Coste del ciclo de vida de los sistemas centralizados de producción de ACS

Josep Ortí. TEST JG *www.testjg.es* / *jorti@jgingenieros.es*

Adrián Gomila. GULDAGER ELECTRÓLISIS *www.guldager.es* /*agomila@guldager.es*

Barcelona, mayo de 2018

Contenido

1. Introducción 1
2. Actuaciones correctivas 3
   2.1. Rehabilitación de grandes acumuladores de ACS 4
   2.2. Comparativa técnica y económica 7
3. Conclusiones 11

1. Introducción

Es frecuente que en el proyecto de las instalaciones de un edificio se tenga muy en cuenta el coste de la inversión inicial, incluyendo los materiales y su instalación, pero no se valore suficientemente el coste acumulado a lo largo de todo su ciclo de vida.

Costes directos: Los costes relativos a una puesta en marcha correcta, el consumo de energía, los costes de operación, el mantenimiento y la reparación de las averías a lo largo de la vida útil de la instalación, e incluso los costes de rehabilitación, renovación y desmantelamiento son siempre mucho más importantes que la inversión inicial.

Costes indirectos: Otros costes, normalmente más importantes que los costes directos, que deberían valorarse en un proyecto correcto son los posibles problemas ambientales o sanitarios, como los riesgos de proliferación de la legionella, las consecuencias económicas de los tiempos en que la instalación está fuera de servicio, o los posibles accidentes y responsabilidades.

Lo que más conviene siempre a la Propiedad que además explota la instalación, es la calidad del servicio y el conseguir que esta se pueda seguir utilizando durante el mayor tiempo posible, con el mínimo de paradas técnicas, sin nuevas inversiones y al menor coste posible a lo largo de su ciclo de vida.

En este documento nos centraremos en los sistemas de producción de las instalaciones centralizadas de ACS, por la gran importancia de los aspectos citados anteriormente, tanto en la calidad del servicio del sistema, en los aspectos sanitarios, así como en el consumo de energía y en el coste total a lo largo del ciclo de vida de la instalación.

Los sistemas de producción de agua caliente sanitaria (ACS) están muy extendidos en la sociedad moderna, donde la disponibilidad de agua caliente es considerada un requisito de confort imprescindible. Algunos de los sectores que más demandan este servicio son los Hoteles, Hospitales, Geriátricos, Centros deportivos y algunas colectividades donde las necesidades de agua caliente sanitaria representan una parte importante del consumo energético.

Estas necesidades varían sensiblemente dependiendo del tipo de edificio y nivel de ocupación, alcanzando valores del 15% hasta el 25 % del consumo total de energía de este.

Además del coste energético, otros puntos importantes a tener en cuenta son por un lado las condiciones de trabajo como choques térmicos e hipercloración del sistema para evitar el desarrollo de la legionella, que suelen generar gastos importantes de mantenimiento, reparación y sustitución, necesarios para garantizar la continuidad del servicio.

A lo largo del ciclo de vida de una instalación centralizada de ACS, la suma de los costes energéticos, de explotación y de mantenimiento es muy superior al coste de la instalación inicial.

Todo ello debe tenerse en cuenta para comprender que lo más económico es siempre el realizar un proyecto correcto, instalar equipos de calidad, exigir garantías de funcionamiento y confiar la explotación y mantenimiento del sistema a técnicos capacitados para ello teniendo siempre presente el coste del ciclo de vida de la instalación y no solamente el coste de los primeros 2 o 3 años.

Existen numerosos casos de instalaciones centralizadas de ACS que continúan funcionando correctamente tras haber transcurrido más de 30 años de su puesta en servicio. Sin embargo, es frecuente que muchas instalaciones realizadas de modo económico, por técnicos que no han tenido en cuenta todos los factores a considerar, tengan serios problemas sanitarios y de funcionamiento a los pocos años de entrar en servicio.

2. Actuaciones correctivas

Veamos qué puede hacerse cuando en las fases de diseño y construcción no se han tenido en cuenta las precauciones necesarias y aparecen problemas en la instalación, que pueden ser de interrupciones del servicio o mala calidad de este, incumplimiento de las condiciones sanitarias frente a los riesgos de legionelosis, averías, problemas de incrustación y/o corrosión o consumos excesivos de energía.

Evidentemente la actuación dependerá del estado y edad de la instalación, del tipo de problemas detectados y de la parte de la instalación en la que han aparecido, como pueden ser tuberías, intercambiadores de calor o acumuladores de ACS.

La primera decisión a tomar es si debe renovarse parcial o totalmente la instalación y en el caso en que sea posible conservar y poner a punto parte de la misma, detallar como hacerlo.

También en este caso debe evitarse el realizar acciones basadas tan sólo en el coste inicial de actuación, pues lo mejor es realizar las reparaciones necesarias encaminadas a intentar alargar en lo posible el funcionamiento correcto y tener en cuenta todo el coste necesario a lo largo del ciclo de vida que le queda al sistema, incluyendo el coste de las paradas que se deberán realizar en el futuro.

Cuando el sistema es ineficiente energéticamente, suele ser adecuado actuar sobre el combustible, las calderas, el rendimiento de los intercambiadores de calor y a veces la cantidad de acumulación de ACS necesaria.

En el caso de problemas de incrustación en los intercambiadores de calor puede analizarse el funcionamiento del sistema de descalcificación en el caso de que este exista y actuar sobre su ajuste y control.

Si los problemas son de corrosión de las tuberías del circuito abierto o de los intercambiadores de placas, suele ser complicado frenarlos y en general debe plantearse la sustitución total o parcial de las partes afectadas. En algunos casos, si existe un descalcificador que manda agua excesivamente blanda a la instalación, la situación puede mejorar mezclando el agua descalcificada con agua dura para obtener una dureza del agua de consumo cercana a los 15ºf.

Finalmente, en muchas ocasiones los problemas de corrosión se dan en los acumuladores de ACS, bien por la aparición de fugas, bien por el aspecto interior que se observa en las operaciones anuales obligatorias de limpieza y desinfección.

Fig. 1 Aspecto interior de un acumulador corroído

Cuando el acumulador resiste inicialmente una prueba de presión adecuada, o supera esta prueba tras una reparación, es posible y en muchos casos es rentable plantearse la rehabilitación de este en vez de su sustitución.

2.1. Rehabilitación de grandes acumuladores de ACS

Como se ha indicado antes, cuando se detecta corrosión en el interior de un acumulador de ACS, lo primero es decidir si se sustituye el acumulador por uno nuevo, bien protegido contra la corrosión para evitar que se repita el problema, o si es posible rehabilitarlo con las garantías suficientes de alargar de modo significativo su ciclo de vida.

Una operación que suele realizarse es aplicar un nuevo revestimiento epoxídico al acumulador, aunque en realidad no es una buena solución al problema.

Aunque este repintado se realice tras una buena preparación de superficie, mediante chorro de arena o granallado, es difícil evitar que aparezca de nuevo la corrosión al cabo de un tiempo relativamente corto. Ello es lógico, ya que si el revestimiento inicial aplicado en taller por el fabricante, en las mejores condiciones posibles, no ha conseguido evitar la corrosión, es complicado que la preparación de superficie y el repintado realizados en Obra en condiciones difíciles logren mejores resultados.

Fig. 2 Aspecto de un acumulador a los dos años de su repintado

En algunos casos, como el granallado interior y la aplicación del nuevo revestimiento, con las condiciones de seguridad necesarias, tiene un coste importante, la operación de repintado se limita a un simple rascado mecánico y a un parcheado de pintura epoxi, con lo que los problemas de corrosión aparecen mucho antes.

Por lo tanto, las operaciones de repintado, tanto si se realizan bien como si no, deben repetirse frecuentemente, en muchos casos en periodos que oscilan entre uno y tres años en función de la calidad del trabajo realizado.

Otro detalle a tener en cuenta desde el punto de vista de la prevención de la legionella es ser conscientes de que en los periodos en que el recubrimiento ya está en malas condiciones, hasta la siguiente aplicación, hay presencia de óxido dentro del acumulador.

Así mismo debe tenerse en cuenta el tiempo durante el cual tendremos algún acumulador parado para realizar la rehabilitación, lo cual también implica un aumento en los costes de explotación. Destaquemos que para realizar el repintado y permitir el secado de las diversas capas de pintura epoxi necesarias, es frecuente que el depósito esté fuera de servicio unas tres semanas.

En resumen, una de las consecuencias de mantener los acumuladores en condiciones aceptables mediante el repintado, es una repetición importante de costes de mantenimiento y el tener frecuentemente los depósitos fuera de servicio a lo largo del ciclo de vida del acumulador, por lo que el único motivo para aplicar un nuevo revestimiento epoxídico es el de realizar la mínima inversión y no planificar a más de 2 años vista.

El único modo de realizar una rehabilitación correcta de los grandes acumuladores de ACS, con garantía total contra la corrosión interior y minimizando los tiempos en que los acumuladores están fuera de servicio, es la instalación y mantenimiento de un sistema de protección catódica según la norma UNE-EN 12499, tal como se indica en el apartado 6.4.4.3.5 “Rehabilitación de acumuladores existentes “de la norma UNE 112076.

Fig. 3 Acumulador existente con protección catódica según UNE-EN 12499

Para ello, tras comprobar que el acumulador supera la prueba de presión, se debe acondicionar el depósito para que cumpla las condiciones exigidas por la UNE 112076 para los acumuladores nuevos, que se detallan en otros documentos. Antes de instalar el sistema de protección catódica por personal especializado, se suele aplicar un cementado interior homologado sanitariamente, para disminuir las necesidades de corriente de la protección catódica y mejorar la distribución de esta.

Con el diseño, la instalación, la puesta en marcha y el mantenimiento adecuados de la protección catódica, se obtiene garantía total contra la corrosión interior. Esta garantía se prolonga de modo indefinido si transcurridos 10 años de su instalación se sustituyen los ánodos de titanio activado.

Existen numerosos casos de acumuladores existentes de ACS con importantes problemas de corrosión en los que se instaló la protección catódica de modo adecuado y tras el mantenimiento necesario siguen en servicio y garantizados contra la corrosión interior tras más de 30 años.

Sin ninguna duda, esta es la solución de menor coste a lo largo de su vida útil y con menor afectación en el servicio que se puede aplicar a los acumuladores existentes.

2.2. Comparativa técnica y económica

En este apartado hemos realizado una comparativa en la que se tienen en cuenta los costes comparados a lo largo del ciclo de vida de una instalación de producción centralizada de ACS formada por un acumulador vertical de acero al carbono de 5.000 litros de una marca reconocida, calentado mediante un intercambiador exterior de placas, considerando una duración del ciclo de vida de la instalación de ACS de 30 años.

Al ser el acumulador de ACS el elemento que en la práctica tiene más problemas, hemos centrado la comparativa en las condiciones de utilización y en la vida de este, por lo que no hemos considerado los costes de instalación y mantenimiento del resto de la instalación centralizada como son la caldera, el intercambiador exterior de placas, las tuberías de recirculación etc.

Al tratarse de una comparativa entre distintas alternativas de instalación y condiciones y mantenimiento del acumulador, hemos supuesto que en los cuatro casos estudiados el coste de la energía consumida será similar, por lo que no lo hemos considerado.

En la Tabla 1 se contemplan 4 posibles casos y en cada uno de ellos se sitúan en el tiempo las distintas operaciones realizadas durante la vida útil de 30 años considerada, como pueden ser el cambio del acumulador, el repintado con pintura epoxi de este o la instalación de un sistema eficaz de protección catódica en un acumulador nuevo o en uno existente, tras la correspondiente preparación de este.

Por otra parte, en la Tabla 1, también se indica el total aproximado de años en los que el acumulador está sometido a un proceso de corrosión interna, que implica la presencia de óxido en el agua con la incidencia negativa que ello representa al incrementar los riesgos de proliferación de la legionella. Se supone que cuando se decide repintar el acumulador o sustituirlo, se sufre la presencia de óxido durante un periodo de tiempo de uno o dos años antes de acometer el repintado o sustitución.

Asimismo, en la misma Tabla 1 se suman los días que el acumulador de ACS estará fuera de servicio a lo largo de los 30 años, teniendo en cuenta que se precisan 3 semanas para las distintas capas del repintado y el secado completo de la pintura, 7 días para el cambio del acumulador, 4 días para preparar el depósito existente y montar en el mismo la protección catódica y 2 días para cada cambio de ánodos. En la comparativa no se han tenido en cuenta los días en que el depósito estará fuera de servicio para la limpieza y desinfección anual del acumulador, pues son los mismos en los cuatro casos.

Tabla 1

Operaciones realizadas, años con óxido y días con el acumulador fuera de servicio

Años desde inicio	Caso 1 Repintados cada 3 años y 2 cambios acumulador			Caso 2 Repintados cada 3 años			Caso 3 Protección catódica acumulador nuevo según UNE-EN 12499 + Mto PC y cambios ánodos			Caso 4 Dos repintados y protección catódica acumulador existente UNE-EN 12499 +Mto PC y cambio ánodos		
	Operación	Años óxido	Días parado	Operación	Años óxido	Días parado	Operación	Años óxido	Días parado	Operación	Años óxido	Días parado
1												
2		1			1						1	
3	Repintado		21	Repintado		21	Mto PC			Repintado		21
4							Mto PC					
5		1			1		Mto PC				1	
6	Repintado		21	Repintado		21	Mto PC			Repintado		21
7							Mto PC					
8		1			1		Mto PC				1	
9		1		Repintado		21	Mto PC				1	
10	Cambio acum.		7				Cambio ánodos		2	**PC en existente**		4
11					1		Mto PC					
12		1		Repintado		21	Mto PC					
13	Repintado		21				Mto PC			Mto PC		
14					1		Mto PC			Mto PC		
15		1		Repintado		21	Mto PC			Mto PC		
16	Repintado		21				Mto PC			Mto PC		
17					1		Mto PC			Mto PC		
18		1		Repintado		21	Mto PC			Mto PC		
19		1					Mto PC			Mto PC		
20	Cambio acum.		7		1		Cambio ánodos		2	Cambio ánodos		2
21				Repintado		21	Mto PC			Mto PC		
22		1					Mto PC			Mto PC		
23	Repintado		21		1		Mto PC			Mto PC		
24				Repintado		21	Mto PC			Mto PC		
25		1					Mto PC			Mto PC		
26	Repintado		21		1		Mto PC			Mto PC		
27				Repintado		21	Mto PC			Mto PC		
28		1					Mto PC			Mto PC		
29	Repintado		21		1		Mto PC			Mto PC		
30				Repintado		21	Mto PC			Mto PC		
TOTALES	Operaciones			Operaciones			Operaciones			Operaciones		
Años óxido		11			10			0			4	
Días parado			161			210			4			48
Repintados	7			10			0			2		
Cambio acum.	2			0			0			0		
PC en nuevo	0			0			1			0		
PC en existente	0			0			0			1		
Cambio ánodos	0			0			2			1		
Mto PC	0			0			26			17		

En el **Caso 1** se supone que el acumulador nuevo que se instala de origen carece de una protección catódica según UNE-EN 12499 y que a lo largo de los 30 años se realizan 7 repintados y dos cambios del acumulador, lo que representa tener óxido durante 11 años y el depósito fuera de servicio durante 161 días.

En el **Caso 2** se supone que el depósito tampoco está bien protegido contra la corrosión de inicio y que se realizan 10 repintados en los 30 años y no se cambia el acumulador ni se instala la protección catódica correcta. Ello representa 10 años con óxido y 210 días fuera de servicio.

Se ve claramente que los Casos 1 y 2 implican tener entre 10 y 11 años la instalación de ACS con óxido, con el consiguiente aumento del riesgo de proliferación de la legionella y muchos días con el acumulador fuera de servicio.

En el **Caso 3** el acumulador llega a la Obra preparado por el fabricante de acuerdo con la UNE 112076 y se instala en él un sistema de protección catódica según UNE-EN 12499. Ello representa que, realizando el mantenimiento del sistema y cambiando dos veces los ánodos, a lo largo de los 30 años el depósito estará siempre libre de óxido en su interior y fuera de servicio tan sólo 4 días para los cambios de ánodos.

Finalmente, en el **Caso 4** el acumulador se instala de origen cómo en los casos 1 y 2, se repinta dos veces a lo largo de los primeros años y a los 10 años de funcionamiento se rehabilita, se adapta el acumulador a la norma UNE 112076 y se instala la protección catódica según UNE-EN 12499 en el depósito existente. Se totalizan 4 años con óxido antes de instalar la protección catódica y en total el depósito está fuera de servicio un total de 48 días

En la Tabla 2 se indican en primer lugar los costes unitarios de cada una de las operaciones citadas y se calcula el coste total según el número de operaciones obtenidas de la Tabla 1.

Tabla 2
Comparativa de costes

COMPARATIVA Costes ACS 1 acumulador de 5000 litros a 30 años		CASO 1 Sin PC UNE-EN 12499, pintura cada 3 años y cambio depósitos cada 10 años		CASO 2 Sin PC UNE-EN 12499 y pintura cada 3 años		CASO 3 Con PC UNE-EN 12499 en depósito nuevo		CASO 4 Con PC UNE-EN 12499 en depósito existente tras 10 años pintando	
Operaciones	**Precio unitario**	**unid.**		**unid.**		**unid.**		**unid.**	
Acumulador de 5000 litros instalado	10.000	1	10.000	1	10.000	1	10.000	1	10.000
Protección catódica depósito nuevo	2.500	0	0	0	0	1	2.500	0	0
Mto preventivo general anual	425	30	12.750	30	12.750	30	12.750	30	12.750
Mto preventivo PC	300	0	0	0	0	26	7.800	17	5.100
Repintado epoxi	2.700	7	18.900	10	27.000	0	0	2	5.400
Preparación acumulador para la PC	2.100	0	0	0	0	0	0	1	2.100
PC acumulador existente	3.200	0	0	0	0	0	0	1	3.200
Cambio ánodos	1.230	0	0	0	0	2	2.460	1	1.230
Cambio acumulador	10.000	2	20.000	0	0	0	0	0	0
Coste Total			**61.650**		**49.750**		**35.510**		**39.780**
Ahorro					**11.900**		**26.140**		**21.870**
% de ahorro directo					**19%**		**42%**		**35%**

Se observa que la peor opción económica es la del Caso1, repintando cada 3 años y cambiando dos veces el acumulador, lo que representa el mayor coste de todas las opciones a lo largo de los 30 años. La mejor alternativa económica a lo largo del ciclo de vida es la del Caso 3, instalando la protección catódica de inicio, con un ahorro sobre el Caso 1 del 42%. A continuación, la Opción 4 representa un ahorro del 35%, a base de rehabilitar el acumulador y montar la protección catódica en el mismo tras estar 10 años repintando, mientras que la Opción 2, repintando cada tres años sin cambiar el acumulador, representa sobre la Opción 1 un ahorro del 19%.

3. Conclusiones

A lo largo del ciclo de vida de una instalación centralizada de ACS, la suma de los costes energéticos, de explotación y de mantenimiento es muy superior al coste de la instalación inicial.

Habitualmente, las condiciones de utilización y la vida de los acumuladores de ACS son un factor importante en los costes no previstos en el ciclo de vida del sistema. Queda claro que se pueden conseguir ahorros importantes a base de un proyecto y un mantenimiento adecuados.

En este trabajo se demuestra que instalando en los grandes acumuladores de ACS una protección catódica según UNE-EN 12954, se consiguen ahorros en el coste del ciclo de vida que pueden superar en muchos casos el 40%

En el apartado 2.2 se realiza una comparativa de cuatro casos posibles a lo largo de 30 años, viendo en cada uno de ellos los periodos de tiempo en los que hay óxido en el interior del acumulador, lo que favorece la proliferación de la legionella, los días que el acumulador debe estar fuera de servicio y los costes de mantenimiento a lo largo de todo el ciclo de vida considerado.

A continuación, en la Tabla 3 se resumen los resultados.

Tabla 3
Resumen de resultados

	Caso1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Proyecto	**PC inicial incorrecta**	**PC inicial incorrecta**	**PC inicial correcta**	**PC inicial incorrecta**
Repintados	7	10	0	2
Cambio acumulador	2	0	0	0
PC acumulador existente	0	0	0	1
Años con óxido	**11**	**10**	**0**	**4**
Días fuera de servicio	**161**	**210**	**4**	**48**
Coste	**61.650**	**49.750**	**35.510**	**39.780**
Ahorro		**19%**	**42%**	**35%**

La peor alternativa es realizar un proyecto y una instalación inicial sin tener en cuenta las precauciones adecuadas contra la corrosión y realizar repintados periódicos y algún cambio de acumuladores como en los Casos 1 y 2. Ello representa tener grandes periodos de tiempo con óxido en el interior del depósito, muchos días con el acumulador fuera de servicio y los mayores costes.

El Caso 3, en el que el proyecto contempla ya de inicio la instalación de un sistema correcto de protección catódica es la mejor solución, pues representa no tener óxido en el interior del acumulador, parar tan sólo 4 días para realizar dos cambios de los ánodos cada 10 años y un ahorro del 42% sobre el coste del Caso 1.

Finalmente, en el Caso 4, tras 10 años repintando como en los casos 1 y 2 se decide adaptar el acumulador existente y montar en el un sistema correcto de protección catódica, lo que evita continuar con óxido en el interior, reduce significativamente las paradas y permite ahorrar un 35% de los costes frente al Caso 1.