



artículo técnico

Recuperación de alta eficiencia del calor del agua durante la renovación de piscinas

Eduardo J. Lázaro

Director Técnico de Sedical

Al objeto de garantizar las adecuadas condiciones de higiene, se debe renovar diariamente un cierto volumen del agua de piscina. Una reposición de agua, sin recuperación, implica el desperdicio de agua a temperatura de piscina que hay que sustituir por agua a temperatura fría de red. Adicionalmente hay pérdidas como por ejemplo, las debidas a la transmisión en paredes que es necesario compensar. En este trabajo se propone un método de recuperación de energía, de alta eficiencia, para reducir los costes de funcionamiento y también las emisiones de CO₂, utilizando el agua de piscina extraída como fuente de calor antes de tirarla por el desagüe. Los períodos de amortización son inferiores a tres años, dependiendo de la temperatura de agua de red, etc., con ahorros acumulados a lo largo de su ciclo de vida útil varias veces superiores a la inversión inicial.

En este artículo se presenta una solución de mejora de la eficiencia energética aplicable a las instalaciones de piscinas así como valores de ahorro que se pueden conseguir.

Se trata de un sistema hidráulico diseñado para recuperar el calor del agua de salida de la piscina durante la renovación con agua de red, proporcionando un importante ahorro energético y de costos de explotación debido a su alta eficiencia.

Es aplicable de forma sencilla a todo tipo de piscinas existentes y de nueva construcción, donde se realice dicha renovación.

Necesidades energéticas de piscinas: potencial de mejora de la eficiencia energética en piscinas

El sistema de recuperación de energía térmica con el agua de salida de piscina como fuente de calor se utiliza para compensar las pérdidas que las piscinas tienen por transmisión y agua perdida, y, al mismo tiempo, calentar el agua fría de red de reposición.

Renovación de agua de piscina, higiene

De acuerdo a la legislación vigente, dependiendo de la Comunidad Autónoma, Ayunta-

* Ponencia presentada en el III Congreso de Servicios Energéticos. ESEs

miento, etc., es recomendado u obligatorio renovar diariamente una parte del volumen del vaso de piscina, siendo.

El porcentaje de renovación, en algunos casos nunca inferior al 5%, también puede variar, pero existe en todo caso, un motivo fundamental para la renovación: la higiene.

Todas las piscinas tienen un sistema de tratamiento del agua, como puede ser la cloración, la ozonificación, la dosificación de sustancias químicas, etc., para desinfección, corrección de parámetros físico-químicos como pH, floculantes, etc.

Además hay que tener en cuenta que el uso continuado por parte de los bañistas genera depósitos de suciedad orgánica como restos de piel, cabellos, gérmenes, etc., o inorgánicas por el propio desgaste de los componentes de la instalación, cremas y cosméticos de los bañistas, etc.

Es evidente, que si no se renovara el agua de la piscina en ésta aumentaría la concentración de todas las sustancias mencionadas con el consiguiente riesgo sanitario.

Ventajas de la renovación del agua de piscina:

- ▶ Reduce la concentración de cloraminas, que generan malos olores, irritaciones en piel y ojos, ataques químicos a elementos que están en contacto con el agua, etc.
- ▶ Reduce la concentración de suciedad, orgánica e inorgánica.
- ▶ Reduce la posibilidad de contraer infecciones como otitis, conjuntivitis, hongos o alergias.
- ▶ Reduce la necesidad de limpiar filtros y fondos de piscina.
- ▶ Aumenta la satisfacción de los bañistas, menos reclamaciones, mayor utilización.

Pero renovar el agua de piscina implica extraer agua a la temperatura de utilización, p.ej., 27°C, y sustituirla por agua fría de red, dependiendo de la época y lugar, incluso a temperaturas de 9°C.

La extracción diaria, sin recuperación, del 5% de una piscina de 500m³, implica la pérdida diaria de aprox. $500 * 5\% \text{ [m}^3/\text{día}] * 4,2 \text{ [kJ/kgK]} * (27-9) = 523 \text{ [kWh/día]}$.

Pérdidas de energía: transmisión y evaporación

Básicamente, se producen en las piscinas pérdidas de energía por transmisión y por evaporación.

Las pérdidas de transmisión, a través de paredes y suelo del vaso, dependen de la diferencia entre las temperaturas del agua en el vaso y la existente alrededor del vaso, así como del coeficiente de transmisión de las paredes y suelo. Y se producen las 24 horas del día.

Las pérdidas de evaporación, que dependen de la temperatura del agua en el vaso y la del aire ambiente, su humedad relativa, el "chapoteo" de los bañistas, si se recubre o no con manta térmica fuera del horario de apertura, etc., pueden recuperarse mediante una deshumectadora.

La figura 1 superior, muestra el diagrama de transferencia energético de la solución habitual, en el cual se puede observar que para cubrir los 680 [kWh/día] de energía útil que hay que aportar al agua fría de red, se necesita consumir:

$$E_c = 800 \text{ [kWh/día]} \text{ en combustible} + 9,8 \text{ [kWh/día]} \text{ aprox. en energía eléctrica.}$$

Renovación controlada

Para cumplir con las necesidades de renovación del agua de piscina no es suficiente con renovar a "ojo de buen cubero", sin controlar los caudales nuevos aportados.

Mediante un adecuado control automático y con equipos de medida de energía, es posible tener una garantía de que se renueva la cantidad legislada: y al mismo tiempo se reduce el consumo energético:

- ▶ Se controla el volumen renovado, incluso permitiendo la certificación según normativa.

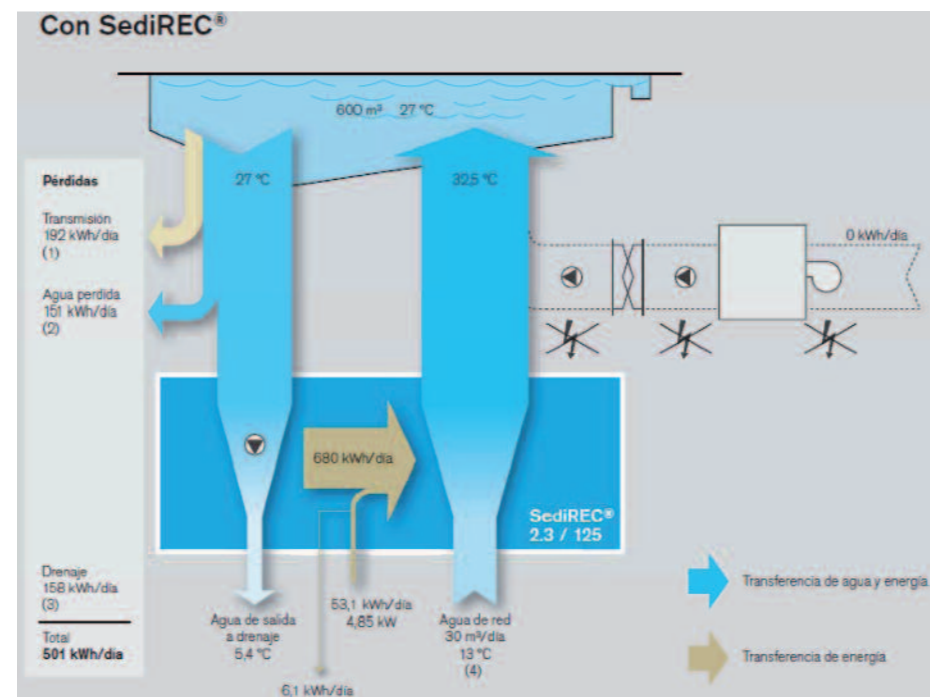
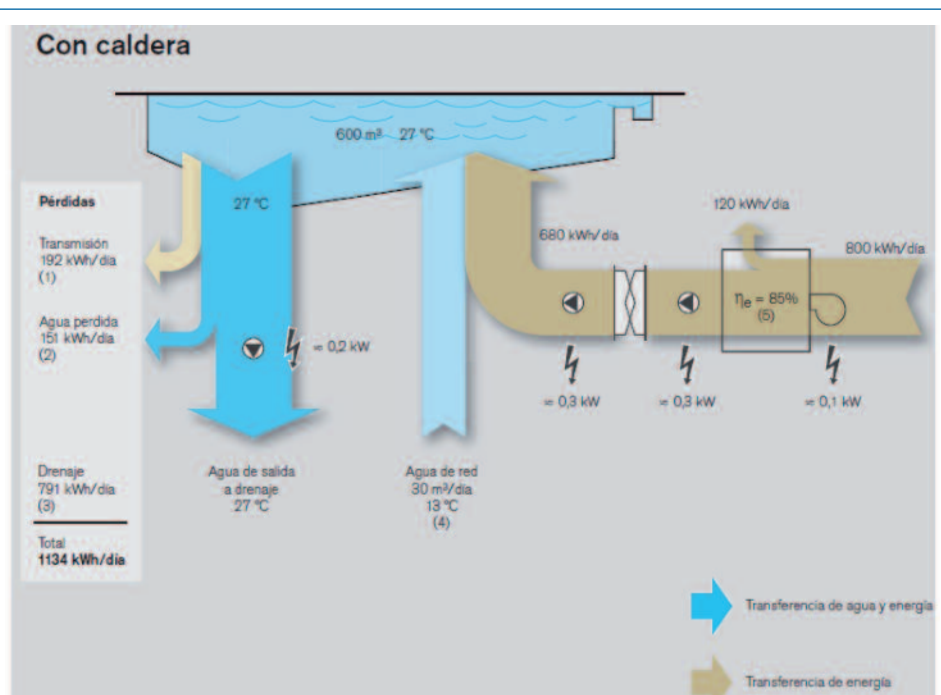


Figura 1. Diagramas de transferencia de energía comparando el sistema tradicional (izq.) con un sistema de recuperación de agua de piscina (dcha.). El 70% de las pérdidas diarias -1.134 kWh/día- son por agua perdida a drenaje a 27°C. Con el sistema de recuperación eficiente, al reducir la temperatura del agua extraída disminuyen las pérdidas de agua, desde 791 [kWh/día] a 158 [kWh/día].

Leyenda

- (1) Por paredes y suelo de los vasos (piscina y compensación)
- (2), (3) y (4) Cálculo de energía referida a 0°C agua en estado líquido
- (4) Renovación diaria de agua: 5% del volumen de agua de la piscina

- (5) Rendimiento estacional caldera/quemador: 85% (aunque los "comentarios al RITE 2007" pág. 100, establecen un rendimiento medio estacional de calderas de gas del 80%). Con menor rendimiento el consumo (kWh/día) será mayor.

► Se renueva solamente el mínimo volumen necesario, reduciendo el consumo de agua fría de red así como el de energía de calentamiento.

► Se asegura una renovación homogénea del agua del vaso de piscina.

► Se garantiza el correcto nivel de agua de piscina, sin descenso ni desbordamiento a drenaje.

► Se adecúan los caudales a las características de cada piscina.

En definitiva, se trata de renovar el agua de una forma energéticamente eficiente.

La figura 1 inferior muestra el diagrama de transferencia energético, ahora con un sistema de recuperación, en el cual se puede observar que para cubrir los 680 [kWh/día] de energía útil que hay que aportar al agua fría de red, se necesita consumir $E_c = 0$ [kWh/día] en combustible + 53,1 [kWh/día] en energía eléctrica.

Así, si con el sistema tradicional el rendimiento resultante es:

$$E = \frac{\text{energía_útil}}{\text{energía_consumida}} = \frac{680}{880 + 9,8} = 0,84$$

con un sistema eficiente de recuperación el rendimiento aumenta :

$$E_{\text{recup}} = \frac{\text{energía_útil}}{\text{energía_consumida}} = \frac{680}{0 + 53,1} = 12,8$$



Ejemplo numérico

Para compensar los 671 [kWh/día] de energía perdida por renovación y por transmisión se requiere el apoyo de una caldera de gas o gasóleo, (ver figura 2 superior), cuyo rendimiento promedio se ha considerado aprox., 87,5%, mejor aún que el considerado por los comentarios al RITE 2007, es decir, se necesita un consumo de combustible equivalente a 790 [kWh / día].

Como alternativa, (ver figura 2 inferior) el sistema de recuperación de alta eficiencia compensa los 671 [kWh/día] de energía perdida por renovación y por transmisión utilizando el agua de piscina como fuente de calor.

Efectos en el ahorro de energía

El sistema de recuperación propuesto, con un consumo eléctrico anual $E_a = 17.694$ [kWh/año], permite recuperar una energía $E_o = 232.194$ [kWh/año].

Con el sistema tradicional, suponiendo un rendimiento de caldera del 87,5%, se necesita consumir:

$$E_c = \frac{\text{energía útil}}{\text{rendimiento calderae}} = \frac{232.194}{0,875} = 265.365 \text{ [kWh/año]}$$

Así, gracias a un sistema de recuperación se desagua un elevado volumen de agua de piscina a temperaturas reducidas, inferiores incluso a 5°C según los casos, en vez de a la relativamente alta temperatura de utilización de 27,5°C, con un importante ahorro energético y de emisiones. La diferencia de temperatura se aprovecha como fuente para el calentamiento del agua fría de red.

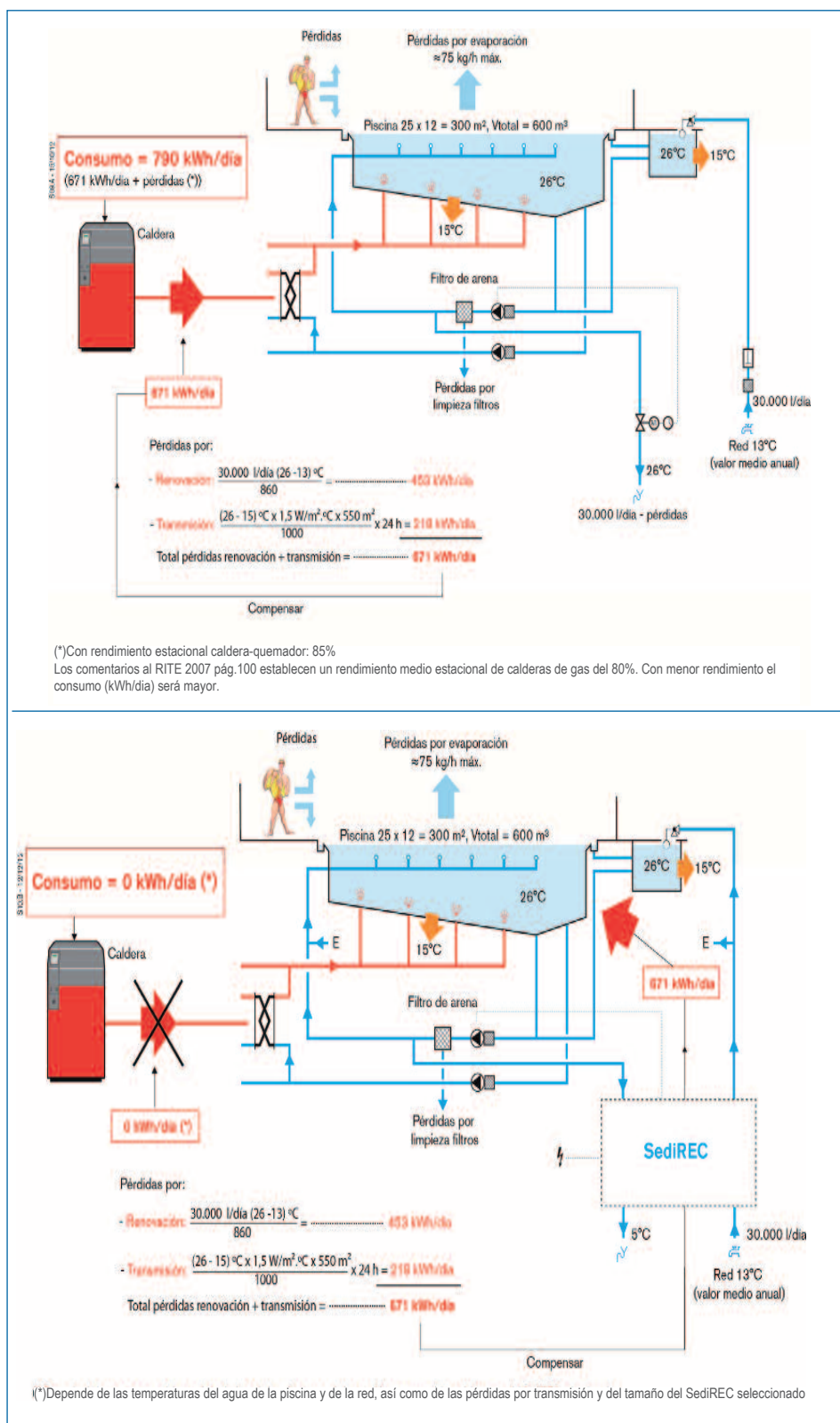


Figura 2. Cálculo de las necesidades de recuperación de una piscina de 600m3: pérdidas de energía y compensación por sistema tradicional, frente a un sistema de recuperación de agua de piscina eficiente



Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total [kWh/a]
Tª red	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10	
Eo Energía obtenida [kWh/mes]													
Eo	21.838	19.328	21.398	20.124	19.590	17.797	17.194	17.194	17.218	18.990	20.124	21.398	232.194
Ea Energía absorbida [kWh/mes]													
Ea	1.395	1.307	1.447	1.420	1.510	1.502	1.596	1.596	1.523	1.531	1.420	1.447	17.694

Tabla 1. Balance energético del sistema de recuperación, mes a mes, en función de las temperaturas del agua de red para el ejemplo de la figura 4 y total anual.

	Obtenido Vía recuperación [kWh/año]	Consumo [kWh/año] Por caldera	Consumo [kWh/año] (eléctrico)	[€/año]	coefcte paso [gr CO2/kWh]	ton CO2 / año
total	Eo = 232.194	Ec = 265.365		16.806,77	204,00	54,13
total			Ea = 17.695	2.935,59	649,00	11,48
Ahorro anual				13.871,18		42,65

Tabla 2. Comparativa entre el sistema tradicional y el sistema de recuperación propuesto para el ejemplo de la figura 4 y total anual.

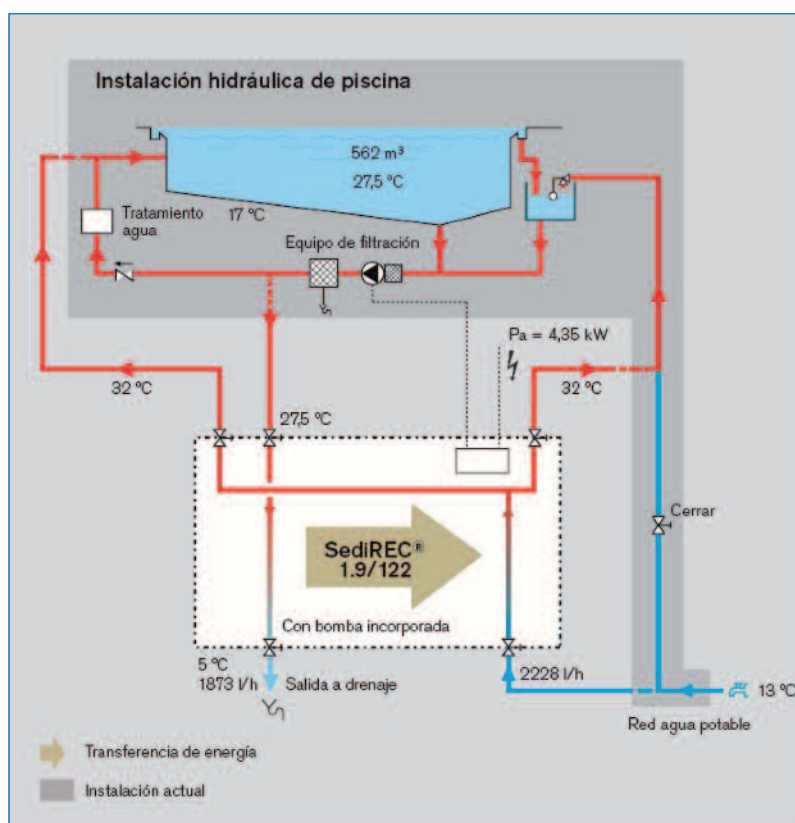


Figura 4. Sinóptico de instalación.

Comparando la energía absorbida E_a con la obtenida por el sistema de recuperación E_o , resulta que por cada 1 kWh-eléctrico utilizado se obtienen 13 kWh para el calentamiento del agua de red.

Conclusiones

Mantener las condiciones adecuadas de calidad del agua e higiene en las piscinas, para satisfacción de los bañistas, implica la reposición diaria de un cierto volumen de agua a una temperatura relativamente alta.

Mediante un sistema de recuperación de alta eficiencia es posible una renovación controlada, energéticamente optimizada, y al mismo tiempo compensar las pérdidas de energía de transmisión, todo



Tipo de caldera	Agua caliente
Rendimiento de la caldera	87,5%
Precio del gasóleo	0,06 €/kWh
Precio de la energía eléctrica	0,17 €/kWh

Resumen [ciclo de vida útil, periodo de observación 15 años]	
Coste (actual) del ciclo de vida útil del sistema con recuperación	98.650 €
Ahorro Actual Neto del sistema con recuperación:	164.102 €
Factor Coste-Beneficio del sistema con recuperación:	6,50
Tiempo (años) de Amortización del sistema con recuperación:	2,45

Tablas 3 y 4. Algunos de los datos necesarios para cálculo de la mejora de la eficiencia recuperando calor del agua de piscina y Resumen de cálculo de amortización incluidos costes de inversión inicial, instalación y puesta en marcha.

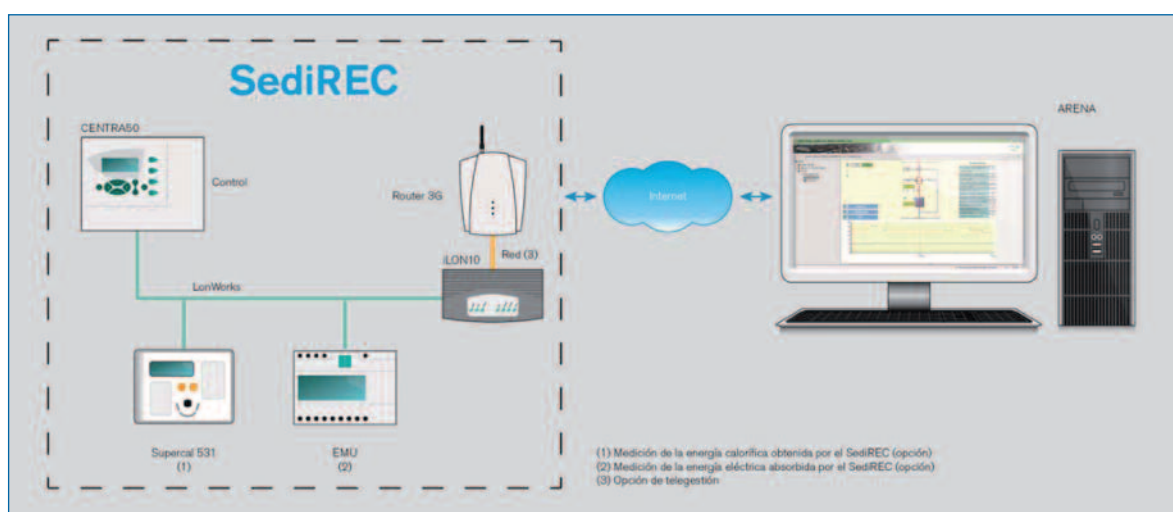


Figura 5. Sinóptico de control.

Mediante un sistema de recuperación de alta eficiencia es posible una renovación controlada, energéticamente optimizada y al mismo tiempo compensar las pérdidas de energía de transmisión

ello medible de forma local y verificable de forma remota, gracias a la inclusión de equipos de medida de energía térmica y eléctrica.

Comparando el "caso base" (generador de calor tradicional) con la alternativa de recuperación, se evitan más de 42 ton CO₂ al año.

En la instalación utilizada como ejemplo, con los datos de precios e incrementos anuales estimados de combustible y electricidad, tasas de interés, etc., que fueron aportados al cálculo, se estimaron unos ahorros de más de 13.000 euros/año en combustible y energía eléctrica y un período de amortización inferior a 2,5 años.

Bibliografía

- ▶ NTP 689: Piscinas de uso público (I). Riesgos y prevención.
- ▶ DECRETO 23/1999, de 23 de febrero, de la Junta de Andalucía, por el que se aprueba el Reglamento Sanitario de las Piscinas de Uso Colectivo
- ▶ DECRETO 32/2003, de 18 de febrero, de la C.A. País Vasco, por el que se aprueba el reglamento sanitario de piscinas de uso colectivo.■