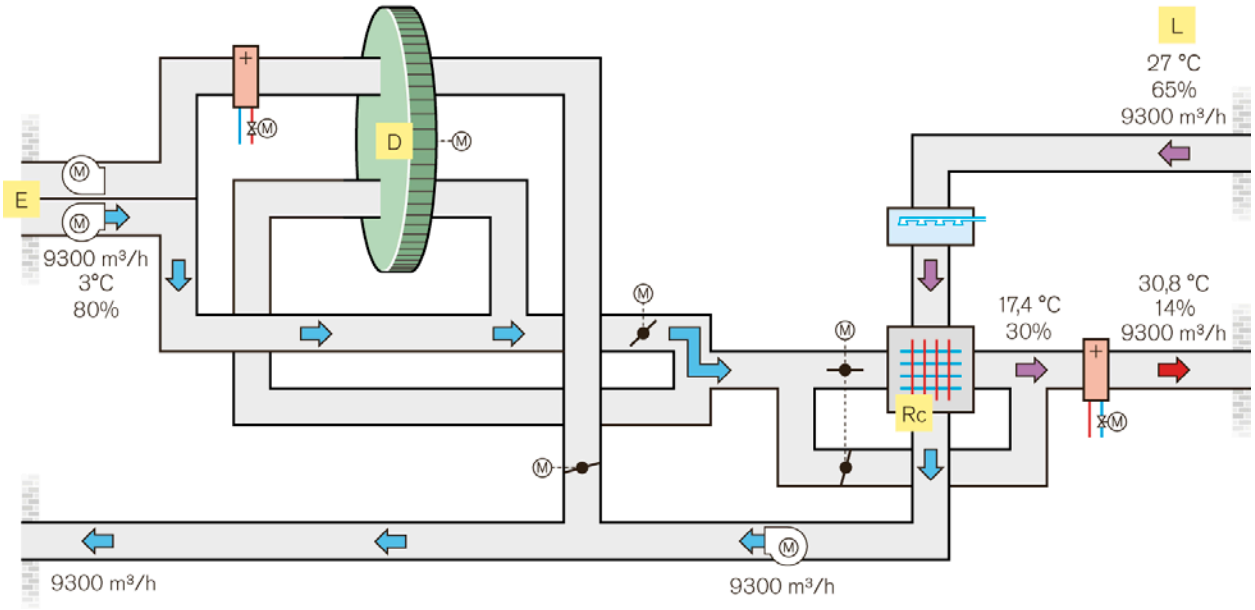
Necesitaríamos una batería de 39 kW si queremos impulsar a 30ºC.

NOTA: Ver diagramas psicrométricos de deshumidificación mediante aire exterior en cantidad variable con recuperador de placas aire/aire.

Funcionamiento invierno

SISTEMA DEC

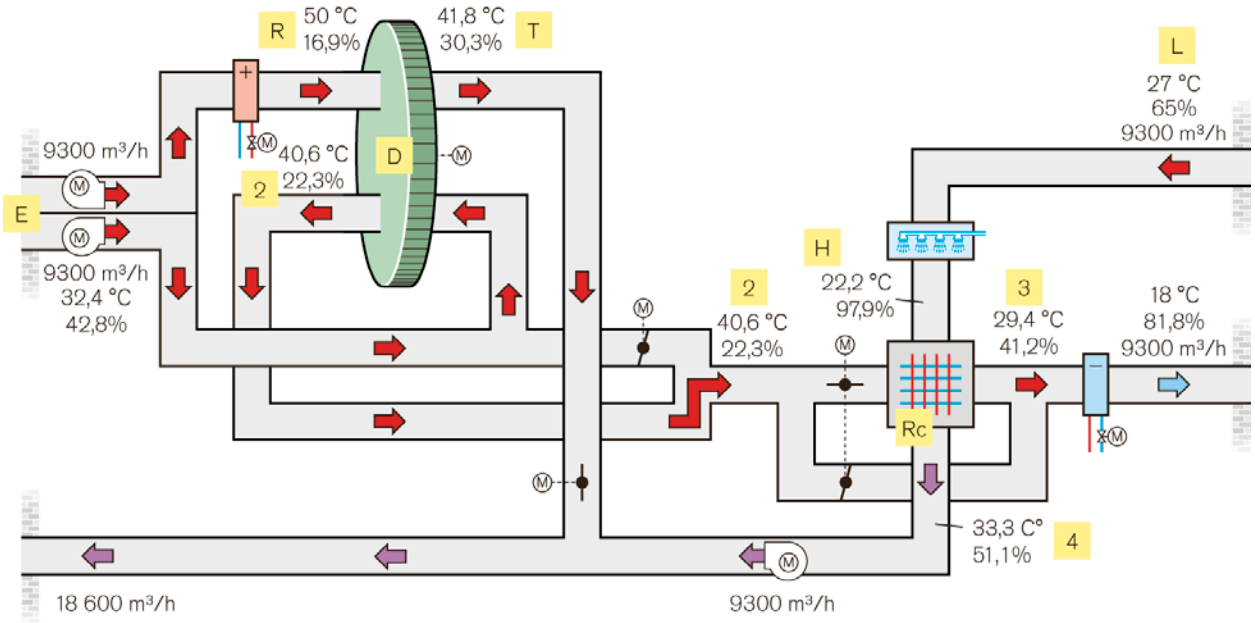
- Aire exterior con mínima humedad específica
- No actúa la rueda desecante



Funcionamiento verano

SISTEMA DEC

- Aire exterior con máxima humedad específica
- Actúa la rueda desecante y el humidificador adiabático



5 Conclusiones

En este estudio hemos analizado los diferentes sistemas que hoy se consideran en la climatización de piscinas cubiertas. Si de lo que se trata es de ahorrar energía, la mejor decisión es la deshumidificadora de piscinas. Como hemos explicado antes, utiliza el calor de condensación para el calentamiento del aire y agua del vaso de la piscina. Su consumo eléctrico es del mismo orden que el de una enfriadora convencional, que se utilizará sólo para la deshumectación del aire de la piscina, con lo cual su rendimiento energético es muy alto. Además, se les puede acoplar un módulo de recuperación y free-cooling para la recuperación de energía del aire expulsado, de acuerdo con la I.T. 1.2.4.5.2.4, y es la alternativa al mantenimiento de la humedad relativa del ambiente con aire exterior, que puede utilizarse de acuerdo con la I.T. 1.2.4.5.2.5 del nuevo RITE 1027/2007.

Actualmente, existe un desarrollo técnico importante en este tipo de máquinas frigoríficas que han sido diseñadas especialmente para la climatización de piscinas. Las nuevas máquinas permiten la cesión de calor 100% al aire, al aire y al agua y 100% al agua. La posibilidad de cesión 100% al agua y la utilización conjunta de un dry-cooler nos da una versatilidad de funcionamiento que hace cada vez más atractiva la utilización de estas máquinas.

Recordemos que, inicialmente, las deshumidificadoras se utilizaban para el mantenimiento de la humedad ambiente y la climatización en invierno. La cesión de 100% de calor al agua permite también la climatización en verano. El aire frío que sale del evaporador puede ser suficiente para mantener la temperatura del ambiente por debajo de 30ºC. Es decir, tendríamos una máquina capaz de mantener la humedad controlada y la temperatura en invierno y en verano. El nuevo RITE nos indica claramente cuáles son los límites de temperatura seca del aire de los locales que albergan piscinas climatizadas y la humedad relativa. I.T. 1.1.4.1.2, apartado 3**.** El aire se mantendrá entre 1 y 2ºC por encima de la temperatura del agua del vaso, con un máximo de 30ºC, y la humedad relativa se mantendrá siempre por debajo del 65%.

Estos valores son adecuados para la climatización en invierno, por ejemplo: aire 27ºC;65% y vaso a 25ºC, pero en verano se pueden tener diferencias mayores entre estas temperaturas, por ejemplo, aire 29ºC;65% y vaso a 25ºC. Los bañistas, en verano, al estar mojados, pueden soportar temperaturas más altas, superiores a 30ºC. A medida que aumentamos la diferencia entre la temperatura del agua y la del ambiente, la evaporación disminuye, con lo cual en verano, con estas mayores diferencias de temperatura, la evaporación es menor. El nuevo RITE debería haber considerado esta posibilidad en verano, que es aceptable desde el punto de vista del confort y disminuye notablemente el consumo energético.

La contribución solar para el calentamiento de piscinas cubiertas viene fijada en la sección “HE4” del código de la edificación. Dicho código permite disminuir justificadamente dicha exigencia cuando se utilizan fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperación de calor ajenas a la propia generación de calor del edificio. En una máquina deshumectadora, dicho recuperador es el condensador de agua, que calienta el agua del vaso y que está diseñado específicamente para esta función.

Desde el punto de vista medio ambiental, las mejores soluciones son las que no utilizan refrigerantes y, consecuentemente, no dañan la capa de ozono.

La deshumectación mediante aire exterior en cantidad variable y recuperador de placas es muy adecuada para la climatización en invierno y para climas secos en verano. El consumo energético es mayor que la deshumectación con deshumidificadora y requiere caldera de apoyo en invierno y, si queremos climatizar en verano, una batería de frío en verano. No siempre se puede utilizar y tiene serias limitaciones para climas húmedos en verano. El 60% de la energía necesaria para el mantenimiento del vaso lo daría un campo de colectores solares, pero sería necesaria siempre la utilización de una caldera de apoyo para el 40% restante y el primer calentamiento del agua del vaso y del aire ambiente.

El sistema DEC es el más innovador. Se utiliza cuando no podemos deshumectar con aire exterior, debido a que su humedad específica es alta, básicamente en situaciones de verano. Es decir, deshumectaríamos con sólo aire exterior en invierno y pasaríamos a una deshumectación mediante rueda deshumectadora en verano. Utiliza la energía solar tanto para el calentamiento del vaso como para la regeneración de la rueda deshumectadora que requiere el sistema. La regeneración de la rueda deshumectadora se realiza en los meses de verano, cuando la potencia radiante incidente por m^2 es máxima. Utilizamos la energía solar en los meses de mayor ganancia energética.

Para finalizar, se recomienda adecuar el nuevo RITE y ajustarlo a las necesidades reales energéticas y de confort requeridas en climatización de piscinas cubiertas, tanto en invierno como en verano.

Referencias utilizadas :

-Curso de Climatización de Piscinas. Sedical.
D. José Garrido.
-La Deshumidificadora. Un equipo frigorífico diseñado a medida para las piscinas climatizadas. Sedical.
-D. Juan Carlos Durán.