

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION ARQUITECTONICA
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

FONTANERÍA

TEMA VIII.

CÁLCULO DE CALDERA Y ACUMULADOR.

MANUEL ROCA SUÁREZ
JUAN CARRATALÁ FUENTES
JAVIER SOLIS ROBAINA

FONTANERIA ACS

TEMA VIII. CÁLCULO DE CALDERA Y ACUMULADOR

ÍNDICE

VIII.1 RECOMENDACIONES.

VIII.2 PROCEDIMIENTO GENERAL.

VIII.2.1 Conceptos.

VIII.2.2 Nomenclatura.

VIII.2.3 Obtención de datos previos.

VIII.2.4 Planteamiento y solución.

VIII.2.5 Cuadro para los cálculos de P y V, referido a diferentes edificios.

VIII.2.6 Ejemplo.

VIII.3 TABLAS EMPIRICAS.

VIII.3.1 Tablas americanas.

VIII.3.2 Tablas N.T.E.

VIII.3.3 Ejemplos.

VIII.3.3.1 Según tablas americanas.

VIII.3.3.2 Según tablas N.T.E.

FONTANERIA ACS

TEMA VIII. CÁLCULO DE CALDERA Y ACUMULADOR

VIII.1 RECOMENDACIONES.

En instalaciones centralizadas, en general, se debe limitar la temperatura de almacenamiento a 58° C, debiendo distribuirse a una temperatura máxima de 50° C medidos a la salida del depósito acumulador. En cuarteles, colegios, etc. se establece la temperatura de 42° C medidos a la entrada de la red de distribución.

Asimismo se precisa que la capacidad de acumulación deberá ser importante, debiendo dimensionarse con un tiempo de preparación de, al menos, tres horas”.

El uso de sistemas de producción instantánea ¹ en instalaciones centralizadas deberá justificarse en cada caso.

Conviene no instalar grupos térmicos MIXTOS para potencias superiores a 50 kw. (43.859 k cal/h.) a no ser en condiciones especiales. Por encima de los 50 kw. hay, en principio, que instalar 2 calderas, salvo que la misma tengan aparte y compartimentadas las dos funciones de calentamiento junto con un sistema de regulación preferencial para el ACS.

VIII.2 PROCEDIMIENTO GENERAL.

VIII.2.1 Conceptos.

En los sistemas centralizados se llaman temperatura de preparación t_p a la temperatura máxima que alcanza el agua en el acumulador por la acción de la caldera; ésta es mayor que la temperatura de utilización t_u (o de salida hacia la distribución), debido a que aquella, con motivo del gasto; se mezcla en la caldera con agua fría a presión procedente de la red, a temperatura t_e . Es por ello que se llaman también sistemas “por mezcla”.

En los cálculos que se van a desarrollar hay que distinguir claramente los períodos puntas de consumo de los periodos valles. La base del funcionamiento de los sistemas centralizados consiste en que en los periodos valles se vaya preparando agua caliente, de modo que puedan satisfacerse las necesidades de los períodos puntas, en los que la caldera sería insuficiente para proporcionar el número de calorías requerido. De este modo se consiguen instalaciones eficaces con consumos energéticos racionales de acuerdo con el espíritu y la letra del RICC ACS ..

VIII.2.2 Nomenclatura.

En las fórmulas que siguen utilizaremos los siguientes conceptos, nomenclaturas unidades.

t_e = temperatura de entrada del agua fría en el acumulador (°C).

t_p = temperatura de preparación (°C).

t_u = temperatura de utilización del ACS (°C).

¹ es decir sin acumulador

G = gasto diario de ACS del edificio (l.)

QM_p = caudal medio en los períodos punta (l/seg)

QM_v = caudal medio en los períodos valle (l/seg).

hp = duración de cada período que consideramos como punta (seg)

hv = duración de cada período que consideramos como valle (seg)

H = tiempo del día en que se considera el funcionamiento de la caldera (seg).

Hp = tiempo total de períodos puntas (seg).

Hv = tiempo total de períodos valle (=H - Hp), (seg).

C = energía de la caldera consumida en un cierto período (k calorías).

J = energía de la caldera consumida en un cierto período (k julios).

P = potencia útil de la caldera (kw).

V = volumen del acumulador (ls).

NOTAS RECORDATORIAS.-

Unidades de potencia:

1 kw = 1 k julio/seg

1 kw = 860 k caloría/hora

Unidades de trabajo o energía:

1 k caloría = 4,18 k julios.

VIII.2.3 Obtención de datos previos.

A efectos simplificadorios se considera que los caudales y duraciones de los distintos períodos puntas del día son iguales entre sí. La misma simplificación se hace con respecto a los períodos valle.

A) CAUDALES.

QM_p caudal medio de los periodos puntas.-

Se obtiene como dato, según el tipo de edificio.

QM_v caudal medio de los períodos valle.

Si el gasto diario de los períodos punta es QM_p x Hp y el total del día es G, el gasto en los períodos valle será G - QM_p x Hp . Por consiguiente el caudal medio de los períodos valle

será:

$$QM_V = \frac{G - QM_p x H_p}{H - H_p}$$

B) COMPUTO DE ENERGÍAS EN UN CICLO "PREPARACIÓN CONSUMO".

Energías de preparación.

Según lo expuesto en el punto 2.1 hallemos primeramente en k julios la energía de preparación, que será la que necesitamos para llevar la temperatura del acumulador hasta t_p . Desglosemos dicha energía J en dos escalones: J_A y J_B .

J_A - Energía que hay que suministrar para que el agua del acumulador alcance la temperatura t_u .

En virtud de que se trata de un sistema con acumulación en cualquier momento el agua a calentar está compuesta por un porcentaje de "agua nueva" y otro de agua que ya ha sido calentada. Experimentalmente se establecen dichos porcentajes en 60 y 40. Así pues:

$$J_A = 4,18 \times 0,6 V (t_u - t_e); \text{ siendo } V \text{ el volumen del acumulador en litros}$$

J_B - Energía que hay que suministrar para que el agua del acumular suba de t_u a t_p .
 $J_B = 4,18 V (t_p - t_u)$

$$\text{TOTAL ENERGIA DE PREPARACIÓN: } J_A + J_B = 4,18 v (t_p - 0,4 t_u - 0,6 t_e) \quad [1]$$

Energía de Consumos.

Igualmente, expresadas en k julios:

Energía consumida en un período punta:

$$4,18 (t_u - t_e) QM_p \times h_p$$

Energía consumida en un período valle:

$$4,18(t_u - t_e)QM_V \times h_v = 4,18(t_u - t_e) \frac{G - QM_p H_p}{H - H_p} \times h_v$$

Superávits y déficits de energía.

Partamos de la hipótesis óptima, en la que se plantea que la caldera de potencia P, tiene un funcionamiento ininterrumpido y que, por tanto, en los periodos valles producirá el siguiente superávit de energía:

$$P \times h_v - 4,18(t_u - t_e) \frac{G - QM_p H_p}{H - H_p} \times h_v \quad [2]$$

llamada ENERGIA DE ACUMULACIÓN.

Por su parte en los periodos puntas se producirá el siguiente déficit de energía:

$$4,18 (t_u - t_e) QM_p \times H_p - P \times h_p \quad [3]$$

VIII.2.4 Planteamiento y solución.

Con los datos anteriores basta expresar numéricamente los principios en que se basa el funcionamiento del binomio caldera – acumulador para obtener tanto P como V con el máximo ahorro energético.

El primer principio dice así:

"La producción de energía en los períodos valles (también llamados de preparación) deben estar destinados en su totalidad a constituirse en energía de acumulación"².

Igualando, pues, [1] y [2] tenemos:

$$4,18 V(t_p - 0,4t_u - 0,6t_e) = P x h_v - 4,18(t_u - t_e) \frac{G - QM_p H_p}{H - H_p} x h_v \quad [4]$$

El segundo principio puede enunciarse de la siguiente manera:

"Tal cantidad de energía de acumulación debe compensar el déficit de energía que se produzca en los períodos puntas".

Igualando, entonces, [1] y [3] tenemos:

$$4,18 V(t_p - 0,4 t_u - 0,6 t_e) = 4,18 (t_u - t_e) QM_p x h_p - P X h_p \quad [5]$$

Despejando P y V de [4] y [5] obtenemos:

$$P(en Kw) = 4,18 \frac{t_u - t_e}{h_v + h_p} \left\{ h_p QM_p + (G - QM_p H_p) \frac{h_v}{H - H_p} \right\}$$

$$V(en l) = \frac{h_v x h_p}{h_v + h_p} (t_u - t_e) \frac{QM_p - \frac{G - QM_p H_p}{H - H_p}}{t_p - 0,4 t_u - 0,6 t_e}$$

Fórmulas que nos dan la potencia útil o aprovechada de la caldera y el volumen del acumulador, sobre las que hay que hacer las siguientes consideraciones:

1. Tanto los términos del planteamiento general como la anterior expresión [5] nos determina que, establecido una cierta demanda media punta, QM_p , a mayor potencia P de la caldera corresponderá menor capacidad V del acumulador, y recíprocamente.
2. Durante el ciclo normal producción-acumulación se calcula en un 15% las pérdidas de calor por difusión en la caldera y circuito primario, mientras que tal pérdida puede estimarse en un 10% con respecto al acumulador, lo que totaliza un 25% de la producción. Igualmente; dadas las normales distorsiones de consumos de algún período puntas respecto a los promedios previstos, se hace aconsejable aumentar P en otro 15%, con lo que, junto con lo anterior quedaría que P* (potencia a instalar) = 1,4 P.

² Esto, por otro lado, quiere decir que la energía residual acumulada tras un período punta habrá de ser equivalente a la que habrá de consumirse en el subsiguiente período valle.

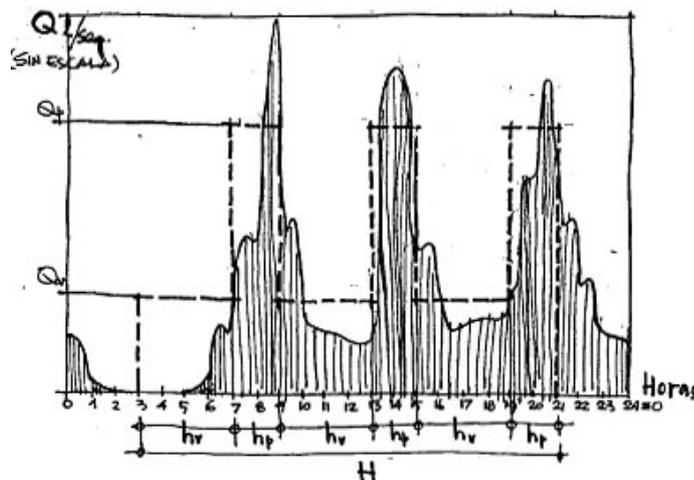
VIII.2.5 Cuadro para los cálculos de P y V, referido a diferentes edificios.

TIPO DE EDIFICIO	NECESIDADES DE ACS	DEMANDA PUNTA HORARIA	h _v (horas)	h _p (horas)	H _v (horas)	H _p (horas)	H (horas)
viviendas	60-120 l por persona y día	1/10 G	4	2	12	6	18
Hoteles	75-150 l por persona y día (sin lavandería y sin restaurante)	1/8 G	4	2	12	6	18
Hospitales	150 l por persona y día (sin lavandería y sin restaurante)	1/8 G	4	2	12	6	18
Oficinas (turno único)	7,5 l por persona y día	1/4 G	4	1	8	2	10
Fábrica e Internados	20 l por persona y día (sin lavandería y sin restaurante)	1/3 G	3	1	6	2	8
Restaurante de Dos Turnos (tu = 80°)	7 l por comida	1/6 G	4	2	8	4	12
Lavanderías (tu = 80°)	Normales: 30-50 l/kg ropa Hospitales: 60-80 l/kg ropa (1,5-2,5 kgs/ropa/persona/día)	G ----- H _p	(*)	(*)	(*)	(*)	10

(*) Según programación laboral del centro

Al cuadro anterior procede añadir lo siguiente:

- Se estimará te entre 9° y 12°, según regiones.
- Se acotará t_p y t_u dentro de los límites que señala la IT.IC.-04.8.2, no bajando t_u de 45°, por correrse el riesgo de llegar con menos de 42° (temperatura mínima de utilización) al punto más alejado.
- Las cocinas colectivas y lavanderías demandan agua a mayor temperatura (t_u = 70 a 80°), por lo que se utilizarán equipos diferentes a los del ACS, o bien se recurrirá a un postcalentamiento.



A título ilustrativo se grafía un diagrama horario del gasto de ACS de un edificio de viviendas

(línea continua) y su traducción gráfica a los parámetros de cálculo que hemos adoptado en el cuadro anterior (línea discontinua).

VIII.2.6 Ejemplo.

Hotel de 500 camas. Caldera y acumulador para los baños de huéspedes:

$$G = 500 \times 150 \text{ l} = 75.000 \text{ l de ACS}$$

$$Q_{mp} = (1/8) \times 75.000 = 9.375 \text{ l/h} = 2,60 \text{ l/seg}$$

$$h_v = 4 \text{ horas} = 14.400 \text{ seg} \quad t_e = 10^\circ \text{ C}$$

$$h_p = 2 \text{ horas} = 7.200 \text{ seg} \quad t_p = 56^\circ \text{ C}$$

$$H_p = 6 \text{ horas} = 21.600 \text{ seg} \quad t_u = 48^\circ \text{ C}$$

$$H = 18 \text{ horas} = 64.800 \text{ seg}$$

$$P = 4,18 \frac{48-10}{14.400+7.200} \{7.200 \times 2,60 + (75.000 - 2,60 \times 21.600) \frac{14.400}{64.800 - 21.600}\} = 183,84 \text{ kw}$$

$$P^* \text{ (potencia a instalar)} = 1,4 \times 183,84 = 257,38 \text{ kw} = 221.347 \text{ k cal/h}$$

$$V = \frac{14.400 \times 7.200}{14.000 + 7.200} (48-10) \frac{2,60 - \frac{75.000 - 2,60 \times 21.600}{64.800 - 21.600}}{56 - 0,4 \times 48 - 0,6 \times 10} = 12.792 \text{ l}$$

VIII.3 TABLAS EMPIRICAS.

Existen numerosas tablas que facilitan la adopción inmediata de caldera y acumulador. No obstante hay que hacer la salvedad que - en general - no se atienen a las pautas y limitaciones de temperatura que señalan el RICC - ACS y sus IT.IC, tendentes a la conservación de la energía. Por estas razones los resultados que se obtienen, sobre todo para la potencia de la caldera suelen ser más altos que los obtenidos con las fórmulas anteriores.

VIII.3.1 Tablas americanas.

Una de las publicaciones más prestigiosas "Heating, Ventilating, Air Conditioning Guide" publica la tabla que reproducimos a continuación:

Clase de edificio	Agua caliente necesaria en litros por persona y día	Consumo máximo horario en relación al consumo diario	Duración del período de consumo máximo (horas)	Depósito	Caldera
				Capacidad de almacenamiento en relación al consumo diario	Capacidad horaria del calentador en relación al consumo diario *
Viviendas, apartamentos, hoteles	150	1/7	4	1/5	1/7
Oficinas	7,5	1/5	2	1/5	1/6
Fábricas y talleres	20	1/3	1	2/5	1/8
Restaurantes	7 litros por comida y día	-	-	1/10	1/10
Restaurantes (tres comidas diarias)		1/10	8	1/5	1/10
Restaurantes (Una comida diaria)		1/5	2	2/5	1/6

* Para obtener la potencia de la caldera en kcal/h multiplíquese los litros obtenidos según la tabla por $t_u - t_e$.

VIII.3.2 Tablas N.T.E.

Tabla 11		Número de grifos servidos por el acumulador													
Uso del edificio	Público	13	20	27	33	50	66	100	135	190	327	475	640	1.000	1.350
	Privado	20	30	40	50	75	100	150	200	300	500	750	1.000	1.500	2.000
C en litros		750	1.000	1.250	1.500	2.050	2.500	3.400	4.300	6.000	9.400	13600	17800	26200	34600
P en kcal/h		21560	28700	35940	43125	58940	71875	97750	123625	172500	270250	391000	511750	753250	994750

VIII.3.3 Ejemplos.

Desarrollaremos, a título comparativo, el ejemplo anterior, según las dos tablas señaladas.

VIII.3.3.1 Según tablas americanas.

- (1) Consumo diario.

$$500 \times 150 \text{ l} = 75.000 \text{ l.}$$

- (2) Máximo consumo horario.

$$75.000 \text{ l} / 7 = 10.714 \text{ l.}$$

(3) Duración del período punta : 4 horas

$$\text{Consumo en el período punta } 4 \times 10.714 \text{ l} = 42.858 \text{ l}$$

(4) Capacidad del acumulador.

$$75.000 \text{ l} / 5 = 15.000 \text{ l.}$$

(5) Capacidad horaria del calentador.

$$75.000 \text{ l} / 7 = 10.714 \text{ litros, lo que supone una potencia}$$

$$P^* = 10.714 (60^\circ - 10^\circ) = 535.700 \text{ k cal/h}^3$$

Según autores⁴ los datos tabulados se basan en el siguiente simple planteamiento:

La producción de la caldera con la ayuda del agua acumulada debe poder contrarrestar el consumo de todo un período punta, con la salvedad de que en el acumulador debe quedar, aproximadamente, 1/3 de energía calorífica para poder afrontar con garantías el subsiguiente período valle. Comprobémoslo con el ejemplo anterior:

- Duración del período punta y consumo en dicho período, según (3): 4 horas y 42.858 l, respectivamente.
- Capacidad del acumulador, según (4) : 15.000 l.
- Aportación del acumulador en período punta: 2/3 de 15.000 = 10.000 l.
- Capacidad de producción horaria necesaria del calentador en período punta:

$$(42.858 - 10.000) / 4 \text{ horas} = 8.214,5 \text{ l.}$$

$$P = 8.214,5 (60^\circ - 10^\circ) = 410.725 \text{ k cal/h}$$

Teniendo en cuenta las pérdidas por difusión de caldera-circuito primario-acumulador:

$$P^* = 1,25 \times 410.725 = 513.406 \text{ k cal/h, cantidad asimilable a la obtenida anteriormente}$$

Es evidente que la regla expuesta faculta dar al binomio caldera-acumulador posibles alternativas distintas a las (4) y (5) tabuladas, considerando, en cualquier caso, que acumuladores excesivos darían lugar a calderas insuficientes y que acumuladores escasos traen consigo dispendios energéticos.

VIII.3.3.2 Según tablas N.T.E.

Supongamos que a las 500 camas del hotel corresponden 250 baños con 3 aparatos por baño (no se cuentan obviamente los inodoros)

Nº de aparatos 750; uso asimilable al privado

Capacidad del acumulador: 13.600 litros

$$P^* \text{ de la caldera} = 391.000 \text{ k cal/h.}$$

³ Nótese que esta tabla supone que el consumo de un solo período punta puede superar al 50% de todo el consumo diario. Igualmente que se está partiendo de una $t_u = 60^\circ$, muy superior a la que establece la IT.IC. 04.8.2 ($t_u = 50^\circ$).

⁴ Guy-Fawcet "Instalaciones en los edificios". Editorial Gustavo Gili. 1974