

## **6.2.2 Instalación de recuperador de calor en el spa para precalentar el agua**

### **6.2.2.a Planteamiento**

En la instalación del spa se tira a diario una cantidad enorme de agua, esa cantidad lleva consigo una temperatura aproximada de 35 °C que se le puede ceder de la instalación de ACS mediante un intercambiador de calor. Para recuperar la mayor cantidad de energía posible sería necesario un depósito acumulador de agua con un volumen que permitiese ceder la máxima cantidad de energía a través del intercambiador.

### **6.2.2.d Rentabilidad económica**

El problema que plantea esta instalación son las pérdidas de calor, puesto que si el depósito acumulador no está suficientemente aislado, la temperatura del agua procedente del spa bajará rápidamente sin permitir el intercambio de calor deseado. Todo esto hace que no planteemos seguir adelante con el estudio de esta propuesta.

## **6.2.3 Cambio de combustible a gas natural**

### **6.2.3.a Planteamiento**

Lo cierto es que es difícil comparar un combustible con otro. Para poder comparar el gasóleo con el resto de combustibles es necesario utilizar el parámetro €/kwh, si queremos llegar hasta este valor es necesario conocer el poder calorífico inferior (energía que es capaz de generar un combustible por unidad de masa o volumen) y su precio de mercado.

Actualmente, este parámetro queda de la siguiente manera para estos combustibles:

Gasóleo: 0,0868 €/kWh

Gas natural: 0,0496 €/kWh

Pellet: 0,04384 €/kWh

Como vemos el pellet es la oferta más competitiva e incluso se puede conseguir un mejor precio conforme acudimos a consumos más grandes. Pero

los problemas que plantea esta instalación no son pocos: el primero reside en el abastecimiento, porque el acceso a la calle donde se encuentra el hotel es difícil para vehículos de gran tamaño. En segundo lugar está el espacio necesario que necesita este tipo de instalación y del que no se dispone en el edificio. Y para acabar está el tema de la producción de ceniza que dificulta aun más las cosas porque necesitaría de un sistema para gestionar toda esa producción de cenizas y todavía se necesitaría más espacio.

Por esos motivos se recurre a la instalación de gas natural, porque es simple, tiene un precio más competitivo que el del gasóleo y se puede adaptar la instalación existente simplemente cambiando los quemadores.

#### 6.2.3.b Ahorro

Para estimar el ahorro vamos a ver cuál es el consumo mensual de energía (extraído a partir del análisis de las facturas de gasóleo), y veremos cuál es el gasto según una tarifa de consumo de gas natural, concretamente la tarifa 3.4.

mes	consumo (kWh)	coste fijo	coste variable	coste total
enero	0	80,97	0,00	80,97
febrero	73208	80,97	3638,20	3719,17
marzo	63429	80,97	3152,26	3233,23
abril	32113	80,97	1595,90	1676,87
mayo	25325	80,97	1258,58	1339,55
junio	15882	80,97	789,29	870,26
julio	15734	80,97	781,91	862,88
agosto	14577	80,97	724,45	805,42
septiembre	16768	80,97	833,30	914,27
octubre	18309	80,97	909,92	990,89
noviembre	47547	80,97	2362,94	2443,91
diciembre	68425	80,97	3400,51	3481,48
TOTALES	391317			20418,90

Así pues el gasto en combustible pasaría de ser de 31462,73 € con el gasóleo a 20418,9 con el cambio a Gas Natural. Esto supone un ahorro anual de 11044 € al año, un 35% sobre el coste inicial.

### 6.2.3.c Inversión

Para ejecutar el cambio de instalación tendremos que hacer frente a los siguientes costes. Tendremos que cambiar los quemadores de las calderas y pagar la instalación de acometida de gas y pagar por los derechos de usuario que impone la empresa suministradora de gas. Estos costes quedan de la siguiente manera:

		ud	precio	coste
quemadores	160kW	2	2450	4900
	28 kW	1	980	980
derechos de usuario				76
instalación de acometida				106
Total				6062 €

### 6.2.3.d Rentabilidad económica

Ahorro: 11044 €

Inversión: 6062 €

Pay-Back:  $6062/11044 = 0,54$  años

### **6.2.4 Distribución de las cargas térmicas**

En los apartados que vienen a continuación se calculará el ahorro mejorando la envolvente térmica del edificio, pero para ello primero tendremos que saber cómo se distribuyen las cargas térmicas en el edificio durante la época de invierno, cuando está en funcionamiento la calefacción; y durante el periodo de funcionamiento de los splits, en verano.

Veamos pues cuál es la distribución de las cargas térmicas para cada época.

#### 6.2.4.a Cargas térmicas en invierno

Dentro de las cargas térmicas podemos encontrar dos distintas: carga latente y carga sensible. La carga latente es la que se produce por la condensación o evaporación del agua. Mientras que la carga latente es la

derivada del cambio en la temperatura, pero no de la cantidad de vapor de agua presente en el aire.

Por otro lado también se pueden clasificar entre cargas internas y externas. Las internas son las generadas por elementos propios del edificio (iluminación, ocupación de las personas ...) y las cargas externas son características de la radiación solar, los cerramientos opacos y translúcidos y la ventilación. Hecha esta diferenciación podemos calcular los distintos tipos de cargas térmicas.

En invierno es sencillo porque únicamente se tienen en cuenta las pérdidas por transmisión de los cerramientos opacos y translúcidos y la ventilación. La fórmula para cuantificar las pérdidas de calor es la siguiente:

#### Cargas térmicas debidas a los cerramientos

$$Q = U \cdot S \cdot \Delta T$$

Para el incremento de la temperatura suponemos una temperatura de 21°C y una humedad relativa del 45% para cumplir con el RITE, y al exterior supondremos una temperatura de -0,2 °C y una humedad relativa del 85%. La temperatura de cálculo para la transmisión de calor en las medianeras y elementos en contacto con el terreno será la mitad que la de los elementos en contacto con el ambiente exterior. En la siguiente tabla aparecen los distintos tipos de cerramientos, su superficie y su transmitancia.

Elemento	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> °C)	Superficie (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$	Potencia transmitida (W)
Solera	0,32	820,7	10,6	2783,8
Medianera	2,07	570,94	10,6	12527,6
Fachada 1	2,07	430	21,2	18870,1
Fachada 2	1,41	17,6	21,2	526,1
Fachada 3	2,63	56,2	21,2	3133,5
Carpintería 1	4,4	64,61	21,2	6026,8
Carpintería 2	2,8	74,25	21,2	4407,5
Carpintería 3	5,9	73,93	21,2	9247,2
Cubierta	2,63	321,4	21,2	17920,0

La carpintería tipo 1 hace referencia a las que poseen marco de madera y vidrio simple, las de tipo 2 a las de marco de madera y vidrio doble y las de tipo 3 a las que tienen un marco de aluminio y vidrio simple.

### Cargas térmicas por renovación de aire

La carga térmica por ventilación viene dada por la siguiente expresión:

$$Q_S = \rho \cdot V_V \cdot C_P (T_e - T_i) \rightarrow Q_S = V_V \cdot 0,34 \cdot \Delta T$$

$\rho$  es la densidad del aire: 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$V_V$  es el caudal de aire exterior en m<sup>3</sup>/h necesario para ventilación según el RITE

$C_P$ , es el calor específico del aire, igual a 1 kJ/kg °C

$T_e$  y  $T_i$  son las temperaturas del aire exterior e interior.

El caudal de ventilación es el resultante de las exigencias de ventilación para cada una de las estancias del hotel en función de su superficie y la ocupación.

**Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos**

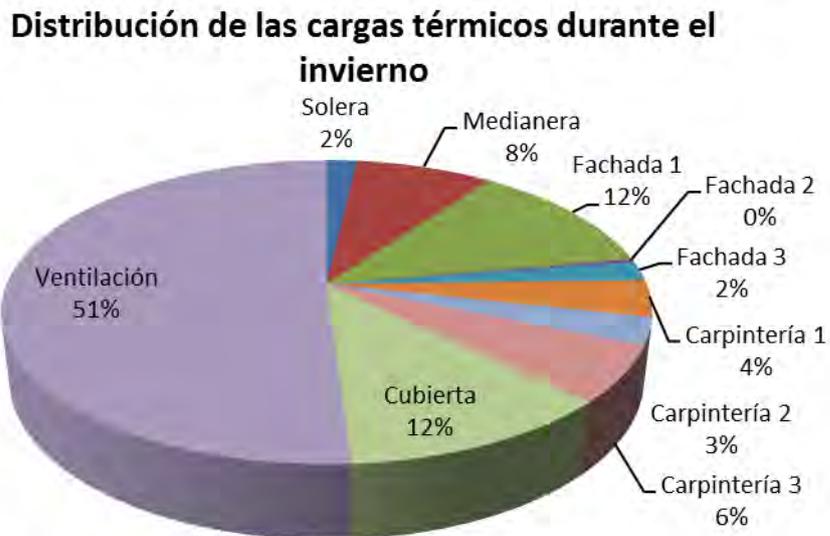
		Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s		
		Por ocupante	Por m <sup>2</sup> útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	50 por local <sup>(1)</sup>
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

<sup>(1)</sup> Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

Así pues el caudal de ventilación para todo el edificio es  $V_V = 10896,95$  m<sup>3</sup>/h. Con este valor, la carga térmica por ventilación quedaría de la siguiente manera:

$$Q_s = 10896,95 \cdot 0,34 \cdot 21,2 = 78545,2 \text{ W}$$

Con lo cual la distribución de las cargas térmicas en invierno quedaría así:



#### 6.2.4.b Cargas térmicas durante el verano

Para la época de verano se establecen las siguientes condiciones: Temperatura interior 26°C y humedad relativa del 50% de acuerdo con el RITE. Temperatura exterior 31,8°C, humedad relativa del 45,1% y una oscilación media diaria de la temperatura (OMD) de 11,4°C, para un municipio de Castellón durante el mes de julio a medio día.

#### **Cargas internas:**

##### Cargas internas por ocupante:

Se puede dividir a su vez en carga sensible (qs) o carga latente (ql). Esta carga dependerá del número de personas que hayan en el interior del edificio y de la actividad que estén realizando. Se estima que entre personal del hotel y clientes puede haber unas 110 personas en el hotel.

$$q_s = n \cdot q_{s1} = 110 \cdot 63 = 6930 \text{ W}$$

$$q_l = n \cdot q_{l1} = 110 \cdot 68 = 7480 \text{ W}$$

La carga total por ocupantes será de 14410 W.

ACTIVIDAD	TIPO DE LOCAL	ADULTO (AM)	Temperatura seca del local (°C)							
			28		26		24		21	
			qs	qL	qs	qL	qs	qL	qs	qL
Sentados, en reposo	Teatro, escuela primaria	114	51	51	61	41	67	35	75	27
Sentados, trabajo ligero	Escuela secundaria	131	52	64	63	53	70	46	79	37
Empleado oficina	Oficina, apartamento, Escuela superior	139	52	79	63	68	71	60	82	49
De pie, marcha lenta	Almacenes, tiendas	161	52	79	63	68	71	60	82	49
Sentado, de pie	Farmacia	161	52	94	64	82	74	72	85	61
De pie, marcha lenta	Banco	161	52	94	64	82	74	72	85	61
Sentado	Restaurante	146	56	105	71	90	82	79	94	67
Trabajo ligero taller	Fabrica, trabajo ligero	234	56	163	72	147	86	133	107	112
Baile	Sala de baile	263	64	184	80	168	95	153	117	131
Marcha 5 km/h	Fabrica, trabajo bastante penoso	292	79	213	96	196	111	181	134	158

$AM$  (mujer adulta) =  $AM$  (hombre adulto) x 0,86

$AM$ (niño) =  $AM$ (hombre adulto) x 0,75

### Cargas térmicas por iluminación:

La potencia de esta carga será igual a la potencia instalada puesto que al final siempre se acaba cediendo la energía en forma de calor. De esta forma:

$$C_i = 13120 \text{ W}$$

### Cargas por equipamiento interno:

Al igual que con las cargas por iluminación, en el caso del equipamiento interno (neveras, ordenadores, ...) toda la potencia instalada se acabará transformando en potencia térmica. Por lo tanto:

$$C_e = 12988 \text{ W}$$

### **Cargas externas**

#### Cargas a través de cerramientos opacos

En verano la transmitancia térmica de los cerramientos tiene la siguiente expresión debido a la acción de la radiación solar:

$$Q = U \cdot S \cdot \Delta T_{eq}$$

$$\Delta T_{eq} = C \cdot \Delta T_{eq} (\text{tabla}) + (24 - T_i) + (T_M - 30)$$

Siendo:

C: 1 pared oscura, 0,85 color medio y 0,65 color claro

$T_M = T_e - OMD/2$      $T_M$ : temperatura media     $T_e$ : temperatura exterior

OMD: Oscilación media diaria

$T_i$  temperatura interior

$\Delta T_{eq}$ : incremento de la temperatura equivalente, extraído a partir de la siguiente tabla en función de la orientación, el peso y la hora del solar.

Como ejemplo, vamos a ver cuál sería el  $\Delta T_{eq}$  para la fachada principal situada al sudeste a medio día (peso = 500 kg/m<sup>2</sup>)

$$\Delta T_{eq} = 0,65 \cdot 14 + (24 - 26) + (31,8 - (11,4/2) - 30) = 3,2^\circ\text{C}$$

Orient	Horas solar																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>Muro ligero (200 kg/m<sup>2</sup>; U = 0,40 W/m<sup>2</sup>K)</b>																								
N	12	11	10	9	8	7	6	5	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	16	16	16	15	14
NE	14	12	11	9	8	7	6	6	7	8	11	13	15	16	17	17	17	18	19	19	18	17	16	15
E	17	16	14	12	10	8	6	5	6	8	11	14	16	18	19	19	20	21	22	22	22	21	20	19
SE	13	11	10	9	9	9	8	8	9	10	12	14	16	18	20	22	23	24	25	23	21	19	16	
S	14	12	11	10	8	7	6	5	5	6	8	10	13	16	19	20	21	21	21	20	18	17	15	
SO	22	20	17	15	13	11	9	8	7	7	7	8	12	19	27	32	35	36	35	34	31	28	25	
O	22	20	18	15	12	8	6	4	3	5	7	9	12	14	15	17	18	20	22	23	24	24	23	
NO	18	17	15	12	10	8	6	5	4	5	7	8	10	12	13	14	15	17	19	20	21	20	19	
<b>Muro peso medio (300 kg/m<sup>2</sup>; U = 0,52 W/m<sup>2</sup>K)</b>																								
N	13	12	12	11	11	10	9	9	9	8	8	9	9	9	10	11	11	12	12	13	13	13	13	
NE	15	14	13	13	12	11	11	10	10	10	11	11	12	13	13	14	14	15	15	16	16	16	15	
E	18	17	16	15	14	13	12	11	11	11	12	13	14	14	15	16	16	17	17	18	18	18	18	
SE	16	15	14	14	13	13	12	12	12	12	12	13	13	14	15	16	17	18	19	19	19	18	17	
S	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	9	10	11	12	13	14	15	16	16	16	16	15	
SO	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	13	13	13	15	18	21	23	25	25	26	26	24	
O	19	19	18	17	16	15	13	12	11	10	10	11	12	13	13	14	15	15	16	17	18	19	19	
NO	16	16	16	15	14	13	11	10	10	9	10	10	10	11	11	12	13	13	14	15	16	16	16	
<b>Muro pesado (500 kg/m<sup>2</sup>; U = 0,43 W/m<sup>2</sup>K)</b>																								
N	12	12	12	12	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	
NE	14	14	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	14	14	
E	16	16	16	16	16	16	16	15	15	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	16	16	
SE	16	16	16	16	15	15	15	15	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	16	16	16	
S	14	14	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	12	11	12	12	12	12	13	13	13	14	14	
SO	21	22	21	21	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17	17	17	17	18	18	19	20	20	21	
O	16	16	17	17	17	17	16	16	15	15	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15	16	16	
NO	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	13	14	

Para cubiertas se empleará la siguiente tabla:

Horas solar																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
<b>Cubierta I horizontal ligera (350 kg/m<sup>2</sup>; U = 0,75 W/m<sup>2</sup>K)</b>																								
26	25	25	24	23	22	21	20	18	17	16	16	15	15	15	16	17	19	20	22	23	24	25	25	
<b>Cubierta horizontal pesada (500 kg/m<sup>2</sup>; U = 1,25 W/m<sup>2</sup>K)</b>																								
23	23	23	23	22	21	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	18	19	20	21	22	23	23	23	

El cálculo de las cargas térmicas a través de los muros de medianería se estima igual que en invierno.

Ya podemos calcular la carga térmica para los cerramientos opacos:

Elemento	PESO	Orientación	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> °C)	Superficie (m <sup>2</sup> )	ΔTeq	Potencia transmitida (W)
Solera	—	—	0,32	820,7	2,9	761,6
Medianera	500 kg/m <sup>2</sup>	—	2,07	570,94	2,9	3427,4
Fachada 1	500 kg/m <sup>2</sup>	SE	2,07	195,60	3,2	1295,7
		NE	2,07	113,80	3,85	907,0
		NO	2,07	99,59	0,6	123,7
		SO	2,07	21,01	0	0,0
Fachada 2	300 kg/m <sup>2</sup>	SE	1,41	8,01	2,55	28,8
		NE	1,41	4,66	1,9	12,5
		NO	1,41	4,08	0,6	3,4
		SO	1,41	0,86	2,55	3,1
Fachada 3	300 kg/m <sup>2</sup>	SE	2,63	25,56	2,55	171,4
		NE	2,63	14,87	1,9	74,3
		NO	2,63	13,02	0,6	20,5
		SO	2,63	2,75	2,55	18,4
Cubierta	350 kg/m <sup>2</sup>	—	2,63	321,4	3,85	3254,3

### Cargas térmicas a través de las carpinterías

Además de la carga por transmisión térmica vista en el apartado de cálculo para el invierno, a las carpinterías se les añade la carga por radiación solar durante el verano. Estas cargas se calculan de la siguiente forma:

$$Q_{rad} = S \cdot FH \cdot CSR$$

Siendo S la superficie de las carpinterías, CSR la carga solar por radiación para la orientación de la ventana en un momento determinado y FH el llamado factor solar modificado.

Tabla de CSR para un día de julio a las 15 horas

FI	P kg/m <sup>2</sup>	Orientación								Hor
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	
24 h.	≥750	101	87	122	129	203	167	68	40	530
	500	104	82	122	129	203	177	70	41	455
	150	118	67	95	107	172	218	85	47	580
16 h.	≥750	101	87	122	129	203	167	68	40	530
	500	104	82	122	129	203	177	70	41	455
	150	118	67	95	107	172	218	85	47	580
12 h.	≥750	115	108	156	161	230	187	79	49	540
	500	118	97	143	150	224	195	79	48	465
	150	120	67	95	107	172	220	87	49	590

Factor solar modificado según el tipo de vidrio	
Vidrio	FH
Sencillo	0,85
Doble	0,75
Doble de baja emisividad	0,72

Elemento	Peso kg/m <sup>2</sup>	Orientación	FH	S	CSR	q rad (W)
Carpintería 1	500 kg/m <sup>2</sup>	SE	0,85	29,39	129	3222,6
		NE	0,85	17,10	82	1191,8
		NO	0,85	14,96	41	521,5
Carpintería 2	500 kg/m <sup>2</sup>	SE	0,75	74,25	129	7183,7
Carpintería 3	500 kg/m <sup>2</sup>	SE	0,85	33,63	129	3687,5
		NE	0,85	19,57	82	1363,8
		NO	0,85	17,12	41	596,7
		SO	0,85	3,61	177	543,5

A estos valores debemos de sumarle la carga por transmisión térmica

$$Q = S \cdot U \cdot \Delta T$$

Elemento	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> °C)	Superficie (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$	Potencia transmitida (W)
Carpintería 1	4,4	64,61	5,8	1648,8
Carpintería 2	2,8	74,25	5,8	1205,8
Carpintería 3	5,9	73,93	5,8	2529,9

Cargas térmicas por renovación de aire:

En verano la carga térmica por renovación de aire tiene una parte de carga sensible y otra de latente. La sensible ya la hemos visto, tendría la siguiente expresión:

$$Q_s = V_v \cdot 0,34 \cdot \Delta T = 10896,95 \cdot 0,34 \cdot (31,8 - 26) = 21489 \text{ W}$$

La carga latente tendría la siguiente expresión:

$$Q_l = 3002400 \cdot V_v \cdot (W_e - W_i)$$

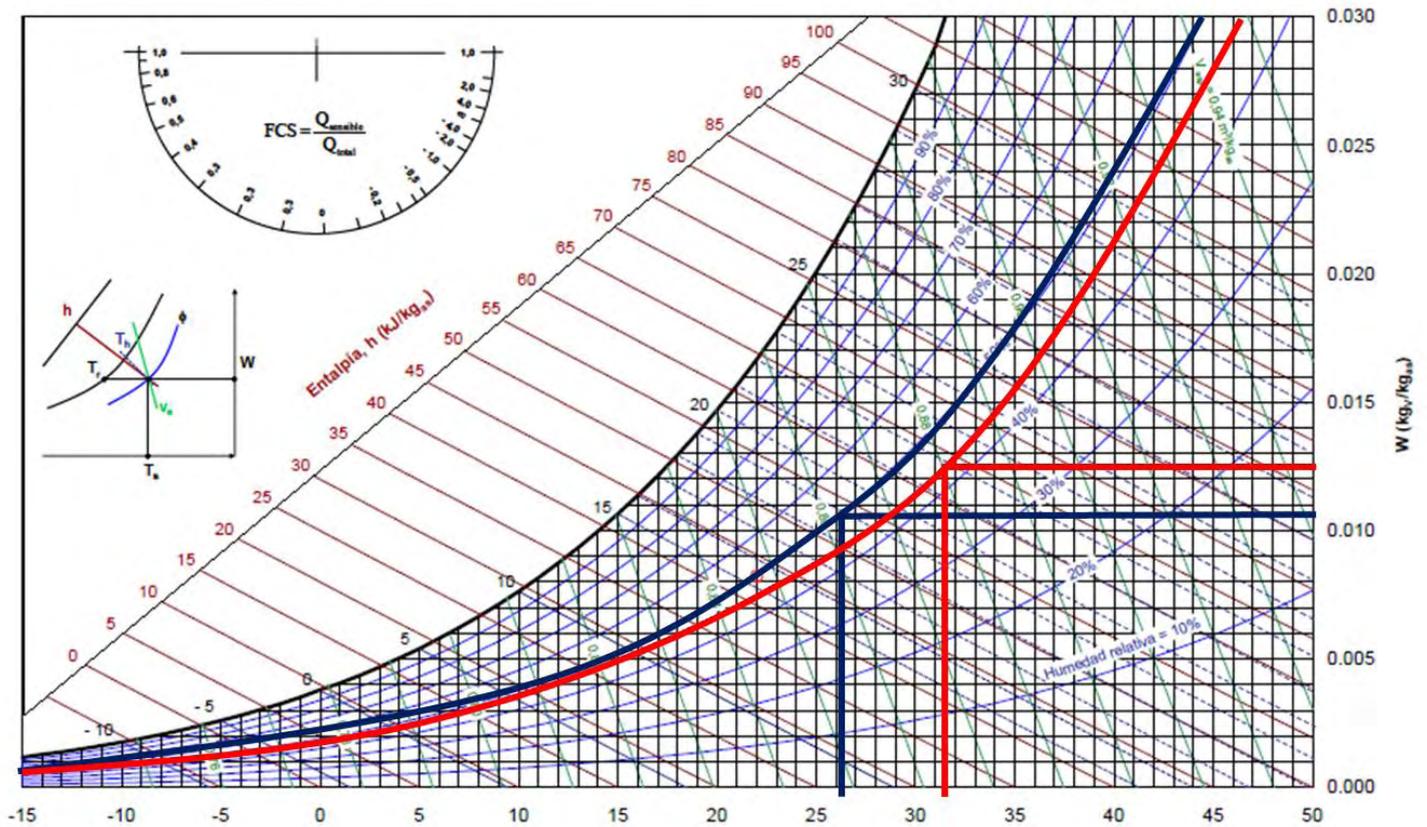
Siendo  $W_e$  y  $W_i$  la humedad específica correspondiente a los ambientes externo e interno. Estos valores se han obtenido a partir del gráfico psicrométrico (en rojo  $W_e$  y en azul  $W_i$ ).

Cabe destacar que el caudal de ventilación en esta expresión aparece en m<sup>3</sup>/h.

$$\text{Exterior: } T = 31,8^\circ\text{C y Hr} = 45,1 \% \rightarrow W_e = 0,0125 \text{ kgv/kgas}$$

$$\text{Interior: } T = 23^\circ\text{C y Hr} = 50\% \rightarrow W_i = 0,0108 \text{ kgv/kgas}$$

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO ( $P_T = 101325 \text{ Pa}$ )



$$Q_l = 3002400 \cdot 3,02 \cdot (0,0125 - 0,0108) = 15414 \text{ W}$$

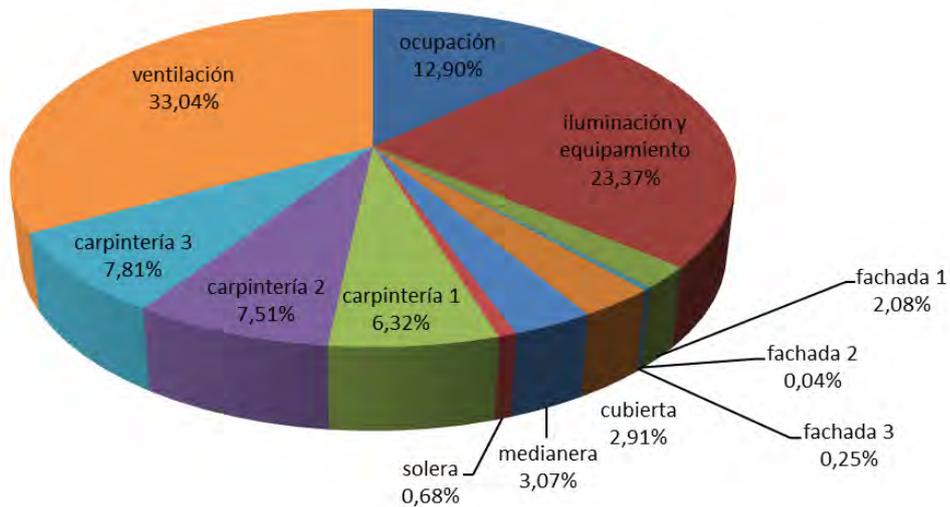
$$Q_t = 36903 \text{ W}$$

Resumidamente, las cargas térmicas en verano quedan de la siguiente manera:

Cargas	Concepto	Potencia (W)
cargas por ocupación	qs	6930
	ql	7480
	total	14410
cargas por iluminación	qi	13120
cargas por equipamiento	qe	12988
cargas por transmisión y radiación	fachada 1	2326
	fachada 2	48
	fachada 3	285
	cubierta	3254
	medianera	3427
	solera	762
	carpintería 1	7060
	carpintería 2	8390
	carpintería 3	8721
cargas por renovación de aire	qs	21489
	ql	15414
	total	36903

De manera que la distribución de las cargas térmicas para verano quedarían de la siguiente manera:

### Distribución de las cargas térmicas en verano



## 6.2.5 Mejora de la envolvente I: cambio de carpinterías

### 6.2.5.a Planteamiento

Repasemos las características de las carpinterías existentes en el hotel:

Carpintería	Descripción	Transmitancia W/m <sup>2</sup> C	Factor solar FH	Superficie m <sup>2</sup>
Tipo 1	Marco madera Vidrio simple	4,4	0,85	64,61
Tipo 2	Marco madera Vidrio doble	2,8	0,75	74,25
Tipo 3	Marco aluminio Vidrio simple	5,9	0,85	73,93

Vista esta situación, proponemos cambiar todas las carpinterías tipo 1 y 2 por carpinterías de las siguientes características: carpinterías fabricadas con perfil de pvc con triple junta de estanqueidad, color blanco y triple cristal: 4/10,5/4/10,5/4, transmitancia térmica (U) 1 W/m<sup>2</sup>K y factor solar (FH) 0,7.

Una vez definidas las características de las carpinterías que vamos a cambiar, podremos calcular el ahorro para invierno y verano.

### 6.2.5.b Ahorro

El ahorro en invierno es fácil de calcular porque está directamente ligado con la transmitancia (U) de la ventana.

invierno						
carpintería	gasto en calefacción	% gasto de la carpintería	U inicial	U triple cristal	Ahorro (%)	Ahorro (€)
Tipo 1	12270	4%	4,4 W/m <sup>2</sup> k	1,0 W/m <sup>2</sup> k	77%	379,25
Tipo 3	12270	6%	5,9 W/m <sup>2</sup> k	1,0 W/m <sup>2</sup> k	83%	611,42

Con este cambio conseguimos un ahorro en de 990,67 € solamente en invierno.

Para estimar el ahorro el cálculo se dificulta un poco ya que tendría dos partes: la conducción y la radiación, y cada una de ellas depende de un factor

distinto. Veamos cómo se ha realizado el cálculo del ahorro en la siguiente tabla:

Auditoría energética y propuesta de medidas de mejora sobre el Hotel Balneario de Villavieja

verano																		
			Carpinterías existentes								Carpinterías con triple acristalamiento							
			Pérdidas energéticas						caracterís-ticas		caracterís-ticas		Pérdidas energéticas					
			W			% cargas térmicas			U (W/m²K)	FH	U (W/m²K)	FH	% de ahorro			€		
gasto radiación	gasto conducción	gasto conducción + radiación	gasto radiación	gasto conducción	gasto radiación + conducción	Ahorro en radiación	Ahorro en conducción	Ahorro en radiación + conducción					Ahorro en radiación	Ahorro en conducción	Ahorro en radiación + conducción			
Tipo 1	2149 €	pérdidas radiación	5410,9			5%			0,85		0,7	12%			18,37€			
		pérdidas conducción		1648,8		1%		4,4		1		77%			24,51 €			
		pérdidas radiación + conducción			7059,7		6%										42,88 €	
Tipo 2	2149 €	pérdidas radiación	6191,5			6%			0,85		0,7	12%			21,03 €			
		pérdidas conducción		2529,9		2%		5,9		1		83%			40,43 €			
		pérdidas radiación + conducción			8721,4		8%										61,46 €	
																	<b>104,3 €</b>	

En esta tabla se sintetizan los cálculos del ahorro producido por las carpinterías en verano. En vertical se diferencian las carpinterías existentes y las de triple acristalamiento. En horizontal se separan dos bloques según el tipo de carpinterías. Cada bloque tiene tres alturas donde se diferencian las pérdidas según sean por radiación, conducción o la suma de ambas.

El proceso seguido en cada línea horizontal es el siguiente: se indica la potencia que se pierde por esa carpintería (bien por radiación o bien por conducción) y se estima que porcentaje representa dentro de las cargas térmicas. Más adelante se indica cuál es el factor responsable de las pérdidas generadas (transmitancia (U) o factor solar (FH)).

Cuando pasamos a la parte de la nueva carpintería vemos cuál es la nueva transmitancia o el nuevo factor solar. Seguidamente vemos qué nos ahorramos comparando por ejemplo la nueva transmitancia con la antigua. Una vez que sabemos qué porcentaje representa cada apartado dentro de las cargas térmicas y cuánto nos ahorramos con el cambio podemos calcular el ahorro.

Por ejemplo: en el caso de las pérdidas térmicas por radiación de la carpintería 1 vemos que son responsables de una pérdida de 5410 W, esto representa un 5% de las cargas térmicas en verano. La causa de las pérdidas térmicas por radiación es el factor solar de la ventana (FH) que para esta ventana es de 0,85. El factor solar de la nueva ventana es de 0,7 lo cuál supondrá un ahorro de un 17,64% ( $100 \cdot (1 - 0,7/0,85)$ ). Finalmente, para obtener el ahorro multiplicaremos el gasto en refrigeración 2149 € (9% de 23884,87 €) por el porcentaje que representan las cargas por radiación de las carpinterías tipo 1 dentro de las cargas térmicas (5%) y por el ahorro que obtendremos con el cambio (17,64 %).

$$A = 2149 \cdot 0,05 \cdot 0,17 = 18,36 \text{ €}$$

Si sumamos las pérdidas por conducción y por radiación tendremos las pérdidas totales generadas por la carpintería tipo 1.

La suma de las pérdidas totales de las carpinterías tipo 1 y 2 en verano es de 104,3 €. Sumadas a las pérdidas de invierno (990,67 €) obtenemos un ahorro anual de 1094,97 €.

#### 6.2.5.c Inversión

Hemos visto que con este tipo de carpinterías podemos ahorrarnos 1094,97 € precisamente por eso estas carpinterías son de las más caras del mercado. Una carpintería con estas características y de 1 x 1 m cuesta 374 €.

Lo cual nos da una idea aproximada del coste por m<sup>2</sup> para la instalación de estas carpinterías. Recordemos que la superficie que íbamos a cambiar era de 138,57 m<sup>2</sup> entre las carpinterías tipo 1 y 2.

Coste €/m <sup>2</sup>	374
Superficie a instalar	138,57
	51825,18 €

#### 6.2.5.d Rentabilidad económica

Como vemos el ahorro es considerable, pero la inversión lo es mucho más.

$$PB = \frac{51825,18}{1094} = 47,3 \text{ años}$$

Esta inversión es demasiado elevada para el ahorro que produce.

## 6.2.6 Mejora de la envolvente II: rehabilitación de la fachada

### 6.2.6.a Planteamiento

Se pretende renovar la fachada tipo 1 mediante el sistema SATE, que es la fachada de mayor grosor y superficie como se muestra en este esquema:

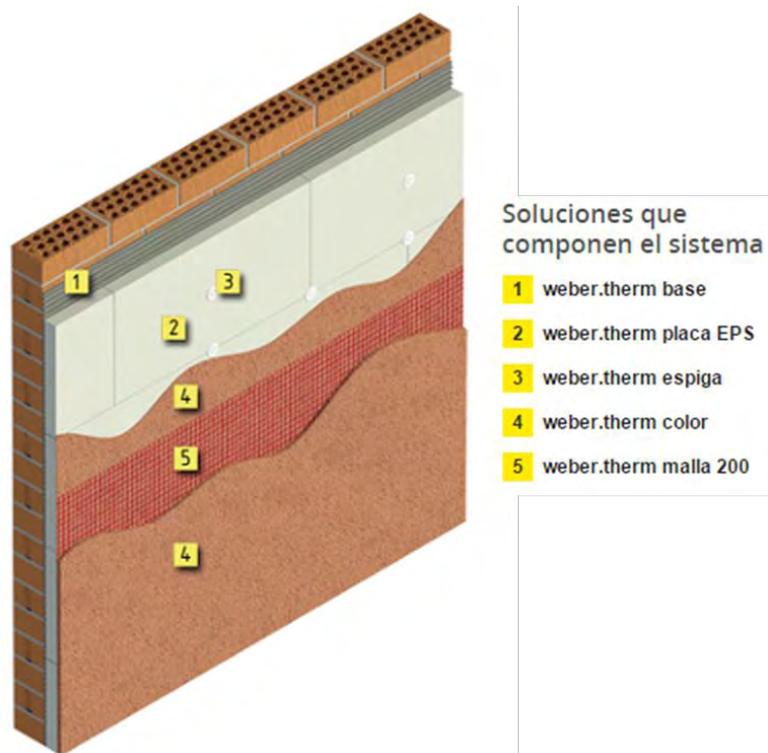


El sistema SATE consiste en la colocación de una nueva piel sobre la fachada ya existente. Esta nueva piel estaría compuesta por una base reguladora de 1 cm, aislante de 4 cm de poliestireno expandido y un acabado de mortero de 1 cm.

La transmitancia térmica original de este cerramiento era de  $2,07 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  si le añadimos las capas de las que hemos hablado obtendremos la siguiente transmitancia.

Capa	Espesor (m)	$\lambda$ (W/mK)	Ri (m <sup>2</sup> K/W)
Rsi			0,13
Enlucido de yeso	0,015	0,3	0,05
Roca porosa	0,59	2,33	0,25
Enfoscado de cemento	0,015	1,4	0,01
Mortero de regulación	0,01	1,4	0,01
Aislante: EPS	0,04	0,037	1,08
Revestimiento exterior	0,01	1,4	0,01
Rse			0,04
Transmitancia térmica			0,63 W/m <sup>2</sup> K

Esquema del sistema SATE



### 6.2.6.b Ahorro

Esta nueva capa supondrá una nueva transmitancia para la fachada tipo 1 de  $0,63 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ , esto supondría un ahorro del 70% respecto a la transmitancia anterior.

$$A = \left(1 - \frac{0,63}{2,07}\right) \cdot 100 = 69,56 \%$$

Según la distribución de cargas térmicas en invierno, la fachada tipo 1 representaba un 12%. Es decir, que renovando la fachada podríamos ahorrarnos un 8,34% en el consumo de calefacción.



El gasto en calefacción es de 12270 € al año (39% del gasto en gasóleo). Una reducción de un 8,34% supondría un ahorro de 1024,27 € al año en calefacción.

En verano el ahorro sería menor, ya que el coste en refrigeración es de 2149 € (9% del consumo eléctrico anual) y el porcentaje que representa la fachada tipo 1 dentro de las cargas térmicas para el periodo de verano sería del 2%. Es decir, que con el cambio de fachada podríamos ahorrar como máximo

$$A = 2149 \cdot 0,02 \cdot 0,69 = 29,65 \text{ € al año.}$$

Con esto obtendríamos un ahorro anual de 1053,92 €.

### 6.2.6.c Inversión

El coste económico de la colocación del sistema SATE está sobre los 65 €/m<sup>2</sup>. Para una superficie de 430 m<sup>2</sup> el coste total sería de 27950 €.

#### 6.2.6.d Rentabilidad económica

Pay Back:  $27950/1053,92 = 26,52$ .

Este es un periodo de retorno demasiado elevado, lo cual indica que esta opción presenta una rentabilidad baja.

### **6.2.7 Manta térmica en la piscina**

#### 6.2.7.a Planteamiento

Dentro de las pérdidas energéticas de una piscina climatizada se estima que entre un 60 y 70% se produce por evaporación. Para evitar este fenómeno se colocan las denominadas mantas térmicas sobre la superficie de las piscinas.

#### 6.2.7.b Ahorro

Este ahorro se producirá sobre el tiempo que esté cubierta como es obvio. Así pues ese ahorro pasará de un 60 a un 30% porque la piscina solo estará cubierta la mitad del día.

No hemos podido determinar qué parte del consumo de energía del spa, representa la piscina. Recordemos que los circuitos que consumían energía térmica en el spa eran el de la bañera, chorros y el de la piscina. Situándonos en el caso desfavorable de que el consumo de la piscina solo representa un 30% del consumo del spa (caso bastante improbable debido a la cantidad de volumen de agua que representa), el ahorro sería el siguiente:

Gasto anual en calefacción: 31462,73 €

Repercusión del spa dentro del gasto en gasóleo: 42%

Repercusión de la piscina dentro del consumo del spa: 30%

Ahorro con la colocación de la manta térmica sobre la piscina: 30%

Ahorro final:  $31462,73 \cdot 0,42 \cdot 0,3 \cdot 0,3 = 1189,3 \text{ €/año}$

#### 6.2.7.c Inversión

El coste de esta manta es de 13 €/m<sup>2</sup>, lo cual para nuestra piscina de 8 m<sup>2</sup> supone un coste final de 104 €.

#### 6.2.7.d Rentabilidad económica

Ahorro: 1189,3 €/año

Inversión: 104 €.

Pay Back:  $104/1189,3 = 0,08 \text{ años}$



## 6.3 Propuestas para la mejora en el consumo de electricidad

### 6.3.1 Implantación de iluminación LED

#### 6.3.1.a Planteamiento

La tecnología LED es capaz de proporcionar el mismo nivel de iluminación con una menor potencia. Esto supondrá como veremos más adelante un doble ahorro, puesto que al tener menor potencia la energía consumida será menor. Pero además también será un ahorro en la potencia contratada.

A partir de la información proporcionada en el apartado del inventario de iluminación podremos establecer claramente cuál será el ahorro.

#### 6.3.1.b Ahorro

	Energía (kWh)	Potencia (kW)
antes	41,26	13,12
después	26,26	4,49
ahorro	36%	66%

La luz representaba un 13% del consumo eléctrico, lo cual se traduce en un gasto anual de 2233,6 €. Con el cambio a LED, nos ahorraríamos 811,9 € al año.

#### 6.3.1.c Inversión

Actualmente habrían que cambiar 221 puntos de luz en el hotel, el resto ya funcionan con la tecnología LED, de estos 221 puntos 26 son tubos y los 195 restantes son bombillas.

El coste quedaría de la siguiente forma

Formato	Unidades	Coste (€)	Gasto (€)
Tubo	26	30,84	801,84
Bombillas	195	12,09	2357,55
<b>TOTAL</b>			<b>3159,39</b>