



Madrid
Ahorra
con Energía



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Guía sobre Hidroeficiencia Energética



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Madrid, 2012



Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency
Intelligent Energy Europe

www.fenercom.com



CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA
Comunidad de Madrid
www.madrid.org

Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

www.madrid.org

(Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

www.fenercom.com

Si desea recibir ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid

dgtecnico@madrid.org

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

fundacion@fenercom.com

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan, pero no se identifica necesariamente con las ideas y opiniones que en ellas se exponen y, por tanto, no asume responsabilidad alguna de la información contenida en esta publicación.

La Comunidad de Madrid y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores de esta guía.

Depósito Legal: M. 10.239-2012

Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano, S. A.

28935 MÓSTOLES (Madrid)

Autores

Capítulo 1. **Gestión coordinada de agua y energía**

*Eloy García Calvo
Instituto IMDEA AGUA
www.agua.imdea.org*



Capítulo 2. **Peaje energético del agua**

*Ricardo Cobacho
ITA Universidad de Valencia
www.ita.upv.es*

Capítulo 3. **Canal de Isabel II: Proyectos para la eficiencia y sostenibilidad ambiental**

*Francisco Cubillo González
Canal Isabel II
www.cyii.es*

Capítulo 4. **La necesidad del agua en los edificios de viviendas y su repercusión en el consumo de energía: perspectivas de futuro**

*Tomás Gómez Hernández
ASEFOSAM
www.asefosal.com*

Capítulo 5. **Reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas de lluvia en edificios**

*Albert Soriano Rull
Escuela Gremial de Instaladores de Barcelona
www.egibcn.es*

Capítulo 6. **Tecnologías y posibilidades técnicas para el ahorro y el consumo responsable del agua**

*Luis Ruiz Moya
Tehsa
www.tehsa.es*

Capítulo 7. **Recuperación de energía térmica en redes de saneamiento y aguas residuales**

*Luis de Pereda Fernández
Eneres
www.eneres.es*

Capítulo 8. **Técnicas de diagnóstico por termografía infrarroja y recuperación de redes hidráulicas en edificios**

*Sergio Melgosa Revillas
eBuilding
www.ebuilding.es
Ignacio Cler González
Pipe Restoration Technologies España
www.proima.com*

Índice



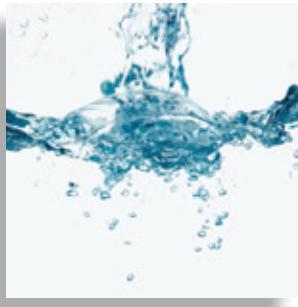
PRESENTACIÓN	15
1. GESTIÓN COORDINADA DE AGUA Y ENERGÍA	17
1. Introducción	17
2. Interdependencia agua energía	18
2.1. La situación en España	21
3. Agua para la energía	23
3.1. Recuperación de energía de aguas residuales	24
3.2. Monitoreo y control para incrementar la eficiencia	25
3.3. Uso de agua e impactos en el ambiente acuático por la producción de energía	27
4. Energía para el agua	29
4.1. Energía para el agua potable	30
4.2. Energía para las aguas residuales	32
4.3. La energía en el lado de la demanda	35
5. Conclusiones	37
6. Bibliografía	38
2. PEAJE ENERGÉTICOS DEL AGUA URBANA	41
1. Introducción	41
2. Cifras generales en California y España	43
3. La distancia entre los promedios y los contextos: cuatro etapas clave y un caso de estudio sintético	45
4. Presurización de la red en cabecera	48
5. La distribución por la red de tuberías	51
5.1. Las pérdidas de energía por fricción	52
5.2. Las fugas de agua	52
5.3. La auditoría energética	53
5.4. Los resultados en el caso de estudio	55
6. La entrega a los usuarios pasando por aljibes domiciliarios	56
6.1. Viviendas de poca altura con aljibe en el tejado	57
6.2. Viviendas en edificación en altura con aljibe en el sótano	58
7. La utilización de ACS en los usos finales de las viviendas	60
8. Conclusión	63
9. Bibliografía	64



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

3. CANAL DE ISABEL II: PROYECTOS PARA LA EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	67
1. Introducción	67
2. Proyectos de investigación sobre conocimiento y gestión de la demanda de agua	74
2.1. Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid	74
2.2. Técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica para la evaluación de la demanda de agua en usos de exterior en la Comunidad de Madrid	79
3. Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior	87
4. Precisión de la medida de los consumos individuales de agua en la Comunidad de Madrid	89
5. Eficiencia en el uso de agua en jardinería en la Comunidad de Madrid	93
6. Investigación sobre potenciales de eficiencia con el empleo de lavavajillas	98
7. Establecimiento de un panel para la monitorización de usos finales del agua en una muestra representativa de usuarios de Canal de Isabel II	104
8. Seguimiento de la consolidación del desarrollo urbano en la Comunidad de Madrid mediante técnicas de teledetección	107
9. Medición de la influencia de la información al usuario en el uso del agua en el ámbito privado	111
10. Bibliografía	113
4. LA NECESIDAD DEL AGUA EN LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS Y SU REPERCUSIÓN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA: PERSPECTIVAS DE FUTURO	115
1. Introducción	115
2. Descripción general del sistema de abastecimiento de agua a los edificios	116
2.1. Disponibilidad de agua para abastecimiento	116
2.2. Red de distribución pública	118
3. Definición de agua de consumo humano	118
4. Necesidades de agua sanitaria en los edificios	119
4.1. Agua fría sanitaria	120
4.2. Agua caliente sanitaria	121

5. Clasificación de los aparatos de consumo de agua de los edificios de viviendas, en función de los requisitos de temperatura de servicio	121	
5.1. Aparatos de consumo que solamente precisan agua fría	122	
5.2. Aparatos de consumo que precisan agua fría y caliente	123	
5.3. Aparatos de agua «bitérmicos»	123	
6. Descripción de los servicios y aparatos instalados en los edificios de viviendas que precisan de suministro de agua para su funcionamiento y utilización	124	
6.1. Clasificación de los servicios y aparatos de los edificios de viviendas que demandan agua para su funcionamiento y utilización	124	
6.2. Aparatos para el servicio de baño y aseo personal	124	
6.3. Aparatos para el servicio de lavado de ropa y similares	130	
6.4. Aparatos para el servicio de cocina, alimentación y lavado de vajilla	132	
6.5. Aparatos para el sistema de riego de cualquier tipo	135	
6.6. Aparatos para la realización de otros servicios que tengan consumo de agua en las viviendas	138	
7. Análisis de eficiencia de servicios, aparatos y modernas técnicas disponibles que permiten la reducción de los consumos de agua en los edificios de viviendas	139	
7.1. Cisternas de capacidad reducida y doble descarga (normal y reducida)	140	
7.2. Grifería monomando	141	
7.3. Griferías termostáticas de mezcla automática para ducha o bañera	141	
7.4. Dispositivo perlizador reductor para acoplamiento a grifería	142	
7.5. Utilización de electrodomésticos eficientes	143	
7.6. Sistemas de riego automatizados por tiempo	144	
7.7. Sistemas de doble descarga adaptables a aparatos existentes	144	
7.8. Sistemas de simple descarga con interrupción de descarga adaptables a aparatos existentes	145	
7.9. Reductores de caudal para duchas	145	
7.10. Interruptores de corte de caudal para duchas	146	



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

8. Influencia del diseño de la instalación y las características de los apartos y sistemas utilizados en el consumo de agua en los edificios	146
8.1. Limitación de la presión de funcionamiento de la instalación	147
8.2. Control del consumo general de cada vivienda y de servicios y aparatos que puedan presentar puntos críticos para el control del consumo	149
8.3. Instalación de aparatos que permiten servicios eficientes en la instalación	150
8.4. Disposición de red de retorno para la instalación de agua caliente sanitaria	151
8.5. Adaptación de sistemas ahorreadores sobre aparatos de instalaciones existentes para reducir el consumo de agua	152
9. Influencia del uso de los aparatos y servicios en el consumo de agua de los edificios	153
10. Evaluación y cuantificación de consumos de agua en los edificios y su repercusión en el consumo de energía	157
10.1. Valoración del consumo de agua y energía de los aparatos domésticos	157
10.2. Resultados, conclusiones y recomendaciones derivadas de la evaluación de los consumos de agua en la vivienda	174
11. Influencia del estado de conservación y el mantenimiento de las instalaciones y aparatos en el consumo de agua	176
12. Hidroeficiencia en edificios de carácter residencial privado y perspectivas de futuro	180
12.1. Hidroeficiencia en la edificación de tipo residencial	180
12.2. Perspectivas de futuro en relación con la eficiencia en la utilización y el consumo de agua	182
12.3. Objetivos y conclusiones finales	183
5. REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS DE LLUVIA EN EDIFICIOS	185
1. Introducción	185
2. Reutilización de aguas grises en edificios	186
2.1. Normativa vigente	186
2.2. Tipología de las instalaciones para la reutilización de aguas grises en edificios	187



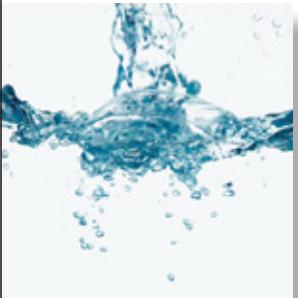
2.3. Criterios de cálculo, diseño e instalación	197
2.4. Criterios de calidad de las aguas grises regeneradas	201
2.5. Mantenimiento de la instalación, controles y periodicidad	201
3. Aprovechamiento de aguas de lluvia en edificios	202
3.1. Normativa vigente	202
3.2. Tipología de las instalaciones para el aprovechamiento de las aguas de lluvia en edificios	203
3.3. Configuración de una instalación de aprovechamiento de aguas de lluvia	204
3.4. Criterios de cálculo, diseño e instalación	210
3.5. Instalación y asentamiento de los depósitos	212
3.6. Señalización de las instalaciones y los equipos	213
3.7. Criterios de calidad de las aguas pluviales	213
3.8. Mantenimiento de la instalación, controles y periodicidad	215
4. Bibliografía y documentación de consulta	215
6. AHORRO DE AGUA Y ENERGÍA EN EL CONSUMO SANITARIO DEL AGUA	217
1. Introducción	217
2. Datos sobre el agua	219
3. Otros conceptos a tener en cuenta	224
4. ¿Por dónde empezamos?	226
5. Acciones generales para ahorrar agua y energía	228
6. Catálogo de tecnologías y posibilidades técnicas existentes	230
6.1. Clasificación de soluciones eficientes en equipamiento sanitario	232
6.2. Soluciones eficientes en el calentamiento del agua	249
6.3. Técnicas en el diseño de circuitos presurizados y eficientes	250
6.4. Técnicas eficientes en piscinas	254
6.5. Controles técnicos en las instalaciones	256
7. Consejos generales para economizar agua y energía	262
7.1. En salas de calderas, calentadores y redes de distribución	262
7.2. En los puntos de consumo	263
7.3. En el centro y en puestos de trabajo de personal administrativo	263
7.4. En jardinería y paisajismo	264
7.5. En la limpieza de las instalaciones	264
8. Bibliografía	265



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

7. RECUPERACIÓN DE ENERGÍA EN REDES DE SANEAMIENTO Y AGUAS RESIDUALES	267
1. Introducción	267
1.1. Agua y energía: del residuo al recurso	267
1.2. Un importante potencial en España. Agua caliente para 5.400.000 personas	269
2. Extracción de energía de las aguas grises	270
2.1. Extracción de energía en los conductos de evacuación de aguas grises	271
2.2. Extracción de energía en dispositivos de recuperación y tratamiento para la reutilización de aguas grises	275
3. Climatización y ACS mediante el intercambio de energía con aguas residuales	277
3.1. Principios de funcionamiento	277
3.2. Evaluación del potencial energético	281
3.3. Producción y utilización de la energía	286
3.4. Los edificios y la recuperación de energía de las aguas residuales	290
3.5. La reducción del impacto	293
3.6. Rentabilidad	296
3.7. Gestión municipal. Los ayuntamientos motores de la innovación	298
3.8. La promoción. Las diferentes etapas en la concepción y realización de una instalación	301
4. Modelos de actuación. Casos prácticos	305
4.1. La escala regional. Actuaciones en la región de Basilea. Suiza	305
4.2. Energía para un barrio. Sandvika, Oslo. Noruega	307
4.3. Centro de Formación en Morat, Löwenberg (Suiza).	309
4.4. Conjunto residencial de viviendas en alquiler, Winterthur (Suiza).	311
4.5. Calor y climatización para la Industria. Schaffhouse (Suiza) y Singen (Alemania)	312
4.6. Climatización para el Campus Universitario de la Universidad de Aveiro. Portugal	315
5. Bibliografía	317
8. TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO POR TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y RECUPERACIÓN DE REDES HIDRÁULICAS EN EDIFICIOS	319
1. Aplicación de la termografía infrarroja	319
1.1. Nociónes generales sobre termografía infrarroja	320

1.2. Las propiedades del agua influyen en la Termografía Infrarroja	322
1.3. El espectro electromagnético	327
1.4. Cómo funciona una cámara Termográfica	329
1.5. Aplicación práctica	336
1.6. Ejemplos de otras aplicaciones	339
1.7. Conclusiones	342
2. Recuperación de redes hidráulicas en los edificios	343
2.1. Principales problemas en las instalaciones de tuberías	345
2.2. Proceso de Recuperación de redes de tuberías	346
2.3. Beneficios del sistema	350
2.4. Otras consideraciones	351



P RESENTACIÓN



Que el agua en España es un bien escaso, es una lección bien aprendida debido a las sequías que periódicamente se padecen. En cambio, apenas se sabe que en nuestros grifos no hay agua si no es gracias a la energía, o que nuestras bombillas no lucen si no es gracias al agua.

Esta guía pretende ser una herramienta para equiparar el binomio agua/energía al binomio agua/bien-escaso. Así, los autores describen la relación entre el consumo de agua y el consumo de energía, modernos dispositivos de ahorro doméstico, tecnologías para la reutilización de aguas grises, sistemas de aprovechamiento de aguas de lluvia y recuperadores de energía térmica en las redes de saneamiento; o métodos sencillos de detección de pérdidas en la red de saneamiento para su corrección y reparación.

Estos sistemas y dispositivos están al alcance de cualquier ciudadano y conviene saber de su existencia. Por lo general, se trata de pequeñas inversiones de fácil aplicación que aportan beneficios a corto plazo, no sólo económicos, sino también ambientales derivados del ahorro de agua y de la energía necesaria para disponer de ella en nuestros grifos.

Estas y otras reflexiones algo más complejas, son conclusiones a las que el lector puede llegar tras la lectura de esta Guía sobre Hidroeficiencia energética, que se encuentra dentro de las actuaciones de la campaña Madrid Ahorra con Energía.

D. Carlos López Jimeno

Director General de Industria, Energía y Minas
Consejería de Economía y Hacienda
de la Comunidad de Madrid

1

GESTIÓN COORDINADA DE AGUA Y ENERGÍA

Eloy GARCÍA CALVO
IMDEA-Agua Madrid



1. INTRODUCCIÓN

La vida en nuestro planeta sería imposible sin el agua y la energía. Son recursos fundamentales para la humanidad a lo largo de toda su historia y no tienen sustitutos, además están inextricablemente unidos. Se necesita agua para producir energía en la mayoría de los métodos de generación mientras que la energía es necesaria para extraer, tratar y distribuir agua así como para limpiar el agua usada y contaminada. Este es el vínculo agua-energía y, como consecuencia, el reto al que están sometidos ambos recursos se debe abordar como un conjunto. Energía, agua y sostenibilidad ambiental están muy interrelacionados y son de vital importancia no solamente en términos económicos sino también en términos de salud y bienestar para los seres humanos.

Como consecuencia de la estrecha relación entre agua y energía, el diseño y operación de los sistemas de agua y de aguas residuales deben considerar aspectos energéticos. De manera similar, la producción de energía no se puede planificar sin considerar tanto la cantidad como la calidad de los recursos hídricos disponibles.

La disponibilidad de agua no siempre se tiene en cuenta, muchas veces se da por sentada. El crecimiento de la población, el cambio climático, la transformación de la población en sociedad urbana, sobre todo en países en vías de desarrollo, y la elevación de los estándares de salud y ambientales fuerzan también a la búsqueda de soluciones integradas. El diseño de nuestras ciudades y áreas metropolitanas, y nuestros hogares y electrodomésticos están muy relacionados con el agua y la energía que se consume. Por ello no se debe continuar utilizando recursos críticos como el agua y la energía de una manera ineficiente cuando no malgastándolos.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

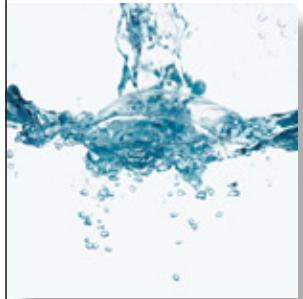
Agua y energía como recursos están sometidas a contradicciones similares. Por ejemplo, se puede resaltar que son recursos muy abundantes en la biosfera y sin embargo se trata de recursos escasos. Todos somos conscientes de la escasez de energía, sin embargo únicamente consumimos la diezmillésima parte de la energía radiante que recibimos del sol (unos 500 exajulios (10^{18} J) de los alrededor de $6 \cdot 10^{24}$ julios recibidos). Respecto al agua ocurre lo mismo, consumimos mucho menos del 1% del agua dulce que existe en la Tierra y ésta es menos del 2,5% del total del agua de nuestro planeta.

Sin duda, una parte importante de la historia y de la economía de nuestro planeta está ligada a los esfuerzos por ejercer el control sobre estos recursos. El crecimiento de la población unido al desarrollo económico hacen que la demanda de agua y energía crezcan y que los esfuerzos por ejercer el control sobre los recursos se multipliquen. Se estima que la velocidad con la que crece la demanda de agua triplica la velocidad de crecimiento de la población y el crecimiento del consumo energético lo cuadriplica.

Es crítico comprender las responsabilidades y temas clave asociados a la gestión, operación y uso de los recursos hídricos y de la energía. En esto deben estar involucrados los responsables políticos, la industria y los usuarios individuales.

2. INTERDEPENDENCIA AGUA ENERGÍA

Como se ha dicho, agua y energía están íntimamente vinculadas (ver figura 1). Se necesita energía para extraer agua de los acuíferos, transportarla por las conducciones, potabilizarla, tratar las aguas residuales, obtener agua potable de agua del mar o salobre, etc. Por otra parte, el agua es una «fuente» de energía, desde la hidroeléctrica generada por aprovechamiento de la energía potencial en los embalses a la refrigeración en plantas termoeléctricas, pasando por el agua que se necesita para obtener y procesar combustibles fósiles o para producir biocombustibles. Por ejemplo, de los 500 exajulios (10^{18} J) de energía primaria que se consumen en el mundo un 5% se generan directamente con agua, es energía hidráulica. Hay países como Noruega que, a pesar de sus reservas de combustibles fósiles, prácticamente la totalidad de la energía eléctrica producida es de origen hidráulico. O Brasil, que con una capacidad de generación que duplica la de Argentina, Chile, Bolivia y Paraguay juntos, la producción



hidroeléctrica supone más del 80% del total de la electricidad consumida. España es un país con gran tradición en energía hidráulica pero en las últimas décadas, a pesar del incremento de la capacidad de producir este tipo de energía, la cantidad real está disminuyendo, entre otras razones por los cambios que se producen en el clima.

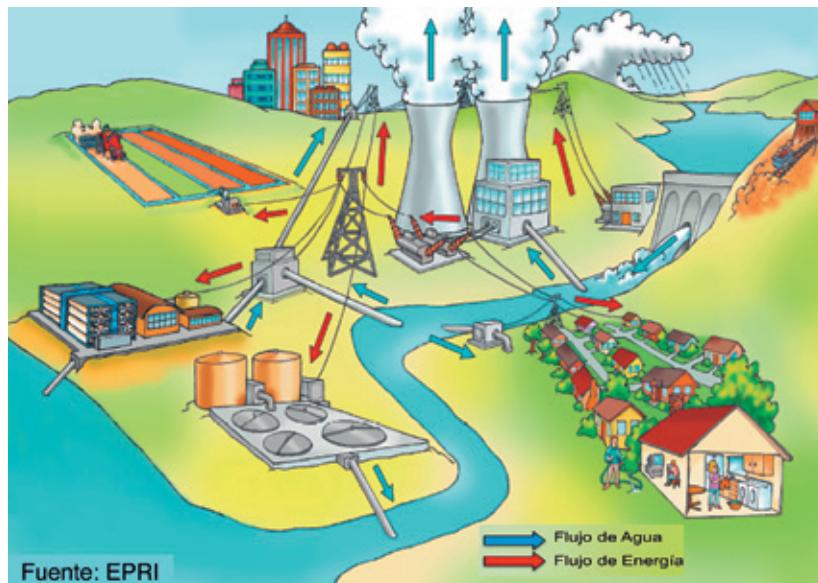


Figura 1. Flujos de agua y energía. (Fuente: EPRI).

Pero no sólo se aprovecha la energía potencial del agua para producir energía, hay muy pocas fuentes de energía que no necesiten agua para su producción, desde su uso para la refrigeración hasta la producción de biocombustibles (Tabla 1).

Tabla 1. Huella hídrica de distintos tipos de energías.

Vectores de Energía Primaria		Promedio de huella hídrica global (m ³ /GJ)
No Renovables	Gas natural	0.11
	Carbón	0.16
	Petróleo	1.06
	Uranio	0.09
Renovables	Energía eólica	0.00
	Energía solar térmica	0.27
	Energía Hidroeléctrica	22
	Biomasa	70 (intervalo: 10-250)



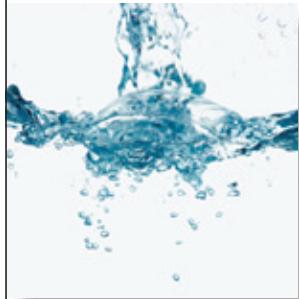
Se estima que alrededor del 50% del agua que se extrae en Estados Unidos se utiliza en la generación de energía y un 4% de ese agua es consumida porque se forma vapor que pasa a la atmósfera. En Europa las cifras son similares, un 45% del agua extraída se dedica a la refrigeración en las plantas de producción de electricidad; sin embargo esas cifras son muy diferentes en el sur. En España, por ejemplo, el cerca del 80% del agua extraída se dedica a riego agrícola. En esta estadística no se contabiliza el agua de refrigeración, si se hiciera, la cantidad dedicada a refrigeración sería el 22% del total. En todo caso y de manera general se puede afirmar que hay muy pocas formas de generar energía ajenas al consumo de agua.

Tabla 2. Uso del agua en la generación de energía termoeléctrica

Tipo de Planta	Proceso de refrigeración	Intensidad de agua (Litros/MWh _e)			
		Condensación de vapor ^a		Otros usos ^b	
		Circulación	Consumo	Circulación	Consumo
Turbina de vapor fósil/ biomasa	Círculo abierto	20.000 -50.000	~ 300	~ 30	
	Círculo cerrado	300 - 600	300 - 480		
	En seco	0	0		
Turbina de vapor nuclear	Círculo abierto	25.000 - 60.000	~ 700	~ 30	
	Círculo cerrado	500 - 1.100	400 - 720		
	En seco	0	0		
Ciclo combinado de gas natural	Círculo abierto	7.500 - 20.000	100	7 - 10	
	Círculo cerrado	~ 230	~ 180		
	En seco	0	0		
Gasificación integrada en ciclo combinado	Círculo cerrado	200	170	150	
	Refrigeración en seco	0	0	150	

^a Los valores se incluyen en una amplia gama de diseño de plantas, temperaturas del agua de refrigeración y lugares.

^b Incluye el agua utilizada en la limpieza de equipos, tratamiento de las emisiones, servicios y otros usos del agua, pero no se especifica si los valores son para agua de circulación o de consumo.



Respecto a la necesidad de energía para manejar agua también hay datos incontrovertibles. Algunos estudios de hace una década en California indican que el consumo de energía eléctrica vinculado al uso del agua supone alrededor del 19% del total. En este valor se contabiliza desde transporte o depuración a calentar agua en el hogar para ducha, lavabos, etc. En el conjunto de Estados Unidos alrededor del 4% de la energía eléctrica consumida se dirige a la distribución y tratamiento de agua urbana.

En Europa hay una preocupación creciente sobre el vínculo agua-energía; todos los organismos vinculados, desde las plataformas tecnológicas a la Comisión Europea, están involucrados en el tema y siempre dirigidos a un objetivo: la reducción del consumo de energía en la gestión del agua.

La interdependencia agua-energía no ha sido reconocida y estudiada hasta hace poco tiempo, así Allan Hoffman escribió en 2004: «La seguridad energética en USA está estrechamente unida al estado de los recursos hídricos. No se puede dar por hecho que se dispone de agua si se pretende disponer de seguridad energética para los próximos años o décadas. Al mismo tiempo, la seguridad en los recursos hídricos de USA no se pueden garantizar sin poner atención muy cuidadosa en los temas energéticos relacionados. Ambos asuntos están íntimamente relacionados» (HOFFMAN, A., 2004).

La iniciativa «Energy Water Nexus» comienza en 2004 en Estados Unidos siendo su objetivo un mejor conocimiento del vínculo entre los suministros de agua y energía a escala nacional. Los estudios empiezan a aportar conclusiones preliminares que indican que la interdependencia entre los suministros de agua y energía son muchos más amplios y profundos de lo que se pensaba inicialmente (Hoffman, A., 2004).

La creciente escasez de agua es objeto de atención en cualquier evento internacional relacionado con el agua y cada vez se muestra una mayor preocupación por el riesgo a que se planteen conflicto de intereses entre los sectores del agua y de la energía.

2.1. La situación en España

Como se ha comentado, España tiene una larga tradición en generar energía hidroeléctrica; desde los años 50 a la década de los 90



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

del siglo pasado, la potencia hidroeléctrica instalada se multiplicó por tres, de 5.000 a 16.000 MW, pero la «energía producible» no sólo no se ha mantenido, sino que ha disminuido, oscilando a lo largo de esos años entre los 30.000 y 20.000 GWh, pero tendiendo cada vez más a los 20.000 (Gómez, C.M., 2009). Grandes inversiones en infraestructuras no parecen haber dado lugar a beneficios razonables: tenemos mucha capacidad aparente para producir, pero la falta de estudios científico-técnicos previos y una escasa coordinación en la gestión hacen que no se den las condiciones hidrológicas para aprovecharla.

PRODUCIBLE HIDROELÉCTRICO Y POTENCIA INSTALADA, 1920-2007

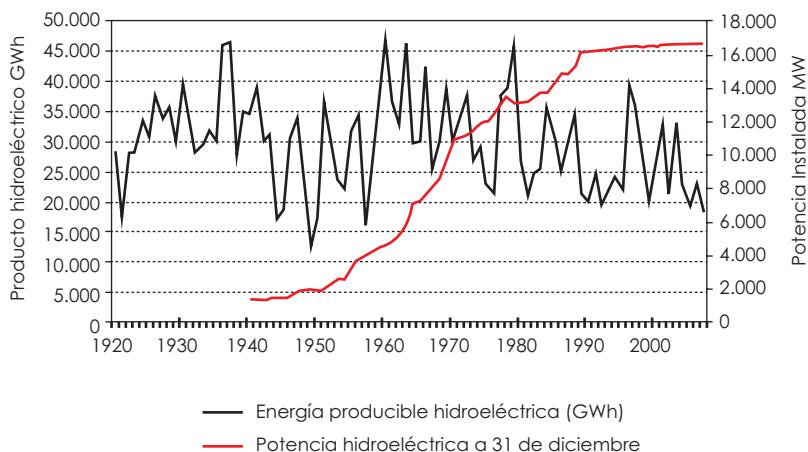
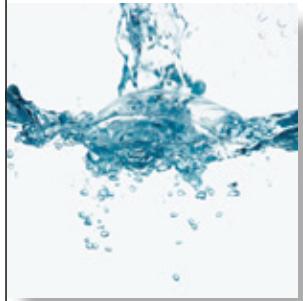


Figura 2. Producible hidroeléctrico vs. Potencia instalada.
Fuente: Red Eléctrica Española, www.ree.es

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), un 22% del total de agua captada en nuestro país (unos 6.800 hectómetros cúbicos anuales, 11 veces la cantidad de agua consumida en la Comunidad de Madrid) se utiliza para refrigerar las instalaciones generadoras de energía eléctrica. Tras ser utilizada, esa agua o bien se evapora (en un porcentaje aproximado del 5%), o bien regresa a la naturaleza con alguna «ligera» modificación: una temperatura sensiblemente superior a la de captación, esto es, con una significativa contaminación térmica. El INE no incluye esos 6.800 hectómetros cúbicos en las estadísticas que contabilizan la cantidad total de agua usada pues en las cifras globales de agua captada únicamente contabiliza los usos urbano, industrial y agrícola.



Por otra parte, algunos estudios (Cabrera y col. 2010), pocos y siempre conservadores, calculan que un 10% del consumo de electricidad en España está vinculado a la gestión del agua. Si a esto le añadimos el consumo energético para calentar el agua en nuestros hogares y centros de trabajo, las cantidades de energía eléctrica consumida en relación con el agua aumentan notablemente y podría acercarse a los porcentajes comentados para California.

El actual Plan Nacional de Regadíos estima que el consumo de energía eléctrica para el riego supone el 1,8% del total consumido en España. También, vinculado al consumo de energía para agua, las actividades de desalación en el Plan Agua pueden alcanzar el 1% del consumo nacional de electricidad. La depuración de aguas residuales urbanas parece suponer también un 1% del consumo total de energía eléctrica (OPTI, 2010).

3. AGUA PARA LA ENERGÍA

Las centrales termoeléctricas necesitan enormes cantidades de agua de refrigeración. Por ejemplo, como se ha dicho, alrededor del 50% de las captaciones de agua en Estados Unidos o el 22% de la captada en España se utiliza en la producción termoeléctrica. Cada vez más estas centrales deben competir por el agua con municipios, agricultura y otras industrias.

El cambio climático y el aumento de las sequías en muchas regiones hará disminuir el caudal de muchos ríos, por ello la cantidad de agua de refrigeración en las plantas termoeléctricas puede llegar a ser insuficiente.

Aunque no es aplicable a España, la exploración y producción de combustibles fósiles requiere una gran cantidad de agua que a su vez genera gran cantidad de agua residual muy contaminada. La fractura, por ejemplo, de las pizarras bituminosas para liberar gases y líquidos se realiza con agua que finalmente se recoge con los materiales orgánicos pero con alta contaminación. Actualmente este agua contaminada se inyecta a cientos de metros de profundidad donde se evapora y sale del ciclo del agua.

Está claro que la generación hidroeléctrica necesita agua. Y no siempre sin problemas, por ejemplo, los embalses pueden suponer



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

un problema medioambiental pues muy a menudo son gigantescos sedimentadores del material sólido que antes de la construcción servía como fertilizante tierras abajo y que después queda atrapado en el embalse. Esto tiene implicaciones en la agricultura, en la fauna acuática y en muchas otras actividades. Por otro lado, las sequías combinadas con el incremento del uso de agua produce un déficit de agua en los embalses de algunas regiones. Con menores niveles de agua en los embalses decrece la producción de electricidad.

3.1. Recuperación de energía de aguas residuales

La forma más común de recuperar energía es hacerlo a partir del biogás generado en el tratamiento de lodos. En algunos casos también se instalan bombas de calor para recuperar energía calorífica de los efluentes.

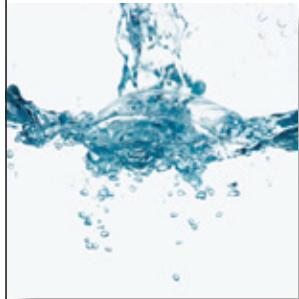
El consumo de energía en el transporte y tratamiento de aguas residuales sigue patrones que pueden verse alterados cuando haya que gestionar el agua de tormenta, que no sigue patrones cíclicos.

Considerando los diferentes patrones, hay un cierto potencial para llevar a cabo algunos procesos durante las horas valle de flujo de entrada de agua en la depuradora. Pero una depuradora no es solamente una solución «fin de línea» para tratar aguas residuales sino que puede ser usada como productora de energía.

Por ejemplo, hay un creciente interés en biogás y hay un largo camino para maximizar la producción de biogás. Datos recientes indican que la digestión anaerobia usa únicamente el 20% del contenido energético de los lodos. Los subproductos del tratamiento de lodos combinados con residuos sólidos de origen orgánico pueden ser una nada despreciable fuente de energía.

Alrededor de la tercera parte de la energía que contiene el biogás se puede transformar en energía mecánica, el resto se transforma en calor que puede ser reciclado y usado para calentar. Para poder utilizar el biogás como carburante, ese biogás debe ser sometido a tratamiento para eliminar sulfuro de hidrógeno y CO₂.

La generación de biogás se debe a un proceso anaeróbico donde los microorganismos, en ausencia de oxígeno, craquean el conte-



nido orgánico del lodo; el proceso genera CO_2 y metano. Está producción pasa por tres etapas, la hidrólisis de los polímeros orgánicos por parte de los microorganismos para transformar los polímeros en moléculas más pequeñas que pueden nutrir a otros microorganismos, la acidogénesis donde las bacterias convierten los azúcares y aminoácidos en CO_2 , hidrógeno, amoniaco y ácidos orgánicos y finalmente las bacterias metanogénicas convierten esos ácidos en CO_2 y metano.

La manera de manipular los lodos tienen influencia en el balance energético de los mismos. Así, por ejemplo, si en la sedimentación primaria se consigue una mayor separación, por una parte el tratamiento biológico se simplifica consumiendo menos energía para la aireación. De esta manera el carbono orgánico que queda en el sedimentador se utiliza para generar biogás al estabilizar los lodos. La separación de materia orgánica en el sedimentador tiene su límite en la necesidad de eliminar nitrógeno pues si la concentración de materia orgánica no es suficiente, el fenómeno de la desnitrificación no se produce con el consiguiente problema vinculado a la calidad del agua regenerada.

Otra forma de incrementar la producción de biogás es mejorar el espesado del lodo antes de la digestión anaerobia. Con el espesado la concentración en el digestor aumenta, el tiempo de residencia se reduce y disminuye la cantidad de calor necesaria para mantener la temperatura del digestor.

Hay otro aspecto de optimización energético a tener en cuenta. Desde una perspectiva energética se debe ir directamente a maximizar la producción de biogás. Sin embargo una parte del agua del digestor debe ser recirculada hacia el sistema de tratamiento. Esta agua suele tener gran cantidad de nitrógeno amoniaco lo que eleva la carga de la planta e incrementa el consumo energético para llevar a cabo la desnitrificación. Queda clara la necesidad de un balance de energía integrado en toda la planta.

3.2. Monitoreo y control para incrementar la eficiencia

El suministro de agua potable requiere la monitorización a lo largo de todo el sistema no sólo para detectar pérdidas de la manera más rápida sino también para mantener el control sobre la cantidad de



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

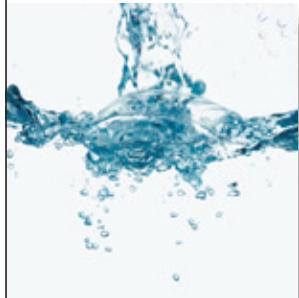
agua. En los sistemas de tratamiento de agua residual son también muy necesarias la instrumentación, el control y la automatización para reducir de manera significativa los costes de operación y para la detección y alerta rápida de incidencias. El desarrollo de sistemas «on line» robustos, fiables y que se pueda afrontar su coste ha sido significativo en la última década. La incorporación de ordenadores para registros y predicciones es otro importante apoyo al sistema.

La detección de pérdidas y roturas en las redes de distribución se hacen más importantes a medida que se incrementa el precio de la energía. Las pérdidas pueden aparecer por una rotura repentina o gradualmente. Existen poderosos métodos automáticos para detectar fugas con rapidez y además determinar la posición de la misma con gran precisión. La idea de detección y alarma rápida es fundamental para evitar pérdidas significativas. La energía de bombeo extra para compensar pérdidas es significativa y no es inusual encontrar perdidas de un 30% en los sistemas de distribución. Estas pérdidas de agua son intolerables pero sorprendentemente aún son aceptadas por los responsables y usuarios.

De manera similar a las pérdidas, los sistemas de detección rápida organizados en conjuntos de sensores distribuidos en la red pueden prevenir cambios severos en la calidad del agua potable distribuida.

El monitoreo automático es también crucial en las operaciones de tratamiento de agua residual; este seguimiento debe hacerse sobre el caudal que entra, su composición y concentración; también el monitoreo de los equipos permite detectar a tiempo defectos que si no se corrigen pueden dar lugar a problemas importantes.

Para el control de procesos el principio fundamental es el feedback. El proceso en un aireador o un sistema de dosificación de un producto químico está siempre sujeto a alteraciones. Se debe medir el estado actual del proceso mediante algún sensor y ese dato es la base de la decisión. Para tomar esa decisión se debe expresar el propósito o la meta. Tomada la decisión, debe ser implementada con un «accionador» que suele ser un motor, una bomba, una válvula, etc. En otras palabras: «el control trata de cómo operar una planta o proceso hacia un determinado objetivo, independientemente de las alteraciones» (OLSSON, G. y NEWELL, B. 1999).



Como ejemplo de que el estado del arte del control puede influir en la eficiencia energética, tenemos la aireación en el tratamiento biológico donde ahora se puede proporcionar oxígeno a los microorganismos en la cantidad adecuada ahorrando el máximo de energía. El control de la concentración de oxígeno disuelto puede ahorrar una gran cantidad de energía con respecto a la ausencia de control. La posibilidad de variar con el tiempo el valor de referencia de la concentración de oxígeno puede reducir aún más el consumo de electricidad.

3.3. Uso de agua e impactos en el ambiente acuático por la producción de energía

Como se ha comentado la demanda de agua es creciente; en el pasado medio siglo la demanda se ha multiplicado por más de tres. La tasa de utilización (cantidad extraída/cantidad disponible) mundial alcanzaba en el año 2000 el 30% y esta fracción puede alcanzar el 70% en 2025 (HOFFMAN, A., 2004).

Esto significa que habrá más competencia por el agua necesaria para producir energía, por ello la producción de energía más intensiva en agua se verá forzada a buscar alternativas más eficientes. Un indicador clave podría ser «retorno energético por agua invertida» (VOINOV, A. y CARDWELL, H., 2009).

La energía hidroeléctrica, que supone alrededor del 19% de la electricidad que se genera en el mundo, con frecuencia se considera energía «verde» porque no genera emisiones de gases con efecto invernadero. Sin embargo, hay signos de impacto ecológico serio. Por ejemplo los embalses sirven como enormes recipientes de sedimentación que tienen influencia en el transporte de sedimentos aguas abajo y que tienen impacto sobre la agricultura.

La eutrofización y la evaporación en países de clima cálido son dos de las amenazas que no han sido suficientemente descritas y que pueden suponer una amenaza al suministro de agua. Los embalses también actúan como barrera física y restringen la migración de la vida acuática.

Además se calcula que actualmente, de manera global, solamente se aprovecha un tercio del potencial hidroeléctrico disponible. Sin embargo, los costes sociales y ambientales de los grandes embal-



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

ses parecen frenar la construcción de estos. No ocurre igual con las pequeñas instalaciones —menos de 10 MW— que tienen aún unas grandes posibilidades de desarrollo especialmente para áreas rurales remotas.

Se calcula que la superficie cubierta por agua contenida en grandes embalses puede alcanzar el tamaño de España, unos 500.000 km², y entre otras, las pérdidas por evaporación son enormes.

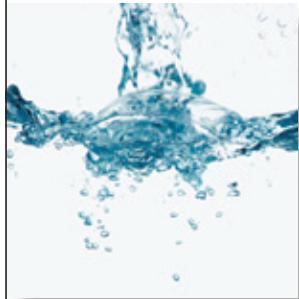
Desde el punto de vista social, se estima que los desplazamientos de personas debido a la construcción de embalses alcanza los 80 millones en todo el mundo.

Como se ha dicho, la energía termoeléctrica requiere una gran cantidad de agua de refrigeración. Aparte de la cantidad de agua evaporada durante el proceso de refrigeración que viene a ser entre un 3 y un 5% de la utilizada, de la contaminación térmica y del riesgo de contaminación nuclear, la adición de inhibidores de origen químico o biocidas pueden llegar a suponer un peligro a largo plazo. Aunque las concentraciones a las que se dosifican son muy bajas, su acumulación puede causar problemas a largo plazo.

El cambio climático añadirá riesgo de conflicto entre agua y energía. La eficiencia del proceso de refrigeración depende de la diferencia de temperatura de entrada del refrigerante y la del agua de la planta, y por ello si aumenta la temperatura del agua de refrigeración será necesario un mayor caudal para que tenga el mismo efecto refrigerante. Hay muchas plantas que tienen restricciones que limitan sus posibilidades de extraer agua. Si aumenta la temperatura del agua podrán refrigerar menos, por ello disminuirá la eficiencia de la turbina lo que supondrá una generación de electricidad menor partiendo de la misma cantidad de energía bruta a la entrada.

Las centrales nucleares tienen límites para la temperatura del agua que toman por ello los episodios de parada pueden ser mayores en escenarios de cambio climático. Además por motivos ambientales se imponen limitaciones a la temperatura del agua de refrigeración liberada a ríos y embalses.

Las industrias de agua y energía compiten por el mismo recurso. Si el caudal del río se reduce como puede ocurrir estacionalmente, las



centrales termoeléctricas pueden encontrar que no hay agua suficiente para refrigeración. Ese problema se agrava si es debido al cambio climático, es decir, no eventual.

Parece claro que no siempre está en la agenda de muchas compañías eléctricas la preocupación por la calidad y cantidad del agua a la que acceden. Se hace cada vez más necesario establecer redes de profesionales de agua y energía para tratar la gran interrelación entre ambos recursos.

Es claro que el ahorro de energía en hogares e industria tienen un gran impacto en las necesidades de energía eléctrica y en consecuencia en el consumo de agua. El desarrollo tecnológico, por ejemplo, usando bombas, sistemas de refrigeración y acondicionamiento de aire, etc. más eficientes tendrá un claro impacto en el consumo total de energía. Como consecuencia irónica del desarrollo tecnológico en países en vías de desarrollo, el bajo coste de los motores asíncronos y de las bombas ha incrementado la cantidad de agua que se extrae para la agricultura. Una de las razones para el bombeo no sostenible de agua subterránea es que el agua superficial está demasiado contaminada. En algunos casos esto ha tenido consecuencias catastróficas para los niveles del agua subterránea y salinidad del suelo.

El uso más eficiente del agua en la agricultura es de interés primordial. Ello requiere educación, mejor equipamiento, soporte económico y alguna nueva legislación.

La fama del etanol como medioambientalmente oportuno tampoco parece muy fundamentada. La situación en el medio oeste de Estados Unidos puede ilustrar el problema. Si se usa irrigación se necesita al menos un m^3 de agua para viajar 10 km con un vehículo alimentado con etanol (Webber, M., 2008).

4. ENERGÍA PARA EL AGUA

En áreas urbanas se utiliza entre el 1 y el 18% de la energía eléctrica para transporte y tratamiento de agua. Más aún, la energía vinculada al uso del agua —los mayores consumos son para calentarla en hogares e industrias— requiere alrededor de 10 veces más energía que el transporte y tratamiento.



4.1. Energía para el agua potable

La necesidad de proporcionar aguas potables de calidad cada vez mayor requiere un consumo de energía creciente. Los métodos clásicos de filtración y adición de productos químicos se sustituyen por nuevos métodos más intensivos en energía que los tradicionales, por ejemplo la utilización de membranas.

Se necesita energía para extraer agua, transportarla a través de cañales y tuberías, para gestionar y tratar aguas residuales, para desalar aguas salobres y del mar.

No resulta fácil obtener datos desagregados sobre el consumo de energía en cada una de estas operaciones: se dispone de datos estadísticos sobre operaciones con agua pero ni la OCDE, ni Euroestat, ni la ONU tienen estadísticas sobre las implicaciones energéticas de esas operaciones.

La actividad en la que se puede hacer un desagregado mayor del consumo eléctrico es la desalación. España se encuentra entre los 8 primeros países en capacidad de desalación y dispone de varias empresas entre las mayores del mundo que se dedican a diseñar y construir estaciones desaladoras. Aunque no se ha alcanzado la capacidad de producción contemplada en el Programa AGUA, con previsiones de cerca de 1.000 Hm³/año, el potencial es enorme y el consumo energético también. Aunque en los últimos 15 años el consumo energético de la desalación por ósmosis inversa (el proceso más habitual) ha pasado de 5,3 a alrededor de 3 kWh/m³, el consumo de electricidad estimado para desalar agua en España se encuentra alrededor del 1% el total. Aunque algunos estudios establecen que se podría producir un ahorro del 16% de energía modernizando plantas y membranas, no parece que se pueda producir un gran vuelco en el ahorro.

Las necesidades generales de energía eléctrica en relación con el agua varían mucho de unos países a otros. Se estima que en Estados Unidos y Reino Unido se necesita alrededor del 3% de la energía eléctrica para operaciones de bombeo, producción de agua potable de calidad (siempre a partir de agua dulce), presurizar los sistemas de distribución de agua, tratamiento de aguas residuales, etc. En Israel se estima que el consumo alcanza el 10% del total, y, por ejemplo, en Suecia, un 1%. En España es difícil de determinar pero haciendo estimaciones indirectas, parece que el consumo podría estar entre el 1 y el 2%.

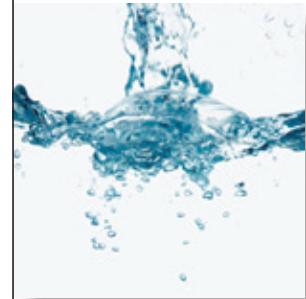


Tabla 3. Requerimientos de energía (kWh/m³) para producir agua potable conforme a lo dispuesto por los miembros y socios de GWRC (Global Water Research Coalition).

	USA	NL	SIN	SUEZ	GER	AUS
Agua						
Energía Total	0,43	0,47	0,45	0,57	1,01	0,1-0,5
Tratamiento			0,05	0,47	0,10	0,1-0,3
Suministro			0,40	0,10	0,91	
Agua Residual						
Energía Total			0,56	0,52	0,67	0,4-0,9
Tratamiento	0,45	0,36	0,42	0,43		0,39
Recogida			0,15	0,09		0,1-0,6

Para el caso de España se obtuvieron los consumos energéticos reflejados en la tabla 4.

Tabla 4. Horquillas de consumo de energía en España.

Abastecimiento		Depuración	
Procedencia agua potable	Horquilla consumo (kWh/m ³)	Tipo planta	Horquilla consumo (kWh/m ³)
Superficial (corta distancia < 10 km)	0.0002 - 0.37	Fangos activados convencionales	0.43 - 1.09
Superficial (larga distancia > 10 km)	0.15 - 1.74	Aireación prolongada	0.49 - 1.01
Subterránea (acuíferos locales)	0.37 - 0.75	Lagunaje convencional	0.05
Subterránea (acuíferos lejanos)	0.60 - 1.32		
Desalación (incluso distribución)	4.94 - 5.41		

Fuente: Sala, L. 2007.

La gestión del agua urbana, por tanto, tiene impacto sobre la atmósfera con la emisión de gases con efecto invernadero. Se estima que globalmente contribuye con un 1,5% a las emisiones de CO₂ y que puede llegar al 5-7% de las emisiones de gases con efecto invernadero.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

La producción de agua potable se va haciendo cada vez más crucial en especial en países áridos y semiáridos. La desalación está creciendo como nueva «fuente» de agua potable a un buen ritmo en muchos países industrializados lo que enfatiza el vínculo agua-energía. En el otro extremo, habitantes de países del tercer mundo aún no disponen de electricidad, por ello es necesario organizar las estructuras de generación y distribución de electricidad con sumo cuidado. Hay una gran variabilidad en las necesidades de energía eléctrica para producir agua potable. Esas diferencias reflejan diferentes esfuerzos para generar agua potable. En España la energía de potabilización y suministro varía entre 0,4 y 1 kWh/m³. Se puede comparar con valores en otros países de la tabla 5.

Tabla 5. Energía necesaria para bombear 1m³ para el tratamiento de agua en distintos lugares del mundo.

Localización	Energía utilizada (kWh)
Suecia	0,22 (entre 0,04 y 0,64)
Norte de California (EE.UU.)	0,04
Sur de California (EE.UU.)	2,3
Melbourne (Australia)	0,09
Adelaida (Australia)	1,9

Fuente: Kenway et al, 2008.

Adelaida y el Sur de California son lugares secos por lo que el agua debe ser bombeada a largas distancias para cubrir las exigencias poblacionales. Esto se refleja en los altos costes de energía para estos lugares, comparables con los requerimientos de energía para desalar agua de mar, que normalmente es de unos 4 kWh/m³. Si no existieran limitaciones energéticas, la obtención de agua para uso humano dejaría de ser un problema. Por ejemplo, existen vastos recursos de agua salada para cubrir todas las demandas imaginables si no se necesitara energía para ejecutar las operaciones y luego bombear el agua a los lugares donde fuera necesario. Este es el caso que debemos afrontar.

4.2. Energía para las aguas residuales

Para tratar aguas residuales, el proceso más importante de eliminación de materia orgánica y nutrientes de aguas urbanas es el tratamiento biológico, siendo también el que consume mayor cantidad de energía eléctrica.

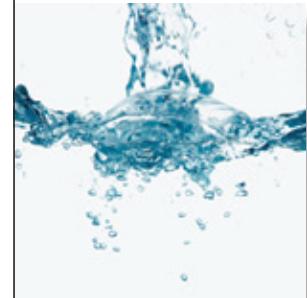


Tabla 6. Energía necesaria para el tratamiento de aguas residuales en Australia.

Tratamiento	Energía necesaria (máx, mín) (kWh/m ³)	Energía Media necesaria (kWh/m ³)
Primario	0,1 - 0,37	0,22
Eliminación Biológica de carbono	0,26 - 0,82	0,46
Eliminación Avanzada de C, N y P	0,39 - 11	0,90

Fuente: Kenwey et al (2008) y de Sydney Water and Brisbane Water.

Para comparar, la industria del agua del Reino Unido utiliza 0,63 kWh para tratar 1 m³ de lodo y 0,59 kWh para tratar 1 m³ de agua. En España (OPTI) la gestión del agua residual supone un consumo de entre 0,5 y 0,7 kWh/m³. En general la aireación supone el 50% del consumo de electricidad en la planta

Suele haber diferencias muy significativas en el consumo unitario de electricidad pues depende de la cantidad y calidad de materia orgánica a degradar, de la cantidad de nutrientes a eliminar, del tamaño de la planta. Así en un solo país como Suecia las necesidades de energía varían entre 1,5 y 40 kWh/kg DBO con un valor medio de 4,5 kWh/kg.

Ya se hacen planes de ahorro en diferentes países. En California existe un plan para incrementar en un 20% la eficiencia eléctrica en la depuración. En China también hay exigencias de ahorro del 20%, en la cuenca del Ruhr en Alemania existe un ambicioso programa de ahorro energético.

En España se apunta la posibilidad de reducir consumos modificando la potencia de diseño de las depuradoras de menor tamaño. Así, por ejemplo, mientras que la potencia instalada por habitante equivalente es de 19 W para depuradoras de unos 500 habitantes, para 500.000 habitantes o más la potencia instalada es 3 W. Esto es así porque en el diseño de la depuradora tiene como objetivo la robustez dejando en segundo plano el análisis del coste beneficio energético. Teniendo en cuenta esta realidad, algunos informes apuntan a que el mayor potencial de ahorro en depuración se produce en las pequeñas plantas y que en conjunto se podría llegar a ahorrar un 17,5%.

Parece bastante razonable pensar en reducciones de consumo de energía de alrededor del 20% únicamente mediante optimización e innovación. Los procesos vinculados al agua parecen lejos de haber lle-



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

gado al límite en eficiencia energética. Hay algunos foros (GWRC, 2008) que afirman que aún se puede producir una reducción del 80% pero para ello es necesario un cambio de paradigma. Las infraestructuras actuales han sido diseñadas y construidas desde las necesidades, condiciones, tecnologías y puntos de vista de hace décadas. Se sabe que actualmente los procesos vinculados al agua son muy intensivos energéticamente. Los nuevos conceptos podrían incluir sistemas de saneamiento alternativos como vacío, separación en origen, la valorización de los residuos convirtiéndolos en recursos (recuperación de nitrógeno y fósforo, la utilización de aguas residuales para producir algas que den lugar a biocombustibles), la utilización de biopilas de combustible, etc. El sector del agua podría verse beneficiado por los desarrollos tecnológicos e irrumpir en áreas próximas como la producción de energía.

Alguna de las áreas importantes dónde es necesario trabajar para aumentar la eficiencia energética son:

- Eficiencia en el bombeo de agua, agua residual y lodos.
- Control de los motores incluyendo arranque suave.
- Aireación en sistemas biológicos de tratamiento.
- Mezcla.
- Pérdidas de agua.
- Gestión de la demanda, comportamiento del consumidor.
- Operación de digestores anaerobios.

Cualquier mejora en la eficiencia energética debe ser contemplada desde dos vertientes: cómo se afecta al proceso y cuál es el coste de la mejora en la eficiencia. Un gestor del tratamiento es responsable de la calidad del agua efluente, por ello, estos requisitos de calidad, regulados, deben ser siempre el primer objetivo y la eficiencia energética se transforma en objetivo secundario. Al mismo tiempo se observa que a veces una mayor eficiencia produce también un mejor comportamiento del proceso

Hay dos posibilidades para una mayor eficiencia del proceso, modernizar el equipo o automatizar y controlar. En este último caso se debe considerar la inversión en instrumentación y sistemas de control. Un ejemplo de modernización sería diseñar las bombas adecuadas al caudal, operando a presiones cambiantes y usando una velocidad de bombeo variable, esto supondría un gran potencial de ahorro.



La aireación de sistemas de lodos activos es otro gran consumidor de energía. Se puede ahorrar bastante energía con un control automático de la concentración de oxígeno disuelto ajustado para diferentes cargas orgánicas de las aguas. Además con dicho control se favorece la actividad biológica. La aireación energéticamente eficiente no sólo requiere sensores para el oxígeno disuelto y caudal de aire sino también compresores controlables y válvulas adecuadas.

4.3. La energía en el lado de la demanda

El uso de agua tiene un coste energético. El uso de ambas debe ser sostenible. Recientes sequías han puesto en el foco el consumo de agua en algunos países. Es evidente que el uso de agua es diferente dependiendo del país. Si nos fijamos en las ciudades (IWA, 2008) el consumo específico varía entre 43 y 650 litros/persona·día y los precios entre 0,015 y 3,13 USD/m³.

Tabla 7. Consumo de agua en varios países.

País	Usos del Agua litro/persona·día			Índice de Pobreza de Agua (0-100)
	Doméstico	Agricultura	Industria	
Estados Unidos	600	1900	2100	65
Australia	500	2600	340	62
Canadá	800	480	2800	78
China	85	910	345	51
Alemania	190	310	1060	65
Holanda	80	460	820	69
India	140	1500	95	53
España	149	1080	112	64
Italia	297	1188	485	61

Fuente: Voinov y Cardwell (2009) y Clarke y King (2006).

El Índice de Pobreza de Agua fue desarrollado por Lawrence et al en 2003. Canadá, Noruega e Islandia son los países con mayor índice, aunque ningún país supera los 78 puntos. El índice proporciona una evaluación de la gestión nacional del agua de cada país, e incluye recursos (disponibilidad de agua), acceso a agua potable y saneamiento, estándares económicos, uso de agua y estado medioambiental del agua.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Es verdad que las condiciones naturales son muy diferentes de unos lugares a otros, incluso las cifras reflejan hábitos o, a veces, malos usos del agua; evidentemente el precio del agua juega un papel determinante en estos valores.

En general, el precio que paga el consumidor influye de manera directa en la cantidad de agua usada. En España las cantidades pagadas en la factura de agua suponen un 0,06% de los ingresos en los hogares (a partir de datos INE), en Gran Bretaña, 0,013%; en Estados Unidos, 0,006%; en Pakistán, 1,1% y en Tanzania, 5,7%; parece claro que en temas de agua, los pobres pagan más. En Estados Unidos se pagan unos 0,3 €/m³; en España, 1,42, mientras que en Manila no son extraordinarios precios superiores a 3 €/m³.

Frenar la demanda es más barato, rápido y realmente más beneficioso para los clientes que incrementar la oferta. Ahorrar energía supone ahorrar también agua; optimizar el uso de agua supone ahorro de agua y energía.

Hay que tener en cuenta que, en países desarrollados, más del 90% del agua relacionada con el consumo de energía es la utilizada en nuestros hogares. A esta conclusión se puede llegar por un sencillo cálculo teórico: mientras que producir un m³ de agua potable supone una pequeña fracción de kWh, calentar este agua de 15 a 60 °C requiere 52 kWh, sin tener en cuenta los rendimientos y pérdidas. Parece claro que en ahorro de energía hay mucha labor que hacer en el uso del agua en duchas, fregaplatos, lavadoras, etc. y que se pueden producir reducciones de entre el 20 y el 30% de energía usada en relación con el agua. Estos ahorros deben suponer beneficios económicos casi en cualquier circunstancia. Según estos autores, el uso del etanol como carburante de vehículos llevaría a cambiar nuestra manera de pensar actual en relación con el consumo, pasando de gasolina usada por km a agua necesaria para recorrer un km. Este agua a veces se extrae de acuíferos de una manera insostenible o a veces se utiliza agua fósil.

Se debe resaltar también que el ciclo de producción de etanol tiene diferentes necesidades de agua. Por ejemplo la irrigación para la producción de etanol requiere ordenes de magnitud mayores que la necesaria en las refinerías.



Tabla 8. Uso estimado de agua para algunas tecnologías de producción de biocombustible.

	Riego	Refinería
Aceite		0.5 – 1 l agua/l gasolina
Maíz	0 – 1900 l agua/l etanol	2 – 5 l agua/l etanol
Celulosa (Sorghum) azúcar	0 – 400 l agua/l etanol	6 l agua/l etanol

Sin embargo la intensidad en el consumo de agua puede ser mucho mayor en las refinerías donde puede ser necesario extraer miles de metros cúbicos en un punto concreto pudiendo modificar la hidrología del lugar y requerir infraestructuras adicionales para disponer de esa agua.

China ha anunciado que necesita reducir la producción de combustibles líquidos a partir de carbón por preocupantes problemas contaminación y por los volúmenes de agua que consumen. Sin embargo más recientemente ha anunciado una nueva planta de licuefacción para convertir 3,5 M Tm de carbón cada año en un millón de Tm de combustibles de locomoción. Usarán agua reciclada y subterránea para conseguir los 8 Hm³ que necesitarán cada año. En algunos lugares de China, hace 30 años, el nivel del agua subterránea estaba 5 m por debajo de la superficie, ahora está 40 m por debajo, todo ello porque el agua subterránea se utiliza de una manera insostenible.

5. CONCLUSIONES

Agua y energía son los dos ingredientes fundamentales de la civilización moderna. Sin agua la gente muere. Sin energía no se pueden producir alimentos ni podrían funcionar nuestras hogares o industrias. Considerando la estrecha relación entre agua y energía es obvio que los cambios deben ser tratados de modo integrado y no de forma aislada. Un enfoque integrado significa que hay que analizar conjuntamente el consumo de energía, el uso del agua, tratamiento de aguas residuales, la reutilización y la posible producción de energía.

Los sistemas integrados sólo pueden ser considerados por la cooperación entre equipos con estructura pluridisciplinar. Se necesita una estrecha comunicación entre ingenieros y científicos de disciplinas diferentes, pero también entre personal técnico y profesionales en las ciencias sociales, ciencias de comportamiento, economía y política.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Ahorrar energía y agua no es un simple cambio técnico. Quizás el factor más importante en el consumo es el comportamiento de los ciudadanos. Esto incluye cómo usar agua fría-caliente en las duchas, lavavajillas y lavadoras, qué tipo de máquina se debe adquirir, etc. Como ejemplo paradigmático del efecto del comportamiento sobre el consumo tenemos a Queensland, en Australia, donde se pasó de un consumo de 300 l/persona·día en 2005 a 130 l/persona · día en 2007. Las autoridades realizaron una campaña muy agresiva de ahorro para hacer frente a la sequía que incluía restricciones para uso del agua en el exterior y recomendaciones para uso interior.

A medida que la población del mundo crece la demanda de agua y energía aumenta más rápido que nunca. La situación debe ser considerada de crisis, pero la población en muchos países desarrollados no ha comprendido la urgencia. El agua es, en última instancia, más importante que el petróleo, ya que es crucial para la vida.

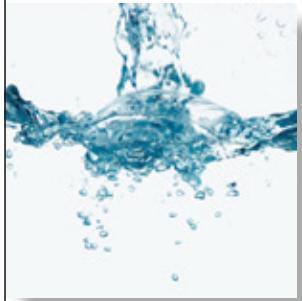
En muchos lugares, España por ejemplo, tenemos organismos reguladores y/o departamentos gubernamentales de energía. Sería necesario algo similar para el agua que permita garantizar su uso eficaz. El agua es sin duda un derecho humano, pero no debería ser gratuito o barato. Si pensamos en la importancia del agua, se deberá poner un precio realista sobre la misma. La actitud hacia el consumo de agua puede ser el ingrediente crucial. Hay que encontrar nuevas fórmulas de financiación y desarrollar sistemas de gestión y mantenimiento más modernos.

El nexo entre energía y agua tiene que ser reconocido por todos los implicados, desde los políticos que toman las decisiones, como investigadores o ingenieros.

La optimización en los usos de agua da lugar a un ahorro no sólo de ésta sino también de energía.

6. BIBLIOGRAFÍA

- BRISBANE WATER. www.brisbane.qld.gov.au/environment-waste/water.
- CABRERA, E.; PARDO, M. A.; CABRERA JR, E.; COBACHO, R. (2010). «Agua y energía en España. Un reto complejo y fascinante». ITA, Universidad Politécnica de Valencia.



- CLARKE, R.; KING, J. (2006). «The Atlas of Water». Earthscan. London, UK.
- ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE - EPRI. www.epri.com
- EUROSTAT, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>.
- GLOBAL WATER RESEARCH COALITION (2008). «Water and Energy». Report of the GWRC research strategy Workshops. London. www.globalwaterresearchcoalition.net.
- GÓMEZ, C. M. (2009). «Eficiencia en la asignación de agua: principios básicos y hechos estilizados en España». Información Comercial Española (ICE), 847: 23-29.
- HOFFMAN, A. (2004). «The connection: water and energy security». Institute for the analysis of global security. www.iags.org.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. www.ine.es.
- INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION - IWA (2008). «Water and energy workshop» IWA World Water Congress. Vienna, Austria. www.iwahq.org/Home/Themes/Water,_climate_and_energy
- KENWAY, S. J.; PRIESTLEY, A.; COOK, S.; SEO, S.; INMAN, M.; GREGORY, A.; HALL, M. (2008). «Energy use in the provision and consumption of urban water in Australia and New Zealand». CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship. CSIRO Australia dn Water Services Association of Australia.
- LAWRENCE, P.; MEIGH, J.; SULLIVAN, C. (2003). «The Water Poverty Index: an international comparison». Keele Economic Research Papers 2002/19.
- SALA, L. (2007). «Balances energéticos del ciclo del agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava». Seminario Agua, Energía y Cambio Climático. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.
- OBSERVATORIO DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA INDUSTRIAL - OPTI (2010). «Consumo energético en el sector del agua». Estudio Prospectiva. Madrid.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

- OLSSON, G.; NEWELL, B. (1999). «Wastewater Treatment Systems. Modelling, Diagnosis and Control». IWA Publishing. London.
- SYDNEY WATER, <http://www.sydneywater.com.au/>
- VOINOV, A.; CARDWELL, H. (2009). «The energy-water Nexus: why should we care?». Journal of Contemporary Water Research & Education, 143: 17-29.
- WEBBER, M. (2008). «Catch-22: Water vs. Energy». Scientific American Earth, 3.0: 34-41.

2

PEAJES ENERGÉTICOS DEL AGUA URBANA

Ricardo COBACHO, Miguel Ángel PARDO,
Enrique CABRERA, Jorge GARCÍA-SERRA

ITA

Universidad Politécnica de Valencia



1. INTRODUCCIÓN

«¿Cabemos?» Este era el titular de un periódico de ámbito nacional el 27 de octubre de 2011 en relación a la noticia de que la población mundial alcanzaría los 7.000 millones de personas a finales de ese mismo mes. Y tal noticia no era sino la última llamada de atención, hasta ese momento, sobre el problema de la sostenibilidad en el uso que la población mundial hace, y hará, de los recursos naturales.

Desde el denominado informe Brundtland (CMMAD, 1992), una de las primeras referencias sobre el problema de garantizar un uso sostenible de los recursos naturales, la creciente atención al uso de los mismos se ha materializado en múltiples acciones en este ámbito a todos los niveles (geográficos, económicos y sociales). El agua y la energía no han estado, evidentemente, al margen de las mismas, aunque ello ha sido de una forma más bien independiente, antes que conjunta.

Aterrizando en el contexto español, cabe subrayar la familiar, casi tradicional, visión del agua como un recurso generador de energía. Y así éramos a finales del siglo xx el primer país del mundo en número de presas por habitante (Cobacho, 2000). Por el otro lado, el del uso consuntivo de recursos, para el consumidor español también han venido siendo habituales las características campañas de ahorro, tanto energético (desde la crisis de los años 70 del pasado siglo xx), como hídrico (desde, algo posteriores, mediados de los años 90).

Los elementos están sobre la mesa. La conciencia sobre la necesidad de racionalizar el uso de agua y energía, se tiene en todos los ámbitos sociales. Y ya se ha tomado conciencia de que los costes

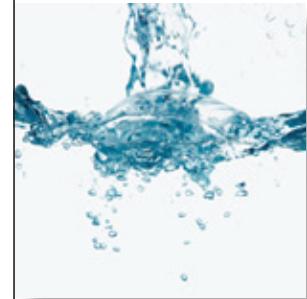


de ambos consumos, siempre terminan pagándose de una u otra forma, a todos los niveles. Y el recibo doméstico es quizás el menor de ellos.

Sin embargo, más allá de las obviedades, poco se ha desarrollado sobre la indiscutible relación que hay entre unos y otros consumos. Y no ha sido hasta entrado el siglo xxi, cuando, volviendo la vista al extranjero, la Comisión de la Energía de California, en EE.UU., publicó un trabajo (CEC, 2005) que pronto se ha convertido en un referente mundial en la materia. La clave del mismo radica, entre otras cosas, en la cuantificación razonada del consumo energético de cada una de las etapas que componen el consumo de agua en dicho estado norteamericano. Más adelante se abordarán esas cifras, pero sí cabe destacar en esta introducción la visión de conjunto que aportan, ya que un trabajo así está fotografiando la realidad de forma precisa.

No obstante, un trabajo así también puede dar lugar a ciertas confusiones si se tiende a concluir sobre lo particular con referencia en lo general. En otras palabras, unos valores promedios nacionales, por fiables que sean, difícilmente pueden servir para tomar decisiones en el ámbito local, ya que las circunstancias particulares de una comunidad pueden diferir enormemente de esa «media nacional». Y si de tomar decisiones se trata, lo que se precisa entonces es un buen conocimiento de la realidad local y unos procedimientos abiertos que, aplicados a cualquier sistema, proporcionen una respuesta específica, y también fiable, para el mismo.

En lo que respecta al suministro de agua urbano, la definición de ámbito local es inmediata: el abastecimiento municipal. Y son las circunstancias y procedimientos para evaluar el consumo energético que conlleva el consumo de agua en lo que se centrará este capítulo. Un último apunte cabe hacer antes de comenzar, y al que alude precisamente el título del mismo; no se busca en éste ser exhaustivo, sino hacer un recorrido a lo largo de las etapas más interesantes en cuanto a consumo energético de cualquier abastecimiento. Y para cada etapa, ahora sí, identificar tanto el gasto energético como el origen de posibles ineficiencias, así como una forma de evaluarlas. Estos consumos energéticos siempre son inevitables, pero vigilando y mejorando la eficiencia de los mismos, caso a caso, se evitarán como despilfarros monstruosos y se mantendrán en simples peajes.



2. CIFRAS GENERALES EN CALIFORNIA Y ESPAÑA

La Figura 1 muestra para California los rangos de consumo energético de cada una de las etapas que componen el uso urbano del agua, desde la captación hasta la depuración y el vertido. Llaman la atención los valores máximos en alguna de ellas, como es el caso de los 3,70 kWh/m³ en captación, bombeo y transporte, o los 4,23 kWh/m³ en potabilización. La razón de ambas es que son las cifras correspondientes a la opción más costosa de las activas en cada etapa en ese momento, y tales son el trasvase norte-sur en el transporte y la desalación de agua marina en potabilización.

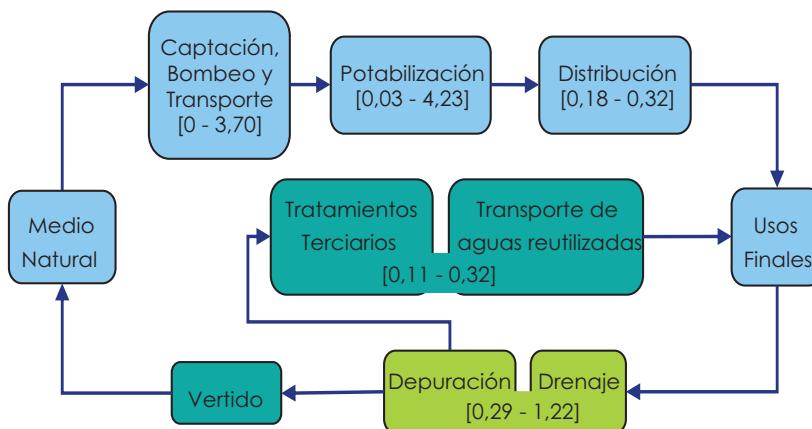


Figura 1. Cifras de consumo energético (kWh/m³) en el ciclo del agua en California. Fuente: CEC, 2005.

La Figura 1 parece omitir las cifras del consumo energético para los usos finales. En realidad, se muestran en su magnitud total en una segunda tabla (Tabla 1), y de ésta se pueden extraer dos conclusiones fundamentales:

- El consumo energético en usos finales urbanos supera enormemente el de los agrícolas, o el del transporte y la potabilización juntos, cuando menos, triplicándolos.
- El consumo eléctrico ligado al uso del agua supuso, en 2001, casi la quinta parte de la electricidad consumida en todo el estado, y esta cifra aumenta hasta un tercio si de consumo de gas natural se trata.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Tabla 1. Consumos energéticos totales ligados al agua en California.

	Electricidad (GWh)	Gas Natural (termias·10 ⁶)
Suministro y potabilización		
	Urbano	7.554
Usos finales	Agrícola	3.188
	Agrícola	7.372
Depuración	Urbano e industrial	27.887
		2.012
TOTAL		48.012
Consumo en el 2001		250.494
% del total de California		19% 32%

Fuente: CEC, 2005.

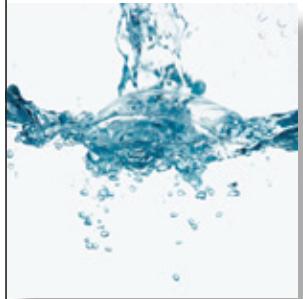
Un último indicador interesa al efecto de este capítulo. Se trata del impacto estimado sobre el consumo energético de los programas de ahorro energético directo por una parte, y de los programas de ahorro de agua por otra. Y la conclusión a este respecto es clara: en un plazo de siete años se estimaba que este segundo, es decir, el ahorro indirecto de energía resultado de un ahorro directo de agua, doblaría al ahorro directo de energía.

Tabla 2. Consumos energéticos totales ligados al agua en la Costa Brava.

ABASTECIMIENTO	
Procedencia del agua potable	Horquilla de consumo (kWh/m ³)
Superficial (corta distancia < 10 km)	0,0002 – 0,37
Superficial (larga distancia > 10 km)	0,15 – 1,74
Subterránea (acuíferos locales)	0,37 – 0,75
Subterránea (acuíferos lejanos)	0,60 – 1,32
Desalación (incluso distribución)	4,94 – 5,41
DEPURACIÓN	
Tipo de planta	Horquilla de consumo (kWh/m ³)
Fangos activados convencionales	0,43 – 1,09
Aireación prolongada	0,49 – 1,01
Lagunaje convencional	0,05

Fuente: Sala, 2007.

Volviendo al contexto español, la Tabla 2 muestra las cifras proporcionadas por Sala (2007) en una análisis similar al californiano, que



resultan mantenerse dentro del mismo orden de magnitud que las de CEC (2005).

Dado lo particular del estudio de la Costa Brava, no resulta difícil plantear una extrapolación de cifras a todo el ámbito nacional. Así, a partir de los planes de cuenca de MIMAM (2000), se tiene una cuantificación de los usos del agua en España: sobre un total de 35.000 hm³/año, un 68% (23.800 hm³/año) se destina a la agricultura, un 18% (6.300 hm³/año) al abastecimiento urbano e industria y un 14% a refrigeración de centrales. Asumiendo un consumo energético ligado a la agricultura de 0,2 kWh/m³ y a las áreas urbanas de 3 kWh/m³ (en este último quedan incluidos los usos finales), el consumo energético resulta estar en los 4.760 GWh/año y 18.900 GWh/año, respectivamente, lo que supone, sumados, casi unos 24.000 GWh/año totales.

La última cifra presentada cubre el objetivo buscado de cuantificar dos ideas básicas:

- La magnitud del consumo energético ligado al uso del agua en España puede situarse casi en un 10% del consumo eléctrico total, pues según CNE (2006) éste alcanzó los 223.000 GWh en el año de esa misma publicación.
- La reducción del consumo urbano en un admisible 15%, implicaría eficiencias energéticas por un total de 3.750 GWh/año. Es decir, casi un 1,5% del consumo eléctrico nacional.

3. LA DISTANCIA ENTRE LOS PROMEDIOS Y LOS CONTEXTOS: CUATRO ETAPAS CLAVE Y UN CASO DE ESTUDIO SINTÉTICO

Los promedios presentados en el apartado anterior proporcionan efectivamente una idea de cuán cercana pueden encontrarse las situaciones española y californiana y, también, qué importancia, en magnitud, puede suponer el consumo de agua en el ámbito energético nacional. Es la fotografía de conjunto mencionada más arriba.

Sin embargo, sería un error tomar dichas cifras como base para la evaluación de abastecimientos locales, ya que las particularidades de cada uno de estos últimos pueden ser enormemente distintas, por



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

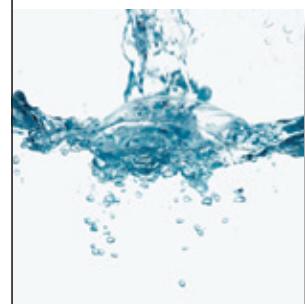
ejemplo en lo que se refiere a disponibilidad del recurso (calidad y cantidad), o necesidades a satisfacer (volumen total, estacionalidad, existencia y tipo de industria). En cada caso concreto es, por tanto, necesario descender al contexto del mismo para evaluar de forma detallada cómo es ese consumo energético. Y este estudio detallado es tanto más necesario si un objetivo posterior del mismo es el diseño de acciones de eficiencia, hídricas o energéticas, para ese mismo sistema. Y para ello se necesitan procedimientos y metodologías.

En los siguientes apartados se van a ir revisando cuatro etapas que, a juicio de los autores, resultan clave a la hora de evaluar el consumo energético ligado a la operación de un abastecimiento urbano concreto. Como se verá, no se busca la exhaustividad en el enfoque, puesto que no son las únicas, ni tampoco resultados equivalentes en todas ellas, puesto que las diferencias pueden ser importantes entre unas y otras. Pero sí es seguro que, evaluando estas cuatro etapas se están cubriendo los puntos principales que sigue el agua a lo largo de todo el proceso, y que, afectando los costes de cada una a distintos agentes, se logra una cuantificación equilibrada.

Las etapas, de forma resumida, son las siguientes:

- Presurización del agua en cabecera de la red.
- Distribución a través de la red de tuberías.
- Suministro al usuario en cada acometida, a través de aljibes.
- Consumo en usos finales del interior de la vivienda.

Para cada una de estas etapas se va a examinar cómo es su consumo energético, cuáles son las posibles causas de ineficiencia en el mismo y cómo puede plantearse a una evaluación de esta última. Con el fin de ilustrar mejor todo ello, se va a seguir numéricamente cada paso exemplificándolo sobre un abastecimiento genérico de unos 20.000 habitantes. Como puede comprobarse, se trata de una red sintética, es decir, se ha generado artificialmente, no existente en la realidad, pero sus parámetros principales sí pueden corresponder a los característicos para un suministro de este tamaño en España. La Figura 2 muestra un esquema de dicha red, mientras que la Figura 3 representa la modulación temporal de los consumos en la misma. Otros parámetros importantes a des-



tarcar son los enumerados a continuación, mientras que todos los demás detalles (cotas de nudos y longitudes de líneas, demandas nodales, curva de la bomba, etc.) se pueden encontrar en Cabrerá y col. (2010):

- Longitud total de tuberías: 40 km
- Volumen inyectado en cabecera: 1,615 hm³/año (221 l/hab/día)
- Volumen consumido: 1,250 hm³/año (171 l/hab/día)
- Volumen fugado: 0,365 hm³/año
- Rendimiento del sistema: $\eta = 77\%$

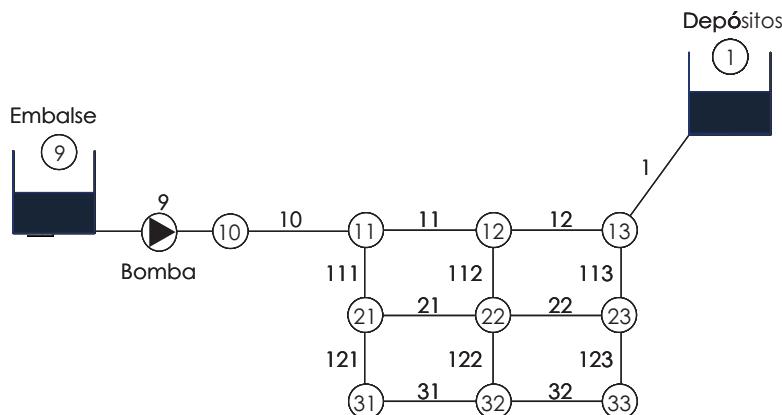


Figura 2. Esquema de la red

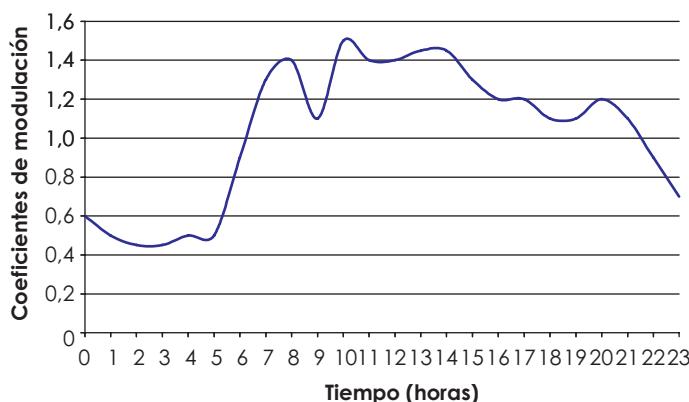


Figura 3. Modulación de los consumos



4. PRESURIZACIÓN DE LA RED EN CABECERA

El recorrido por el sistema debe, necesariamente, comenzar por el denominado punto de inyección en red, o punto de cabeceira. Es decir, aquél por el que se introduce en la red toda el agua que posteriormente se distribuirá a los consumidores a través de la misma. En este punto (nudo 10 de la Figura 2) no sólo se debe inyectar continuamente una cantidad de agua suficiente para abastecer las necesidades de la población, sino que también debe hacerse a una presión suficiente. Así, mientras que es normal que las necesidades de agua a lo largo del tiempo (un día por ejemplo) varíen significativamente en una red (véase como ilustración de ello la Figura 3), no ocurre lo mismo con las necesidades de presión en los puntos de consumo, que en general deben mantenerse más o menos constantes en el entorno entre los 25 y 35 mca.

En el punto de inyección, la presión con la que deberá entrar el agua será la necesaria en los puntos de consumo (acometidas) más una cantidad adicional que haga posible la circulación del agua por las tuberías venciendo las pérdidas por fricción. Como estas pérdidas aumentan con el caudal circulante, la exigencia de presión en cabecera de red va aumentando progresivamente a medida que también aumenta la exigencia de caudal inyectado. Esta relación, que representa la necesidad general de los usuarios, recibe el nombre de curva de consigna (Figura 4).

La propia curvatura que presenta la consigna ya supone un inconveniente para ajustar de forma exacta la presión aportada a la red con la que esta requiere. Y este inconveniente resulta mucho más importante cuando, como resulta ser muy habitual, la inyección se lleva a cabo con el apoyo continuo o temporal de un bombeo.

Efectivamente, el funcionamiento característico de una bomba, «a la contra» de la resistencia hidráulica que le ofrece la red, da lugar a que es capaz de aportar las mayores presiones sólo a caudales bajos, de modo que cuando se le requieren caudales bombeados mayores, la presión a la que lo hace es cada vez menor. Esta es la denominada curva de la bomba (Figura 4), y, como puede comprobarse, presenta una tendencia inversa a la de la curva de consigna.

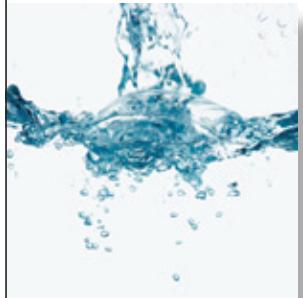
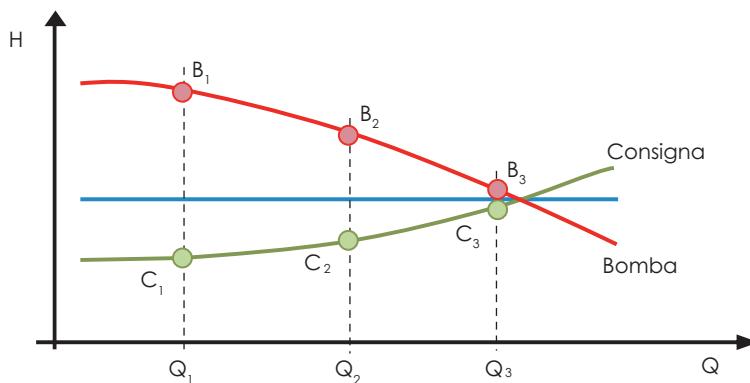


Figura 4. Curvas motriz y de consigna en un bombeo a red

El peaje energético que exige el bombeo queda planteado en la Figura 4. Si el caudal que se inyecta en red oscila a diario entre un valor mínimo (en horas nocturnas) de Q_1 y un valor máximo (en horas punta matinales) de Q_3 , resulta claro que, en este último caso, la bomba está proporcionando una presión muy ajustada a la que necesita la red ya que la distancia vertical entre las curvas (de C_3 a B_3) es muy pequeña. Sin embargo, cuando el caudal disminuya y, en última instancia, llegue hasta Q_1 , la bomba estará aportando, innecesariamente, una energía de presión mucho mayor que la necesaria (B_1 frente a C_1). Y la mayor parte de esta energía debe, de hecho, disiparse mediante los elementos adecuados (válvulas reguladoras) para que no cause problemas (incremento de roturas y fugas) durante las horas nocturnas.

En esta primera etapa presentada, el cálculo de la energía aportada en exceso no conlleva demasiada dificultad ya que se trata de una mera cuestión de estudio hidráulico de un bombeo. Es común, además, considerar como excesiva no toda la distancia vertical entre las curvas sino sólo la distancia entre la curva de bombeo y la línea horizontal, que vendría a representar el mejor ajuste de un suministro desde depósito a nivel constante.

En la red que se ha propuesto como ejemplo (Figura 2), es este último el punto de vista adoptado. Tras el estudio del bombeo, éste resulta estar en marcha unas 16 horas al día aproximadamente, y la presión en exceso del mismo sobre la horizontal de referencia se sitúa entre los 0 y los 4,9 mca. Al cabo de todo un año, y asumiendo un rendimiento de bombeo del 80%, este exceso de energía de presión inyectado en la red supone una cifra total de 18 MWh/año.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Es sencillo, por otra parte, reducir en la práctica este exceso. Una forma muy común de conseguirlo consiste en dotar al equipo de bombeo de un sistema de regulación, que generalmente será de modificación de la velocidad de giro mediante un variador de frecuencia. Estos sistemas permiten, sobre la Figura 4, «bajar» la curva de la bomba, acercándola hacia la curva de consigna, y por tanto reducir en tiempo real esas distancias verticales. Ya concretamente, en el ejemplo concreto aquí seleccionado, la existencia de un depósito de cola (denominado Depósito 1 en la Figura 1), que se llenará en horas de bajo consumo y mayor presión, permitiría que el exceso de sobrepresión inyectado terminase también aprovechándose.

Por último cabe hacer mención de un segundo aspecto de los bombeos en lo que eficiencia energética se refiere: el propio rendimiento de las bombas. La Figura 5 muestra las tres curvas características de una bomba, y como puede comprobarse, su curva de rendimiento (η) sólo se mantiene en la zona del 80% para unos caudales de 250 a 400 m³/h. Esto quiere decir que, al margen del ajuste con la consigna, si a esta bomba se la obliga a trabajar fuera de este rango, el rendimiento puede empeorar sensiblemente, hasta menos de un 60%. Precisamente, es en este aspecto donde Rosas (2010) destaca el mayor margen de mejora identificado, tras haber realizado la auditoría de 15 grandes instalaciones de bombeo en el área de Latinoamérica y Caribe. El potencial promedio de mejora se sitúa en un 23%, con casos extremos en los que llega a ser de hasta el 40%.

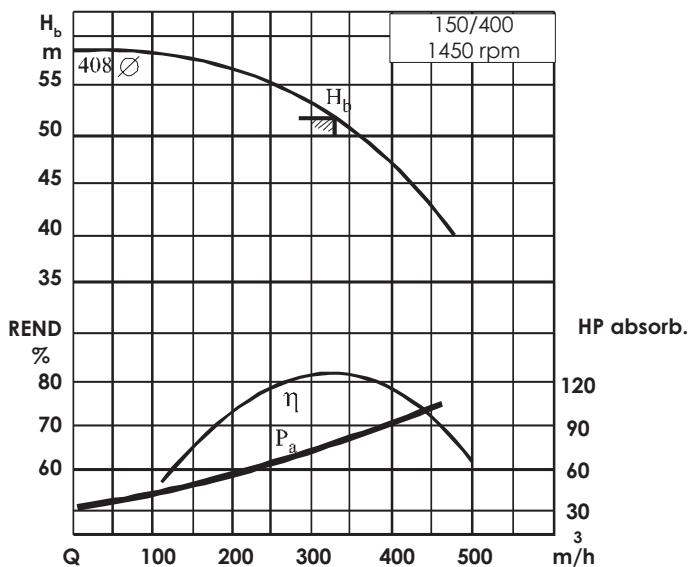


Figura 5. Curvas características de una bomba: altura (H), rendimiento (η) y potencia (P)

5. LA DISTRIBUCIÓN POR LA RED DE TUBERÍAS

Una vez que el agua entra en la red de tuberías, comienza la etapa de distribución propiamente dicha, circulando a través de todas las conducciones, desde las grandes arterias principales hasta los últimos ramales de menor diámetro, para ser entregada a los usuarios a través de los puntos de acometida.

A lo largo de este recorrido, son dos los aspectos a considerar desde una perspectiva energética:

- Las pérdidas de carga (energía) por fricción.
- Las fugas de agua.

Por buenas que sean las condiciones de renovación, mantenimiento y operación de una red, la existencia de fricción y de fugas siempre será inevitable. Si se mantienen en niveles razonables, constituyen el peaje a asumir para poder suministrar el agua. Si por el contrario, el contexto dificulta las condiciones de gestión de la red, y ambos aspectos acaban descuidándose, el discreto peaje puede acabar convertido en un despilfarro en toda regla.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Coincidentemente, la mejor manera de evaluar ambos tipos de pérdidas es mediante la realización de una auditoría energética sobre la distribución de agua a través de la red.

5.1. Las pérdidas de energía por fricción

El cálculo de la energía disipada por fricción cuando el agua circula por una conducción es bien conocido, desde que Darcy y Weischbach publicaron la ecuación que lleva su nombre, $h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$. Esta ecuación muestra que la energía perdida depende de la longitud, el diámetro, el factor de fricción (f) a través de la rugosidad de la pared, y sobre todo, la velocidad del agua circulante.

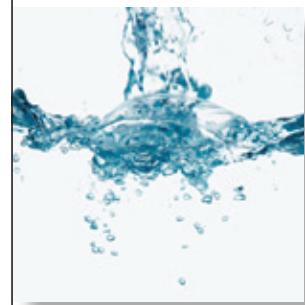
En tuberías nuevas y bien dimensionadas a los caudales a transportar, la tasa de pérdidas por longitud (pendiente hidráulica) suele estar en torno a los 3 mca/km, o menos. Con el paso del tiempo, suelen ocurrir dos cosas:

- Aumenta la rugosidad de las paredes de las tuberías por deposición sobre las mismas de sustancias inicialmente disueltas en el agua.
- Si, por aumento de la población en el núcleo urbano, aumenta la demanda de agua, para las mismas tuberías, con el mismo diámetro, aumentará la velocidad de circulación del agua.

Ambos factores dan lugar a un aumento de las pérdidas de energía por fricción. Y si bien, el primero es lento en su aparición y menores sus consecuencias, el segundo puede ser mucho más rápido (en cambios estacionales, sobre todo) y sus efectos mucho más patentes. Cuando esto ocurre se tiene que, con el paso del tiempo, la red inicial va quedando infradimensionada. Y el gasto energético que ello supone da lugar a que, bien sea necesaria mayor presión en cabecera para que siga cumpliendo su función, o bien la presión que proporcione a los usuarios termine siendo insuficiente.

5.2. Las fugas de agua

Las fugas de agua en una red son indeseables desde cualquier punto de vista, aunque, como se ha adelantado más arriba, se da por imposible el poder eliminarlas por completo. Y así, bien que bajo deno-



minaciones diferentes según el estudio, el concepto de pérdidas técnicas mínimas está bien asentado ya. Este mínimo técnico vendría a representar el peaje que exigen las fugas en la operación de la red más allá del cuál, las pérdidas sí comienzan a considerarse excesivas.

El derroche, en todo caso, es doble, no sólo en su parte más visible, el agua, que escapa y se pierde íntegramente, sino también a efectos del objeto de este capítulo, la energía. Así, a través de una fuga no escapa sólo agua de la red, sino que junto con ésta, también lo hace la energía de presión que mantiene acumulada desde su entrada en cabecera, y que de este modo se libera al exterior (se echa a perder) sin uso ni utilidad algunos.

5.3. La auditoría energética

El mejor modo de evaluar los dos términos de pérdidas energéticas ligados a la distribución es mediante la realización de una auditoría energética de la red. Aunque ya se encuentran publicados otros procedimientos simplificados para ello (Boulos y Bros, 2010), un planteamiento más coherente es el de Cabrera y col. (2010). Éste resulta conceptualmente muy sencillo, ya que consiste en entender la red de tuberías no como un transporte de agua, sino en el amplio sentido del término, como un transporte de energía.

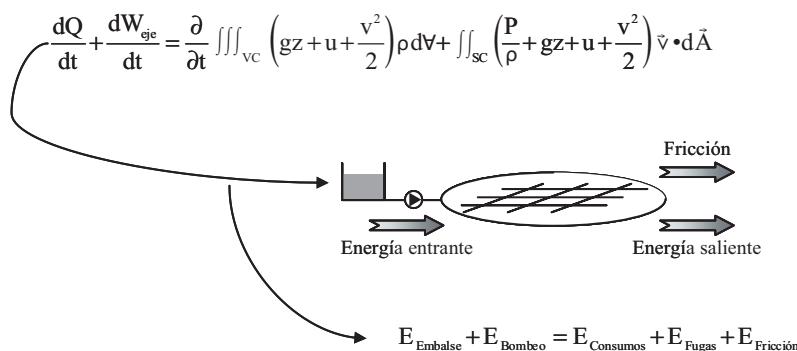
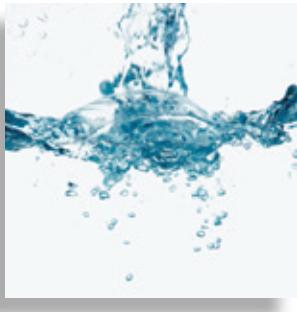


Figura 6. Planteamiento conceptual de la auditoría energética de una red y sus ecuaciones principales

De forma paralela al agua que entra en la red por uno o más puntos (cabecera) y sale por otros (consumos y/o fugas), tal y como muestra la Figura 4, la red también tiene unas entradas y unas salidas de energía. Como entradas se encuentran:



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

- El aporte de energía potencial gravitatoria desde los depósitos de almacenamiento en cabecera.
- El aporte de energía elástica de presión por parte de los bombeos de apoyo que tenga.

Por la otra parte, las salidas de energía son las siguientes:

- El consumo de agua por parte de los usuarios. Es decir, la energía de presión con la que se entrega el volumen a éstos a través de las acometidas.
- Las fugas de agua, según se ha detallado más arriba.
- La energía disipada por fricción. Este término, también detallado más arriba, no es una salida energética de la red en términos estrictos, pero sí supone, como disipación, un decremento de la energía contenida en el sistema.

La puesta en práctica de este planteamiento consiste en aplicar la ecuación integral de la energía al volumen de control formado por la red de distribución. Y considerando todas las condiciones, el resultado final es la síntesis de un término de cálculo para cada entrada y salida (además de otras cuestiones adicionales de menor entidad). De forma resumida, cada uno de esos términos se puede presentar como $E = \text{Potencia} \cdot t = \gamma \cdot Q \cdot H \cdot t$, donde H es en cada caso: altura piezométrica para los nudos, altura de bombeo para las bombas o pérdida de carga para las tuberías.

Puesto que la red no funciona de igual forma a lo largo de todo el día (ni de todo el año), este análisis debe realizarse sobre una simulación en periodo extendido de su funcionamiento. Es decir, para una sucesión de intervalos de tiempo t , lo suficientemente pequeños (de 10 minutos a 1 hora) que sí permitan adoptar la hipótesis de régimen permanente. Ello sólo es posible mediante la utilización del modelo matemático de la red a través de un software de simulación hidráulica. En este caso se ha utilizado el paquete EPANET, de libre disposición a nivel mundial, que permite combinar sus funcionalidades propias con otras definidas por el usuario, como ha sido aquí la metodología de auditoría energética.

Finalmente, este programa también permite simular de forma diferente (e independiente) los consumos y las fugas en red. Ello es posible definiendo unas válvulas de fuga en cada nudo del sistema que,



correctamente calibradas, produzcan las pérdidas de agua que se conocen en la realidad, y que en este ejemplo son del 23% del caudal inyectado. Todos los detalles en cuanto a la calibración de válvulas de fuga en un modelo están explicados en Almandoza y col. (1995), mientras que la auditoría energética completa se detalla en Cabrera y col. (2010).

5.4. Los resultados en el caso de estudio

Aplicando con detalle lo apuntado más arriba a la red de ejemplo propuesta en este capítulo (Figura 2), a continuación se presentan los resultados para el plazo temporal de un año completo (Figura 7, izquierda).

La energía inyectada en la red es de 280,4 MWh/año, de la que casi dos tercios es aportada por el bombeo. Por otra parte, un 46% de la misma (unos 130 MWh/año) se disipa por fricción, mientras que un 13% (36,5 MWh/año) se escapa a través de las fugas.

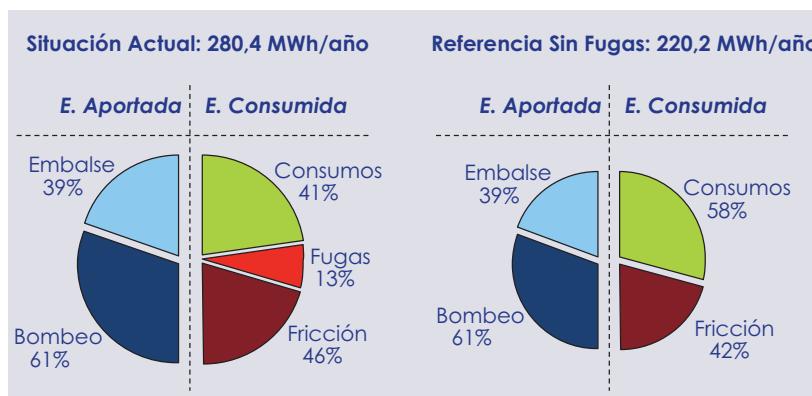


Figura 7. Resultados de la auditoría energética de la red

A partir de las cifras presentadas, podrían plantearse acciones en diversas líneas, aunque en el contexto actual, el primer foco de atención debería centrarse en las fugas existentes en la red. Su existencia incide en los dos términos explicados más arriba: pérdida directa de energía de presión y mayores pérdidas por fricción mientras el agua circula por las conducciones antes de perderse. Aunque el impacto de ambos factores aparece de forma combinada en las cifras mostradas, disponiendo del modelo de la red, no resulta complicado



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

evaluar su magnitud. De este modo, es posible estudiar cuál sería el comportamiento de la red si se consiguiese reducir completamente el agua fugada. Y aunque, como ya se ha dicho, ello no es técnicamente posible en un 100%, sí puede proporcionar un escenario de referencia que cuantifique los problemas actuales.

Para generar tal escenario basta con eliminar las válvulas de fuga del modelo de la red y proceder a una nueva simulación. Los resultados se muestran en la misma Figura 7 (derecha), y siendo ahora la energía trasegada por la red de 220 MWh/año, el peaje que la existencia de las fugas exige a esta red queda, por tanto, cuantificado en unos 60 MWh/año.

6. LA ENTREGA A LOS USUARIOS PASANDO POR ALJIBES DOMICILIARIOS

La adopción de medidas extremas de corte de suministro en momentos extremos de sequía y escasez ha propiciado la generalización de los aljibes domiciliarios en las viviendas. Estos aljibes no son sino un depósito intermedio para almacenamiento temporal, situado entre la acometida de la red y la vivienda del consumidor.

No es el objeto de este capítulo el cuestionar los cortes de agua como medida extrema de gestión, ni tampoco el profundizar en los problemas que ocasiona la existencia de estos aljibes (Cobacho y col. 2007; Fantozzi y col. 2009) en cuanto a pérdida de precisión del contador, posibles fugas y, sobre todo, deterioro de la calidad del agua almacenada en los mismos.

El hecho es que un grandísimo número de viviendas en España realiza su consumo a través de un aljibe de este tipo. Dos factores contribuyen además a favorecer esta circunstancia: el primero es que el aljibe forma parte de la instalación privada del usuario y no dependen de la entidad gestora del suministro; el segundo es que el reciente Código Técnico de la Edificación (MV, 2006) contempla su instalación y dimensionamiento. Sin embargo, todo esto no puede negar el hecho de que, desde el punto de vista energético, los aljibes domiciliarios suponen una pérdida energética indiscutible.

Si, como se ha visto ya, el agua que escapa por una fuga al exterior desperdicia la energía de presión que mantiene acumulada en el



interior de la tubería desde su presurización en cabecera, lo mismo ocurre con el agua que se vierte en un aljibe. Es seguro que, en términos materiales, esa agua que acaba en el aljibe sí se aprovecha posteriormente, pero también es seguro que no se puede hacer lo mismo con la presión que tenía en la red. Literalmente, esa presión, que en general es suficiente para alcanzar sin bombeos adicionales alturas de hasta un segundo o tercer piso, se tira.

Siguiendo el ejemplo numérico que ilustra este capítulo, si en el abastecimiento representado se diese el caso último de que todos los consumos pasan por aljibe, la cifra de energía malgastada sería directamente la que en la Figura 7 aparece como energía entregada a los consumos, es decir, 115 MWh/año (un 41% de los 280 MWh/año).

En el caso de no haber realizado una auditoría energética previa, el evaluar esta ineficiencia concreta tampoco presenta mayor complicación, teniendo en cuenta que depende tan sólo de la presión promedio en la red, el consumo medio de la vivienda y la configuración del montaje del aljibe. Así, en los dos siguientes apartados se distinguen dos tipologías generales.

6.1. Viviendas de poca altura con aljibe en el tejado

Estas viviendas típicamente son las propias de poblaciones pequeñas o bien las edificaciones unifamiliares que se están generalizando en las afueras de las grandes ciudades. Presentan dos o tres plantas a lo sumo y cuentan con un aljibe en el tejado de la edificación. Si son varias las viviendas en la misma edificación es normal que cada una cuente con su propio aljibe. La configuración de la instalación interior resulta ser como la mostrada por la Figura 8. Si no existe un bypass total o parcial, la conducción que entra en la vivienda desde la acometida sube directamente al tejado para verter toda el agua en el aljibe allí situado, y de este aljibe parten todas las conducciones que suministran a los diferentes usos interiores de la vivienda.

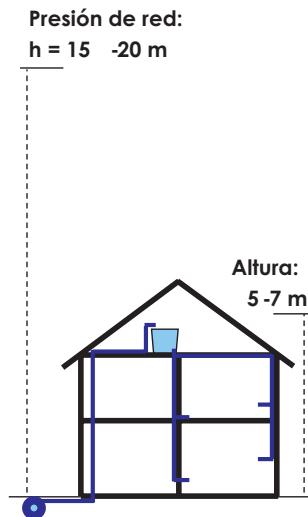


Figura 8. Ubicación del aljibe en el tejado de una vivienda unifamiliar

Cifras generales son las mostradas en la misma Figura 8. La presión de red puede situarse como mínimo en torno a los 15 ó 20 mca, y el aljibe, a una altura de unos 7 m, por lo que todavía se aprovechan unos 2 ó 3 que son los que separan, en vertical, el aljibe de los usos interiores. Si un consumo promedio para este tipo de vivienda puede situarse en los 400 litros/día, a un caudal promedio de 600 l/h, (lo que implica que el tiempo continuo de uso de 0,7 horas/día), entonces la energía perdida al utilizar el aljibe es de unos 7 kWh/año/vivienda.

6.2. Viviendas en edificación en altura con aljibe en el sótano

La Figura 9 muestra las dos configuraciones más comunes que pueden encontrarse para la instalación del aljibe en un edificio con varias plantas. En ambas, el aljibe se ubica en un sótano y, a partir del mismo, un bombeo eleva el agua para el suministro a las plantas superiores. La diferencia entre dichas opciones, en todo caso, no es despreciable, y consiste en el número de plantas alimentadas por la bomba:

- En la primera opción (Figura 9, derecha), la bomba suministra, sin excepción a todas las plantas del edificio.
- En la segunda opción (Figura 9, izquierda), las viviendas situadas en las primeras plantas (hasta la tercera, por ejemplo) se abastecen

con una toma directa en presión desde la acometida, quedando la bomba sólo para la alimentación del resto (desde la cuarta hacia arriba).

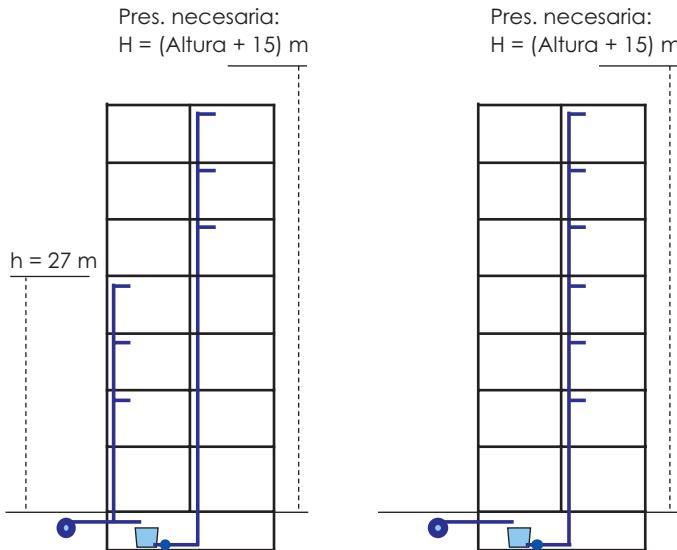


Figura 9. Configuraciones de un aljibe en el sótano de un edificio en altura

Como resulta inmediato de suponer, desde el momento en que toda el agua vaciada en el aljibe implica una pérdida energética de presión, la segunda opción (izquierda) es más eficiente que la primera (derecha), ya que, al menos, una parte del agua (el suministro a las viviendas bajas) no pasa a través del aljibe. El cálculo para determinar exactamente la cuantía de dicha pérdida tiene en consideración la presión de red, el margen de presión adicional que también debe proporcionar la bomba al edificio, el consumo promedio de agua y, claro, el tipo de configuración de que se trate. El resultado se muestra gráficamente en la Figura 10.

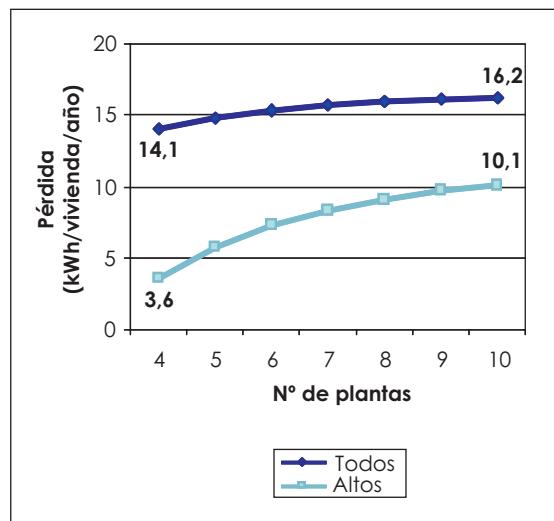
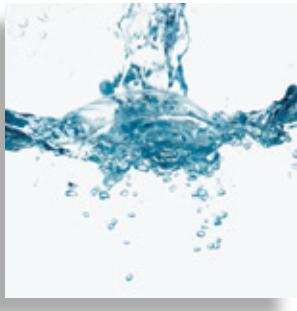


Figura 10. Pérdidas energéticas por vivienda para el consumo de edificios

7. LA UTILIZACIÓN DE ACS EN LOS USOS FINALES DE LAS VIVIENDAS

Finalmente, y ya en el interior de las viviendas de los consumidores, cabe plantear el análisis desde el punto de vista energético de una última etapa: los usos finales del agua.

Llegando el agua a cada vivienda, bien con la presión de la red o bien con la de un bombeo adicional, es muy habitual que en el momento de su consumo final entre en juego un último aporte energético nada desdeñable, la energía térmica para producir el agua caliente que se utilizará en grifos o duchas.

La producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) es todo un campo de desarrollo en cuanto a sistemas de calentamiento y acumulación y sus eficiencias. Y así, por ejemplo, hace poco que el MV (2006) contempla ya la obligatoriedad de instalar sistemas de apoyo a la misma mediante energía solar térmica en las cubiertas de las edificaciones. Este tema queda fuera del presente capítulo que busca no salirse de las bases hidráulicas, pero aún así, sí resulta posible hacer una pequeña incursión. La debida únicamente al volumen de agua (caliente) consumida. Es tan sólo cuestión de conocer cuánta agua se destina en principio a dichos usos finales, cuánta es agua caliente, qué margen de eficiencia (ahorro) existe en términos generales, en



qué medida ese ahorro implica menos agua caliente y, finalmente, cuál es la energía ahorrada al reducir el consumo de agua caliente.

Los cálculos de ahorro que aquí se proponen, puesto que abordan algo tan genérico como el consumo promedio de agua en viviendas promedio, son muy dados a la generalización y a la multiplicación sistemática de cifras y porcentajes. Y esto encierra un cierto riesgo de desviación, cuando no de error absoluto (Cobacho, 2009).

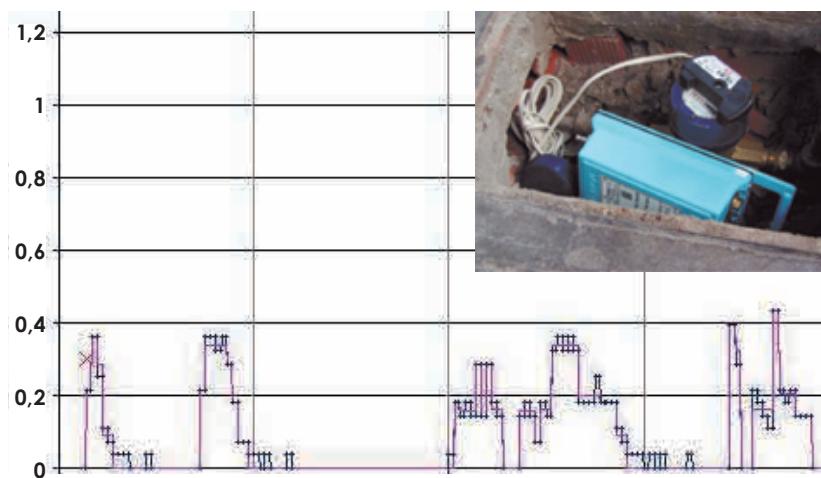
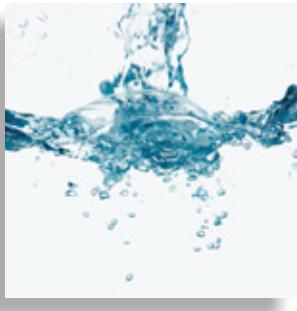


Figura 11. Monitorización del consumo doméstico de agua

La dificultad de todo ello se encuentra no en las mencionadas multiplicaciones, sino en el conocimiento correcto y suficiente de la realidad que se está evaluando. Frente a encuestas generales, dependientes de la subjetividad del encuestado, o análisis de facturaciones, que suman en una cifra periódica todos los usos, una manera más fiable de lograr una caracterización del uso del agua, atendiendo a los usos finales, es mediante una monitorización de los consumos (Gascón y col., 2004). La Figura 11 busca ilustrar la idea de tal monitorización. A grandes rasgos, ésta consiste en tomar un alto número de lecturas del contador por unidad de tiempo con una gran precisión, lo cual sólo puede lograrse con medios electrónicos de registro. De este modo, es posible hacer un seguimiento del proceso detallado del consumo y así identificar los distintos usos finales por volumen, caudal y duración.

A partir de trabajos previos llevados a cabo por los autores (Cobacho y col., 2003) es posible proponer las siguientes cifras:



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

- Distribución del consumo doméstico de agua entre los diferentes usos finales dentro de la vivienda (Figura 12).

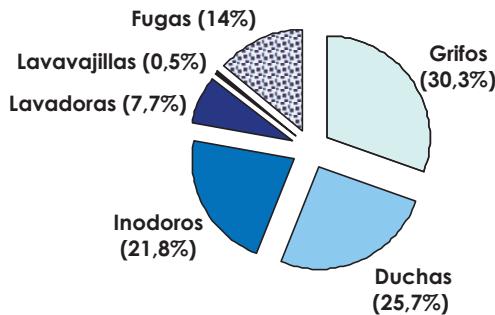


Figura 12. Distribución del consumo de agua en usos interiores

- Distribución del consumo de agua fría y caliente entre los distintos usos interiores (Figura 13).

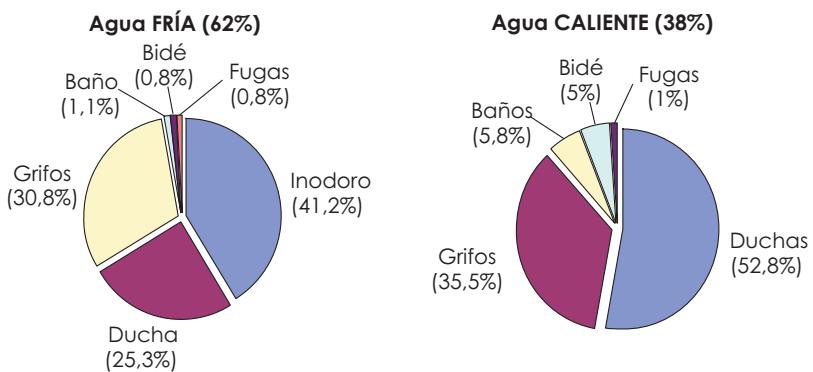


Figura 13. Distribución del consumo de agua fría y caliente

- Reducción general que puede llegar a lograrse mediante la instalación de dispositivos de bajo consumo en las viviendas: 15%.

A partir de los datos mostrados en los puntos anteriores, es posible aventurarse a aplicarlos al abastecimiento que se está siguiendo a lo largo de todo el capítulo. Los resultados son los siguientes:

- Reducción total del volumen consumido: $0,19 \text{ hm}^3/\text{año}$.
- Reducción del volumen de agua caliente consumida: $60.000 \text{ m}^3/\text{año}$. Esta cifra se ha obtenido asumiendo las siguientes hipótesis:

- o Los únicos usos significativos que utilizan agua caliente son grifos y duchas.
- o El 15% de reducción general en la vivienda se traslada directamente tanto a consumo en grifos como en duchas. Y estos dos consumos suponen los porcentajes mostrados por la Figura 12.
- o El volumen reducido en grifos y duchas sigue manteniendo la misma combinación de mezcla de agua fría y caliente que muestra la Figura 13.
- o El consumo de los usos por volumen (llenado de recipientes) es menor frente al de los usos por caudal.



Resta sólo estimar cuál sería la energía térmica que dejaría de utilizarse cuando la mencionada reducción del consumo se hiciese efectiva. En términos básicos, es un cálculo muy sencillo, ya que depende del calor específico del agua, de 1 cal/g, y del rango de elevación de temperatura, desde los 20 °C hasta los 60 °C. El resultado para esta cantidad de energía resulta ser de 2.700 MWh/año. Esta cifra energética es la que, definida como energía útil, termina efectivamente calentando el agua. Evidentemente, la cantidad de energía total que es necesaria será algo mayor debido a los rendimientos reales de los sistemas de producción.

Cabe apuntar, por último, que lo presentado para esta última etapa no puede considerarse un peaje en el mismo sentido que los de las anteriores. Sin embargo, sí es, en todo, caso un margen de mejora, y así, una ineficiencia que debe identificarse y puede mejorarse.

8. CONCLUSIÓN

El suministro de agua de uso urbano resulta ser enormemente complejo, y el análisis de su consumo energético no lo es menos. En este capítulo se han revisado algunas de las etapas más importantes en lo que a aquél respecta. Tan dispares éstas como presurización, distribución, empleo de aljibes y consumo, se ha buscado seguir un planteamiento paralelo a todas ellas, en la medida de lo posible, que permita su análisis desde una óptica similar.

Fuera de lo aquí presentado quedan otras cuestiones, no menos importantes, como son planteamientos más rigurosos y complejos del consumo energético (huella energética, análisis de ciclo de vida,

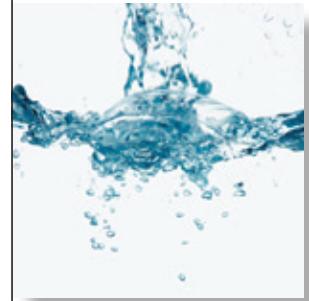


valoración de emisiones...), así como también de los costes y su impacto (agentes que deben asumir los costes de cada etapa, de las ineficiencias e incluso de las posibles acciones de mejora).

Por último y con el fin de ilustrar en mayor grado cada análisis, se ha ido aplicando el mismo a un abastecimiento genérico de unos 20.000 habitantes. Lejos de pretender asentar unos resultados que, a modo de referencia, calificasen los verdaderos sistemas reales, la intención de este ejemplo es mucho más abierta. Tan sólo se ha querido apuntar un orden de magnitud para las variables empleadas, revisar las fortalezas y debilidades de cada procedimiento y, en definitiva, mostrar la factibilidad de la aplicación de estos análisis a cualquier sistema, tomando en consideración las características particulares que el mismo presente.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ALMANDOZ, J.; CABRERA, E.; ARREGUI, F.; CABRERA, E. Jr.; COBACHO, R. (2005). «Leakage assessment through water distribution network simulation». *Journal of Water Resources, Planning and Management*, vol. 131, n.º 6. EE.UU.
- BOULOS, P.; BROS, C. M. (2010). «Assessing the carbon footprint of water supply and distribution systems». *Journal of American Water Works Association*, vol 102, n.º 11. EE.UU.
- CABRERA, E.; PARDO, M. A.; COBACHO, R. (2010). «Energy balance in water networks». *Journal of Water Resources, Planning and Management*, vol. 136, n.º 6. EE.UU.
- CALIFORNIA ENERGY COMMISSION – CEC (2005). «California's water-energy relationship. Final staff report. CEC 700-2005-011 SF». EE.UU.
- COBACHO, R. (2000). «La gestión de la demanda en el contexto de una nueva política integral del agua. Su aplicación al suministro urbano». Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- COBACHO, R.; ARREGUI, F.; CABRERA Jr. E. (2003). «Low-flow devices in Spain: ¿How efficient are they in fact?». Efficient 2003. Santa Cruz de Tenerife. España.

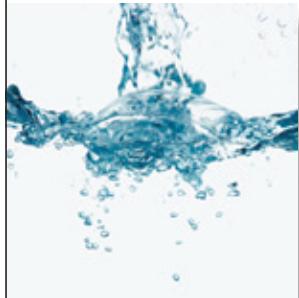


- COBACHO, R.; ARREGUI, F.; CABRERA, E.; CABRERA, E. Jr. (2007). «Private water storage tanks: evaluating their inefficiencies». Efficient 2007. Jeju Island, Corea del Sur.
- COBACHO; R. (2009). «La gestión de la demanda urbana y sus posibilidades en la comunidad valenciana». Curso Foro Luis Vives. Ayuntamiento de Valencia. España.
- COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO – CMMAD (1992). «Nuestro Futuro común». Alianza Editorial. España.
- COMISIÓN NACIONAL DE LA ENERGÍA – CNE (2006). «El consumo eléctrico en el mercado peninsular en el año 2005». España.
- FANTOZZI, M.; CRIMINISI, A.; FONTANAZZA, C. M.; FRENI, G.; LAMBERT, A. (2009). «Investigations into under-registration of customer meters in Palermo (Italy) and the effect of introducing Unmeasured Flow Reducers». Disponible en www.miya-water.com.
- GASCÓN, L.; ARREGUI, F.; COBACHO, R.; CABRERA, Jr., E. (2004). «Urban water demand in Spanish cities by measuring end uses consumption patterns». Water Sources Conference. Austin. EE.UU.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE – MIMAM (2000). «Libro Blanco del Agua en España». España.
- MINISTERIO DE VIVIENDA – MV (2006). «Código Técnico de la Edificación». España.
- ROSAS, R. (2010). «Energy efficiency audits reveal potential savings». World Water, n.º march/april.
- SALA, LI. (2007). «Balances energéticos del ciclo del agua y experiencias de reutilización planificada en municipios de la Costa Brava». Seminario Agua, Energía y Cambio Climático. Universidad Politécnica de Valencia. España.

3

CANAL DE ISABEL II: PROYECTOS PARA LA EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Francisco CUBILLO
Canal de Isabel II



1. INTRODUCCIÓN

Canal de Isabel II (CYII) es la empresa pública responsable de la gestión del ciclo integral del agua en la Comunidad de Madrid. Esto significa que gestiona todos los procesos relacionados con los recursos hídricos desde su captación hasta su retorno al medio natural, incluyendo el almacenamiento, potabilización, distribución, recolección de aguas residuales y tratamiento.

Su ámbito de actuación es el abastecimiento urbano, es decir, no suministra usos agrícolas, aunque sí incluye los usos industriales asociados al entorno urbano. Más del 60% del agua total suministrada se destina a usos residenciales.

La principal fuente del recurso son las aguas superficiales captadas en las Sierras de Somosierra y Guadarrama de los ríos Lozoya, Jarama, Guadarrama-Aulencia, Guadalix, Manzanares, Alberche y Sorbe. Dispone de 14 embalses con una capacidad total de 945 hm³. Existen además 85 instalaciones de captación de aguas subterráneas que proporcionan un recurso adicional considerado como reserva estratégica para situaciones de escasez, o con carácter preventivo de la aparición de estas situaciones.

La aportación media anual de los ríos del sistema de Canal de Isabel II es de unos 770 hm³, suficiente para cubrir las demandas actuales, cuyo valor máximo se sitúa sobre los 600 hm³ al año (607 hm³ en 2003, 536 en 2010). Sin embargo, debido a la irregularidad de las precipitaciones, y consecuentemente de las aportaciones a los embalses, con mínimos de 220 hm³ (año hidrológico 1991-92) estos recursos no garantizan al 100% la satisfacción de la demanda actual o futura. Las aguas subterráneas, según se indicó anteriormente, suponen una fuente adicional, con una capacidad de aportación de unos 70-



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

75 hm³ en un año de sequía, teniendo que dejar recuperar el acuífero durante 2-4 años por cada año de bombeo.

El objetivo principal de Canal de Isabel II es garantizar al máximo la satisfacción de las demandas de agua en las condiciones adecuadas de calidad. Es obvio que esta garantía del abastecimiento, con unos determinados recursos, está directamente relacionada con el volumen de demanda a suministrar.

El crecimiento de la población abastecida, los nuevos desarrollos urbanos y los hábitos de uso del agua asociados a una mayor renta y nivel de vida implican un incremento de la demanda, que el sistema de abastecimiento se verá obligado a atender con unos niveles adecuados de garantía y calidad de servicio. En la Gráfica 1 se muestra la evolución histórica de la población suministrada por Canal de Isabel II desde su fundación, y las proyecciones para los próximos años.

La solución que tradicionalmente se ha utilizado por los gestores de los sistemas de abastecimiento de agua ha consistido exclusivamente en incrementar la oferta mediante la incorporación de nuevas fuentes de recurso. Pero resulta evidente que este crecimiento no puede ser sostenible de una manera indefinida. El recurso no es ilimitado, y las sucesivas ampliaciones de la oferta resultarán ineludiblemente más costosas, de inferior calidad y de un mayor impacto en el entorno natural.



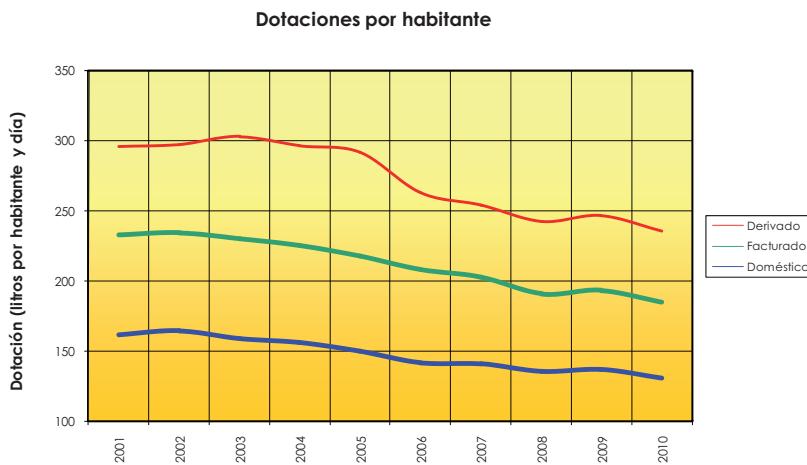
Gráfica 1. Evolución de la población abastecida. Fuente: Canal de Isabel II e Instituto Nacional de Estadística (INE).



La gestión de la demanda es la alternativa más sólida, y en muchos casos la única viable, para afrontar los cada vez más generalizados escenarios de insuficiencia de recursos para satisfacer las necesidades hídricas planteadas desde los núcleos urbanos. Canal de Isabel II, independientemente de la búsqueda de nuevas fuentes de suministro para atender debidamente las demandas presentes y futuras, ha apostado, de forma más intensificada en los últimos años por la gestión de la demanda, entendiéndola como un uso más eficiente del recurso, es decir, no se trata de restringir el uso del agua, sino de utilizarla mejor, reduciendo el consumo sin disminuir el confort ni la calidad de vida en los hogares.

Esta mejora de la eficiencia tiene dos vertientes. En primer lugar está la propia empresa suministradora que debe mejorar sus procesos y el rendimiento de sus redes para reducir las pérdidas y el agua no controlada. Por otra parte puede actuarse sobre los usuarios para conseguir una mejor utilización del agua que se les suministra.

En la Gráfica 2 se aprecian los resultados de esta política, con un descenso continuado desde 2001 del agua suministrada, y consumida por habitante.



Gráfica 2. Dotaciones por habitante en el abastecimiento de Canal de Isabel II 2001-2010.

El agua consumida en usos domésticos por habitante se ha reducido en un 19% en los últimos 10 años, y el derivado de embalses y captaciones en un 20,5%, lo que indica una mayor eficiencia tanto en los hogares como en el sistema de abastecimiento.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Una de las líneas de investigación del Plan de I+D+i de Canal de Isabel II se refiere al *Aseguramiento del equilibrio disponibilidades/demandas* y en ese marco se han desarrollado diversos proyectos encaminados a la mejora de la eficiencia en el uso del agua.

Los proyectos de I+D+i más destacados en esta línea de investigación son los siguientes:

EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO:

- **Sectorización de las redes de abastecimiento**

Objeto: la ordenación de la red de abastecimiento en sectores controlados hidráulicamente para una mejor operación, control y gestión más eficiente del consumo y agua no controlada.

Plazo de ejecución: 2005–2012

Presupuesto: 28.000.000 €

- **Estudio del mínimo nivel de pérdidas técnicamente alcanzable**

Objeto: determinación del nivel de pérdidas no reducible con la tecnología y conocimientos disponibles. Este concepto será de aplicación en la definición de estrategias de gestión de pérdidas en las redes de Canal de Isabel II.

Plazo de ejecución: 2006–2007 (13 meses)

Presupuesto: 68.400 €

- **Estudio integral de nuevas técnicas de reducción de pérdidas de agua en la red de distribución**

Objeto: valoración comparada de los resultados obtenidos con distintas técnicas de reducción de pérdidas de agua. Mejora de los conocimientos asociados a la definición de la estrategia de gestión de pérdidas en Canal de Isabel II.

Plazo de ejecución: 2006–2007 (13 meses)

Presupuesto: 171.000 €

- **Implantación de un sistema permanente de detección acústica de pérdidas en la red de distribución**

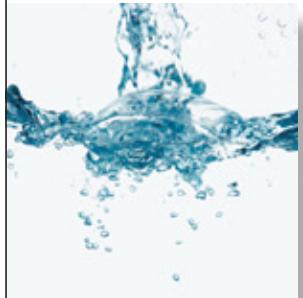
Objeto: reducir las pérdidas de agua mediante la detección de fugas ocultas utilizando dispositivos acústicos nocturnos instalados

Canal de Isabel II: proyectos para la eficiencia y sostenibilidad ambiental

con carácter permanente en ciertos sectores de la red, estudiando además la tasa natural de fugas.

Plazo de ejecución: 2007–2008 (14 meses)

Presupuesto: 189.000 €



- **Redacción de un plan de gestión de presiones en la red de distribución de Canal de Isabel II**

Objeto: disponer de un documento vehicular de la extensión de los sistemas de gestión de presiones en la red de abastecimiento de agua en la Comunidad de Madrid.

Plazo de ejecución: 2009 (7 meses)

Presupuesto: 207.000 €

- **Experiencias de gestión de presiones en sectores de la red de distribución**

Objeto: generar conocimiento y entrenamiento sobre la gestión de presiones en las diferentes circunstancias en las que se desarrollará esta técnica en el conjunto de los sectores en los que convenga su explotación.

Plazo de ejecución: 2009–2011 (24 meses)

Presupuesto: 255.000 €

CONOCIMIENTO Y GESTIÓN DE LA DEMANDA:

- **Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid.**

Objeto: mejorar el conocimiento sobre el consumo de agua en la Comunidad de Madrid, y en particular sobre los factores principales de lo que el mismo depende, mediante una caracterización de la demanda y la descomposición del consumo doméstico en sus componentes esenciales.

Plazo de ejecución: 2001–2003, 2006

Presupuesto: 369.000 €

- **Técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica para la evaluación de la demanda de agua en usos de exterior en la Comunidad de Madrid**



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Objeto: establecer una metodología para el seguimiento de la evolución de zonas verdes urbanas y el control de uso de agua en exteriores, a partir de imágenes de satélite multiespectrales de la Comunidad de Madrid, analizando la viabilidad de actualizar este análisis con carácter periódico anual o semestral.

Plazo de ejecución: 2003, 2005, 2007–2008

Presupuesto: 451.000 €

- **Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior**

Objeto: analizar distintas técnicas de reducción del consumo doméstico de agua. Evaluar la viabilidad, coste de implantación, aceptación, eficiencia y potencialidad de ahorro mediante ensayo directo de las distintas tecnologías en condiciones de utilización reales y, por tanto, más allá de las características publicitadas por los fabricantes.

Plazo de ejecución: 2005–2006 (18 meses)

Presupuesto: 91.500 €

- **Precisión de la medida de los consumos individuales de agua en la Comunidad de Madrid**

Objeto: obtener mayor conocimiento acerca del estado metroológico del parque de contadores instalado en la Comunidad de Madrid, utilizado por Canal de Isabel II para facturar a sus clientes, y determinar el error volumétrico cometido en función de la diversidad de factores que lo conforman. Con las curvas de error y las pautas de consumo en todo el rango de caudales se determinará el consumo real controlado.

Plazo de ejecución: 2006–2008 (24 meses)

Presupuesto: 694.000 €

- **Eficiencia en el uso de agua en jardinería en la Comunidad de Madrid**

Objeto: determinar el potencial de mejora en la eficiencia del riego de zonas verdes, cuantificando y comparando las necesidades de agua y los costes de distintas alternativas de plantaciones, sistemas de riego y formas de explotación y mantenimiento de jardinería.

Plazo de ejecución: 2006–2008 (20 meses)

Presupuesto: 324.000 €



- **Investigación sobre potenciales de eficiencia con el empleo de lavavajillas**

Objeto: evaluar el potencial de mejora en la eficiencia de utilización de los recursos naturales (agua y energía) que puede obtenerse en los hogares españoles mediante el empleo de lavavajillas.

Plazo de ejecución: 2007-2008 (13 meses)

Presupuesto: 325.000 €

- **Establecimiento de un panel para la monitorización de usos finales del agua en una muestra representativa de usuarios de Canal de Isabel II**

Objeto: ampliar el conocimiento de las pautas de consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid mediante monitorización a largo plazo de una muestra representativa de viviendas, identificando los usos finales a los que se destina el consumo y analizando la influencia de factores explicativos del mismo y sus modificaciones temporales.

Plazo de ejecución: 2007-2010 (36 meses)

Presupuesto: 227.000 €

- **Seguimiento de la consolidación del desarrollo urbano en la Comunidad de Madrid mediante técnicas de teledetección**

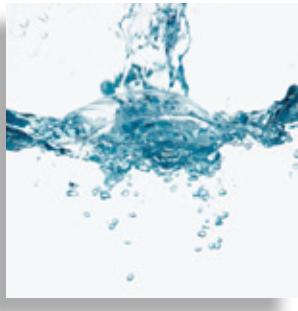
Objeto: puesta a punto de una metodología operativa utilizando técnicas de teledetección, que permita la definición y elaboración de una base de datos cartográfica de la Comunidad de Madrid, que se actualice periódicamente, y en donde se refleje la evolución temporal de las zonas urbanizadas como consecuencia de la consolidación de los distintos planes de desarrollo urbano de los municipios.

Plazo de ejecución: 2009-2011 (24 meses)

Presupuesto: 281.000 €

- **Medición de la influencia de la información al usuario en el uso del agua en el ámbito privado**

Objeto: medición precisa, en tiempo real del consumo de agua, en una muestra representativa de usuarios domésticos en la Comunidad de Madrid, la determinación de sus patrones y hábitos



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

de consumo y evaluación de la posible influencia de distintas campañas informativas, generales o personalizadas, sobre el uso del agua, en cambios de hábitos de consumo y mejora de la eficiencia.

Plazo de ejecución: 2011–2013 (30 meses)

Presupuesto: 516.000 €

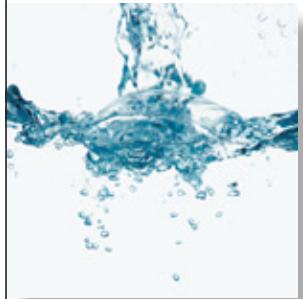
En los apartados siguientes se describen con detalle los proyectos relacionados con el conocimiento y la gestión de la demanda de agua emprendidos por Canal de Isabel II en los últimos años.

2. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE CONOCIMIENTO Y GESTIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

2.1. Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid

Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid				
Objeto	Mejorar el conocimiento sobre el consumo de agua en la Comunidad de Madrid, y en particular sobre los factores principales de lo que el mismo depende, mediante una caracterización de la demanda y la descomposición del consumo doméstico en sus componentes esenciales			
	PARTICIPACIÓN	FINANCIACIÓN		PLAZO
Objeto	Subdirección de I+D+i	Gastos internos	60.000 €	2001-2003 2006
Participación	Sigma-2 Monedero Instalaciones y Servicios Instituto Tecnológico del agua	Presupuesto I+D+i	309.000 €	

Este proyecto se ha diseñado para responder a cuestiones concretas sobre el uso que dan las familias madrileñas al agua que se les suministra y los factores que determinan dicho uso. El estudio se ha elaborado sobre dos pilares distintos pero relacionados: por un lado la valoración de variables explicativas del consumo doméstico, mediante una serie de encuestas realizadas en la Comunidad de Madrid, y por otro lado la caracterización de microcomponentes y usos residenciales finales, mediante monitorización en continuo de consumos reales, en una muestra representativa de viviendas.



Objetivos

El objetivo último del trabajo es mejorar el conocimiento de cuantos factores determinan el consumo doméstico como base para realizar una eficiente gestión del servicio urbano de agua y una ajustada planificación de futuro que incluya, de forma precisa, todas las posibles medidas de gestión de la demanda. Para conseguir este objetivo principal se integraron dos líneas diferentes de actuación.

En primer lugar el estudio de los factores y pautas que rigen el comportamiento de la demanda y consumo de agua en la Comunidad de Madrid, identificando las variables que en mayor medida influyen en un aumento o disminución de este consumo y sus patrones de variación estacional.

En segundo lugar la obtención de información precisa y fiable sobre los consumos de agua, en cada tipo de uso, dentro de las viviendas, conociendo su distribución horaria y los diferentes caudales y frecuencia de uso en cada caso. También se han segregado los patrones de consumo de agua en sus componentes esenciales y determinado la relación con las características más significativas de los usuarios y sus instalaciones y hábitos.

Método

El trabajo se abordó en dos fases de toma de datos y una de análisis y valoración de la información recogida. Las fases de toma de datos tienen lugar entre 2001 y 2003, y a lo largo de 2006.

En primer lugar, se realizó una valoración de variables explicativas del consumo doméstico mediante 4.625 encuestas, sobre una muestra de viviendas aleatoria y estratificada, de forma que fuera suficientemente representativa del total de la Comunidad de Madrid. La relación de consumos de agua con las características de cada vivienda y sus integrantes permitió una valoración de las funciones y variables que rigen el consumo anual y estacional.

A continuación, se realizó una monitorización de un conjunto de 292 viviendas principales, seleccionadas a partir de la muestra encuestada por su representatividad y disposición manifiesta a participar en la monitorización. La muestra seleccionada inicialmente para mo-



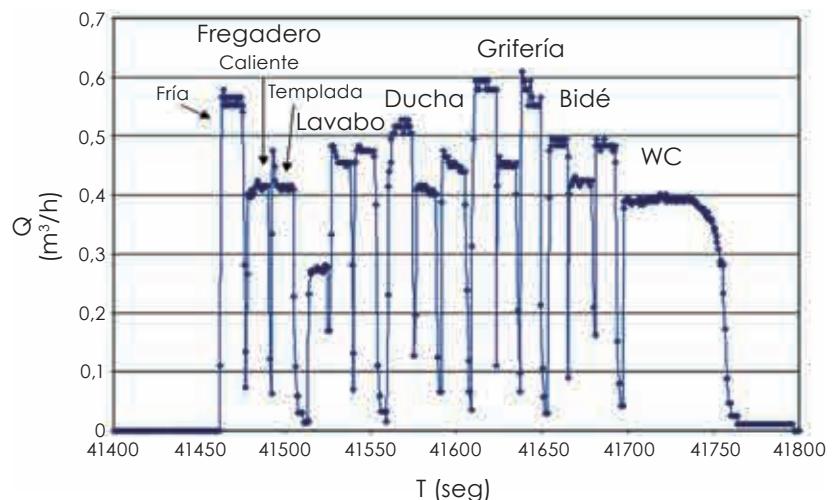
Guía sobre Hidroeficiencia Energética

nitorización resultó insuficiente para la caracterización del conjunto de las viviendas de la Comunidad de Madrid, razón por la que se decidió extender la monitorización a una muestra complementaria de 691 viviendas principales, donde se seleccionaron viviendas con características muy concretas: viviendas con una alta ocupación y antigüedad, viviendas con usos interiores y exteriores similares a los previstos en los futuros planeamientos urbanísticos y zonas ajardinadas vinculadas a viviendas con consumos destinados exclusivamente a riego.

La técnica de monitorización se basó en la instalación de contadores precisos, capaces de transmitir pulsos cada segundo de los consumos realizados. La información de estos pulsos, debidamente tratada y contrastada con una caracterización previa de sus magnitudes y patrones temporales, realizada para cada aparato en cada vivienda, permitió identificar el uso y destino final del agua en cada instante y vivienda.

Con toda la información recogida y depurada se realizaron los análisis y valoraciones de caracterización de las pautas de consumo y los microcomponentes de éstos y usos finales que condujeron a las conclusiones del presente trabajo que se exponen con detalle en el documento completo.

En la Gráfica 3 se muestra un ejemplo de caracterización de patrones de distintos usos en una vivienda.





Conclusiones

En primer lugar hay que destacar que cada muestra es representativa de una serie de grupos de variables y característica del consumo doméstico, y que ninguna de ellas se corresponde con la totalidad de las viviendas suministradas en el territorio, entre otras razones por ser representativas, exclusivamente, de las de uso principal, presentando valores diferentes entre si, en cuanto a grados de ocupación medios y hábitos de ausencia total de las viviendas. Esta consideración tiene gran influencia en los valores de consumo global, lo que ha llevado a particularizar, en algunos casos, los resultados para el conjunto de los días monitorizados y exclusivamente para los días con presencia en la vivienda y el consiguiente consumo. La influencia de los movimientos vacacionales en el consumo es menor en las viviendas unifamiliares, que presentan menor número de días con consumo nulo durante el verano, probablemente debido a una automatización del riego o a una mayor ocupación de las viviendas.

En el análisis de los valores registrados fue relevante la coincidencia de la monitorización de la segunda fase con una sequía severa en la Comunidad de Madrid que obligó a imponer medidas persuasivas de un uso responsable del agua y restrictivas en algunos de los usos, lo que sin duda influyó en los valores consumidos en la muestra.

Se ha realizado una caracterización de la distribución temporal de los consumos exclusivamente domésticos según tipos, y sus variaciones estacionales, semanales y distribución de caudales punta instantáneos.

Las dotaciones por vivienda y habitante correspondientes a las muestras monitorizadas sólo han servido para caracterizar estas muestras en relación con el global de la Comunidad, valor conocido en su conjunto al margen de este estudio. En general, las muestras han presentado durante el período monitorizado valores inferiores a la media de la Comunidad de Madrid. A título orientativo los valores medios unitarios por vivienda y día de la muestra de la primera fase fueron de 630 litros en unifamiliares y 300 litros en plurifamiliares. Mientras que para la segunda fase, con la influencia de la sequía, estos valores descienden a 499 litros por vivienda y día para viviendas unifamiliares y 283 litros por vivienda y día para plurifamiliares.

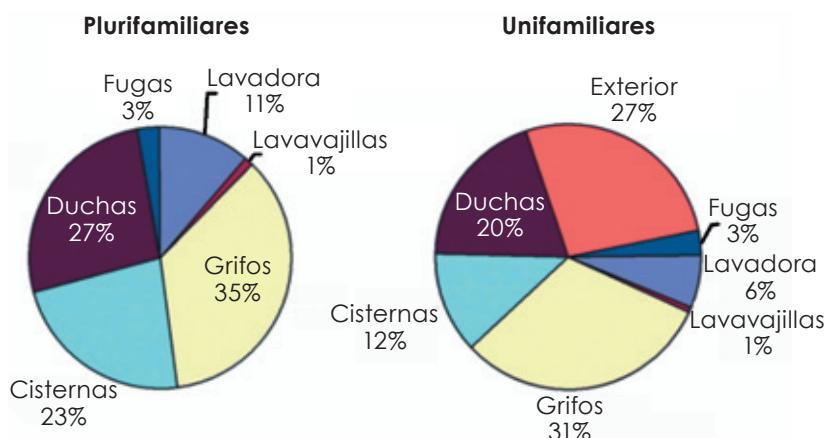
En cuanto al análisis de los valores de consumo anual respecto a las características de las viviendas registradas, se han identificado una



serie de variables, muy relacionadas entre sí, (superficie, número de habitaciones, número de cuartos de baño y equipamiento sanitario, ocupación de la vivienda) que mantienen una fuerte relación con el volumen de agua consumido. Cuantitativamente, la variable que más discrimina el consumo de agua doméstico en la Comunidad de Madrid es la presencia de jardín propio o parcela, seguida del grado de ocupación de la vivienda, del número de inodoros como representación del tamaño y equipamiento de los hogares, y del nivel de renta.

La influencia de factores climatológicos ha mostrado resultados ligeramente distintos en cada fase, con relaciones de consumos diarios en interior prácticamente independientes de las temperaturas máximas diarias hasta temperaturas elevadas, en torno a 30 °C, y una cierta variación lineal en usos de exterior que también se realza a partir de los 30 °C. Algo similar se comprobó con las precipitaciones diarias, cuyo efecto se evidencia sobre todo en viviendas unifamiliares, con una caída del consumo a partir de los 5 mm de precipitación diaria y un umbral muy superior de afección para las viviendas plurifamiliares.

El análisis de distribución de usos finales revela que el principal consumo se realiza en grifos, para cualquier tipo de vivienda, seguido de duchas y cisternas para viviendas con uso exclusivo de interior o plurifamiliares. En las viviendas unifamiliares monitorizadas, el uso en grifos va seguido por el uso exterior, las duchas y las cisternas. La Gráfica 4 refleja las distribuciones medias de las muestras monitorizadas.



Gráfica 4. Distribución de usos finales.



Se ha realizado un estudio pormenorizado de cada uno de estos usos finales o microcomponentes, incluyendo los caudales empleados, modulaciones horarias y mensuales, frecuencia de uso, y tasa de penetración en el caso de electrodomésticos; y se han calculado los consumos tanto por habitante como por vivienda y día para cada uno de ellos.

Esta descomposición de los patrones de consumo en sus componentes esenciales no ha sido publicada nunca antes en España con esta profundidad, y pone de manifiesto ciertas diferencias respecto a la bibliografía disponible actualmente de otros países. Se han comparado los resultados obtenidos en este trabajo con las conclusiones de varios estudios llevados a cabo en Estados Unidos y Australia, y se han encontrado diferencias sustanciales en cuanto a la distribución y cuantía de usos finales. Se ha realizado un gran esfuerzo que puede constituir la base para una eficiente gestión del servicio de agua urbano y para avanzar en futuras labores de investigación sobre la demanda de agua.

2.2 Técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica para la evaluación de la demanda de agua en usos de exterior en la Comunidad de Madrid

Técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica para la evaluación de la demanda de agua en usos de exterior en la Comunidad de Madrid

Objeto	Establecer una metodología para el seguimiento de la evolución de zonas verdes urbanas y el control de uso de agua en exteriores, a partir de imágenes de satélite multispectrales de la Comunidad de Madrid, analizando la viabilidad de actualizar este análisis con carácter periódico anual o semestral			
PARTICIPACIÓN		FINANCIACIÓN		PLAZO
Interna	Subdirección de I+D+i	Gastos internos	47.000 €	2003, 2005, 2007, 2008
Colaboración	Terra XXI	Presupuesto I+D+i	404.000 €	

El objetivo de este proyecto consiste en la evaluación de la utilización de agua en usos de exterior en el ámbito urbano dentro de la Comunidad de Madrid, y el establecimiento de una metodología para su periódica actualización.

Los usos de agua en exterior se refieren principalmente al riego de parques y jardines, tanto públicos como privados; al llenado y man-



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

tenimiento de piscinas, estanques y fuentes ornamentales y al baldeo y limpieza de las vías públicas. Se consideran también las zonas deportivas y particularmente los campos de golf, si bien éstos, en la Comunidad de Madrid no utilizan agua potable para el riego.

El interés por la cuantificación del agua empleada en usos de exterior deriva no solamente de su importancia relativa, establecida en aproximadamente el 30% del suministro total en la región, sino también en el potencial de mejora de la eficiencia en su aplicación. Por otra parte, la mayor parte de estos usos podría atenderse con agua de inferior calidad (agua reciclada, no potable), por lo que la información sobre su cuantía y distribución temporal y geográfica es esencial para la implantación eficaz de un plan de utilización de agua regenerada.

La metodología utilizada se basa en diferentes técnicas de observación del territorio, empleadas para identificar las posibles zonas urbanas consumidoras de agua, ya sea para riego de zonas verdes, o para el llenado de estanques, piscinas y fuentes ornamentales.

Para ello las técnicas de fotointerpretación y de análisis de imágenes de vuelos fotogramétricos, o las obtenidas por satélites de observación de la Tierra se han demostrado efectivas en la detección y medición de dichas zonas. Además, la disponibilidad de imágenes multiespectrales y la posibilidad de analizar las distintas bandas, permite obtener una información que no es posible apreciar mediante una simple observación visual.

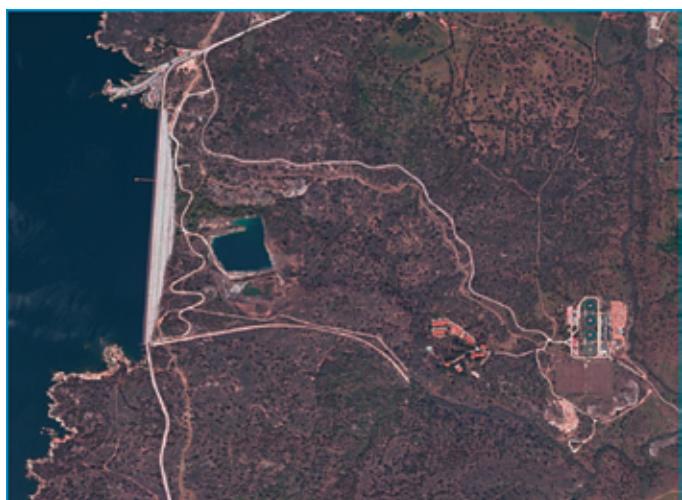


Figura 1. Técnicas de fotointerpretación y de análisis de imágenes de vuelos fotogramétricos.



Este proyecto es el compendio de diversos trabajos realizados en esta área por Canal de Isabel II:

- Año 2003: creación de una base de datos geográfica contenido el inventario de piscinas y zonas verdes públicas y privadas de la región. Realizado mediante técnicas de Sistemas de Información Geográficos (SIG) sobre cartografía digital a escala 1:5000, complementadas con fotointerpretación de las ortofotos aéreas del vuelo de 1999.
- Año 2005: revisión de este inventario utilizando la cartografía de Geomadrid (escala 1:1000) y el vuelo fotogramétrico de 2003.
- Año 2007: actualización de la información de zonas verdes y láminas de agua, mediante fotointerpretación de las imágenes del vuelo de 2006, realizando el mapa de cambios en relación con la cartografía de 2003.
- Años 2007–2008: análisis de la viabilidad de utilización de imágenes de satélite para una actualización más frecuente de la información, mediante técnicas de teledetección. Consistente en un estudio piloto realizado sobre el municipio de Rivas Vaciamadrid con imágenes satelitales de muy alta resolución (Quickbird) y el análisis sobre toda la Comunidad de Madrid, con imágenes de resolución media (SPOT5) para evaluar los efectos de la sequía de los años 2005–2006 sobre las zonas verdes, urbanas y no urbanas, mediante comparación de imágenes obtenidas en los veranos de estos años.

Con estos trabajos se ha definido una metodología para la evaluación de la demanda de agua para usos de exterior, en función de las distintas fuentes de información disponibles. Dichas fuentes de información pueden ser cartografías topográficas, fotografías aéreas o imágenes de satélite, cada una de ellas con distinto grado de precisión o resolución espacial y diferentes períodos de actualización.

Metodología general para la evaluación de la demanda con diferentes fuentes de información

Se ha desarrollado y probado una metodología de evaluación de la demanda de agua para uso exterior, partiendo de los datos más actualizados y accesibles en cada momento.

El proceso se inicia con la selección de la información en función de su disponibilidad, precisión, grado de actualización y coste. Esta



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

información bruta se transformará, mediante una serie de pasos automáticos, manuales o semiautomáticos cuyo objeto final es la delimitación y clasificación de áreas o recintos susceptibles de demanda de agua. La demanda potencial se calcula según la superficie del recinto y su tipología: zonas verdes de césped, arbolado, arbustivas, piscinas, estanques, etc. Esta información se incluye en el SIG, relacionándola con otros tipos de información geográfica: parcela catastral, municipio, distrito, barrio, punto de suministro de agua, etc..

Técnicas de fotointerpretación

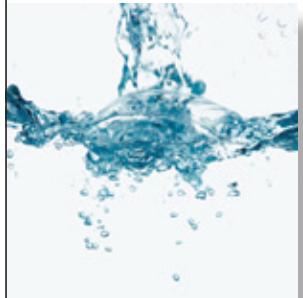
En primer lugar se realiza la extracción de la cartografía digital, utilizando técnicas propias del SIG, de los recintos que ya se encuentran clasificados como susceptibles de ser demandantes de agua para uso exterior: zonas verdes, arbolado, piscinas, fuentes, estanques, etc.

Seguidamente, un equipo de operadores especialistas en fotointerpretación realiza un proceso de revisión visual de los recintos extraídos automáticamente comparándolos con las ortofotografías. En este proceso se asignan atributos no incluidos en cartografía, como porcentaje de césped en zonas verdes regadas, o una clasificación más detallada. Además se corrigen los posibles errores que pudiera haber en la cartografía y se digitalizan los nuevos recintos.

Proceso de imágenes de satélite

En los trabajos reseñados se han utilizado imágenes procedentes de dos satélites diferentes y correspondientes a distintas fechas:

- Imágenes de alta resolución del satélite *Quickbird*, con precisión de 0,6 metros por píxel en banda pancromática y 2,4 metros por píxel en multiespectral, con 70 kilómetros cuadrados de cobertura, sobre el municipio de Rivas Vaciamadrid, y correspondientes a las fechas 29 de abril de 2002, 14 de mayo de 2004 y 05 de agosto de 2006.
- Imágenes de resolución media del satélite *SPOT5*, de 10 metros por píxel en las bandas G, R, NIR (verde, rojo e infrarrojo cercano), y 20 metros por píxel en MIR (infrarrojo medio), con cobertura sobre la práctica totalidad de la Comunidad de Madrid, y obtenidas en distintas fechas de 2005 y 2006, mayoritariamente en periodo de verano.



Estas imágenes, antes de poder ser incorporadas al SIG deben pasar por una serie de procesos de ortorrectificación, normalización relativa y fusión, para garantizar la comparabilidad entre las obtenidas en distintas fechas, y la consistencia con el resto de datos geográficos.

Generación de recintos mediante índices de vegetación

El particular comportamiento radiométrico de la vegetación y su naturaleza espectral característica, con un claro contraste en la respuesta en la banda roja y el infrarrojo cercano permite el cálculo automático de índices representativos del vigor vegetal de la cubierta observada.

Para este trabajo se ha utilizado el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), calculado a partir de los valores de radiación reflejada roja e infrarroja. En base a este índice, calculado para cada píxel, en las imágenes de satélite se han podido definir recintos clasificados en tres categorías:

NDVI < 0,25:	no hay vegetación;
NDVI entre 0,25 y 0,50:	vegetación con vigor;
NVDI > 0,50:	vegetación con alto vigor.

Dado que el índice así calculado no discrimina entre la vegetación espontánea, que crece por ejemplo en solares desnudos, de la que ha recibido aporte de agua de riego, estos resultados han debido ser filtrados utilizando una máscara que delimita las manzanas cartográficas que, mediante un procedimiento de clasificación supervisada han sido categorizadas como consolidadas, es decir donde existen construcciones de edificación o ajardinamiento.

Generación de recintos mediante clasificación supervisada

Para la delimitación de aquellos recintos demandantes de agua, que no tienen respuesta al infrarrojo, como son las láminas de agua (estanques, piscinas y fuentes ornamentales) se ha utilizado la técnica de clasificación supervisada con las imágenes de satélite.

Base de datos geográfica

Todos los resultados y su representación geográfica se han incorporado al Sistema de Información Geográfica de Canal de Isabel II GAUDY.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

El nivel de detalle alcanzado es el de la parcela catastral. Además, se han establecido atributos referidos a otras entidades geográficas como el municipio o sector del Nomenclátor del IECM y operativas (punto de acometida de suministro de agua).

Es posible obtener informes y mapas temáticos para presentar información:

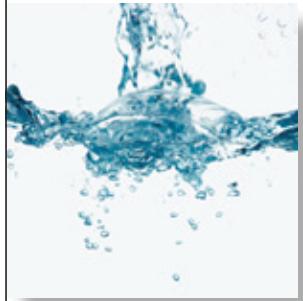
- Agregada a nivel de municipio, distrito, sector u otra entidad del Nomenclátor
- Clasificados por la naturaleza de la propiedad, en recintos públicos y privados
- Agregados por la categorización de cada clase de recintos, así las zonas verdes se han clasificado en zonas de césped, zonas forestales, zonas verdes de isletas y las láminas de agua en estanques, fuentes ornamentales y piscinas
- Parques y campos de golf.



Figura 2. Elemento de cartografía digital procesada e incorporada al SIG.

Estimación de la demanda de agua

Se han evaluado las necesidades hídricas de las plantas mediante el estudio del balance hídrico, en función de la climatología y de



los diferentes tipos de cultivo considerados: césped, forestal y zonas arbustivas tipo isleta.

El cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_0) se ha realizado por los métodos de FAO-Hargreaves y Thornwaite, adoptándose el valor promedio de ambos.

Es preciso subrayar que los valores así calculados corresponden, estrictamente, a las necesidades hídricas de las plantas, sin considerar sovreriego, que en muchos casos puede alcanzar entre un 50 y un 100 por ciento de las necesidades mínimas de riego.

Para las piscinas se ha supuesto una profundidad media de 1,60 metros, con un llenado al año y un consumo, por pérdidas y evaporación, de un metro cúbico de agua por metro cuadrado de superficie. En las duchas asociadas a piscinas se han considerado 1,20 metros cúbicos por metro cuadrado, que equivale a un gasto de 12 litros diarios (una ducha de un minuto de duración) durante 100 días al año.

Principales resultados de evaluación de la demanda de agua en usos de exterior

De todas las técnicas ensayadas, con la que mejor precisión se obtiene es mediante fotointerpretación de ortofotos de vuelos fotogramétricos, con ayuda de la cartografía digital, si bien el periodo de actualización es notablemente mayor que en el caso de imágenes de satélite.

Mediante fotointerpretación se han obtenido resultados en los trabajos realizados durante 2005 y 2007, utilizando los vuelos de 2003 y 2006, respectivamente.

El número total de piscinas identificadas fue de 86.079 en 2005 y 86.134 en 2007, con un volumen estimado de 6,27 y 6,87 hectómetros cúbicos respectivamente (considerando una profundidad media de 1,60 metros).

La demanda total para usos de exterior calculada con los datos más recientes (2007) en el total de la Comunidad de Madrid es de 126,76 hectómetros cúbicos al año. Considerando un coeficiente de sobre-



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

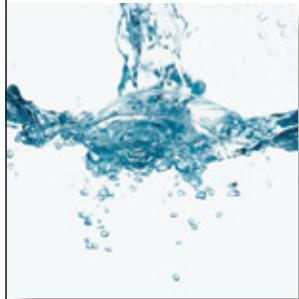
riego de entre 1,5 y 2,0 para las zonas verdes, el consumo total de agua en estos usos en la Comunidad de Madrid podría alcanzar los 188 hectómetros cúbicos anuales. El incremento de la demanda potencial ha sido del 11% en tres años.

Las imágenes de satélite correspondientes a los años de sequía 2005-2006 no revelan que en las zonas urbanas se haya producido un descenso en cuanto al vigor de la vegetación, habiendo aumentado esta respuesta en 21.300 hectáreas, frente a las 6.085 hectáreas donde se presenta descenso. En áreas no urbanas se aprecia una cierta reducción de la vegetación en las vegas de los ríos Jarama y Tajo en el Sureste de la Comunidad de Madrid y en la zona norte del municipio de Alcalá de Henares.

Conclusiones

Las principales conclusiones de este trabajo han sido:

- a) Se ha establecido una metodología para la evaluación de la demanda de agua para usos de exterior utilizando diversas fuentes de información, con distinta precisión, coste y períodos de actualización.
- b) Es posible calcular con cierta precisión las áreas y demandas de agua sin realizar trabajo de campo.
- c) La metodología de teledetección analizada se considera válida para el estudio del uso de agua en exterior, permitiendo actualizaciones de periodicidad anual o inferior.
- d) Los resultados brutos obtenidos por teledetección deben pasar por un proceso de filtrado a fin de discriminar la vegetación que crece de forma espontánea, de la que se produce en zonas urbanizadas mediante aporte de riego.
- e) Se ha podido establecer un rango de fechas (julio-agosto) en los cuales los datos tomados mediante satélite son más útiles para la detección de zonas verdes urbanas con necesidades de riego. A la hora de evaluar distintas alternativas de adquisición de imágenes de satélite, deberá tenerse en cuenta además de su coste, calidad y precisión, la factibilidad de obtener escenas que cubran la totalidad de la Comunidad de Madrid en esa época del año.



3. ESTUDIO DE POTENCIALES DE AHORRO DE AGUA EN USOS RESIDENCIALES DE INTERIOR

Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior

Objeto	Analizar distintas técnicas de reducción del consumo doméstico de agua. Evaluar la viabilidad, coste de implantación, aceptación, eficiencia y potencialidad de ahorro mediante ensayo directo de las distintas tecnologías en condiciones de utilización reales y, por tanto, más allá de las características publicitadas por los fabricantes			
PARTICIPACIÓN	FINANCIACIÓN	PLAZO		
Interna	Subdirección de I+D+i	Gastos internos	26.000 €	
Colaboración	Fundación Ecología y Desarrollo	Presupuesto I+D+i	65.500 €	2005-2006, (18 meses)

Entre las acciones planificadas y emprendidas por Canal de Isabel II para asegurar el equilibrio entre recursos y demandas y el mantenimiento de la garantía de abastecimiento figuran, en un lugar prioritario, todas aquellas medidas que puedan mejorar la eficiencia en el uso del agua, tanto en las instalaciones del sistema de abastecimiento como en las de los usuarios particulares. Contribuyendo a esta intención se ha elaborado este estudio de potenciales de ahorro en el consumo mediante técnicas que permitan un uso más eficiente del agua por parte de los usuarios, sin merma del confort. El estudio se enfocó exclusivamente a los usos domiciliarios, ya que constituyen más del 60% de los usos totales del agua en el sistema de Canal de Isabel II.

El estudio busca evaluar la viabilidad y coste de implantación, eficiencia y potencialidad de ahorro mediante ensayo directo de las distintas tecnologías en condiciones de utilizaciones reales, y por tanto más allá de las características especificadas por los fabricantes. Esto se ha conseguido con la instalación, en una muestra seleccionada de viviendas, de distintos conjuntos de dispositivos ahorreadores y la monitorización en continuo del consumo de agua antes y después de la instalación y un análisis de los resultados obtenidos y la mejora en la eficiencia atribuible a cada uno de los equipos.

Concretamente, se instalaron 249 aparatos en 80 viviendas y se monitorizó durante 12 meses el consumo de agua en el conjunto de las viviendas y en cada aparato consumidor de agua en la vivienda. Como complemento también se monitorizaron 45 viviendas en las que no se ha realizado ninguna instalación para tener elementos de comparación.



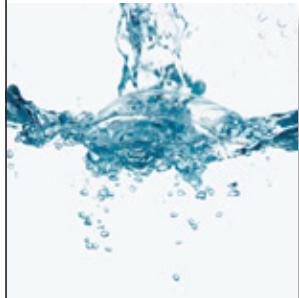
Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Se han instalado dispositivos ahorreadores en grifos, duchas e inodoros. Concretamente, grifería termostática para duchas, aireadores y perlizadores para grifos de aseos y cocinas, cabezales de ducha de bajo consumo, reductores de caudal de ducha, mecanismos de doble descarga y sistemas de interrupción de descarga para las cisternas de los inodoros y reductores de presión para líneas de suministro. Los dispositivos y aparatos seleccionados se han elegido preferentemente de entre los que disponen de certificaciones medioambientales.

La asignación de los dispositivos a las viviendas objeto del estudio estuvo determinada por las características y equipamientos ya existentes en las mismas. Casi un 55% (70 viviendas) no disponían de ningún dispositivo ahorrador en ningún aparato sanitario de la vivienda, mientras que el dispositivo ahorrador que estaba más presente en la muestra del estudio era los mecanismos eficientes en los inodoros.

De los dispositivos monitorizados, los más efectivos a la hora de reducir el consumo interno de agua en el hogar (sin incluir los electrodomésticos) han sido los filtros ahorreadores para los grifos, los cabezales de ducha eficientes y los mecanismos de doble descarga para la cisterna del inodoro. Los filtros ahorreadores consiguen reducir el consumo de los grifos entorno al 17%, los cabezales de ducha eficientes reducen el consumo de las duchas en un 21% y los mecanismos de doble descarga de las cisternas de los inodoros logran disminuir el agua consumida por el inodoro en un 34%. La media en la reducción total del consumo en las viviendas monitorizadas al introducir estos tres dispositivos ha sido de 13,1%, alcanzando el 15% en las condiciones más eficiente de aparatos ahorreadores. Las viviendas en las que no se realizó ningún cambio tecnológico no experimentaron variación significativa del consumo durante el periodo monitorizado.

A pesar de que hubo cierta resistencia de los usuarios para colaborar en el estudio, tan sólo un 46% de los contactados quiso participar, posteriormente los usuarios de las instalaciones en las que se ha efectuado cambio tecnológico están, en una amplia mayoría, satisfechos con los productos. Un 74% de los participantes los ha calificado de «buenos» o «muy buenos», y un 90% de los mismos no ha apreciado variación en el confort o incluso considera que ha aumentado su nivel de confort en la utilización de los aparatos ahorreadores de agua.



4. PRECISIÓN DE LA MEDIDA DE LOS CONSUMOS INDIVIDUALES DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Precisión de la medida de los consumos individuales de agua en la Comunidad de Madrid				
Objeto	PARTICIPACIÓN FINANCIACIÓN PLAZO			
Interna	Dirección Comercial Subdirección de Calidad de las Aguas Subdirección de I+D+i	Gastos internos	230.000 €	
Colaboración	Dirección General de Industria, Energía y Minas Monedero Instalaciones y Servicios Universidad Politécnica de Valencia	Presupuesto I+D+i	464.000 €	2006 – 2008 (24 meses)

Objeto

El objeto de este proyecto es el aseguramiento de una adecuada correspondencia entre los volúmenes consumidos y facturados a los clientes de Canal de Isabel II, así como el establecimiento de normativas y políticas de renovación adecuadas para los contadores ya instalados, garantizando de este modo la equidad necesaria en el servicio al ciudadano.

Este proyecto, así como los trabajos de monitorización de pautas de consumo que se desarrollan paralelamente, son sólo parte de un amplio programa que Canal de Isabel II está llevando a cabo y que tiene como objetivo final la determinación del error global de la medida en función de la diversidad de variables que lo conforman.



Metodología

El error de medición global de un contador es la diferencia entre el volumen contabilizado por éste y el realmente consumido.

Como el error de medición de un contador varía dependiendo del caudal que circula por el mismo, la diferencia entre el volumen contabilizado y el realmente consumido se debe calcular ponderando el error que se produce en cada valor de caudal de consumo con el porcentaje de volumen que el cliente usa en ese mismo valor.

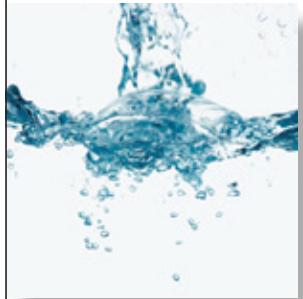
Por tanto, el error de medición global de un contador depende tanto de su curva de error como de la forma en que utilizan el agua los consumidores, el histograma de consumo.

Determinación de las curvas de error

La población objeto del estudio se extiende a más de un millón de contadores. Ya que el análisis de la misma resulta inviable desde los puntos de vista técnico y económico, se decidió extraer de dicha población una muestra representativa de 2.000 contadores, que permitiera extrapolar las conclusiones sobre las características metrológicas al resto de la población total.

Para llevar a cabo los ensayos en la instalación del abonado se diseñaron y fabricaron una serie de equipos portátiles de verificación en campo, los cuales se utilizaron como dispositivo de referencia con el que comparar las medidas de los contadores de los usuarios.





Los equipos fabricados se sometieron, antes de comenzar los ensayos en campo, a repetidos ciclos de verificación en el Laboratorio de Canal de Isabel II, obteniéndose los valores de error iniciales de los equipos, así como las incertidumbres de medida asociadas. De igual modo, durante toda la duración del proyecto, para asegurar que los ensayos realizados en campo se llevaban a cabo con las máximas garantías, los equipos se sometieron a verificaciones periódicas en el laboratorio, comparando los resultados con los valores de referencia.

Los ensayos en campo siguieron un proceso perfectamente definido y estructurado, llevado a cabo por operarios cualificados que realizaron cursos de formación al efecto.

El valor de error de medición del contador del usuario en finca a cada caudal se corrigió con el valor de error propio del equipo de verificación a ese mismo caudal, determinado en Laboratorio.

Con los datos corregidos se obtuvieron los caudales de arranque y las curvas de error para cada uno de los contadores ensayados.

Posteriormente se analizaron los resultados promedio de cada grupo de categorías definido en la muestra, observando, tanto en la curva de error y en el caudal de arranque de cada grupo, la influencia de cada uno de los factores considerados: diámetro, edad, marca, consumo, localización y condiciones ambientales.

Se realizaron asimismo análisis en función de otros factores, como el uso al que se destina el contador, la configuración de la instalación o las clases metrológicas presentes en la muestra.

Determinación de histogramas de caudales de consumo en una muestra representativa de contadores de uso doméstico

En el ámbito del proyecto de investigación de monitorización de la demanda se determinaron los patrones de consumo de usuarios de tipo doméstico, mediante la monitorización en continuo, durante un período de 6 meses, de una muestra representativa de la Comunidad de Madrid formada por 226 contadores, con equipos de muy alta precisión, capaces de registrar caudales muy bajos, desde



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

1 l/h. Se obtuvieron así los patrones de consumo correspondientes a usuarios de contadores de diámetros nominales comprendidos entre DN13 y DN40.

Resultados y conclusiones

- La tendencia media de los contadores que componen la muestra se inclina hacia un marcado subcontaje en el rango de los caudales bajos, observándose una correlación con la edad, el diámetro y con el consumo
- El error global del parque de contadores domésticos de la Comunidad de Madrid representa el -14% del total medido
- La mayor contribución al error global del parque de contadores se debe al consumo no registrado en el rango de los caudales bajos, debido a que en ese rango el error del contador instalado es muy elevado, y de carácter negativo (subcontaje)
- La innovación que supone el equipo portátil de verificación en campo ha sido objeto de solicitud de patente en la Oficina Española de Patentes y Marcas.

Oportunidades de investigación identificadas

- Establecimiento de un marco normativo que regule los procedimientos para llevar a cabo las verificaciones de contadores de agua en uso
- Mejora de la medida de los factores que influyen en la pérdida de precisión de los contadores, consecuencia de las condiciones de instalación
- Revisión de los métodos de inspección y mantenimiento de las condiciones de instalación de los contadores
- Influencia de las pautas de uso en el consumo del agua en la precisión de la medida
- Evaluación de la precisión en usos no domésticos.



5. EFICIENCIA EN EL USO DE AGUA EN JARDINERÍA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Eficiencia en el uso de agua en jardinería en la Comunidad de Madrid				
Objeto	Determinar el potencial de mejora en la eficiencia del riego de zonas verdes, cuantificando y comparando las necesidades de agua y los costes de distintas alternativas de plantaciones, sistemas de riego y formas de explotación y mantenimiento de jardinería			
PARTICIPACIÓN		FINANCIACIÓN		PLAZO
Interna	División de Áreas Verdes Subdirección de I+D+i	Gastos internos	34.000 €	2006 – 2008 (20 meses)
Colaboración	Talher, S. A.	Presupuesto I+D+i	290.000 €	

El objetivo principal de este estudio ha sido evaluar el consumo comparado de agua y el coste-eficiencia de las distintas alternativas que configuran el diseño de un jardín para mejorar la eficiencia en el uso del agua en jardinería en la Comunidad de Madrid. Esta eficiencia es inversamente proporcional al consumo de recursos, agua y mano de obra principalmente, necesarios para proporcionar el bienestar y la calidad estética que aportan parques y jardines.

Metodología

Para comparar la eficiencia en el uso del agua de distintas alternativas y poder recomendar las dotaciones de riego así calculadas a parques y jardines donde no existe información sobre humedad del suelo, es necesario evaluar los coeficientes de eficiencia de planta, sistema de riego y técnica de jardinería que permiten calcular las necesidades de riego, en función del clima.

En este proyecto se ha utilizado una metodología combinada entre un método indirecto y un método directo. En los métodos indirectos se calcula la dotación de riego a partir de medidas de parámetros climáticos y de coeficientes de eficiencia de planta, sistema de riego y técnica de jardinería, que transforman las necesidades evapotranspirativas del cultivo de referencia en esas condiciones climáticas, en las dotaciones de riego que precisa cada zona verde. En los métodos directos se monitorizan parámetros de la propia planta y del suelo sobre el que se asientan sus raíces. Los métodos directos proporcionan



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

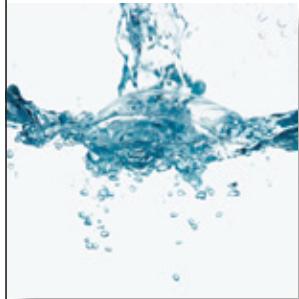
certidumbre y precisión mientras que la aplicación de los indirectos es más sencilla y económica. Durante el proyecto se empleó inicialmente un método directo para calcular los coeficientes de eficiencia. Una vez calculados se utilizaron para determinar las dotaciones de riego aplicando un método indirecto. Los resultados de aplicar este método indirecto se evaluaban periódicamente analizando las medidas directas y recalibrando los coeficientes de eficiencia.

Para calcular las dotaciones de riego por el método directo se combinó el uso de parámetros climáticos en continuo, con medidas directas de la humedad del suelo en continuo y del estado paisajístico u ornamental, con periodicidad semanal.

En definitiva, se ha desarrollado un método a medio camino entre el indirecto, dependiente de los parámetros teórico-experimentales y el directo, proveniente de medidas recogidas en el parque o jardín, de la planta y del agua dispone en el suelo.

Los medios dispuestos para este trabajo han sido un parque piloto de 4.000 m² compartimentado en sesenta parcelas experimentales donde se ensayaron las distintas combinaciones seleccionadas de las variables del estudio: tipo de planta, sistema de riego y técnica de jardinería; se han estudiado tanto las alternativas tradicionales como otras propuestas más innovadoras. Cada parcela estaba dotada con una sonda de humedad que tomaba medidas en continuo de las reservas hídricas en el suelo, un contador individual y una electroválvula. Una estación meteorológica completa recogía información sobre los parámetros del clima en el parque piloto.





El seguimiento del ensayo se ha llevado a cabo recopilando todos los datos de los sensores, vía radio, en un ordenador desde el que se gestionaba la información de la estación meteorológica y de las sondas de humedad y los contadores de cada parcela. Esta información se procesaba y se calculaban unas dotaciones de riego que se aplicaban utilizando programadores de riego.

El diseño de las parcelas de ensayo consistió en implantar, en cada una de las sesenta parcelas del parque piloto, una combinación distinta de las variables en estudio: especie vegetal, sistema de riego y técnica de jardinería. Se introdujeron algunas repeticiones para controlar variables no identificadas.

Al inicio de la experimentación se estimaron las dotaciones de riego utilizando coeficientes de la bibliografía y durante el proyecto se fueron ajustando mediante la monitorización de la humedad del suelo de cada parcela, persiguiendo que la humedad del suelo convergiera hacia un rango objetivo.

El conocimiento de la evolución del clima y de la humedad del suelo ha permitido adaptar el riego para que la humedad se mantuviese en un intervalo del agua útil, rango objetivo, en el que el estado ornamental de las plantas fuera adecuado, minimizando el desarrollo vegetativo para reducir el consumo de agua, lo que se conoce como riego deficitario controlado. El agua útil es aquella que la planta tiene capacidad para usar; el límite superior está en la capacidad de campo del terreno o máxima cantidad de agua almacenable por el terreno, mientras que el límite inferior o punto de marchitez es la humedad que una determinada planta es capaz de succionar de un determinado suelo; por debajo de esa humedad la planta se marchita y muere.

Para verificar que el intervalo de humedad objetivo del agua útil para cada parcela era el correcto, es decir, conseguía un estado ornamental adecuado, se utilizó como parámetro, el Índice Jardinero, que consistía en un control visual especializado del estado paisajístico de las plantas, con una valoración entre uno y cinco, donde el tres correspondía al aspecto ornamental óptimo objetivo y el uno y el cinco representaban, respectivamente, excesivo estrés hídrico o excesiva humedad.

En esta metodología se han utilizado parámetros monitorizados en continuo de clima y de suelo, realizándose comprobaciones periódicas.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

cas del aspecto ornamental de las plantas. El parámetro de planta basado en una valoración visual y subjetiva del estado de la planta, plasmada en el índice jardiner, ha limitado la obtención de un ajuste preciso y dinámico del K_c en función del momento vegetativo de la planta.

Se ha demostrado la aplicabilidad de métodos directos para el cálculo de dotaciones eficientes de riego y la viabilidad de extrapolación de la eficiencia para el empleo de métodos indirectos.

Resultados

Como resultados del trabajo se han obtenido los coeficientes de eficiencia, para los distintos sistemas de riego empleados y para las técnicas jardineras. Estos coeficientes pueden verse en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Eficiencia sistemas de riego.

Sistema de Riego	Eficiencia
Aspersión	0,75
Difusor	0,75
Borboteador	0,85
RWS	0,95
Goteo	0,9
Goteo enterrado	0,95
Cinta exudante	0,90
Manual con manguera	0,95

Tabla 2. Eficiencia técnicas jardineras.

Técnica Jardinería	Coeficiente
Reciclador y altura de siega	0,80
Fraccionamiento del riego	0,95
Micorrizas	0,80
Retenedor	0,80
Acolchado 1: Geotextil + Cortezas de pino	0,80
Acolchado 2: Geotextil + Grava	0,75
Acolchado 3: Geotextil + Grava + Cortezas de pino	0,70

Por otro lado también se han obtenido valores para los coeficientes de eficiencia de los cultivos que se han ensayado.

**Tabla 3.** Eficiencia Plantas.

Cultivo	Valor Kc
Césped ANH - Classic	0,70
Césped BNH - Sahara	0,65
Árbol - Falso plátano	0,50
Arbusto grande ANH - Photinea	0,40
Arbusto grande BNH - Cornus	0,35
Seto ANH - Aligustre	0,60
Seto BNH - Leilandii	0,60
Arbusto pequeño ANH - Hebe	0,50
Arbusto pequeño BNH - Atriplex	0,25
Tapizante ANH - Vinca	0,45
Tapizante BNH - Romero rastrero	0,25
Tapizante BNH - Tomillo	0,40
Tapizante BNH - Hipérico	0,30
Flor ANH - Tajete	0,55
Flor BNH - Petunia	0,55

ANH: Altas Necesidades Hídricas; **BNH:** Bajas Necesidades Hídricas

La evaluación de la eficiencia en el uso del agua de las variables estudiadas, expresadas por los coeficientes, permitiría calcular el consumo de agua de cada alternativa y el potencial de ahorro, conociendo el clima y el inventario de los parques y jardines existentes en un municipio o región.

También se han calculado los costes durante diez años de implantación, mantenimiento y consumo de agua de riego. Con estos datos se ha desarrollado un ratio coste-eficiencia que combina criterios económicos y de eficiencia en el uso del agua y que permite comparar las distintas alternativas, proporcionando información rigurosa para la toma de decisiones.

Los resultados obtenidos muestran que las alternativas más eficientes en el uso del agua son además, las más rentables en la vida útil de las plantaciones y sistemas de riego, precisamente porque el coste del agua ahorrada compensa con creces los, en algunas ocasiones, mayores gastos de inversión de las alternativas más eficientes. Esta relación entre eficiencia y coste también se sustenta en los mayores gastos de mantenimiento que requieren los fuertes crecimientos vegetativos provocados por el uso intensivo de agua.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Se concluye que el ahorro del 70 por ciento del agua de riego alcanzable por el cambio de cultivos, sistemas de riego y técnica de jardinería, no supone ningún coste adicional sino al contrario, un ahorro de dos tercios de los costes totales del ciclo de vida de plantas e infraestructuras de riego.

Las mejoras de eficiencia en el uso del agua alcanzables se sitúan entre el 60 y el 70 por ciento, al sustituir praderas regadas mediante aspersión o difusión por arbustos de medias y bajas necesidades hídricas, regadas mediante sistemas de riego localizados, con el terreno cubierto por acolchados o «mulching».

Estas reducciones del agua necesaria para riego de zonas verdes están en el mismo rango de otros estudios realizados en EEUU monitoreando viviendas unifamiliares que habían sustituido sus jardines con praderas por xerojardines.

De acuerdo con estos resultados, la hipótesis de sustitución de las 10.000 hectáreas de césped existentes en la Comunidad de Madrid por arbustos con riegos localizados y acolchados reduciría entre 35 y 60 hm³ anuales las demandas de 90 hm³ de agua en usos de exterior y supondría un ahorro anual para los propietarios de los parques y jardines en costes de mantenimiento y agua de unos 500 millones de euros al año.

6. INVESTIGACIÓN SOBRE POTENCIALES DE EFICIENCIA CON EL EMPLEO DE LAVAJILLAS

Investigación sobre potenciales de eficiencia con el empleo de lavavajillas				
Objeto	Evaluar el potencial de mejora en la eficiencia de utilización de los recursos naturales (agua y energía) que puede obtenerse en los hogares españoles mediante el empleo de lavavajillas			
PARTICIPACIÓN		FINANCIACIÓN		PLAZO
Interna	Subdirección de I+D+i	Gastos internos	87.000 €	2007 – 2008 (13 meses)
Colaboración	BSH Electrodomésticos WASSER S.A.E.	Presupuesto I+D+i	238.000 €	

En la Comunidad de Madrid, los usos residenciales suponen más del 60 por ciento del volumen total de agua suministrada a los usuarios.

La utilización del agua en el hogar en sus distintos usos finales y potencial de ahorro ha sido objeto de diversos estudios realizados por Canal de Isabel II mediante medida directa de los caudales instantáneos suministrados a una muestra de viviendas.

Se ha determinado en estos trabajos que el consumo de agua en los distintos grifos de la vivienda (excluidas duchas y bañera) es más del 30 por ciento del volumen total utilizado en usos domésticos de interior, pudiendo suponerse que una parte importante de ese consumo corresponde al lavado de la vajilla, mientras que el consumo de agua específico en lavavajillas solamente es del 1 por ciento del volumen total consumido en el hogar.

En 2003 la Universidad de Bonn realizó un estudio de laboratorio (Stammerger *et al.*, 2004), en el que se analizaron los hábitos de lavado de la vajilla a mano en idénticas condiciones para 113 personas de 7 países europeos. Dicho estudio evidenció grandes diferencias en el comportamiento de las personas a la hora de lavar la vajilla con importantes consecuencias en la cantidad de recursos (agua, energía, tiempo, detergente) utilizada. El volumen de agua utilizado para lavar a mano la cantidad de vajilla equivalente a la carga completa de un lavavajillas oscilaba entre los 50 y 170 litros, llegándose a la conclusión de que los lavavajillas son capaces de lavar la vajilla con mucha menor cantidad de agua y energía que ninguna de las personas que participaron, además de obtener un mayor grado de limpieza.

No se tienen noticias de un estudio equivalente realizado en condiciones reales del uso de agua y energía en el lavado doméstico de vajilla, a mano o con el empleo de electrodomésticos, por lo que este proyecto supone una novedad y una importante contribución respecto a los realizados anteriormente sobre los usos de agua en ámbitos residenciales.

Este trabajo ha sido elaborado conjuntamente por Canal de Isabel II, empresa suministradora de agua en la Comunidad de Madrid, y BSH Electrodomésticos España (BSHE), empresa líder en fabricación de electrodomésticos en nuestro país y que comercializa diversas marcas en el mercado español.

BSH Electrodomésticos, trabaja desde hace años en la mejora de la eficiencia de sus productos a lo largo de todas las etapas del ciclo





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

de vida: producción, distribución, uso y fin de uso. Los análisis de ciclo de vida muestran que más del 90 por ciento del impacto de los lavavajillas que fabrica tiene lugar durante la etapa de uso en los hogares debido, principalmente, al consumo de recursos del aparato, razón por la cual ha centrado sus esfuerzos en incorporar mejoras tecnológicas que permitan disminuir dicho consumo. Desde 1990 se ha reducido el consumo de agua por ciclo de lavado en un 68 por ciento y en un 44 por ciento el consumo de energía.

Los lavavajillas utilizados en este trabajo consumen en programa normal 12 litros de agua, lo que en una primera apreciación supone un ahorro considerable con respecto al lavado a mano, según las conclusiones del estudio de laboratorio anteriormente mencionado.

Objetivos

La finalidad de este trabajo ha sido conocer el consumo y las pautas de uso real de los usuarios en el lavado de la vajilla tanto a mano como con lavavajillas, así como las posibles mejoras en la eficiencia y ahorro que puedan conseguirse con la utilización de un lavavajillas de bajo consumo.

Se ha evaluado el potencial de mejora en la eficiencia de utilización de los recursos naturales que puede obtenerse en los hogares mediante el empleo del lavavajillas. El objeto principal del trabajo se centra en el uso del agua, que constituye el aspecto primordial de la actividad del Canal de Isabel II, pero también se ha efectuado una evaluación de la eficiencia energética, considerada asimismo un objetivo medioambiental de primer orden.

Metodología

El trabajo de campo se ha realizado principalmente entre enero y junio de 2008, sobre una muestra de 155 viviendas, en las que se ha monitorizado de forma continua el consumo de agua durante al menos cuatro meses en cada vivienda. Durante los dos primeros meses los participantes debían realizar el lavado de la vajilla exclusivamente a mano. Posteriormente y tras la instalación y habilitación del lavavajillas, el lavado debía hacerse utilizando el electrodoméstico suministrado.



La muestra fue seleccionada entre clientes de BSH Electrodomésticos repartidos por toda la Comunidad de Madrid que, o bien no disponían de lavavajillas en el momento de la selección o que, por antigüedad del aparato pudieran estar interesados en renovarlo.

Sobre una muestra inicial de 280 clientes, se verificó la viabilidad de instalación de los equipos de medida necesarios en el domicilio, obteniendo así la muestra final de 155 domicilios, habiéndose descartado el resto por imposibilidad de instalar los distintos equipos o por renuncia de los preseleccionados.

Las restricciones inherentes al proyecto: disponibilidad de los usuarios, posibilidad de instalación del lavavajillas y de los equipos de medida sin realizar reformas, etc., hacen que la selección de la muestra no fuera totalmente aleatoria. Fue preciso, por tanto, verificar que se cumplen algunos criterios de estratificación y ausencia de sesgo en aquellos aspectos que pudieran ser relevantes de forma que se garantice la representatividad de la muestra observada.

Las viviendas que componen el estudio se sitúan principalmente en el municipio de Madrid y su corona metropolitana, con una minoría ubicada en las zonas de la sierra y periférica, en una distribución que no se aparta significativamente de la distribución porcentual de viviendas en la Comunidad de Madrid según los últimos datos publicados por el INE.

La muestra presenta un cierto sesgo hacia viviendas de un tamaño superior a la media de la Comunidad de Madrid. También la ocupación de las viviendas es mayor que la media de la región (3,34 personas por vivienda, respecto a 2,89). Este sesgo probablemente está relacionado con la presencia actual de lavavajillas en las viviendas, o de disponibilidad para su instalación inmediata. A la hora de extraer los resultados obtenidos al conjunto de la población madrileña o española, se han tenido en cuenta estas circunstancias.

La monitorización del consumo se ha realizado mediante contadores volumétricos de precisión (clase C), con emisor digital de pulsos para su centralización en equipos datalogger. Este contador, instalado en la entrada general de agua de la vivienda, registra el consumo de forma continua, permitiendo discriminar el volumen empleado en los distintos usos, y particularmente el utilizado en el lavavajillas. La medida en continuo del consumo permite igualmente detectar ausencias



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

prolongadas del hogar y otras circunstancias que pudieran afectar los resultados finales, de forma que teniendo en cuenta estas condiciones es posible homogeneizar los resultados obtenidos.

Este equipamiento permite la identificación de los distintos usos del agua, sin embargo no es posible en la mayoría de los casos distinguir los diferentes grifos de la vivienda (fregadero, lavabo, bidet, etc.) por presentar unas curvas de consumo muy similares. Por ello, para el control del consumo del lavado de la vajilla a mano que se realiza en los fregaderos, se instalaron contadores de velocidad de clase B directamente sobre las tomas de agua fría y caliente de los fregaderos.

Para llevar a cabo el estudio, se han utilizado lavavajillas de 60 centímetros de ancho, de clase AAA, de cada una de las marcas de BSH Electrodomésticos: Balay, Bosch, Siemens y Lynx, dependiendo de la marca del electrodoméstico que tuviera el usuario previamente en su domicilio.

Dichos lavavajillas se enviaron a los domicilios seleccionados durante la fase de lavado a mano, retirándose el antiguo en su caso, y entregando el lavavajillas de BSH, encajado en el hueco, pero sin habilitar, para evitar su uso antes de la segunda fase del estudio.

Todos los lavavajillas tienen la misma electrónica e idéntico sistema hidráulico. De esta manera, todos consumen 12 litros de agua y 1,05 kilovatios por hora de energía en el programa de referencia que es el ECO 50 °C.

Resultados y conclusiones

Las mediciones realizadas durante el periodo de lavado a mano de la vajilla han determinado que el consumo de agua en el fregadero es como media de 88,8 litros diarios, de los que 52 corresponden a agua caliente. Este consumo es, aproximadamente, el 26% del total de la vivienda.

Una vez instalados y habilitados los lavavajillas, este consumo de agua en el fregadero se redujo a 54,2 litros diarios, que representan el 15,9% del consumo total, siendo 24,6 litros diarios el de agua caliente.

Durante el periodo de prueba de utilización del lavavajillas, se ha monitorizado cada uno de los usos del mismo, registrándose el mo-

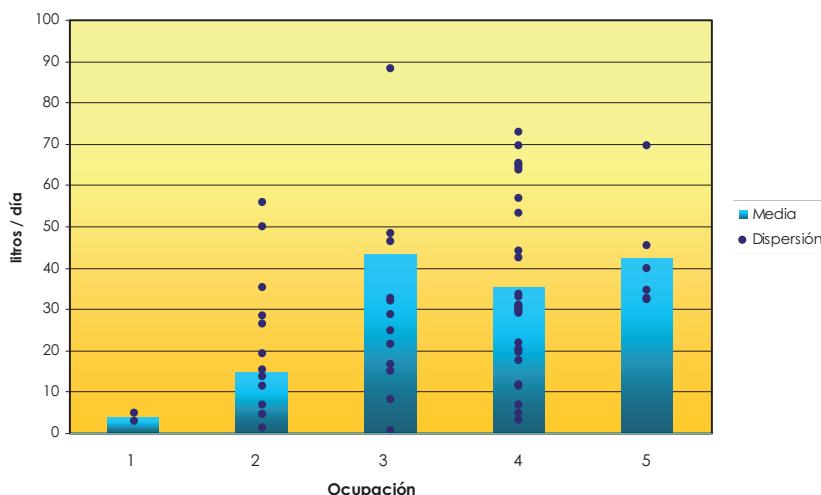


mento de utilización y los volúmenes de agua consumidos. Según los datos de referencia del fabricante, el consumo de agua de cada ciclo está comprendido entre 10 y 17 litros, dependiendo del programa utilizado. Los registros tomados durante la prueba confirman estos datos, siendo el volumen medio por uso durante todo el periodo monitorizado, de 12,47 litros.

La frecuencia media de utilización del lavavajillas ha sido de 2,46 usos por semana, dependiendo este dato en gran medida, como era previsible, del número de personas que habitan la vivienda.

Los resultados obtenidos indican una clara mejora en la eficiencia del uso de agua mediante la utilización del lavavajillas, obteniéndose un ahorro de agua equivalente al 9% del consumo total de las viviendas. Este ahorro, por término medio, se ha evaluado en 30,6 litros diarios, de los que 27,4 serían de agua caliente. Este ahorro es notablemente mayor en viviendas en las que habitan 3 o más personas, llegando a los 52 litros de ahorro diario en viviendas de 5 habitantes, y mínimo en viviendas ocupadas por una única persona.

Extrapolando estos valores al conjunto de la Comunidad de Madrid, considerando el 47% de viviendas que no dispone de lavavajillas y teniendo en cuenta los datos de ocupación de esos hogares, existe un ahorro potencial de 8,9 hm³ al año, con una media de 23 litros diarios por vivienda.



Gráfica 5. Reducción del consumo de agua con el uso del lavavajillas.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

La mejora en el uso de la energía se ha evaluado en 1,06 kilovatios hora diarios, y es debida a la reducción en el volumen de agua caliente utilizado, que compensa ampliamente la energía utilizada por el lavavajillas ensayado.

Los resultados obtenidos se han conseguido con una utilización normal del electrodoméstico, de la forma que es habitual en los hogares de la Comunidad de Madrid. La mejora en la eficiencia se encuentra muy relacionada con los hábitos en el lavado de la vajilla, tanto a mano como a máquina, los cuales han mostrado una gran disparidad. Se estima que con la mejora de estas prácticas, en especial atendiendo las recomendaciones de los fabricantes de lavavajillas en lo que se refiere a una utilización eficiente, podrían superarse los buenos resultados que se han puesto de manifiesto en este trabajo.

7. ESTABLECIMIENTO DE UN PANEL PARA LA MONITORIZACIÓN DE USOS FINALES DEL AGUA EN UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE USUARIOS DE CANAL DE ISABEL II

Establecimiento de un panel para la monitorización de usos finales del agua en una muestra representativa de usuarios de Canal de Isabel II				
Objeto	Ampliar el conocimiento de las pautas de consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid mediante monitorización a largo plazo de una muestra representativa de viviendas, identificando los usos finales a los que se destina el consumo y analizando la influencia de factores explicativos del mismo y sus modificaciones temporales			
PARTICIPACIÓN		FINANCIACIÓN		PLAZO
Interna	Subdirección de I+D+i	Gastos internos	52.000 €	2007 – 2010 (36 meses)
Colaboración	WASSER S.A.E.	Presupuesto I+D+i	175.000 €	

Metodología

Para este proyecto se ha utilizado una muestra inicial de 248 viviendas de distinta tipología y grado de ocupación, situadas en distintos municipios de la región, y que pueden considerarse representativas del conjunto de hogares de la Comunidad de Madrid.

Se ha monitorizado el consumo de estas viviendas durante un plazo de tres años que finalizó en diciembre de 2010. Debido a las bajas de

usuarios producidas a lo largo de este plazo, la muestra final ha sido de 198 viviendas. Durante el periodo del estudio, se ha medido con precisión el uso de 63.926.719 litros de agua.

Durante 2008 se utilizó esta muestra para un estudio particular comparativo de utilización de agua en el lavado de la vajilla a mano y con el uso de lavavajillas.

En las viviendas seleccionadas, se instalaron contadores volumétricos de precisión, con emisor digital de pulsos para su centralización en equipos datalogger, que son capaces de registrar los consumos a intervalos de tiempo suficientemente pequeños para identificar los usos finales del agua en las distintas aplicaciones domésticas. Con objeto de monitorizar los caudales bajos con la mayor precisión posible, los equipos de medida seleccionados son de tipo volumétrico de pistón rotativo, de clase metrológica C, con un valor del caudal de arranque de 1 litro/hora.

Para la identificación de los usos finales del agua, se utilizó un software comercial de creación de eventos y asignación de usos (*Trace Wizard* versión 4.1 R17, de la compañía Aquacraft), complementado con un desarrollo propio de reconocimiento de patrones mediante métodos estadísticos: asignación automática, y supervisada, de los eventos monitorizados.



Figura 5. Contador volumétrico con emisor de pulsos.



Resultados y conclusiones

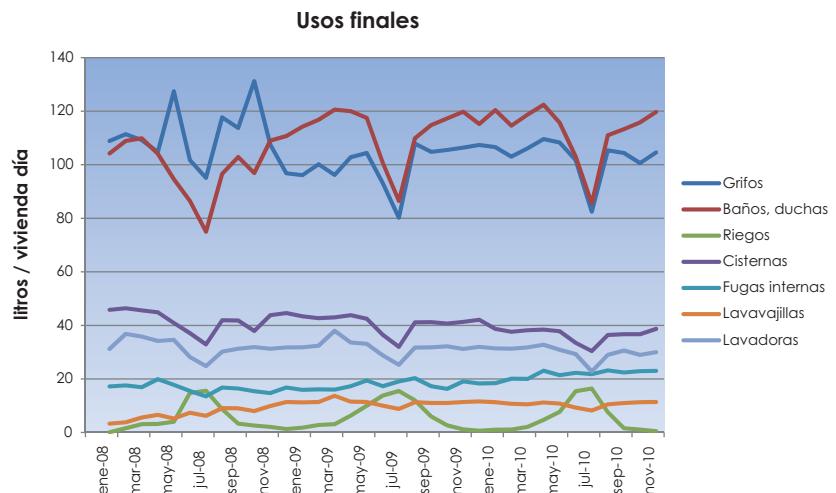
Los resultados adquiridos durante estos tres años proporcionan información sobre los patrones de consumo, pautas horarias, semanales o estacionales y utilización del agua en los distintos usos finales. Además, proporcionan una caracterización de estos patrones en relación con las características de las viviendas y los usuarios.

Los consumos de estas viviendas son similares a la media de la Comunidad de Madrid, excepto en verano en que son notablemente inferiores, debido a la menor relevancia de los usos de exterior.

A lo largo de los tres años de medición, no se observan tendencias apreciables del nivel general de consumo. Se han reducido los usos en cisternas, y lavadoras, y se han incrementado especialmente en baños y duchas y fugas internas domiciliarias. El consumo de grifos, en general, se vio notablemente reducido en el primer año del estudio en que se pasó de lavar la vajilla a mano al uso de lavavajillas, aumentando lógicamente el consumo de este electrodoméstico.

El consumo promedio por vivienda para la muestra estable monitorizada es de 302,4 litros por día (324 litros por día de presencia en la vivienda).

Los consumos nocturnos (medidos entre las 2 y las 5 horas de la madrugada) son de 2,34 litros por hora en las viviendas unifamiliares, y de 1,53 litros por hora en las plurifamiliares.



Gráfica 6. Distribución del uso del agua en la muestra monitorizada.



Se han elaborado los histogramas de consumo a diferentes rangos de caudales, los cuales se han utilizado para evaluar la precisión del parque de contadores de Canal de Isabel II, en el estudio de *Precisión de la medida de los consumos individuales de agua en la Comunidad de Madrid*.

Este proyecto tendrá su continuidad en el estudio de *Medición de la información al usuario en el uso del agua en el ámbito privado*, para el que se mantendrá parte de la muestra actual, ampliándola hasta un total de 300 viviendas.

8. SEGUIMIENTO DE LA CONSOLIDACIÓN DEL DESARROLLO URBANO EN LA COMUNIDAD DE MADRID MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN

Seguimiento de la consolidación del desarrollo urbano en la Comunidad de Madrid mediante técnicas de teledetección				
Objeto	Puesta a punto de una metodología operativa utilizando técnicas de teledetección, que permita la definición y elaboración de una base de datos cartográfica de la Comunidad de Madrid, que se actualice periódicamente, y en donde se refleje la evolución temporal de las zonas urbanizadas como consecuencia de la consolidación de los distintos planes de desarrollo urbano de los municipios			
PARTICIPACIÓN		FINANCIACIÓN		PLAZO
Interna	Subdirección de I+D+i Subdirección de Planeamiento y Coordinación Municipal	Gastos internos	15.000 €	2009 – 2011 (24 meses)
Colaboración	TRACASA	Presupuesto I+D+i	266.000 €	

Metodología

Se han adquirido cuatro series de imágenes de media resolución del satélite SPOT-5 en modo multiespectral 10 metros, y pancromática 2,5 metros, con cobertura sobre toda la Comunidad de Madrid; correspondientes al verano 2008, verano 2009, primavera 2010, y verano 2010. Las imágenes de 2008 se seleccionaron del archivo SPOT, y el resto se adquirieron mediante una programación específica.

Estas imágenes se han complementado con unas escenas de alta resolución (2,4-0,6 metros, Quickbird) obtenidas en las mismas fechas,



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

2008 y 2009, sobre la zona de Rivas Vaciamadrid, y en 2010 sobre Móstoles, con una superficie de 64-77 kilómetros cuadrados, a efectos de verificación y control de calidad.

Durante 2009 se desarrolló la metodología para tratamiento específico de las imágenes y se procesaron las correspondientes a 2008. En 2010 se han realizado las actualizaciones sucesivas de la base de datos, con las imágenes de 2009 y primavera de 2010.

Se ha realizado un tratamiento básico de las imágenes consistente en los procesos de control de calidad, ortorrectificación, normalización relativa y fusión.

Los procesos específicos orientados al objeto del proyecto han consistido principalmente en:

- Estratificación del territorio, clasificándolo en «urbano consolidado», «en proceso de consolidación», y agrícola.
- Segmentación de imágenes para identificar las distintas categorías de suelo urbano en proceso de consolidación: edificio, suelo pendiente de ejecución, vial asfaltado, vial no asfaltado. Se han utilizado técnicas de clasificación orientada a objetos.
- Cálculo de índices de vegetación. Mediante el análisis de la respuesta espectral se ha calculado el índice normalizado de vegetación (NDVI) para las zonas verdes urbanas y agrícolas. En las zonas urbanas se han delimitado las zonas con vegetación, clasificándolas en tipo césped y arbóreo.
- Verificación de la metodología mediante contraste con los resultados obtenidos por fotointerpretación de las imágenes de alta resolución (QuickBird).
- Detección de cambios. Actualización de la información mediante el proceso de las imágenes de años sucesivos.



Canal de Isabel II: proyectos para la eficiencia y sostenibilidad ambiental

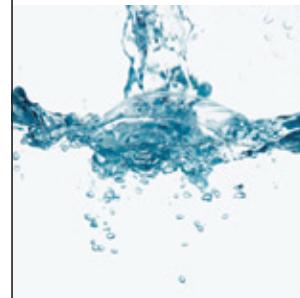


Figura 7. Ámbito 348, Getafe, superficie 82,6 ha. Verano 2010.

Resultados y conclusiones

Los resultados del proyecto incluyen: el diseño, generación y actualización de la base de datos cartográfica, su explotación y la estimación de la demanda de agua.

El diseño y la generación de la base de datos cartográfica se han realizado con los resultados de 2008. Se incluye la información urbanística y la relativa a la superficie verde obtenida para cada estrato, municipio, y rango de actividad vegetativa. Esta información se ha integrado en el SIG corporativo de Canal de Isabel II (GAUDY) donde pueden generarse informes, mapas temáticos, etc., y se relaciona con la información de las infraestructuras.

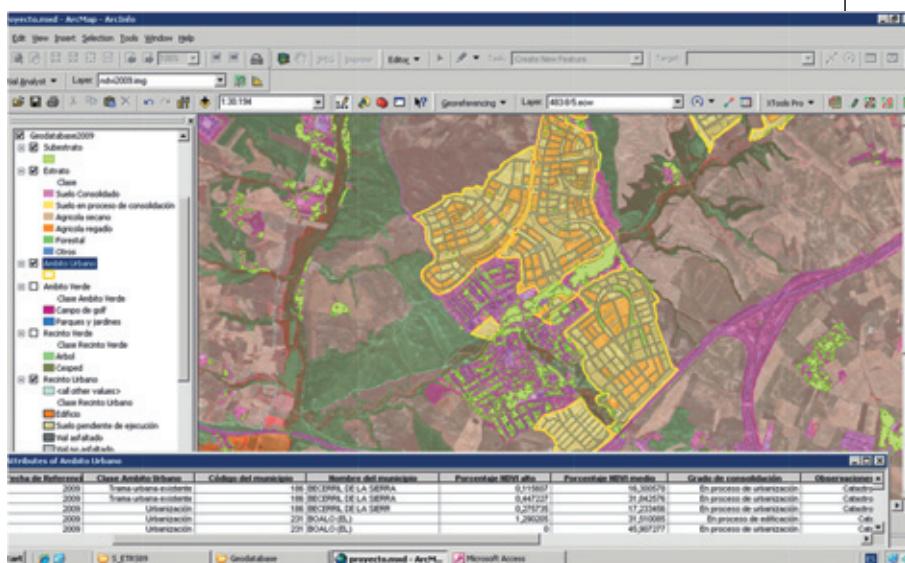


Figura 8. Base de datos geográfica en ArcGis.



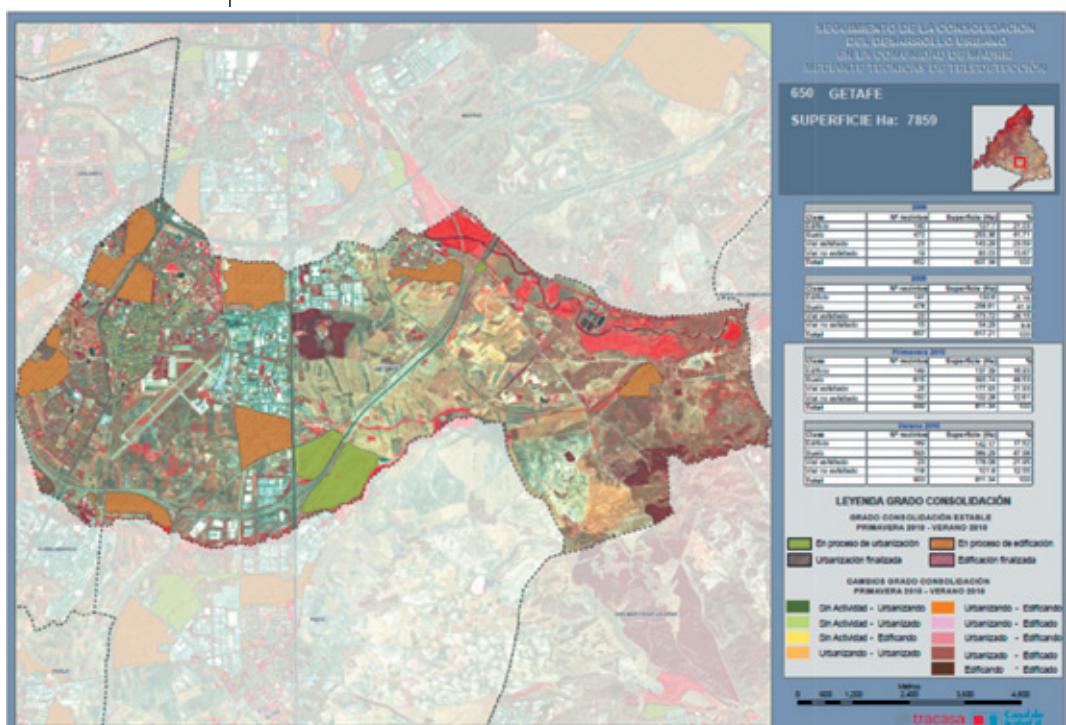
Guía sobre Hidroeficiencia Energética

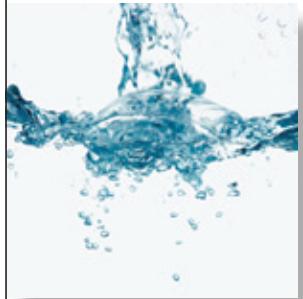
Los resultados del proceso de las coberturas SPOT5 de verano 2009, primavera 2010 y verano 2010, actualizan la base de datos cartográfica proporcionando la evolución del seguimiento del desarrollo urbano de la Comunidad de Madrid.

En la misma base de datos geográfica se ha integrado la información referente al planeamiento urbanístico municipal, siendo posible el seguimiento del desarrollo de cada uno de los ámbitos de planeamiento.

Se han generado mapas temáticos de todos los municipios de la Comunidad donde se representa de forma gráfica y numérica el estado de desarrollo urbano en los escenarios analizados, y los cambios observados.

La metodología desarrollada se ha mostrado efectiva para un seguimiento prácticamente en tiempo real de la ejecución del planeamiento urbano, y un mejor conocimiento y prognosis de la evolución real de la demanda de agua en el corto y medio plazo.





Las imágenes satelitales de media resolución como las aportadas por SPOT, dada su disponibilidad y viabilidad de obtener una imagen completa de la Comunidad de Madrid en breve plazo (un mes) parecen las más apropiadas para los objetivos establecidos. La comparación de los resultados con los obtenidos con imágenes de mayor resolución (Quickbird) muestra que la precisión alcanzada es adecuada para el objeto del trabajo.

Como líneas de investigación futura y mejora se han identificado:

- Realización del seguimiento urbano mediante información satelital combinando imágenes de alta y muy alta resolución, adecuando la periodicidad de adquisición según el grado de consolidación urbana de las diferentes zonas de la Comunidad de Madrid
- Utilización de información LIDAR (*light detection and ranging*) que proporciona información en altura de la superficie terrestre y es la base para la realización de MDTs (modelos digitales de terreno) y MDSs (modelos digitales de superficie) de muy alta precisión planimétrica y altimétrica.

9. MEDICIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA INFORMACIÓN AL USUARIO EN EL USO DEL AGUA EN EL ÁMBITO PRIVADO

Medición de la influencia de la información al usuario en el uso del agua en el ámbito privado				
Objeto	Medición precisa, en tiempo real del consumo de agua, en una muestra representativa de usuarios domésticos en la Comunidad de Madrid, la determinación de sus patrones y hábitos de consumo y evaluación de la posible influencia de distintas campañas informativas, generales o personalizadas, sobre el uso del agua, en cambios de hábitos de consumo y mejora de la eficiencia			
PARTICIPACIÓN		FINANCIACIÓN		PLAZO
Interna	Subdirección de I+D+i Subdirección Comercial Departamento de Imagen y Relaciones Públicas	Gastos internos	50.000 €	2011 – 2013 (30 meses)
Colaboración	WASSER S. A. E.	Presupuesto I+D+i	466.000 €	



Metodología

Se ha planteado este proyecto como continuación del desarrollado «*Establecimiento de un panel para la monitorización de usos finales del agua, en una muestra representativa de usuarios de Canal de Isabel II*», que finalizó en diciembre de 2010. Se mantiene parte de la muestra de usuarios participantes en ese trabajo (de aquellos quienes, voluntariamente, deseen continuar siendo monitorizados) y se ampliará hasta un total de 300 viviendas.

La tecnología a utilizar para las mediciones será similar a la del proyecto anterior, pero con una mayor precisión de los contadores volumétricos.

Los principales objetivos del proyecto son:

- Ampliar la actual muestra hasta 300 viviendas, cubriendo las posibles lagunas y mejorando la estratificación y representatividad
- Mejorar la precisión de las medidas, al objeto de obtener una mejor determinación de los histogramas de consumo y evaluación de la precisión del actual parque de contadores
- Evaluar el efecto de las campañas que Canal de Isabel II realiza sobre eficiencia en el uso del agua sobre las pautas de consumo.

Desarrollo

El proyecto se ha iniciado en abril de 2011 con la selección de la muestra a monitorizar.

Se han realizado las nuevas instalaciones, con contadores volumétricos de pistón rotativo, clase metrológica D, capaces de detectar y medir caudales extremadamente bajos (inferiores a 1 litro/hora). Los contadores van equipados con emisor de pulsos que genera una señal cada vez que pasan 0,1 litros.

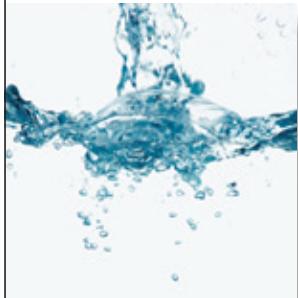
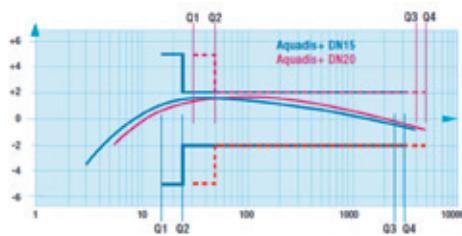


Figura 10. Contador clase D y curva de error.

Se ha adaptado y mejorado el software de reconocimiento de patrones para identificación de los usos finales, aprovechando la mejor precisión de los equipos instalados.

10. BIBLIOGRAFÍA

- ALBIZUA, L.; DONEZAR, U.; LERÁNOZ, A. (2011). «Seguimiento de la consolidación del desarrollo urbano en la Comunidad de Madrid mediante técnicas de teledetección». Canal de Isabel II, Cuadernos de I+D+I, n.º 14. Madrid.
- BEAMONTE, C., et al. (2010). «Técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica para la evaluación de la demanda de agua para usos de exterior en la Comunidad de Madrid». Canal de Isabel II, Cuadernos de I+D+I, n.º 11. Madrid.
- CUBILLO, F.; MORENO, T.; ORTEGA, S. (2008). «Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid». Canal de Isabel II, Cuadernos de I+D+I, n.º 4. Madrid.
- DÍAZ, I.; FLORES, J. (2010). «Precisión de la medida de los consumos individuales de agua en la Comunidad de Madrid». Canal de Isabel II, Cuadernos de I+D+I, n.º 8. Madrid.
- FERNÁNDEZ, M.; SAINCTAVIT, L (2009). «Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior». Canal de Isabel II, Cuadernos de I+D+I, n.º 6. Madrid.
- HEREDERO, R.; CHAMOCHÍN, R.; VILAR, J. L.; SUÁREZ, F. (2008). «Eficiencia en el uso del agua en jardinería en la Comunidad de Madrid». Canal de Isabel II, Cuadernos de I+D+I, n.º 10. Madrid.



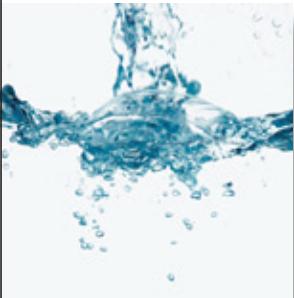
Guía sobre Hidroeficiencia Energética

- IBÁÑEZ, J. C.; MARTÍNEZ, V.; PÉREZ, D. (2009). «Investigación sobre potenciales de eficiencia con el empleo de lavavajillas». Canal de Isabel II, Cuadernos de I+D+I, n.º 7. Madrid.

4

LA NECESIDAD DEL AGUA EN LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS Y SU REPERCUSIÓN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA: PERSPECTIVAS DE FUTURO

Tomás GÓMEZ HERNÁNDEZ
ASEFOSAM

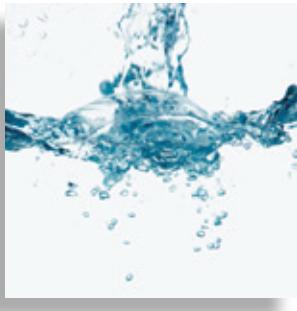


1. INTRODUCCIÓN

En los tiempos actuales el abastecimiento de agua de los edificios se considera como un servicio habitual, casi natural, lo que puede dar pie a minusvalorar la importancia fundamental del mismo.

Para poder valorar de forma objetiva la importancia de un servicio, se puede recurrir a la máxima siguiente *«la mejor forma de valorar un servicio es no disponer de él»*. La ausencia de agua de consumo en los edificios, en cualquiera de las formas que se describen en este capítulo, podría producir los siguientes perjuicios:

- No podríamos beber agua, salvo que recurramos a agua envasada.
- No podríamos cocinar preparados que requieran aporte de agua, salvo que utilicemos agua envasada.
- No podríamos lavar la vajilla. El lavado manual de vajilla con agua envasada, aunque posible, es prácticamente inviable. El lavado automático ni siquiera sería posible.
- No podríamos lavar la ropa. El lavado automático no es posible y el lavado manual con agua envasada, aunque posible, no se suele realizar en la práctica.
- No sería posible el aseo personal, o este no se realizaría en las condiciones de confort adecuadas (por ejemplo, cuando no se dispone de servicio de agua caliente).
- No sería posible realizar la evacuación de fecales.
- No se podría realizar el riego de plantas en general (plantas decorativas, césped, etc).



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

- No se podrían hacer operaciones de limpieza general de viviendas y baldeo.

Se puede concluir que, actualmente, la vida diaria de las personas no es posible sin la disponibilidad de agua de consumo en los edificios, por lo que queda acreditado que este servicio es imprescindible.

En este sentido, dentro de las dotaciones obligatorias de servicios de los edificios, a cuya acreditación está supeditada la obtención de la licencia urbanística de primera ocupación de éstos, se encuentran el abastecimiento de agua y el agua caliente sanitaria.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA A LOS EDIFICIOS

La disponibilidad y continuidad del suministro de agua en los edificios depende, principalmente, de los dos siguientes factores:

- a) Disponibilidad de agua para abastecimiento.
- b) Existencia de red de distribución pública.

2.1. Disponibilidad de agua para abastecimiento

El agua de abastecimiento de los edificios proviene de las precipitaciones atmosféricas, que son debidas a la condensación del vapor de agua que se produce en las capas altas de la atmósfera y que caen sobre la superficie terrestre en forma líquida (lluvia) o sólida (nieve o granizo).

Estas precipitaciones:

- Cuando son líquidas, pueden discurrir hacia las zonas bajas del terreno mediante las denominadas escorrentías, o bien, filtrarse a través del terreno produciendo una circulación subterránea, y surgiendo posteriormente en forma de fuentes manantiales o quedando almacenada en zonas bajas donde existen terrenos más impermeables.
- Cuando son sólidas, podrán quedar almacenadas superficialmente en zonas altas en forma de nieve, que posteriormente, cuando

las temperaturas aumenten o por efecto de radicación solar, se fundan produciendo los mismos efectos que el agua de lluvia.



El abastecimiento del agua se realiza a través de embalses, depósitos y/o pozos subterráneos de captación, que garantizan una capacidad de almacenamiento suficiente para cubrir la demanda en las épocas más secas.

La ubicación de los embalses y depósitos de agua deben ser adecuados para garantizar:

- a) *Capacidad de captación*, que dependerá de la situación y principalmente de la cota de ubicación, así como de las características de las zonas aledañas, que forman parte de la cuenca de la que se abastece el embalse o depósito. La ubicación del embalse en una zona más baja, produce un aumento en la capacidad de captación.
- b) *Capacidad de almacenamiento*, que vendrá definida por las dimensiones volumétricas de la zona útil del embalse o depósito.
- c) *Capacidad de suministro*, que vendrá definida como el conjunto de puntos de suministro ubicados a menor cota de altura que la cota inferior del embalse o depósito, donde no se precisa de aplicación de técnicas de bombeo para el suministro. Desde este punto de vista, la ubicación de la captación en una zona más elevada, aumenta la capacidad de suministro.

La conjunción de estos tres conceptos, así como de las propias características orográficas de la cuenca fluvial, determinan la situación más adecuada del embalse o depósito.

La empresa que realiza la gestión del suministro de agua en la mayor parte de la Comunidad de Madrid es el Canal de Isabel II. Gestiona un total de 14 embalses, capaces de almacenar un total de 945,9 hectómetros cúbicos (hm^3)¹. El embalse de El Atazar, con 425 hm^3 , es el que tiene mayor capacidad de almacenamiento y, el embalse de Navalmedio, con una capacidad de $0,7\text{ hm}^3$, es el que tiene menor capacidad.

¹ Información obtenida de la página web del Canal de Isabel II.



2.2. Red de distribución pública

Se denomina red de distribución pública de abastecimiento de agua al conjunto de canalizaciones, elementos y accesorios que permiten la conducción del agua desde los puntos de captación y almacenamiento hasta los puntos de consumo, garantizando las adecuadas condiciones del suministro.

Estas redes, que discurren normalmente por zonas públicas, pueden ser de titularidad pública o privada. Generalmente, el propietario de la red de distribución pública suele ser también la empresa que suministra el agua a los puntos de consumo.

La red de distribución del Canal de Isabel II en la Comunidad de Madrid está compuesta aproximadamente por 8.300 km de conducciones, con diámetros comprendidos entre 40 milímetros y 2 metros. La conducción más larga comunica el embalse de El Atazar con los depósitos de la Plaza de Castilla, en Madrid, y tiene una longitud total de 65,5 km con una capacidad máxima de transporte de 16 m³/s.

3. DEFINICIÓN DE AGUA DE CONSUMO HUMANO

El Real Decreto 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, tiene por objeto establecer los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación hasta el grifo del consumidor y el control de éstas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas.

La referida norma define como «agua para consumo humano»:

- a) Todas aquellas aguas, ya sea en su estado original, ya sea después del tratamiento, utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y para otros usos domésticos, sea cual fuere su origen e independientemente de que se suministren al consumidor, a través de redes de distribución públicas o privadas, de cisternas, de depósitos públicos o privados.
- b) Todas aquellas aguas utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comer-

cialización de productos o sustancias destinadas al consumo humano, así como a las utilizadas en la limpieza de superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos.

- c) Todas aquellas aguas suministradas para consumo humano como parte de una actividad comercial o pública, con independencia del volumen medio diario de agua suministrado.

El agua de consumo humano deberá ser salubre y limpia, cumpliéndose tales condiciones cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana, y cumpla con los requisitos especificados en las partes A y B del anexo I, del Real Decreto 140/2003.

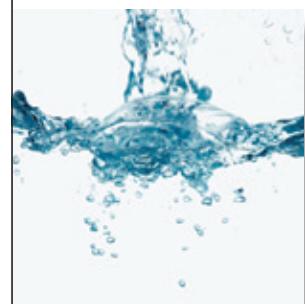
El agua de consumo humano que se pone a disposición del consumidor deberá cumplir los requisitos de calidad señalados en esta disposición, en los siguientes puntos:

- a) El punto en cual surge de los grifos que son utilizados habitualmente para el consumo humano, para las aguas suministradas a través de una red de distribución, dentro de los locales, establecimientos públicos o privados y domicilios particulares.
- b) El punto en que se pone a disposición del consumidor, para las aguas suministradas a partir de una cisterna, de depósitos móviles públicos y privados.
- c) El punto en que son utilizadas en la empresa, para las aguas utilizadas en la industria alimentaria.

4. NECESIDADES DE AGUA SANITARIA EN LOS EDIFICIOS

El funcionamiento normal de los edificios genera una demanda de utilización de agua de consumo que deberá ser prevista en el diseño de los mismos.

En la actualidad, el diseño de las instalaciones de suministro de agua en los edificios deberá realizarse con los criterios establecidos en la **Sección HS 4**, denominada **«Suministro de agua»** incluida en el Documento básico de salubridad **«HS»** que forma parte del Código técnico de la edificación (en adelante, **CTE**). Esta norma establece





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

los criterios de la instalación de suministro de agua, para garantizar, entre otros, los siguientes fines principales:

- Los aparatos de consumo dispondrán de un caudal suficiente, que garantice su funcionamiento en condiciones óptimas, para obtener el correcto servicio y grado de confort adecuado.
- Las presiones interiores de la instalación se mantendrán dentro de los valores adecuados para el correcto funcionamiento y servicio de los aparatos. Una presión muy elevada produce caudales excesivos en los aparatos y una presión muy baja defectos de caudal que dificultan o incluso impiden el funcionamiento de determinados servicios.
- Las velocidades de circulación a través de las tuberías serán suficientes para evitar o atenuar la formación de depósitos de residuos sólidos en las tuberías pero no tan elevadas que den como resultado una gran pérdida de presión por rozamiento o incluso ruidos en las canalizaciones.
- La instalación se diseñará de forma que se impidan los retornos de aguas, para evitar que puedan producirse contaminaciones en la red de distribución exterior. Para ello, se realizará un trazado adecuado y se incorporarán dispositivos antirretorno en los puntos de la red interior donde sea preciso.

En relación a las condiciones térmicas que se precisan en los distintos aparatos de consumo y vienen determinadas por las condiciones que demanda cada servicio, el agua de consumo puede presentarse bajo dos formas generales:

- a) Agua fría sanitaria.
- b) Agua caliente sanitaria (denominada habitualmente con la abreviatura ACS).

4.1. Agua fría sanitaria

Se trata de agua de consumo procedente de la fuente de abastecimiento, a la que no se somete a ningún tipo de tratamiento térmico para su utilización. No obstante, según las características originales de la captación, podría someterse a procesos físicos o químicos de tratamiento con anterioridad al suministro, o bien, dentro de la propia instalación consumidora (cloración, descalcificación, etc).

La necesidad del agua en los edificios de viviendas y su repercusión en el consumo de energía:...

Como norma general, el suministro de agua a las instalaciones de consumo² se realiza bajo la forma de agua fría.

La temperatura del agua fría suministrada a los edificios suele ser bastante constante, dado que las redes de suministro discurren enterradas y prácticamente no se ven afectadas por las condiciones de la temperatura exterior. Sin embargo, unas deficientes condiciones de aislamiento de la instalación interior pueden hacer variar la temperatura en los puntos de consumo.



4.2. Agua caliente sanitaria

Se denomina agua caliente sanitaria al agua para consumo humano que, por los servicios que tiene que cubrir, requiere una temperatura superior a la normal de agua fría y, por lo tanto, deberá ser previamente sometida a calentamiento.

El objetivo principal del agua caliente sanitaria es la mejora de las condiciones de confort de aquellos servicios que tienen como objetivo el aseo personal, aunque también pueden cubrir otras necesidades que demanden una mayor temperatura de agua (lavado de vajilla, lavado de ropa, etc).

La temperatura necesaria en los puntos de consumo depende principalmente del servicio demandado, con los siguientes valores aproximados:

- Para servicios de aseo e higiene personal: entre 34 °C y 42 °C.
- Para servicios de lavado de vajilla: entre 35 °C y 50 °C para lavado manual y entre 40 y 70 °C para lavado automático.
- Para servicios de lavado de ropa: variable, según programa seleccionado, pudiendo alcanzar valores límite de 90 °C (no se considera la opción de lavado manual).

La temperatura del agua en los puntos de consumo se obtiene generalmente mediante mezcla entre las distribuciones de agua fría y

² Se debe entender como inicio de la instalación de consumo el punto de la instalación donde cambia la titularidad, pasando de la empresa suministradora al titular de la instalación de consumo (puede ser la llave acometida, la llave de salida del armario del contador general, etc), debiendo estar, en todo caso, regulado por alguna norma legal.



caliente. Para conseguir la temperatura que requiere cada servicio, la temperatura de distribución del agua caliente debe ser siempre igual o superior a la máxima temperatura demandada por los servicios de consumo.

No obstante, en los casos donde la temperatura del servicio sea superior a la temperatura de distribución del agua caliente, el propio aparato de consumo deberá disponer de un sistema de calentamiento propio (normalmente mediante una resistencia eléctrica) que permita alcanzar la temperatura de servicio necesaria.

5. CLASIFICACIÓN DE LOS APARATOS DE CONSUMO DE AGUA DE LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS, EN FUNCIÓN DE LOS REQUISITOS DE TEMPERATURA DE SERVICIO

En función de los requisitos de temperatura de servicio de los diferentes aparatos de consumo, se pueden clasificar éstos en tres grupos generales:

- a) Aparatos que solamente precisan agua fría.
- b) Aparatos que precisan agua fría y caliente.
- c) Aparatos bitérmicos.

5.1. Aparatos de consumo que solamente precisan agua fría

Teniendo en cuenta que cada aparato de consumo tiene la misión de cubrir un servicio, los aparatos de consumo que solamente precisan agua fría son aquellos cuyo servicio se garantiza con las condiciones del agua fría.

Dentro de este grupo se encuentran:

- Los aparatos para evacuación de fecales (inodoro y urinario).
- Los aparatos y dispositivos de riego, limpieza, baldeo, y similares (grifos tipo manguera, vertederos sin toma de agua caliente, sistemas de riego automático y sus dispositivos).
- Los grifos de toma de agua para frigoríficos que incorporan esta opción.

La característica principal de estos aparatos es que solamente disponen de conexión para el circuito de agua fría.



5.2. Aparatos de consumo que precisan agua fría y caliente

Son los aparatos que precisan para su funcionamiento de una temperatura mayor que la proporcionada por la distribución de agua fría, por lo que requieren conexión de las distribuciones de agua fría y caliente.

Dentro de este grupo se encuentran:

- Los aparatos para servicio de agua general de cocina (fregadero).
- Los aparatos de higiene y aseo personal (bañera, ducha, lavabo, bidé).

La característica principal de estos aparatos es que disponen de dos conexiones, que no son intercambiables entre sí.

5.3. Aparatos de agua «bitérmicos»

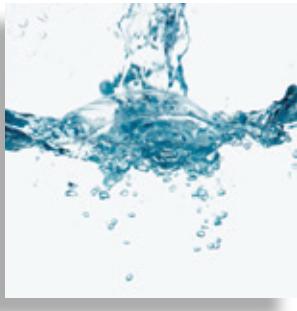
Son aparatos especiales cuyo diseño les permite un mejor aprovechamiento energético, con la consecuente reducción de consumo de energía.

Bajo este nombre genérico, tenemos distintas variantes de equipos:

- a) *Bitérmicos con una sola toma:* son aparatos que disponen de una tubería de entrada única, diseñada y construida de forma que pueda conectarse con la distribución de agua fría o la de agua caliente, indistintamente. El problema que presentan es que solamente permiten la conexión a uno de los circuitos, lo que puede afectar al ciclo normal de funcionamiento del equipo, para determinados programas.

En realidad, este tipo de aparatos no deberían denominarse bitérmicos sino «monotérmicos con posibilidad de alimentación con agua fría o caliente».

- b) *Bitérmicos con dos tomas*, para conexión de agua fría y caliente respectivamente. Permiten un mejor aprovechamiento energé-



tico y mantienen las condiciones de programación de los aparatos.

Los aparatos bitermicos son aparatos cuyo funcionamiento es completamente automático, utilizándose para lavado de vajilla (lavavajillas) o de ropa (lavadora).

6. DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS Y APARATOS INSTALADOS EN LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS QUE PRECISAN DE SUMINISTRO DE AGUA PARA SU FUNCIONAMIENTO Y UTILIZACIÓN

6.1. Clasificación de los servicios y aparatos de los edificios de viviendas que demandan agua para su funcionamiento y utilización

La descripción de los aparatos de consumo de agua que pueden existir dentro de los edificios de viviendas se facilita clasificando estos en función de los servicios que cubren, proponiendo la siguiente clasificación:

- a) Aparatos para el servicio de baño y aseo personal.
- b) Aparatos para el servicio de lavado de ropa y similares.
- c) Aparatos para el servicio de cocina, alimentación y lavado de vajilla.
- d) Aparatos para el sistema de riego de cualquier tipo.
- e) Otros aparatos para realización de otros servicios que tengan consumo de agua en las viviendas.

La descripción tendrá en cuenta principalmente aquellas características que tienen una mayor influencia sobre el consumo de agua de los edificios.

6.2. Aparatos para el servicio de baño y aseo personal

Son aparatos destinados al baño, aseo personal en general y a la recogida para su posterior eliminación de los residuos biológicos de las personas.

Los aparatos para el servicio de baño y aseo personal de uso más común en las viviendas son:

- a) Inodoro.
- b) Bañera.
- c) Ducha.
- d) Lavabo.
- e) Bidé.



6.2.1. Inodoro

Es el aparato destinado a la recogida de los residuos biológicos de las personas para su conducción y posterior evacuación a través de la red de saneamiento de aguas fecales.

El inodoro se compone de dos partes principales:

- a) **Taza:** Es el depósito de recogida de los residuos con la forma característica de «embudo», dotado de sifón para retención de olores en la parte inferior.
- b) **Dispositivo de descarga:** que tiene la función principal de proporcionar, durante un breve tiempo, el caudal necesario para el arrastre de los residuos líquidos (micciones) y/o sólidos (deposiciones).

Los dispositivos de descarga se presentan bajo dos tipos principales:

- 1) **Tanque o cisterna:** Es, con gran diferencia, el dispositivo de descarga más ampliamente utilizado, sobre todo en el sector doméstico.

Sobre este elemento se distinguen tres partes principales:

- Tanque o depósito, que acumula el agua para el abastecimiento de los caudales necesarios en las descargas.
- Dispositivo de carga, cuya función es la reposición del volumen de agua utilizado en la descarga, mediante una válvula automática de tipo flotador.



- Dispositivo de descarga, de accionamiento manual y cierre automático, abre el paso de agua hacia la taza produciendo la descarga y el arrastre de los residuos. Incorpora un aliviadero que evita el vertido de agua al exterior cuando el dispositivo de carga no obtura correctamente.
- 2) *Fluxor o válvula de descarga:* Es un dispositivo de accionamiento manual y de descarga y cierre automáticos que toma el agua directamente de la tubería de alimentación, no disponiendo de depósito de acumulación.

Precisan de un elevado caudal, comprendido entre 1 l/s y 2 l/s, lo que obliga a dotar de un gran diámetro de alimentación, así como de un diseño adecuado para garantizar que su descarga no afecte al resto de aparatos conectados a la misma instalación.

En los «*dispositivos de descarga de tipo tanque o cisterna*», el consumo de agua viene determinado principalmente por el volumen del tanque y por el volumen de descarga.

En aparatos antiguos, la descarga produce el vaciado completo del tanque. La capacidad de los tanques antiguos está comprendida entre 12 y 15 litros.

La normativa europea actual limita la capacidad de las cisternas a 9 litros, aunque los fabricantes presentan modelos de 6 litros de capacidad total, que además pueden incorporar un sistema de doble descarga que proporciona una descarga reducida de 3 litros. Otros diseños actuales permiten la interrupción de la descarga de forma manual.

En los «*dispositivos de descarga de tipo fluxor o válvula de descarga*», el consumo de agua es regulable y depende del tiempo ajustado para la descarga. Los volúmenes de descarga de estos dispositivos pueden oscilar entre 4,5 y 15 litros, que puede ser regulable. El uso de este dispositivo en los edificios de viviendas es muy reducido.

6.2.2. Bañera

Es el aparato destinado al servicio de baño tradicional.

- a) **Vaso:** es el recipiente donde se almacena el agua y se efectúa el baño, que puede tener distintas formas y dimensiones.

La capacidad de las bañeras va ligada a su forma y características dimensionales. A modo de orientación, la capacidad de las bañeras tradicionales podría estar comprendida entre 150 litros y 300 litros, aunque existen modelos de grandes dimensiones que pueden tener una mayor capacidad.

- b) **Grifería mezcladora,** que tiene la función permitir la entrada de agua y facilitar la mezcla de agua fría y caliente para obtener la temperatura de confort demandada por el usuario.

En la actualidad, estos aparatos suelen equiparse con una grifería polivalente de bañera y ducha, lo que permite la utilización de este aparato también como servicio de ducha, cuando no se dispone de éste último equipamiento en la instalación.

Una variante moderna de las bañeras convencionales son las denominadas «bañeras de hidromasaje» que, por su diseño y construcción, permiten disponer de una circulación de agua y sistemas de calentamiento para mantener el agua en las condiciones deseadas por los usuarios. Los modelos individuales suelen tener una capacidad ligeramente superior a las bañeras convencionales.

Dentro de los aparatos para el servicio de baño también queremos hacer referencia a los denominados «spas privados», de uso más exclusivo y restringido principalmente al ámbito de la vivienda unifamiliar, que pueden alcanzar capacidades superiores a 1.000 litros.

El consumo de agua en el servicio de baño está muy relacionado con las dimensiones de la bañera, aunque depende lógicamente del grado de llenado real de la misma.

En caso de utilizarse la bañera para realizar un servicio de ducha, los consumos de agua serán los correspondientes a dicho servicio.

6.2.3. Ducha

Es el aparato especialmente diseñado para la realización del servicio de ducha.





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

La ducha se compone de dos partes principales:

- a) **Cabina** de planta cuadrangular, circular o mixta, que dispone de puertas de cierre herméticas a las proyecciones normales del servicio.
- b) **Sistema de ducha**, que tiene la función de permitir la entrada de agua, facilitar la mezcla de agua fría y caliente para obtener la temperatura de confort y producir la proyección del agua sobre el cuerpo y cabello de forma pulverizada.

Dentro del sistema de ducha se pueden distinguir los siguientes componentes principales:

- 1) **Grifería mezcladora**: Tiene la función de controlar el caudal de paso de agua fría y caliente hacia el cabezal de pulverización y permitir la mezcla entre ambas, para conseguir la temperatura de confort en el servicio. La mezcla puede realizarse de forma manual o automática.
- 2) **Cabezal de pulverización**: comunicado con la grifería mezcladora a través de una tubería que puede ser rígida o flexible, tiene la función de dividir el caudal de agua en una lluvia pulverizada. Hay que tener en cuenta que los cabezales actuales permiten la regulación de distintas posiciones de funcionamiento, que varían desde la lluvia pulverizada hasta el chorro de agua a presión.

El consumo de agua en el servicio de ducha depende de dos factores principales: el caudal de agua utilizado durante el servicio y el tiempo de duración efectivo del mismo³.

6.2.4. Lavabo

Es el aparato multiusos de aseo personal, que utilizamos, entre otros, para el lavado de la cara, remojado del cabello, lavado de las manos, limpieza bucodental, afeitado con maquinilla manual y, en general, necesidades de higiene y limpieza en cabeza, manos y antebrazos.

Con gran diferencia, es el aparato que mayor número de veces se utiliza en el servicio de aseo personal, aunque al disponer de un cau-

³ Que se obtendrá como el tiempo total desde la apertura hasta el cierre final una vez restados los tiempos intermedios de parada del servicio, si estos se producen.

dal inferior y utilizarse en periodos muy cortos de tiempo, no suele ser el aparato que mayor consumo de agua produce, salvo que no se utilice adecuadamente.

Al igual que sucede con otros aparatos de aseo personal, el lavabo se compone de dos partes principales:

- a) **Recipiente o cuba**, donde se recoge el agua que permite la realización del servicio, para lo que incorpora un tapón de cierre. También incorpora un rebosadero en la parte superior, conducido hacia la tubería de desagüe, que evita el derrame de agua fuera del aparato.
- b) **Grifería mezcladora**, que tiene la función permitir la entrada de agua y facilitar la mezcla de agua fría y caliente para obtener la temperatura necesaria para el servicio que se realiza.

El uso de este aparato se puede realizar de dos formas, principalmente:

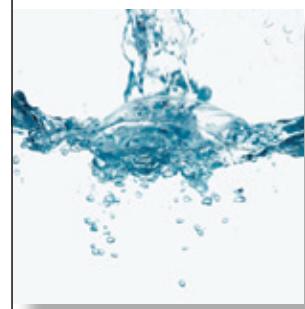
- 1) Haciendo uso del tapón, es decir, realizando el servicio con el recipiente lleno y con el grifo cerrado. Es el sistema previsto en el diseño original del aparato y con seguridad el más hidroeficiente.
- 2) Con descarga libre, es decir, sin colocar el tapón. Obliga a mantener el grifo abierto durante el tiempo que dura el servicio, lo que generalmente produce consumos muy superiores.

El consumo de agua en este servicio depende, sobre todo, de la forma de uso. En el primero de los casos enumerados en el párrafo anterior depende del grado de llenado del recipiente en los distintos servicios realizados en aparato y, en el segundo caso, del caudal de agua utilizado para cada uno de los servicios realizados y el tiempo de duración de los mismos.

6.2.5. Bidé

Es el aparato utilizado para la higiene de zonas genitales externas y el ano, aunque también se utiliza para el lavado de pies. Puede utilizarse asimismo para tomar baños de asiento en personas que sufren hemorroides.

Aunque el servicio para el que se utiliza es diferente, está compuesto por las mismas partes y el uso del aparato se puede realizar en las





mismas formas enumeradas para el lavabo, descrito en el punto anterior.

6.3. Aparatos para el servicio de lavado de ropa y similares

En la actualidad, el lavado manual de ropa está en desuso. Tan solo se aplica, de forma excepcional, a aquellas prendas que, por sus características, no admitan el lavado en lavadora.

El equipo de lavado automático de ropa es la lavadora.

6.3.1. Lavadora

La lavadora es un aparato que se utiliza para el lavado automático de la ropa y se enmarca dentro de los aparatos denominados electrodomésticos, debido a que precisan para su funcionamiento de alimentación eléctrica.

El ciclo de lavado básico de una lavadora se compone de dos fases:

a) **Lavado**, que es la fase principal, donde se elimina la suciedad de la ropa. Esta fase se compone de varias operaciones generales:

- 1) *Llenado de agua para el lavado*, que se realiza a través del recipiente que contiene el detergente. El control de llenado de la lavadora se realiza por medio de un dispositivo de tipo presostático, que actúa eléctricamente sobre la electroválvula de entrada de agua a la lavadora.
- 2) *Agitación para el lavado*, donde el motor hace girar lentamente el tambor en los dos sentidos, de forma alternativa, lo que permite el movimiento de las prendas y la actuación del agua y el detergente para conseguir la eliminación de la suciedad de la ropa.

El tiempo de duración de esta operación depende del tipo de lavado seleccionado, que podrá ser intenso, normal, delicado, etc.

El control de llenado de agua permite el aporte de agua durante esta operación, si fuera necesario.

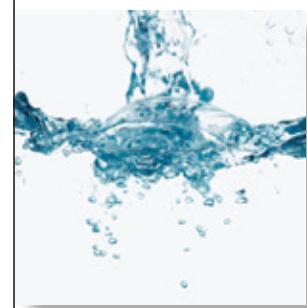
- 3) Desagüe después del lavado, que tiene la función de eliminar el agua sucia como consecuencia del lavado de la ropa. Se realiza por actuación de la bomba de desagüe.
 - 4) Llenado de agua para el aclarado, donde la lavadora coge agua para el aclarado de la ropa. En esta operación se incorpora el suavizante.
 - 5) Agitación para el aclarado, donde el motor hace girar el tambor en los dos sentidos, de forma similar al proceso de lavado.
 - 6) Desagüe después del aclarado, para eliminar los restos de agua y suavizante, dejando la ropa limpia y la cuba vacía. Se realiza por actuación de la bomba de desagüe.
- b) **Secado por centrifugación**, que es la fase final, que da como resultado una ropa con bajo contenido de humedad, casi seca. La eliminación de agua de la ropa se realiza mediante centrifugado, es decir, sometiendo al tambor a una gran velocidad de rotación, que produce el desprendimiento de los restos de agua que puedan quedar en la ropa, después del lavado, aunque no se consigue el secado completo.

La efectividad de este proceso depende principalmente de la velocidad de rotación que se ajuste, que viene determinada lógicamente de las posibilidades que ofrezca el propio aparato, así como de las propias características de la ropa en relación con la retención del agua.

Para la clasificación de las lavadoras se pueden utilizar varios criterios:

- a) En función de su **capacidad**, tenemos lavadoras desde menos de 5 kg de capacidad de carga hasta más de 10 kg.
- b) En función de su **clasificación energética**, tenemos lavadoras desde **Clase G** (menor eficiencia) hasta **Clase A+++** (mayor eficiencia).

El consumo de agua de una lavadora viene determinado principalmente por la capacidad y por la clasificación energética. Lógicamente, a mayor capacidad de lavado mayor será la cantidad de agua total que consume la lavadora, aunque si hacemos la valoración por kilogramo de ropa, la relación suele ser constante según la clasificación energética.





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

La clasificación energética es determinante del consumo de agua (y de energía) de la lavadora:

- Una lavadora de **Clase A**, de 5 kg de capacidad, puede tener un consumo de agua comprendido entre 40 y 50 litros de agua (45 litros de media), lo que equivale a un consumo de 9 litros de agua por cada kilogramo de ropa.
- Un lavadora de **Clase A**, de 7 kg de capacidad, puede tener un consumo de agua comprendido entre 45 y 60 litros de agua por cada ciclo de lavado (56 litros de media), lo que equivale a un consumo de 8 litros de agua por cada kilogramo de ropa.
- Una lavadora de **Clase A+++**, de 7 kg de capacidad, puede tener un consumo de agua comprendido entre 38 y 54 litros por cada ciclo de lavado (45 litros de media), lo que equivale a un consumo aproximado de 6,5 litros por cada kilogramo de ropa.
- Una antigua lavadora de **Clase C**, de 5 kg de capacidad, puede tener un consumo de agua superior a 70 litros de agua por cada ciclo de lavado, lo que equivale a un consumo mínimo de 14 litros de agua por cada kilogramo de ropa.

6.4. Aparatos para el servicio de cocina, alimentación y lavado de vajilla

Son aparatos destinados a servicios propios de la cocina, entre los que se encuentran:

- El consumo directo de agua para beber.
- El lavado de los alimentos en general.
- El consumo de agua para los servicios de cocción, preparación de café e infusiones.
- El lavado y aclarado de vajilla.
- El lavado de manos, previo a la manipulación de alimentos para la elaboración de las comidas.
- El consumo destinado a la limpieza propia del fregadero.

Los aparatos para el servicio de cocina, alimentación y lavado de vajilla en las viviendas son:

- a) Fregadero.
- b) Lavavajillas.
- c) Frigorífico.



6.4.1. Fregadero

Es el aparato multiusos de la cocina, que utilizamos, entre otros, para coger el agua que utilizamos para beber, para el lavado de alimentos, para necesidades de agua de preparación de alimentos de todo tipo, el lavado y aclarado manual de la vajilla, el lavado de manos previo a la preparación de comidas y, en general, cualquier otro uso similar.

Con gran diferencia, es el aparato que mayor número de veces de utiliza en el servicio de cocina, aunque al utilizarse en períodos generalmente cortos de tiempo, no suele ser el aparato que mayor consumo de agua produce, salvo que no se utilice adecuadamente.

Al igual que sucede con otros aparatos domésticos, el fregadero se compone de dos partes principales:

- a) **Recipiente o cuba**, donde se recoge el agua que permite la realización del servicio, para lo que incorpora un tapón de cierre. También incorpora un rebosadero en la parte superior, conduciendo hacia la tubería de desagüe, que evita el derrame de agua fuera del aparato.
- b) **Grifería mezcladora**, que tiene la función permitir la entrada de agua y facilitar la mezcla de agua fría y caliente para obtener la temperatura necesaria para el servicio que se realiza.

El uso de este aparato se puede realizar de dos formas, principalmente:

- 1) Haciendo uso del tapón, es decir, realizando el servicio con el recipiente lleno y con el grifo cerrado. Es el sistema previsto en el diseño original del aparato y con seguridad el más hidroeficiente.
- 2) Con descarga libre, es decir, sin colocar el tapón. Obliga a mantener el grifo abierto durante el tiempo que dura el servicio, lo que generalmente produce consumos muy superiores.



El consumo de agua en este servicio depende, sobre todo, de la forma de uso. En el primero de los casos enumerados en el párrafo anterior depende del grado de llenado del recipiente en los distintos servicios realizados en aparato y, en el segundo caso, del caudal de agua utilizado para cada uno de los servicios realizados y el tiempo de duración de los mismos.

6.4.2. Lavavajillas

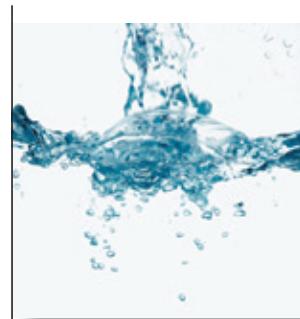
El lavavajillas es un aparato que se utiliza para el lavado automático de la vajilla y se enmarca dentro de los aparatos denominados electrodomésticos, debido a que precisan para su funcionamiento de alimentación eléctrica.

Las condiciones de funcionamiento de este aparato se determinan en función de los denominados programas de funcionamiento, que permiten adaptar el servicio al tipo de vajilla y al estado de suciedad de la misma. Los programas característicos de los lavavajillas son:

- a) **Programa rápido**, que se utiliza para el lavado de vajillas delicadas. Su temperatura de funcionamiento es baja (comprendida entre 35 °C y 45 °C), con un tiempo de lavado reducido.
- b) **Programa Eco**, que es el programa de lavado normal que produce un menor consumo de agua y energía. La temperatura de lavado está comprendida entre 45 y 55 °C y es el programa normalmente de mayor duración.
- c) **Programa normal**, que es el programa de lavado normal que se realiza a mayor temperatura. La temperatura de lavado es superior a la del programa eco, aunque en los lavavajillas modernos la temperatura suele fijarse de forma automática en función del grado de suciedad de la vajilla, siendo la temperatura máxima de 65 °C. El tiempo de duración del programa es inferior que en el modo eco.
- d) **Programa de alta temperatura**, que se utiliza para el lavado de cacerolas y sartenes donde la suciedad está muy incrustada. Puede alcanzar valores de temperatura de 70 °C y los tiempos de funcionamiento pueden estar comprendidos entre la duración del programa normal y el programa eco.

El ciclo de lavado básico de un lavavajillas se compone de cuatro fases:

- a) **Remojado**, que permite ablandar los restos de comida de la vajilla, para permitir su limpieza posterior.
- b) **Lavado**, que es la fase principal, donde se elimina la suciedad de la vajilla. Se caracteriza por realizarse a la temperatura determinada por el programa seleccionado y haciendo uso del detergente.
- c) **Aclarado**, que es la fase posterior al lavado, donde se eliminan los restos de jabón y detergente que puedan quedar en la vajilla.
- d) **Secado**, que es la fase final del lavado, donde se elimina el agua de la vajilla. Para ello se suele proyectar sobre la vajilla agua pulverizada a una temperatura elevada (en torno a 70 °C), que se suma al efecto del abrillantador y favorece el decantado de agua de la vajilla. No obstante, existen otros sistemas más efectivos que se aplican en los lavavajillas de más alta eficiencia.



6.4.3. Frigorífico

Los frigoríficos modernos, diseñados para la fabricación de cubitos de hielo y proporcionar agua refrigerada para consumo, disponen de una pequeña toma de agua para permitir el servicio.

El automatismo de este aparato permite el control del aporte de agua consumido en forma de agua fría o cubos de hielo, por lo su consumo es prácticamente despreciable.

6.5. Aparatos para el sistema de riego de cualquier tipo

El sistema de riego tiene la función de aportar a la planta el agua necesaria para contrarrestar las pérdidas por evaporación, que podrán ser de dos tipos:

- Las debidas a la evaporación desde el suelo.
- Las propias de transpiración de la planta.

La suma de estos conceptos de denominan en el argot del riego **«evapotranspiración»** y se identifica con las siglas **«ETP»**.

En realidad, el concepto **«ETP»** se utiliza para definir la **«evapotranspiración potencial»**, definida como la máxima cantidad de agua que



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación, que se desarrolla en óptimas condiciones, y suponiendo que no existe limitación en relación con la disponibilidad de agua.

Los sistemas de riego pueden ser manuales o automáticos. En relación con el consumo de agua, como norma general, los sistemas automáticos son más eficientes que los efectuados de forma manual, debido a que el tiempo lo fija la persona que riega, a diferencia de los sistemas automáticos, que vienen controlados por programadores.

Los sistemas de aplicación habitual a instalaciones domésticas son los siguientes:

- a) Sistema manual mediante recipiente.
- b) Sistema manual de manguera con boquilla pulverizadora.
- c) Sistema automático por agua pulverizada.
- d) Sistema automático por goteo.

6.5.1. Sistema manual mediante recipiente

Es el sistema se utiliza generalmente para el riego de plantas decorativas instaladas en maceta, aunque también puede aplicarse en pequeños jardines domésticos. Los recipientes más característicos para su realización son el cubo (también llamado caldero) y la regadera o rociadera.

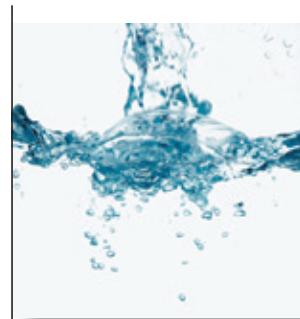
El consumo de agua con este sistema se obtiene mediante el volumen del recipiente y las veces que se haya llenado, así como los vertidos de agua que se hayan producido durante el llenado. Al utilizarse para plantas localizadas o pequeñas superficies, el consumo es muy reducido.

6.5.2. Sistema manual de manguera con boquilla pulverizadora

Este sistema se utiliza tanto para el riego de plantas decorativas instaladas en jardines domésticos como para el riego de pequeñas superficies de césped, o incluso arbustos o árboles.

El sistema de la boquilla permite su utilización con chorro (riego localizado) o con agua pulverizada (riego de césped).

El consumo de agua de este sistema viene dado por el caudal de la boquilla y el tiempo de utilización.



6.5.3. Sistema automático por agua pulverizada

Son sistemas de riego que incorporan un mecanismo capaz de pulverizar en gotas el caudal de agua que recibe. Dentro de los sistemas de riego por agua pulverizada, existen varios tipos generales:

- a) **Mediante aspersores:** El mecanismo clave es el «aspersor», que es el elemento encargado de la producción de las gotas.

El aspersor va girando produciendo una proyección de gotas homogénea de forma circular. Para conseguir la efectividad, los círculos de los aspersores deben solaparse, lo que exige una separación entre aspersores comprendida entre el 50% y el 60% de su alcance.

Su alcance para aplicación al sector residencial está comprendido entre 7 y 12 metros, por lo que son idóneos para el riego de superficies de terreno de mayor extensión.

El consumo de agua viene dado por el número de aspersores, el caudal unitario de éstos y el tiempo de funcionamiento.

- b) **Mediante difusores:** Se engloban en este término todos los emisores que distribuyen gotas en un sector fijo y no disponen de elementos móviles. A diferencia del sistema por aspersores, el riego del difusor es fijo.

Son idóneos para el riego de zonas estrechas, siendo su alcance variable entre 1,5 y 4 metros, aproximadamente. La regulación del caudal de riego se obtiene en función de la tobera utilizada.

Dentro de los difusores, existen modelos aéreos y emergentes.

El consumo de agua viene dado por las características de la tobera, el número de difusores y el tiempo de funcionamiento.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Los sistemas de pulverización se utilizan principalmente para el riego de zonas de césped.

Dado que la proyección de las gotas se realiza por el aire, el riego con estos sistemas es más favorable en periodo nocturno, al reducirse las pérdidas de agua por evaporación.

6.5.4. Sistema automático por goteo

Este sistema de riego localizado es el más utilizado en el sector doméstico.

Su objetivo es realizar pequeñas aportaciones de agua de forma permanente durante el tiempo necesario para la producción del riego de la planta.

En el riego por goteo el agua se distribuye mediante tuberías de polietileno de baja presión, en las que se colocan a intervalos regulares los orificios denominados «goteros», que producen y descargan las gotas al terreno.

El sistema de riego por goteo se utiliza para el riego de arbustos y árboles, aunque también puede aplicarse al riego de plantas herbáceas. Es menos efectivo para el riego de césped, que requiere un reparto de agua más homogéneo por toda la superficie.

El consumo de agua en este sistema viene dado por el número de goteros, su caudal de goteo y el tiempo de funcionamiento del sistema.

Aunque en este caso la evaporación en el ambiente no tiene el mismo efecto que en los sistemas de riego por agua pulverizada, el riego nocturno siempre resulta más eficiente.

6.6. Aparatos para la realización de otros servicios que tengan consumo de agua en las viviendas

Otros servicios no contemplados en los apartados anteriores que pueden desarrollarse en los edificios de viviendas y que producen consumos de agua son los siguientes:

- a) Operaciones de limpieza de solados y baldeo en general.
- b) Limpieza de vehículos automóviles.
- c) Llenado de piscinas.

Generalmente para la utilización de este tipo de servicios se dispone de un vertedero, un grifo de tipo manguera, o bien, una válvula de accionamiento manual.

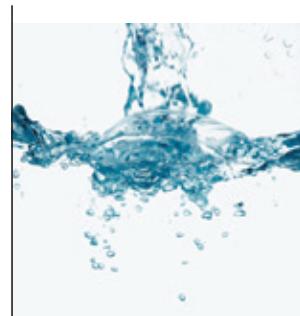
La aportación de agua para el llenado de la piscina debe realizarse de forma manual y debe controlarse mediante un sistema de medida (contador).

7. ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE SERVICIOS, APARATOS Y MODERNAS TÉCNICAS DISPONIBLES QUE PERMITEN LA REDUCCIÓN DE LOS CONSUMOS DE AGUA EN LOS EDIFICIOS DE VIVIENDAS

Las modernas técnicas de diseño de los aparatos de consumo de agua y sus complementos tienen como finalidad mantener la calidad demandada en los distintos servicios pero introduciendo una mejora en la eficiencia, lo que se traduce en un menor consumo de agua.

Estas técnicas de diseño y fabricación tienen los siguientes objetivos:

- Reducir los caudales o volúmenes de agua consumidos por los aparatos sin perjudicar el servicio.
- Evitar los excesos de caudal que pueden producirse en los aparatos de consumo, que pueden ser debidos a un exceso de presión en la instalación consumidora.
- Mejorar los sistemas de pulverización para conseguir un efecto similar con un consumo inferior.
- Permitir la adaptación de los complementos sobre los aparatos existentes, de forma que se eviten mayores gastos por sustitución.
- Posibilitar la interrupción manual del aporte de agua al servicio.
- Facilitar el cierre y apertura del aparato para evitar el consumo en aquellas fases del servicio donde no se utiliza el agua.
- Automatizar los tiempos de funcionamiento de los servicios y aparatos de consumo para evitar despilfarros.





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Los sistemas modernos de ahorro de agua de aplicación a los aparatos y servicios del ámbito doméstico, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- a) Instalación de nuevos aparatos con sistemas eficientes.
- b) Adaptación de dispositivos de ahorro sobre aparatos existentes.

La tecnología actual permite disponer de aparatos consumidores de agua que, por su diseño, construcción y grado de automatización, poseen una mayor eficiencia, lo que se traduce en un menor consumo de agua en cada servicio, dentro de los que pueden destacarse los siguientes:

- 1) Cisternas de capacidad reducida y doble descarga (normal y reducida).
- 2) Grifería monomando.
- 3) Griferías de mezcla automática para duchas y bañeras.
- 4) Dispositivo perlizador-reductor.
- 5) Utilización de electrodomésticos eficientes.
- 6) Sistemas de riego automatizado por tiempo.

Por otra parte, dentro de los dispositivos de ahorro diseñados para poder ser adaptados sobre aparatos existentes, destacan por su utilización los siguientes:

- 7) Sistemas de doble descarga adaptables a aparatos existentes.
- 8) Sistemas de simple descarga con interrupción de descarga adaptables a aparatos existentes.
- 9) Reductores de caudal adaptables para duchas.
- 10) Interruptores de corte adaptables para duchas.
- 11) Dispositivo perlizador-reductor para acoplar a grifería existente.

7.1. Cisternas de capacidad reducida y doble descarga (normal y reducida)

El inodoro es, junto con los servicios de ducha y baño, los aparatos domésticos donde se produce un mayor consumo de agua, que

vendrá determinado por el volumen de las descargas y la frecuencia de las mismas.

Los modernos diseños de inodoros, que favorecen la evacuación de las materias fecales, permiten la utilización de tanques o cisternas de capacidad reducida, manteniendo la misma eficacia en la evacuación. En la actualidad, existen en el mercado dispositivos de cisterna que permiten ajustar un volumen máximo de descarga de 6 litros y que incorporan descarga reducida de 3 litros.



7.2. Grifería monomando

Disponen de un único mando que permite, además de la apertura y el cierre del paso de agua, la regulación de la temperatura de la mezcla, consiguiéndose generalmente una reducción del gasto de agua en el ajuste de la temperatura del agua, si se compara con las griferías de tipo monobloc que disponen de dos mandos, para agua fría y caliente respectivamente, que deben ajustarse por separado.

Este tipo de griferías están disponibles para fregadero, lavabo, ducha y bidé.

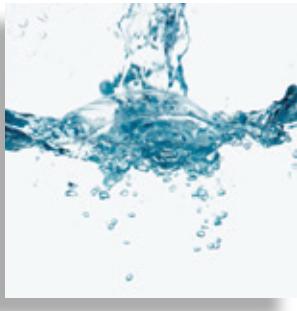
La grifería monomando es compatible con otros sistemas de ahorro de agua, como por ejemplo los dispositivos perlizadores reductores o los perlizadores eyectores para fregadero.

7.3. Griferías termostáticas de mezcla automática para ducha o bañera

Son conjuntos donde la mezcla termostática se realiza de forma automática, sin necesidad de un ajuste manual.

Disponen de dos mandos para su funcionamiento:

- Un mando de accionamiento manual que permite la apertura y cierre del paso de agua, así como el ajuste del caudal que pasa hacia la boquilla pulverizadora. Puede incorporar un tope limitador de caudal, ajustado a un valor comprendido entre 8 y 12 litros/



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

minuto (es habitual el ajuste a 9 litros/minuto), que puede desbloquearse pulsando un botón que incluye el propio mando, para obtener un mayor caudal.

- Un mando para el ajuste de la temperatura, sobre una escala numerada o referenciada. Una vez seleccionado, realiza la mezcla del agua fría y caliente de forma automática hasta conseguir la temperatura seleccionada.

Aunque la ventaja principal que ofrece la grifería termostática de mezcla automática radica en la comodidad y calidad del servicio, en el servicio de ducha también ofrece la posibilidad de cortar el consumo de agua en las fases de enjabonado y lavado de cabello, donde no es necesaria la utilización de agua, con la consiguiente reducción en el consumo de agua en el servicio.

La aplicación de este tipo de griferías para su utilización en fregaderos y lavabos no ofrece tantas ventajas como para los servicios de baño y ducha, ya que este tipo de aparatos no tiene una temperatura de uso tan uniforme, incluso sus servicios pueden cubrirse en muchos casos exclusivamente con agua fría (agua para beber, agua para cocinar, lavado de alimentos, lavado normal de manos, etc).

7.4. Dispositivo perlizador reductor para acoplamiento a grifería

Los perlizadores reductores son dispositivos que producen la mezcla de aire con agua, haciendo que el agua se proyecte en forma de gotas, aumentando la superficie de contacto y dando la impresión de que se vierte un mayor caudal de agua.

La principal característica que tienen estos dispositivos es que pueden incorporarse tanto en griferías nuevas como en griferías instaladas, proporcionando en ambos casos unos resultados muy satisfactorios.

Según la presión de la tubería de alimentación al grifo, se pueden obtener ahorros de agua comprendidos entre el 40% y el 60% sobre el caudal anterior a la instalación del dispositivo.

Los dispositivos perlizadores reductores permiten un uso normal de la grifería del fregadero con un caudal comprendido entre 8 y 10 litros/minuto y de 5 litros/minuto para un uso normal de la grifería del lavabo y bidé.

Una variante del perlizador reductor es el denominado «perlizador-eyector» que, además de la reducción del caudal en el fregadero, evita que se produzcan molestas salpicaduras en la utilización de este aparato.

Las griferías actuales incorporan generalmente dispositivos pulverizadores del tipo perlizador reductor.

7.5. Utilización de electrodomésticos eficientes

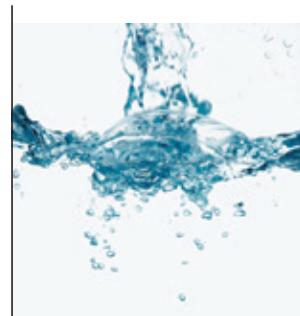
La utilización de electrodomésticos eficientes con clase A o superior (Clase A+, A++ y A+++) permite un menor consumo de agua y energía que los electrodomésticos clasificados entre la clase B y G.

Las lavadoras de Clase A tienen un consumo comprendido entre 40 y 65 litros de agua por ciclo de lavado normal, en función de su capacidad. A medida que la capacidad de la lavadora es mayor también aumenta el consumo de agua por cada ciclo, aunque disminuye ligeramente el consumo de agua por kilogramo de ropa.

Las lavadoras de nuevo diseño, de Clase A++, tienen un consumo anual de agua comprendido entre 8,5 y 10 m³, para lavadoras de 7 kg de capacidad y, entre 9 y 11,5 m³, para lavadoras de 8 kg de capacidad. Dado que el consumo anual se determina actualmente sobre la referencia de 220 lavados/año, el consumo por lavado estaría comprendido entre 38 y 52 litros, con consumos comprendidos entre 6 y 7 litros de agua por kilogramo de ropa.

Los lavavajillas de Clase A tienen un consumo comprendido entre 15 y 25 litros de agua por ciclo de lavado normal, para un modelo de 12 cubiertos. El consumo de agua unitario podría estar comprendido entre 1,25 y 2 litros/cubierta.

Los lavavajillas de Clase A+++ tienen un consumo anual comprendido entre 2.000 y 2.600 litros, para un modelo de 13 cubiertos y, com-





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

prendido entre 2.700 y 3.200 litros para un modelo de 14 cubiertos. Si consideramos este consumo para 280 lavados, el consumo por lavado podría estar comprendido entre 8 y 12 litros, y en torno a 1 litro/cubierta o inferior.

7.6. Sistemas de riego automatizados por tiempo

Los sistemas automáticos de riego permiten un mejor reparto de agua, garantizando que las plantas reciban suficiente agua y evitando zonas de encharcamiento.

La cantidad de agua que necesita una planta depende principalmente del tipo de planta y de las condiciones exteriores a las que esté sometida:

- Las plantas de tipo herbáceo requieren un mayor consumo de agua que los de tipo arbustivo.
- Cualquier planta necesita un mayor aporte de agua en época de verano, debido a la mayor evaporación de agua debida a la temperatura y a la menor humedad relativa del ambiente.

La utilización del sistema de riego adecuado permite alcanzar el nivel correcto de agua que necesita la planta para su correcto desarrollo y evitar pérdidas, que pueden producirse principalmente por evaporación en el ambiente, vertido fuera de la zona de riego, encharcamiento, etc.

La programación de un tiempo de riego correcto es determinante para limitar el consumo de agua, sin perjudicar a las plantas. La utilización de documentación técnica especializada permite el correcto ajuste, que será variable en función del tipo de terreno y de las condiciones exteriores de temperatura y humedad relativa, siendo recomendable variar los tiempos en función de la temporada.

7.7. Sistemas de doble descarga adaptables a aparatos existentes

Son dispositivos ahorreadores de agua diseñados para su acoplamiento sobre modelos de cisterna antiguos, que solamente disponen de dispositivo de descarga completa. El sistema de doble descarga

permite seleccionar, además de la descarga completa, una descarga parcial del orden del 50%, suficiente para la eliminación de micciones, con la posibilidad de realizar la descarga completa cuando sea necesario.

La incorporación de este dispositivo permite un ahorro de aproximadamente el 40% sobre el consumo de la cisterna original. Otra ventaja que presenta este dispositivo es que una vez accionado, no requiere de otra intervención manual, lo que facilita su uso y favorece su efectividad.

Algunos de estos sistemas permiten incluso el ajuste del volumen de la descarga completa, aunque esta reducción deberá valorarse previamente para que la evacuación no se vea perjudicada, al tratarse de un aparato antiguo con una menor eficacia del sifón de descarga.

7.8. Sistemas de simple descarga con interrupción de descarga adaptables a aparatos existentes

Es un dispositivo similar al anterior, diseñado también para su acoplamiento sobre cisternas ya instaladas, con sistema único de descarga completa. Persigue el mismo objetivo que los sistemas de doble descarga, aunque en este caso requiere de una doble actuación.

El inconveniente de la necesidad de actuar dos veces, una para el accionamiento de la descarga y otra para la interrupción en caso necesario, se ve compensado con la ventaja de que se puede interrumpir en cualquier momento, lo que incluso puede reducir el consumo de agua.

No obstante, la efectividad de este sistema depende mucho de la concienciación ecoeficiente de los usuarios (el olvido en la interrupción de la descarga tendría como resultado una descarga completa).

7.9. Reductores de caudal para duchas

Es un dispositivo que reduce la presión del agua y como consecuencia se obtiene una reducción del caudal de alimentación a





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

la ducha, sin reducir la calidad del servicio y el confort del equipo.

Viene previsto para su acoplamiento sobre la grifería mezcladora, intercalada entre ésta y el latiguillo flexible que la conecta con la boquilla pulverizadora.

Estos aparatos están especialmente diseñados para aquellas instalaciones donde no existe un control de presión máxima de funcionamiento, es decir, que no disponen en el punto de inicio de la instalación de una válvula reductora o reguladora de presión.

7.10. Interruptores de corte de caudal para duchas

Es un dispositivo de accionamiento manual que permite cerrar el paso de agua a la ducha sin necesidad de actuar sobre la grifería, evitando de esta forma tener que realizar una nueva regulación de temperatura cuando se accione de nuevo el servicio. Es de gran utilidad como complemento a griferías de doble mando para agua fría y caliente.

La incorporación del interruptor de corte permite detener el consumo de agua en las fases de enjabonado, lo que permite reducir entre un 25% y un 50% el consumo en cada servicio.

8. INFLUENCIA DEL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS APARATOS Y SISTEMAS UTILIZADOS EN EL CONSUMO DE AGUA EN LOS EDIFICIOS

El diseño de la instalación de suministro de agua es determinante para conseguir la mayor eficiencia en el consumo de agua.

Un correcto diseño deberá garantizar:

- Una presión suficiente para el funcionamiento de la instalación y la utilización de los aparatos conectados a ella, pero a la vez moderada, para evitar excesos de consumo de agua en el uso de los aparatos.
- La posibilidad de controlar los consumos de agua en cada vivienda de forma individualizada, incluso, dentro de ella, de aquellos

servicios o aparatos que puedan presentar puntos de control críticos (tramos enterrados en zonas exteriores, alimentación de piscinas, instalaciones de riego, etc).

- La dotación de aparatos y realización de servicios eficientes para las nuevas instalaciones.
- Disposición de red de retorno para la instalación de agua caliente sanitaria, con las condiciones reglamentarias de aislamiento.



Por otra parte, en las instalaciones existentes que no dispongan de un equipamiento eficiente, se podrán instalar sistemas específicos de aplicación para este tipo de instalaciones, cuyo objetivo sea reducir el consumo de agua aunque sin afectar al correcto funcionamiento de la instalación.

8.1. Limitación de la presión de funcionamiento de la instalación

La presión hidráulica existente dentro de la instalación individual tiene gran importancia en el consumo de agua de los aparatos conectados a ella, excepto aquellos que utilizan un control de nivel (por ejemplo, el inodoro).

La determinación de esta presión deberá realizarse para un consumo de agua correspondiente al caudal simultáneo de la instalación, obtenido en función de los aparatos instalados, mediante un procedimiento de reconocido prestigio. La realización de la medición de la presión sin consumo producirá un resultado mayor al realmente existente.

En la tabla siguiente se clasifican los valores de presión que pueden existir en las instalaciones de suministro de agua.



Tabla 8.1. Clasificación de las instalaciones atendiendo a los rangos de presión de funcionamiento.

Tipo de presión	Rango de presión	Efectos que produce sobre instalación y aparatos
Presión baja	Menor de 1 bar	<ul style="list-style-type: none">• Puede producir un funcionamiento defectuoso en los aparatos de consumo, por falta de presión.
Presión media o normal	Entre 1 y 3 bar	<ul style="list-style-type: none">• Es el rango de presión ideal para el funcionamiento de los aparatos y la obtención de un adecuado consumo de agua.• El rango comprendido entre 1 y 2 bar puede ser insuficiente para aparatos con diseño antiguo o que presenten deficiencias de conservación.
Presión ligeramente alta	Entre 3 y 5 bar	<ul style="list-style-type: none">• Es un rango de funcionamiento aceptable. El exceso de consumo de los aparatos por efecto de la presión es moderado.• En función del tipo de aparatos y estado de conservación, será recomendable la reducción de la presión o simplemente la dotación de sistemas ahorreadores en los grifos, si no disponen de ellos.
Presión alta	Entre 5 y 8 bar	<ul style="list-style-type: none">• El sobreconsumo en los aparatos por el efecto de la presión es significativo, siendo necesario instalar dispositivos de reducción de la presión de la instalación, que podrán complementarse con dispositivos ahorreadores de agua.• Se pueden producir anomalías en el funcionamiento de algunos aparatos de consumo.
Presión muy alta	Mayor de 8 bar	<ul style="list-style-type: none">• La instalación no debe funcionar en estas condiciones, siendo necesario instalar dispositivos reductores y reguladores de presión.• Riesgo importante de anomalías en el funcionamiento de los aparatos, grandes excesos de consumo y posibles roturas por el efecto de la presión.

Los aparatos de consumo habituales de una vivienda pueden funcionar adecuadamente con un rango de presión comprendido entre 1 bar y 2,5 bar.

Lógicamente, una mayor presión en el interior de la instalación de suministro de agua produce un mayor consumo para el mismo grado de apertura del grifo o llave del aparato.

El Código técnico de la edificación, en el apartado **«2.1.3. Condiciones mínimas de suministro»** de la Sección HS 4 del Documento básico de salubridad HS, punto 3, establece que **«la presión en cualquier punto de consumo no debe superar 500 kPa (5 bar)»**.

Como las compañías suministradoras de agua no suelen garantizar una presión límite superior, todas las instalaciones de suministro de agua deberán dotarse de un **dispositivo reductor y regulador de presión**, que garantice una presión de máxima de funcionamiento dentro de la instalación. Estos dispositivos pueden disponer de ajuste fijo de presión, o bien, ser ajustables dentro de un rango determinado.

El montaje de estos dispositivos sobre instalaciones existentes suele ser sencillo, aunque deberá disponerse del espacio suficiente para su instalación. Si no hay espacio para su instalación de las zonas comunes, se podrá instalar en el punto de entrada de agua fría a la vivienda.

8.2. Control del consumo general de cada vivienda y de servicios y aparatos que puedan presentar puntos críticos para el control del consumo

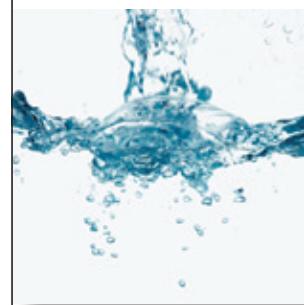
El control del consumo de agua de las instalaciones consumidoras no es posible si no existe un sistema de contaje en cada instalación individual.

El Código técnico de la edificación, en el apartado **«2.3. Ahorro de agua»** de la Sección HS 4 del Documento básico de salubridad HS, punto 1, establece que **«Debe disponerse un sistema de contabilización tanto de agua fría como de agua caliente para cada unidad de consumo individualizable»**.

Las ordenanzas de algunos municipios establecen la obligación de instalar un contador individual en cada vivienda o local incluso en las instalaciones existentes con anterioridad a la vigencia de dicha norma⁴.

No obstante, cuando se trata de servicios que puedan presentar puntos críticos para el control de su consumo de agua (piscinas, instalaciones enterradas de riego, tramos de tubería que discurren por zonas

⁴ La Ordenanza de Ahorro de agua de la ciudad de Madrid establece la obligación de que todas las viviendas (tanto las existentes como las de nueva construcción) dispongan de contador individual a partir del mes de junio de 2009.





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

exteriores, grifos aislados, etc), se deberán instalar contadores adicionales para facilitar su control y evitar fugas de agua incontroladas.

8.3. Instalación de aparatos que permiten servicios eficientes en la instalación

Los aparatos de consumo instalados y los servicios que cubren son, sin duda alguna, los que tienen una mayor influencia en el consumo de agua de los edificios de viviendas. La eficiencia de los aparatos en las nuevas instalaciones y sustituciones se consigue:

a) En los **inodoros**:

1. Se utilizarán inodoros con diseño de evacuación eficiente, dotados de cisternas que permitan ajustar un volumen de descarga máxima de 6 litros y que incorporan descarga reducida de 3 litros.

b) En las **duchas**:

2. Se utilizarán preferentemente griferías automáticas de mezcla termostática, que dispongan de tope limitador de caudal ajustado entre 8 y 9 litros/minuto, con posibilidad de desbloqueo manual para aumento del caudal.
3. En su defecto, se instalarán griferías de mezcla manual de tipo monomando, que pueden complementarse con interruptores de corte si fuera necesario.
4. Se utilizarán cabezales pulverizadores de alta eficiencia, que permitan un adecuado efecto de ducha con caudales comprendidos entre 8 y 9 litros/minuto.

c) En el **lavabo y bidé**:

5. Se instalarán griferías de mezcla manual de tipo monomando.
6. La grifería incorporará siempre dispositivo de tipo perlizador reductor que garantice una mezcla aire-agua eficiente, lo que proporciona un chorro de agua correcto con un menor consumo y evitando salpicaduras.

d) En el **lavado automático de ropa**:

7. Utilizar lavadoras de alta eficiencia (Clase A o superior), lo que permitirá además de una mejora en el consumo de agua,

una reducción de la energía consumida. Considerando que la Clase A+++ puede no estar al alcance de la economía de todas las personas, por ser la clase más alta y normalmente tener un coste considerablemente superior, la Clase A++ o incluso la Clase A+ son opciones de gran eficiencia y un coste de adquisición menor.



e) En el **fregadero**:

8. Se instalarán griferías de mezcla manual de tipo monomando.
9. La grifería incorporará siempre dispositivo de tipo pulverizador reductor que garantice una mezcla aire-agua eficiente, lo que proporciona un chorro de agua correcto con un menor consumo y evitando salpicaduras.

f) En el **lavado automático de vajilla**:

10. Utilizar lavavajillas de alta eficiencia (Clase A o superior), lo que permitirá además de una mejora en el consumo de agua, una reducción de la energía consumida. Las consideraciones sobre la clasificación realizadas para las lavadoras son válidas también para los lavavajillas, siendo la Clase A++ o incluso la Clase A+, las opciones con una mejor relación eficiencia/coste del aparato.

g) En los **sistemas de riego**:

11. Utilizar siempre el sistema de riego más adecuado al tipo de planta, automatizado y de actuación temporizada.

8.4. Disposición de red de retorno para la instalación de agua caliente sanitaria.

En aquellos servicios que requieren de uso del agua caliente (higiene corporal, limpieza de vajilla con restos de grasa, etc), el disponer de la producción de agua caliente alejada del punto de consumo, hace necesario el vertido del agua existente en el interior de la tubería, que generalmente se pierde a través del desagüe de estos aparatos, sin ningún tipo de aprovechamiento.

Por ejemplo, si tenemos un tramo de tubería de 20 mm de diámetro medio y 25 metros de distancia entre el punto de producción y un



punto de consumo donde se precisa agua caliente (por ejemplo, la ducha), esta disposición implicaría una pérdida de agua de 7,85 litros en cada uso del aparato (0,314 litros por cada metro de tubería). Si tenemos 3 usos alternos cada día, el consumo anual de agua por este motivo para este uso exclusivamente sería de 8,60 m³.

Para contrarrestar este problema, en el apartado **«2.3. Ahorro de agua»** de la Sección HS 4 del Documento básico de salubridad HS, punto 2, indica que *«En las redes de ACS debe disponerse de red de retorno cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea igual o mayor de 15 metros»*.

En todo caso, la efectividad del retorno tiene que venir complementada por la instalación de aislamiento adecuado de dicha tubería, así como de la propia tubería de ida de agua caliente a los aparatos. El hecho de instalar red de retorno sin aislamiento, o con aislamiento insuficiente, aunque limite el consumo de agua, al mantenerse la tubería de ida y retorno de ACS a una temperatura igual o superior a 50 °C, da como resultado unas grandes pérdidas de energía.

8.5. Adaptación de sistemas ahorreadores sobre aparatos de instalaciones existentes para reducir el consumo de agua

Muchas de las instalaciones existentes no disponen de los sistemas ahorreadores enumerados en el apartado anterior, no siendo posible asumir por parte de sus propietarios los costes de sustitución para la dotación de nuevos equipos eficientes.

En estas circunstancias, para reducir el consumo de agua en la instalación, se podrían aplicar algunos de los dispositivos ahorreadores acopiables a aparatos existentes descritos en los apartados anteriores, aunque la efectividad para el ahorro no alcance la que se puede conseguir con la instalación de un nuevo aparato diseñado con una tecnología eficiente. Hay que tener en cuenta que cualquier medida de ahorro, aplicada a un uso repetitivo, produce a largo plazo una significativa reducción en el consumo.

La eficiencia de los aparatos que no disponen de sistemas ahorreadores de agua en las instalaciones existentes se consigue:

a) En los **inodoros**:

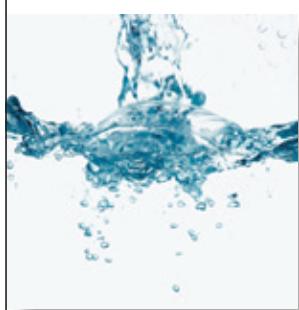
1. Adaptación al aparato existente de un sistema de doble descarga, que permitirá disponer de una descarga parcial de la que originariamente no dispone el aparato.
2. Adaptación al aparato existente de un sistema de descarga total con interrupción de descarga, que permitirá reducir la descarga en aquellos usos donde no se precisa una descarga completa de la cisterna, aunque la interrupción sea de forma manual, y esté supeditada al usuario.

b) En las **duchas**:

3. Instalar reductores de caudal, sobre todo cuando la instalación de suministro de agua no disponga de regulación de presión.
4. Instalar interruptores de corte de caudal cuando no se disponga de grifería termostática o monomando.

c) En las griferías de **fregadero, lavabo y bidé**:

5. Instalar perlizadores reductores, que garanticen un caudal de agua de 10 litros/segundo en el fregadero y de 5 litros/segundo en lavabo y bidé.



9. INFLUENCIA DEL USO DE LOS APARATOS Y SERVICIOS EN EL CONSUMO DE AGUA DE LOS EDIFICIOS

La utilización de los aparatos tiene gran importancia en el consumo de agua. El uso incorrecto de los servicios y aparatos de consumo asociados a éstos puede producir un despilfarro que, si se produce de forma sistemática, dará como resultado un consumo muy elevado de agua.

Para los distintos aparatos de consumo y servicios asociados, se tendrán en cuenta los siguientes consejos y recomendaciones:

a) En relación con el **uso del inodoro**:

1. Accionar la descarga solamente cuando sea imprescindible. El accionamiento de la descarga produce el consumo correspondiente al volumen de la misma, que puede oscilar entre los 3 litros de una descarga parcial de un inodoro



moderno y los más de 10 litros que pueden descargarse en un inodoro antiguo que permite exclusivamente la descarga completa.

2. En inodoros con doble descarga, utilizar la descarga adecuada al servicio, evitando descargas completas, salvo para la evacuación de las defecaciones.
3. En inodoros con dispositivo de interrupción de descarga, se deberá sistematizar la operativa de interrupción de la misma, salvo para la evacuación de las defecaciones.
4. Evitar la utilización del inodoro como si fuera una papelera. Solamente deben arrojarse al inodoro los restos de papel derivados de su servicio. Para otros usos distintos, es aconsejable disponer un recipiente para la recogida de papel.

En ningún caso se deberán eliminar a través del inodoro palillos, tiritas, vendajes, restos de afilado de lapiceros y pinturas, papel convencional, restos de la perforadora y, en general, cualquier sustancia sólida, aunque sea de pequeño tamaño. Además del consumo de agua se pueden producir obstrucciones.

5. Evitar el vertido de caldos, grasas y salsas a través del inodoro, lo que obliga a realizar descargas para su eliminación. Estas sustancias con contenido de grasas, deberán ser recogidas y depositadas en los puntos limpios.

b) En relación con el **uso de la bañera**:

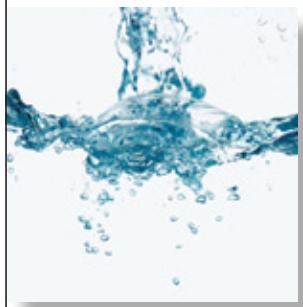
1. No debe utilizarse el servicio de bañera, siendo sustituido por el servicio de ducha que reduce el consumo de agua entre 50 y 100 litros, en función del volumen de llenado de la bañera.
2. En caso de utilizarse la bañera, deberá llenarse de forma parcial. El llenado de la bañera a la mitad de su capacidad, produce un ahorro del 50% en el servicio.
3. En caso de utilizarse la bañera, hacer baños rápidos, que no requieran el rellenado de la misma con agua caliente, lo que produce un mayor consumo.

c) En relación con el **uso de la ducha**:

1. Siempre que sea posible, interrumpir el consumo de agua en las fases de enjabonado del cuerpo y cabello. El ahorro

puede llegar al 50%, cuando los tiempos de enjabonado se alarguen.

2. No superar el caudal máximo del limitador, ya que es suficiente incluso para el aclarado final. En todo caso, anular el limitador solamente durante este proceso final, si se estima necesario.



d) En relación con el **uso del lavabo**:

1. Mantener el grifo cerrado al lavarse los dientes. Puede producir un ahorro de agua entre 10 y 15 litros por cada servicio.
2. Poner el tapón durante el lavado de las manos. Se puede conseguir un ahorro de 5 litros por cada servicio.
3. Poner el tapón durante el afeitado con maquinilla manual. Se pueden ahorrar entre 15 y 20 litros por cada servicio.
4. Utilizar jabones líquidos para el lavado de manos, lo que reduce los tiempos de aplicación, así como el consumo de agua en el servicio.

e) En relación con el **uso de la lavadora**:

1. La operación de lavado se debe realizar con la lavadora llena de ropa, que es la forma más eficiente. No obstante, los modelos de lavadora actuales permiten ajustar el consumo de agua y energía a la carga de ropa de la lavadora.
2. El uso de programas de lavado rápido, cuando la suciedad de la ropa es moderada, permite un menor consumo de agua.

f) En relación con el **uso del fregadero**:

1. Cuando se desee beber agua fría, se deberá introducir previamente en el refrigerador. En ningún caso, se debe dejar abierto el grifo para que el agua salga más fría. Esta operativa, utilizada de forma sistemática, puede producir un gran despilfarro de agua.
2. Utilizar el lavavajillas, en lugar del fregado manual de la vajilla. En el lavado equivalente a 12 servicios, el ahorro de agua con la utilización del lavavajillas puede ser superior a 50 litros, si el servicio se realiza sin tapón en el fregadero.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

3. En el caso de fregado manual de vajilla, se deberá realizar con el tapón del fregadero cerrado, o usando barreños. También el aclarado puede realizarse llenando el fregadero, con el tapón cerrado, o utilizando barreños.
 4. En operaciones de lavado de alimentos, se hará con el tapón cerrado o por medio de un barreño. El ahorro puede ser mayor del 50%, respecto al consumo que se produce con el grifo abierto.
 5. No se deberán eliminar restos sólidos o líquidos de comida a través del fregadero, lo que conlleva la utilización de agua para su evacuación, además de la posibilidad de formación de obstrucciones en la canalización de desagüe. Los caldos deben colarse y recogerse para su posterior tratamiento y los restos sólidos se deben arrojar en la basura general.
 6. No se debe utilizar agua para la limpieza de los restos de comida de la vajilla, para evitar el consumo de agua. Se puede utilizar una paleta de madera para esta operación.
- g) En relación con el **uso del lavavajillas**:
1. La operación de lavado se debe realizar con el lavavajillas lleno, que es la forma más eficiente.
 2. La utilización de programas ecológicos produce un menor consumo de agua y energía.
- h) En relación con **usos varios**:
1. En el lavado del coche, evitar los lavados frecuentes si no son necesarios. Es recomendable utilizar las estaciones de lavado, que utilizan agua parcialmente reciclada. En caso de lavado en la vivienda, se deberán utilizar cubos para limitar el consumo de agua, pudiendo ahorrar de esta forma más de 100 litros por cada lavado.
 2. La renovación del agua del vaso de la piscina de forma frecuente (todos los años) representa un elevado consumo de agua innecesario. Está demostrado que el correcto tratamiento del agua de la piscina garantiza unas condiciones higiénicas y sanitarias adecuadas para el uso de este servicio, sin necesidad de recurrir a la renovación completa o parcial del volumen de agua.

10. EVALUACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE CONSUMOS DE AGUA EN LOS EDIFICIOS Y SU REPERCUSIÓN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA

10.1. Valoración del consumo de agua y energía de los aparatos domésticos

La valoración del consumo de agua en los aparatos domésticos siempre está referida a un periodo temporal siendo lo más habitual que esté referido a consumo diario por persona.

Cuando lo que se pretende evaluar es el consumo de energía asociada se puede tomar la misma referencia, aunque también puede realizarse la valoración por servicio realizado.

Para mantener unos criterios uniformes, las referencias de estimación de consumo de los distintos aparatos se unificarán a la referencia de persona y día. Por otra parte, en las referencias a la determinación de los consumos por vivienda, se considerará ocupación media de la vivienda de tres personas.

10.1.1. Valoración del consumo de agua en el inodoro

El consumo de agua en el inodoro depende del volumen de descarga y del número de descargas que se realizan en un tiempo determinado.

Considerando que una persona utiliza el servicio del inodoro seis veces al día, de las cuales cinco son micciones y una defecación, este servicio producirá el siguiente consumo diario por persona y vivienda, que se verá influenciado por las características propias del diseño y los dispositivos que componen el aparato, tal como se describe en la tabla siguiente.

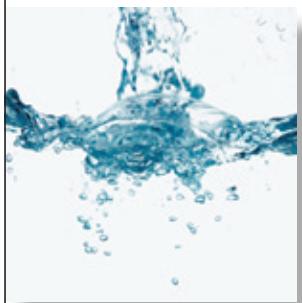




Tabla 10.1. Valoración del consumo de agua según el tipo de inodoro.

Tipo de inodoro	Capacidad total del tanque (litros)	Capacidad de descarga parcial (litros)	Consumo previsto (litros/persona-día)	Consumo previsto por cada vivienda (m ³ /año)
Antiguo sin adaptar	12	12	72	78,84
Antiguo adaptado con doble descarga (50%)	12	6	42	45,99
Actual con sistema de doble descarga	6	3	21	23,00

10.1.2. Valoración del consumo de agua en la bañera

El consumo de agua en la bañera depende del volumen total de agua utilizado, incluyendo tanto el volumen de llenado del vaso para el baño como el utilizado para los aclarados, incluido el propio de la bañera para la eliminación de los restos de gel o jabón residuales.

Una correcta valoración se obtiene tomando como referencia el volumen de agua de llenado de la bañera multiplicado por un factor comprendido entre 1,2 y 1,25, empleados en los aclarados reseñados.

Por ejemplo, un servicio de baño con llenado de bañera de 160 litros, no deberá superar un consumo total de agua de 200 litros, lo que representa un consumo muy elevado, aunque se utilice para la limpieza integral del cuerpo.

Este servicio se utiliza habitualmente para el aseo de niños de edades comprendidas entre 1 y 10 años, aunque, en estos casos, el llenado de la bañera suele estar comprendida entre el 25% y el 50% del nominal de la bañera. Sin embargo, en estos casos son superiores los volúmenes necesarios para los aclarados finales, incluido el de la propia bañera.

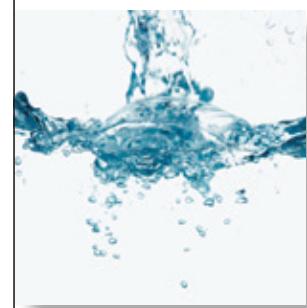
Una consideración especial requiere el análisis del consumo de agua de las bañeras de hidromasaje y spas domésticos, ya que cada servicio de este tipo de aparatos puede demandar más de 300 litros. No obstante, al ser su uso esporádico (máximo un uso semanal), no representa un consumo de agua superior al 10% sobre el consumo total de la vivienda.

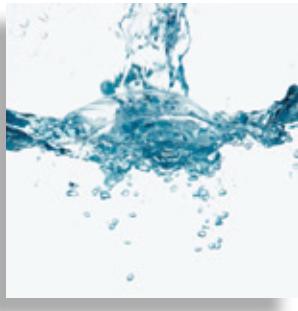
10.1.3. Valoración del consumo de agua en la ducha

El consumo de agua en el servicio de ducha, independientemente que éste se realice dentro de la bañera o en la propia cabina de ducha, depende de los caudales utilizados durante el servicio, de los tiempos empleados en las distintas fases del mismo, así como si éstas se desarrollan con aporte de agua o sin caudal.

Un servicio de ducha se compone de las siguientes fases generales:

- 1) *Remojado*: primera fase donde se humedece el cuerpo y cabello para facilitar el reparto del gel durante la fase de enjabonado. Con un buen sistema de pulverización, un caudal de agua de 9 litros/segundo puede ser suficiente, aunque generalmente la grifería convencional suele proporcionar un caudal superior. La duración de esta fase debe estar comprendida entre uno y dos minutos.
- 2) *Enjabonado corporal*: segunda fase en la que se extiende el jabón para la limpieza corporal. La duración de esta fase puede estar comprendida entre dos y cinco minutos. Durante esta fase no es preciso que haya aporte de agua al servicio, aunque cuando la grifería es de mezcla manual, suele mantenerse la circulación con el consiguiente consumo de agua para mantener la temperatura regulada.
- 3) *Aclarado corporal*: se suele realizar para eliminar el enjabonado del gel de ducha y que no se mezcle con el champú para el lavado del cabello. Esta fase finaliza con un nuevo remojado del cabello, para favorecer la aplicación del champú. Esta fase no requiere un caudal elevado, ya que solamente se precisa eliminar el jabón.
- 4) *Lavado de cabello*: donde se aplica y reparte el champú. La duración de esta fase es muy variable, normalmente proporcional a la longitud del cabello, y a la necesidad o no de aplicar otros tratamientos complementarios. Al igual que sucede con el enjabonado, durante esta fase no es preciso que haya aporte de agua al servicio.
- 5) *Aclarado final*: para la eliminación del champú y los restos de jabón corporales. Esta fase requiere de un mayor caudal (entre 10 y 15 litros/minuto), que facilite la eliminación del jabón sobre todo del cabello. La duración de esta fase puede oscilar entre





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

dos minutos (cabello corto) y cinco minutos o incluso más (cabello largo).

Los sistemas mezcladores automáticos facilitan la parada del aporte de agua en las fases de enjabonado y lavado del cabello, ya que solamente precisan de actuación sobre el grifo de apertura de la grifería, al ser automática la mezcla para la obtención de la temperatura. Además, como se puede observar, estas fases son las que mayor tiempo requieren.

En la tabla siguiente se realiza la valoración del consumo de agua en el servicio de ducha, en función del sistema de grifería utilizada, estimando unos caudales y tiempos medios. El consumo anual se ha estimado para una utilización diaria de tres personas.

Tabla 10.2. Valoración del consumo de agua según el tipo de sistema de ducha.

Sistema de ducha y grifería utilizado	Remojado		Enjabonado corporal		Aclarado corporal		Lavado de cabello		Aclarado final		Consumo previsto (l/per.día)	Consumo vivienda (m ³ /año)
	Q _{RE} (l/m)	T _{RE} (min)	Q _{JA} (l/m)	T _{JA} (min)	Q _{AC} (l/m)	T _{AC} (min)	Q _{LC} (l/m)	T _{LC} (min)	Q _{AF} (l/m)	T _{AF} (min)		
Grifería con mezcla manual sin reductor de caudal	14	1	14	3	14	1	14	3	14	2	140	153,30
Grifería con mezcla manual con reductor de caudal	10	1,5	10	3	10	1,5	10	3	10	2,5	115	125,93
Grifería con mezcla automática con limitador de caudal	9	1,5	0	3	9	1,5	0	3	11	2	49	53,66

10.1.4. Valoración del consumo de agua en el lavabo

El consumo de agua en el lavabo depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Servicio para el que utilice.
- Número de veces que se hace uso de él, que suele tener relación con el servicio.
- Tiempo y forma de utilización del servicio.
- Características propias de la grifería.

Al tratarse de un aparato multiusos, los servicios que pueden realizarse en el lavabo son muy variados, dentro de los que se encuentran los siguientes:

- a) **Lavado de cara:** este servicio se realiza, como mínimo, una vez al día, al levantarse, aunque puede ser eliminado por la ducha matinal.

El tiempo de duración de este servicio es reducido, pudiendo valorarse en torno a medio minuto, cuando se realiza solo con agua fría. Si se realiza con agua caliente, podría sobrepasar el minuto, dependiendo en gran medida de la proximidad del sistema de producción de ACS.

Hay que tener en cuenta que el lavado con agua fría, además de favorecer el despertado, es mucho más eficiente de cara al ahorro de agua.

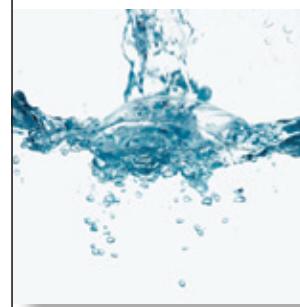
Tabla 10.3. Valoración del consumo de agua en el lavado de cara.

Servicio de lavado de cara	Forma de utilización	Lavado		Secado		Consumo previsto (l/per.día)	Consumo vivienda (m ³ /año)
		Q _{LA} (l/m)	T _{LA} (min)	Q _{SE} (l/m)	T _{SE} (min)		
Grifería antigua sin reducción de caudal y uso inadecuado	Agua fría	12	0,5	12	0,25	9	9,86
	Agua caliente	12	1	12	0,25	15	16,43
Grifería antigua con adaptación y uso inadecuado	Agua fría	6	0,5	6	0,25	4,5	4,93
	Agua caliente	6	2	6	0,25	13,5	14,78
Grifería moderna, sistema reductor y uso adecuado	Agua fría	5	0,5	0	0,25	2,5	2,74
	Agua caliente	5	2	0	0,25	10	10,95

De la tabla anterior se desprende que el servicio más eficiente se consigue disponiendo de una grifería moderna, con sistema reductor de caudal, con un uso adecuado y utilizando exclusivamente agua fría. En estas condiciones se obtiene un consumo aproximado de 2,5 litros/persona y día, y de 2,74 m³ por año, para una vivienda compuesta por 3 personas.

- b) **Peinado de cabello:** las consideraciones son idénticas al servicio anterior, cuando el peinado se realiza con aplicación de agua, aunque el consumo de agua en este servicio es muy reducido. Hay que tener en cuenta que el peinado puede hacerse también en seco.

En peinados con agua, el tiempo de duración de este servicio depende si se realiza el remojado completo del cabello o





se aplica un goteo moderado, suficiente para el peinado. El uso de sistemas de pulverización favorece el ahorro de agua y evita el exceso de mojado en el cabello, cuando no es necesario.

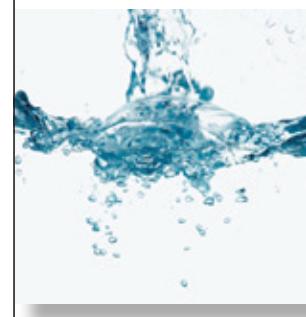
En relación al consumo de agua en este servicio, podemos considerar que puede alcanzar los 2 litros/persona y día, que daría un consumo anual de aproximadamente 2 m³ por año para una vivienda con 3 personas. En el caso de que se utilice un pulverizador para humedecer el cabello, el consumo se puede considerar despreciable.

- c) **Lavado de manos y antebrazos:** de forma general, este servicio es utilizado antes de las comidas y antes y/o después del uso de los servicios del inodoro. De forma esporádica, puede utilizarse cuando se considere necesario.

El lavado de manos se compone de remojado (opcional, que favorece el enjabonado), enjabonado, aclarado y secado. En cuanto a los tiempos:

- El remojado puede oscilar entre 5 y 10 segundos.
- El enjabonado puede oscilar entre 10 segundos, en el caso de jabón líquido, hasta más de 30 segundos, en el caso de utilizar jabón en pastilla. Durante esta fase se mantendrá el grifo cerrado, ya que no precisa consumo de agua. No obstante, las características de la grifería (cierre giratorio) o las malas prácticas de uso, pueden hacer que se mantenga el grifo abierto.
- El aclarado puede oscilar entre 10 y 15 segundos, según el jabón aplicado en el enjabonado.
- El secado no precisa de uso de agua, aunque es una práctica muy extendida el cierre del grifo después del secado, lo que produce otros 10 segundos de vertido de agua totalmente innecesario.

Como puede extraerse del estudio de este servicio, favorece en gran medida al ahorro de agua la agilidad con la que se efectúan las fases de remojado y aclarado, así como la precaución de mantener cerrado el grifo en las fases que no requieren de utilización de agua.



En relación al número de usos de lavado de manos, puede estimarse entre 5 y 8 diarias por cada persona (se considera un valor medio de 6 usos al día por persona).

Tabla 10.4. Valoración del consumo de agua en el lavado de manos y antebrazos.

Servicio de lavado de manos y antebrazos	Forma de utilización	Remojado		Enjabonado		Aclarado		Secado		Consumo previsto (l/per.día)	Consumo vivienda (m³/año)
		Q _{RE} (l/m)	T _{RE} (min)	Q _{JA} (l/m)	T _{JA} (min)	Q _{AC} (l/m)	T _{AC} (min)	Q _{SE} (l/m)	T _{SE} (min)		
Grifería antigua sin reductor de caudal y uso inadecuado	Agua fría	12	0,10	12	0,50	12	0,20	12	0,15	68,4	74,90
	Agua caliente	12	0,50	12	0,50	12	0,20	12	0,15	97,2	106,43
Grifería antigua con reductor de caudal y uso ineficiente	Agua fría	6	0,15	6	0,50	6	0,20	6	0,15	36	39,42
	Agua caliente	6	1	6	0,50	6	0,20	6	0,15	66,6	72,93
Grifo monomando, limitador de caudal y uso eficiente	Agua fría	5	0,10	0	0,50	5	0,20	0	0,15	9	9,86
	Agua caliente	5	1	0	0,50	5	0,20	0	0,15	36	39,42

De la tabla anterior se desprende que el servicio más eficiente se consigue disponiendo de una grifería moderna, con sistema reductor de caudal, con un uso adecuado y utilizando exclusivamente agua fría. En estas condiciones se obtiene un consumo aproximado de 12 litros/persona y día, y de 13,74 m³ por año, para una vivienda compuesta por 3 personas.

- d) **Lavado bucodental:** este servicio debe utilizarse siempre después de cada comida, por lo que deberá valorarse un mínimo de tres servicios por cada persona y día.

El lavado bucodental se compone de dos partes: cepillado y aclarado. El consumo de agua en este servicio depende en gran medida de la forma en que se realice. El cepillado no requiere de consumo de agua, que si es precisa en el aclarado.

El consumo de agua en este servicio se reduce de forma drástica manteniendo el grifo cerrado durante el cepillado y realizando el aclarado con ayuda de un vaso. En estas condiciones, el consumo máximo será de 0,5 litros, incluyendo el aclarado.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Sin embargo, el mantenimiento de grifo abierto durante el cepillado y realizar el aclarado sin ayuda de vaso puede producir un consumo cercano a los 6 litros por servicio.

Podemos considerar que el consumo diario, según las condiciones de uso, puede oscilar entre un mínimo de 2 litros por persona y día, aunque con un uso deficiente podrá llegar a más de 15 litros por persona y día.

- e) **Afeitado de barba con espuma y maquinilla manual:** este servicio es exclusivo de varones y se trata de un servicio diario (una vez al día).

Este servicio se compone de remojado, enjabonado, afeitado, aclarado y secado. En cuanto a los tiempos:

- El remojado puede oscilar entre 5 y 10 segundos.
- El enjabonado precisa de un tiempo comprendido entre 30 segundos, utilizando gel o espuma, hasta más de 2 minutos, en el caso de utilizar jabón en pastilla. Durante esta fase se mantendrá el grifo cerrado, ya que no precisa consumo de agua. No obstante, las características de la grifería (cierre giratorio) o las malas prácticas de uso, pueden hacer que se mantenga el grifo abierto.
- El afeitado es la fase más larga y durante su desarrollo es necesario aclarar la maquinilla con agua para su limpieza y eliminación de residuos del afeitado. El tiempo puede alcanzar los 2 minutos.
- El aclarado puede oscilar entre 10 y 15 segundos, según el jabón aplicado en el enjabonado.
- El secado no precisa de uso de agua, aunque es una práctica muy extendida el cierre del grifo después del secado, lo que produce otros 10 segundos de vertido de agua totalmente innecesario.

El ahorro de agua en este servicio depende en gran medida de que se realice con el tapón del lavabo cerrado, que es la práctica más eficiente. Si se realiza con el tapón abierto, no se tiene conciencia del consumo de agua, que puede dar como resultado consumos de agua muy grandes.



Tabla 10.5. Valoración del consumo de agua en el servicio de afeitado de barba con maquinilla manual.

Servicio de afeitado de barba con maquinilla manual	Remojado		Enjabonado		Afeitado		Aclarado		Secado		Consumo previsto (l/per.día)	Consumo vivienda (m³/año)
	Q _{RE} (l/m)	T _{RE} (min)	Q _{JA} (l/m)	T _{JA} (min)	Q _{AF} (l/m)	T _{AF} (min)	Q _{AC} (l/m)	T _{AC} (min)	Q _{SE} (l/m)	T _{SE} (min)		
Afeitado sin tapón, grifería antigua sin reductor de caudal y uso ineficiente	12	0,5	12	3	12	6	12	0,5	12	0,25	123	44,90
Afeitado sin tapón, grifería antigua con reductor de caudal y uso ineficiente	6	1	6	3	6	6	6	0,5	6	0,25	64,5	23,54
Afeitado con tapón y grifería moderna y limitador de caudal	5	1	0	3	0	6	5	0,5	0	0,25	8,75	3,19

De la tabla anterior se desprende que el servicio más eficiente se consigue disponiendo de una grifería moderna, con sistema reductor de caudal y utilizando el tapón. En estas condiciones, se obtiene un consumo aproximado de 9 litros/persona y día, y de 3,19 m³ por año, considerando una persona requiere y utiliza este tipo de servicio.

Las tablas anteriores reflejan la diferencia entre el consumo de los distintos servicios en función del caudal de la grifería, que en este aparato puede oscilar entre los 5 litros/minuto, suficiente cuando se dispone de un perlizador que consiga una mezcla aire-agua correcta, aunque puede alcanzar hasta 12 litros/minuto en instalaciones con elevada presión de distribución y sin dotación de dispositivos de ahorro.

10.1.5. Valoración del consumo de agua en el bidé

Los factores de los que depende el consumo de agua en el bidé son similares a los que afectan al consumo del lavabo. No obstante, el uso del bidé es mucho más esporádico, por lo que los consumos suelen ser muy inferiores. De hecho, la instalación de este aparato se está reduciendo en viviendas de nueva construcción, incluso en determinados casos ya no se instala este aparato.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Sin entrar en los detalles de otros aparatos de uso más habitual, podemos estimar un consumo medio diario de 3 litros por persona y día, lo que produce un consumo anual de 3,29 m³ para una vivienda de 3 personas.

10.1.6. Valoración del consumo de agua en la lavadora

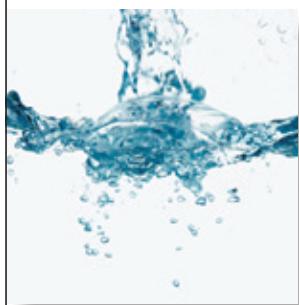
El consumo de agua en la lavadora depende fundamentalmente de los factores siguientes:

- **Calificación de la lavadora:** el consumo es menor a medida que sube la calificación de la lavadora.
La clasificación antigua contempla las clases comprendidas entre la «**A**» (clase más eficiente) y la «**G**» (clase menos eficiente).
La clasificación actual contempla las clases comprendidas entre la «**A+++**» (clase más eficiente) y la «**D**» (clase menos eficiente).
- **Capacidad de carga de la lavadora:** a medida que aumenta la capacidad de carga, suele ser menor el consumo unitario de agua (por cada kilogramo de ropa). Actualmente existen modelos a partir de 3 kg de carga y pueden alcanzar más de 10 kg en el ámbito doméstico, aunque lo habitual es que las capacidades estén comprendidas entre 5 y 8 litros.
- **Programa de lavado utilizado:** cada programa de funcionamiento de la lavadora requiere un consumo diferente. Para realizar la comparativa suelen utilizarse programas intermedios.

Tabla 10.6. Valoración del consumo de agua en el servicio de lavadora

Tipo de lavadora	Consumo por ciclo normal (l/ciclo)	Consumo aproximado por kg de carga (l/kg carga)	Número de lavados semanales	Número de lavados anuales	Consumo vivienda (m ³ /año)
Clase « C » (5 kg de carga)	Entre 75 y 90 litros	16	6	312	24,96
Clase « A » (5 kg de carga)	Entre 40 y 60 litros	10	6	312	15,60
Clase « A » (7 kg de carga)	Entre 45 y 60 litros	8	5	260	14,56
Clase « A+++ » (7 kg de carga)	Entre 38 y 54 litros	6,5	5	260	11,83

De la tabla anterior se desprende que el servicio más eficiente se consigue con las lavadoras de mayor eficiencia.



10.1.7. Valoración del consumo de agua en el fregadero

Al tratarse del aparato multiusos de la cocina, tiene determinados paralelismos con el lavabo. El consumo de agua en el fregadero depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Servicio para el que utilice.
- Número de veces que se hace uso de él, que suele tener relación con el servicio.
- Tiempo y forma de utilización del servicio.
- Características propias de la grifería.

Los **usos y servicios** que pueden realizarse en el fregadero son muy variados, dentro de los que se encuentran los siguientes:

1. **Agua para beber:** Podemos establecer un consumo medio de 2 litros/persona y día, y de 2,19 m³ por año, para una vivienda compuesta por 3 personas.

No obstante, al tratarse de un consumo directo de agua, afecta en gran medida las preferencias de consumo:

- Algunas personas prefieren consumir el agua más fría, es decir, a temperatura aproximada de 10 °C o incluso ligeramente inferior. En este caso, se deberá prever dicho consumo, manteniendo el agua necesaria dentro del refrigerador. En ningún caso se deberá abrir el grifo y dejar correr el agua para conseguir una menor temperatura.

Esta práctica, considerablemente extendida, es completamente antieficiente. Si consideramos que el consumo total se toma en ocho veces por cada persona (1 vaso por cada toma), el sobreconsumo de medio litro por toma para el enfriamiento produciría un consumo total diario de 6 litros/persona y día, y de 6,57 m³ por año, para una vivienda compuesta por 3 personas, lo que representa un 200% sobre el consumo realmente necesario.

- Algunas personas prefieren consumir el agua más caliente, es decir, a temperatura de 20 °C o incluso ligeramente superior.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

En este caso, se deberá prever dicho consumo almacenando un volumen de reserva en un recipiente cerrado y manteniendo éste en ambiente atemperado, para evitar el uso de sistemas de calentamiento.

2. **Lavado de manos para cocinar:** Podemos considerar dos lavados de manos diarios (comida y cena) y seis aclarados intermedios, donde consideraremos un 50% del consumo. Por otra parte, se considera que este uso se hace con agua fría y lo realiza una persona en cada vivienda.

Tabla 10.7. Valoración del consumo de agua en el lavado de manos y antebrazos en el fregadero.

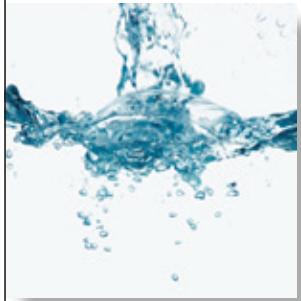
Servicio de lavado de manos y antebrazos	Forma de utilización	Remojado		Enjabonado		Aclarado		Secado		Consumo previsto (l/día)	Consumo vivienda (m ³ /año)
		Q _{RE} (l/m)	T _{RE} (min)	Q _{JA} (l/m)	T _{JA} (min)	Q _{AC} (l/m)	T _{AC} (min)	Q _{SE} (l/m)	T _{SE} (min)		
Grifería antigua sin reductor de caudal y uso inadecuado	Agua fría	15	0,10	12	0,20	12	0,30	0	0,15	45	14,425
Grifería antigua con reductor de caudal y uso ineficiente	Agua fría	9	0,10	9	0,20	9	0,30	0	0,15	27	9,855
Grifo monomando, limitador de caudal y uso eficiente	Agua fría	8	0,10	0	0,20	8	0,30	0	0,15	16	5,84

De la tabla anterior se desprende que el servicio más eficiente se consigue disponiendo de una grifería moderna, con sistema reductor de caudal y con uso eficiente, donde se interrumpe el servicio para el enjabonado.

3. **Agua para cocinar:** Es el agua que precisan aquellas comidas que requieren la cocción de alimentos (cocina tradicional de verduras y legumbres, arroces, pastas, estofados, etc). Aunque es difícil de cuantificar, una estimación generosa podría cifrarlo en 2 litros/persona y día, lo que produce un consumo anual de 2,19 m³ para una vivienda de 3 personas y un gasto anual de 0,73 m³/persona.
4. **Agua para lavado de alimentos:** Antes de cocinar los alimentos, sobre todo aquellos alimentos vegetales que se adquieren frescos, requieren de su lavado para eliminar partículas de tierra, polvo y suciedad en general. Este proceso es más eficiente si se

realiza en un recipiente que si la operación se hace sobre el chorro del grifo.

Una estimación generosa podría dar como resultado un consumo de agua de 2 litros/persona y día, que produce un consumo anual de 2,19 m³ para una vivienda de 3 personas y un gasto anual de 0,73 m³/persona.



5. **Agua para fregar la vajilla y demás utensilios de cocina:** Este servicio es, con gran diferencia, el que mayor consumo de agua puede producir de los realizados en el fregadero.

Dentro de este servicio, vamos a diferenciar dos usos habituales:

- *Eliminación de restos de comida de la vajilla:* Podemos diferenciar los residuos de la vajilla entre sólidos, líquidos y manchas.

La práctica eficiente requiere la separación de los residuos sólidos orgánicos, que se eliminarán a través del recipiente de basura normal de orgánicos. La eliminación se realizará mediante espátula raspadora de madera o material plástico. Se evitará la utilización de agua y la eliminación de residuos sólidos a través del desagüe del fregadero, que podría producir consumos de agua muy altos.

Los residuos líquidos con grasas o restos de frituras se deberán recoger en un recipiente y eliminar a través de un punto limpio. En ningún caso se deberán eliminar a través del fregadero o inodoro, para evitar consumos de agua innecesarios y, lo que es más perjudicial aún, producir obstrucciones en las tuberías de evacuación y dificultar posteriores procesos de reutilización del agua.

Los residuos líquidos sin contenido de grasas se pueden eliminar a través del fregadero, aunque deberá hacerse directamente sobre la válvula de desagüe, para evitar vertidos sobre el recipiente del fregadero, que haga necesaria su posterior limpieza con agua.

Los restos de comidas que presenten mezcla de sólidos y líquidos, deberá separarse mediante «colado», procediendo con cada tipo de resto como se ha comentado anteriormente.

Por otra parte, las manchas de la vajilla se eliminarán directamente en el proceso de lavado manual o automático de la vajilla.



El objetivo para este uso es el «consumo cero» de agua.

- **Fregado a mano de la vajilla y demás utensilios de cocina:** El consumo de agua en este uso depende de la forma en que se realice: con el desagüe cerrado o con el desagüe abierto. Por otra parte, se considerará que este servicio se realiza dos veces y media cada día, considerando la mitad del uso para el desayuno.

Podemos estimar un consumo mínimo del uso de fregado a mano de la vajilla con el desagüe cerrado de 16 litros, equivalente a dos veces la capacidad de la cuba, considerada en 8 litros (una para el remojado y lavado y otra para el aclarado). El consumo diario será de 40 litros y el anual 14,60 m³.

Cuando el fregado a mano se realiza con el grifo abierto, el consumo mínimo por cada uso se estima en 64 litros, con grifería moderna y reductor de caudal, lo que produce un consumo diario de 160 litros y de 58,40 m³ al año. El consumo con grifería antigua sin reductor de caudal puede superar 100 m³/año.

Por otra parte, el consumo de agua para el lavado de la vajilla que no admite el lavavajillas (sartenes, utensilios de madera y plástico, parrillas de horno, bandejas de horno, etc), se puede cuantificar en un valor medio de 12 litros/día (4,38 m³/año).

6. **Limpieza del recipiente del fregadero:** El consumo de agua en esta operación puede estimarse en 2 litros por cada servicio (6 litros/día) y un consumo anual de 2,19 m³/año.

10.1.8. Valoración del consumo de agua en el lavavajillas

El consumo de agua en el lavavajillas depende fundamentalmente de los factores siguientes:

- **Calificación energética del lavavajillas:** el consumo es menor a medida que sube la calificación del lavavajillas.

El sistema de clasificación tradicional contempla las clases comprendidas entre la «**A**» (clase más eficiente) y la «**G**» (clase menos eficiente).

La clasificación actual contempla las clases comprendidas entre la «**A+++**» (clase más eficiente) y la «**D**» (clase menos eficiente).



- **Capacidad de servicios del lavavajillas:** a medida que aumenta la capacidad de servicios, suele ser menor el consumo unitario de agua (por cada servicio). Actualmente existen modelos compactos de 4 servicios, modelos de 45 cm de anchura que permiten hasta 9 servicios y modelos normales de 60 cm de anchura con capacidad comprendida entre 12 y 14 cubiertos, que son los más utilizados en el sector doméstico.
- **Programa de lavado de vajilla utilizado:** cada programa de funcionamiento del lavavajillas requiere un consumo de agua.

Tabla 10.8. Valoración del consumo de agua en el servicio de lavavajillas.

Tipo de lavavajillas	Programa de lavado utilizado	Consumo por ciclo normal (l/ciclo)	Consumo aproximado por servicio (l/servicio)	Número medio de lavados semanales	Número de lavados anuales	Consumo vivienda (m ³ /año)
Clase «B» con 15 años (12 servicios)	35-45 °C	15	1,25	7	350	5,25
Clase «B» con 15 años (12 servicios)	ECO	18	1,5	7	350	6,30
Clase «B» con 15 años (12 servicios)	65 °C	24	2	7	350	8,40
Clase «A» con 8 años (12 servicios)	35-45 °C	12	1	7	350	3,6
Clase «A» con 8 años (12 servicios)	ECO	16	1,25	7	350	4,8
Clase «A» con 8 años (12 servicios)	65 °C	18	1,50	7	350	5
Clase «A++» (14 servicios) nuevo	ECO	12	0,85	6	300	3,6
Clase «A++» (14 servicios) nuevo	65 °C	16	1,15	6	300	4,8
Clase «A++» (14 servicios) nuevo	70 °C	18	1,30	6	300	5

10.1.9. Valoración del consumo de agua para servicio de riego

La necesidad de riego depende del tipo de planta (herbácea, arbustiva o arbórea) y de las características propias de ella⁵.

⁵ Por ejemplo, la variedad de césped natural utilizado determina las necesidades de riego, ya que existen unas variedades que requieren más agua que otras.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Las necesidades de agua del césped varía en función de las condiciones climatológicas, es decir, la temperatura y humedad relativa del aire ambiente, pudiendo oscilar entre 3 litros/m² y día (3 mm/día) y 10 litros/m² y día (10 mm/día), con un valor medio de 6 litros/m² y día (6 mm/día).

Para tener mejor referencia, cada metro cuadrado de césped demanda un consumo de agua anual de 2,19 m³, lo que proporcionaría una demanda de 219 m³ anuales por cada 100 m² de superficie.

Los arbustos ornamentales y los arboles tienen un consumo de agua inferior, en torno a 4,5 litros/m² y día (4,5 mm/día).

El sistema de riego automático se diseñará y ajustará para garantizar el aporte de agua suficiente para conseguir los objetivos de riego enumerados, con un reparto del agua homogénea.

Sin embargo, cuando se utilizan sistemas manuales de riego, mucho menos efectivos en el reparto y donde el control de riego es manual, se deben seguir las siguientes recomendaciones, que derivan de los criterios aplicados en los sistemas automáticos:

- En primer lugar, se deberá evaluar las necesidades de riego unitarias y totales, que dependerán del tipo de planta, variedad de la misma y superficie plantada.
- Se determinará el caudal unitario de la boquilla pulverizadora con ayuda de algún recipiente calibrado o que previamente se haya calibrado.
- Se determinará el tiempo de riego en las condiciones calculadas. Este tiempo deberá ser controlado en cada operación de riego, para evitar un aporte de agua insuficiente o, por el contrario, el exceso de agua que producirá un encharcamiento del terreno.

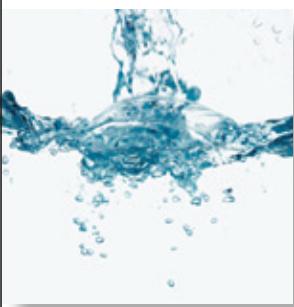
Por otra parte, se podrán variar los tiempos de riego en función de las condiciones de temperatura y humedad, que vendrán definidas por la época del año.

De los datos proporcionados, se puede concluir que el riego de las plantas, sobre todo el césped, produce una considerable demanda de agua. Para reducir el consumo se puede colocar variedades de césped que demanden menos agua o alternar las zonas de césped con otros tipos de decoración.

10.1.10. Valoración del consumo de agua en otros usos

Otros servicios que puedan producirse en una vivienda que produzcan demanda de agua son:

- a) Limpieza de suelos de viviendas y baldeo de zonas exteriores en viviendas unifamiliares.
- b) Limpieza de vehículos automóviles.
- c) Llenado de piscinas.



Los consumos de agua para la *limpieza de suelos de viviendas* son prácticamente despreciables. Debido al buen estado general y la utilización de sistemas modernos de aspiración hacen posible que las operaciones de limpieza «húmeda», puedan realizarse cada varios días o incluso semanalmente.

La excepción a este criterio puede darse con los suelos de cocina, comedor, baños o aseos, que requieren generalmente una limpieza más frecuente.

En cualquier caso, puede estimarse un consumo medio para este uso de 25 litros de agua semanales, que produce un consumo anual inferior a 1 metro cúbico.

El *baldeo de zonas exteriores* de viviendas unifamiliares es un servicio que suele producir un gran consumo, ya que es muy común realizarlo a base de agua pulverizada con manguera.

La *limpieza manual de vehículos automóviles* es, con toda seguridad, el servicio que demanda un mayor consumo de agua dentro de una vivienda. Hay que tener en cuenta que, aunque el aporte de agua jabonosa se realice mediante un recipiente, el remojado previo (necesario para eliminar partículas de polvo que pueden rallar la pintura) y el aclarado final del vehículo producen un gran consumo. Un grifo tipo manguera puede proporcionar un caudal comprendido entre 10 y 15 litros por minuto, con lo que, estimando un tiempo de 10 minutos para estas operaciones, arrojaría un volumen total de comprendido entre 100 y 150 litros de agua.

La utilización de equipos de proyección de agua a presión reduce el consumo de agua de forma considerable. La limpieza de un vehículo



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

puede generar un consumo comprendido entre 35 y 60 litros, según el tiempo empleado.

El *llenado de la piscina*, como ya se ha comentado, solamente se debe realizar una vez. Con un sistema de tratamiento de agua adecuado se mantendrán las condiciones higiénicas y sanitarias adecuadas para el uso de la misma.

10.2. Resultados, conclusiones y recomendaciones derivadas de la evaluación de los consumos de agua en la vivienda

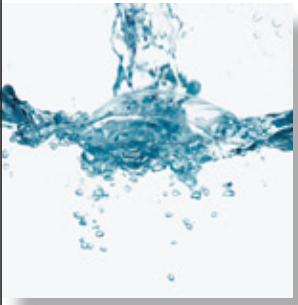
Los resultados de la evaluación de los consumos de agua en la vivienda se extractan por medio de la siguiente tabla. En aquellos servicios donde la eficiencia tiene una gran repercusión en el consumo, indican los valores de eficiencia «baja» y «muy alta», reflejando en la última columna la diferencia entre el consumo de ambas (exceso de consumo).

Tabla 10.9. Presentación de resultados de consumo de agua para los servicios de la vivienda, según la eficiencia del servicio (sin incluir servicio de riego y lavado vehículos)

Tipo de servicio o aparato de consumo de agua	Eficiencia del servicio	Consumo diario por vivienda (litros)	Consumo diario por persona (litros)	Consumo por vivienda baja eficiencia (m ³ /año)	Consumo por vivienda alta eficiencia (m ³ /año)	Exceso de consumo (m ³ /año)
Inodoro	Baja	216	72	78,84		55,84
	Muy alta	63	21		23,00	
Ducha	Baja	420	140	153,30		99,64
	Muy alta	147	49		53,66	
Lavabo	Baja	204	68	74,46		56,94
	Muy alta	48	16		17,52	
Bidé	Normal	9	3	3,29	3,29	0
Lavadora	Baja	69	23	25,19		13,14
	Muy alta	33	11		12,05	
Fregadero (sin lavado manual de vajilla)	Baja	105	35	38,33		19,71
	Muy alta	51	17		18,62	
Lavavajillas	Baja	21	7	7,67		3,29
	Muy alta	12	4		4,38	
Consumo total anual y diferencia (según eficiencia)				381,08	132,52	248,56

El consumo anual de agua por cada persona, según la eficiencia del equipamiento de la instalación y el uso que se hace de los servicios y aparatos, será el siguiente:

- Consumo de agua de una **vivienda ineficiente**: 348 litros/persona y día.
- Consumo de agua de una **vivienda eficiente**: 121 litros/persona y día.

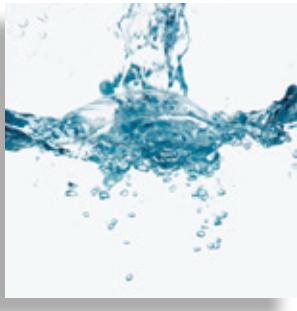


Sobre estos valores obtenidos, podemos considerar un porcentaje aproximado del 80% de agua fría y del 20% de agua caliente.

Con los valores finales obtenidos en el estudio se pueden extraer las siguientes **conclusiones y recomendaciones**:

- a) El tipo de inodoro y el uso del mismo afectan mucho al consumo de agua, motivado principalmente por el gran número de usos que se hace de este aparato en la vivienda.
- b) Las condiciones de la grifería de la ducha, así como el modo de efectuarse el servicio, afectan en gran medida al consumo de agua en la vivienda. Hay que tener en cuenta que el servicio de ducha es el servicio de mayor consumo de una vivienda hidroeficiente.
- c) La eficiencia de la grifería y, sobre todo, la forma de utilización y la realización de los servicios del lavabo, son fundamentales en el consumo de agua. De la tabla se desprende que un uso ineficiente puede producir excesos de consumo próximos a 250 litros por día, valor que se aproxima al consumo hidroeficiente de una vivienda de 3 personas. En este sentido, se deberá evitar:
 - El lavado de manos con agua caliente, que requiere un tiempo de funcionamiento del grifo mayor para alcanzar la temperatura y vertidos innecesarios.
 - Los tiempos prolongados de lavado de manos⁶.
 - Mantener el grifo abierto, cuando se precise un enjabonado prolongado, en el lavado de manos.
 - Mantener el grifo abierto durante el cepillado de los dientes y boca.
 - Mantener el grifo abierto durante la fase de afeitado.

⁶ La utilización de gel líquido permite realizar la operación en un tiempo aproximado de medio minuto.



- En general, el uso de este aparato con el grifo abierto, salvo cuando sea estrictamente necesario.
- d) Los aparatos electrodomésticos, al tratarse de equipos automáticos, aunque contribuyen a reducir el consumo de agua en la vivienda a medida que mejora su calificación, no son los que más influyen en el ahorro. No sucede lo mismo, cuando se analiza el consumo de energía, donde el ahorro afecta en mayor medida.
- e) El lavado manual de la vajilla en el fregadero, cuando se realiza con el grifo abierto, es posiblemente el servicio que mayor consumo de agua produce en la vivienda. Como ejemplo, el grifo abierto durante 30 minutos al día, con un caudal de 12 litros/minuto, produce un consumo de 360 litros diarios (superior al consumo diario de una vivienda eficiente).
- f) El lavado de la vajilla en el lavavajillas es mucho más eficiente que el lavado manual en el fregadero, por lo que es recomendable utilizar este aparato.

11. INFLUENCIA DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN Y EL MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y APARATOS EN EL CONSUMO DE AGUA

Otro de los aspectos que precisa de control para garantizar la eficiencia hidráulica de una instalación de suministro de agua de los edificios de viviendas es la conservación y el mantenimiento de la instalación. Los principales servicios, aparatos y elementos que deben controlarse desde este punto de vista son los siguientes:

a) Las **conducciones de agua**:

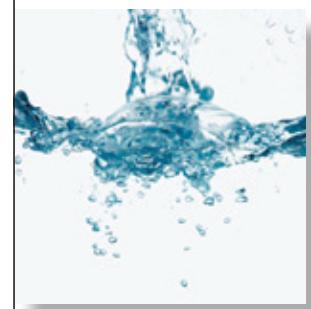
1. Se deberá verificar la **inexistencia de fugas** en la instalación:

- A través de los contadores, se deberá comprobar que no existen consumos de agua permanentes en la instalación. No obstante, por medio del contador no podrán controlarse fugas de pequeño caudal, que no serán advertidas por el mismo, al ser inferiores al caudal mínimo que puede medir este aparato.

Nota: Para la realización de esta comprobación, se deberán mantener cerrados todos los consumos de la instalación situados después del referido contador.

- De forma visual, siguiendo el trazado de las canalizaciones, se controlará que no existe zonas húmedas que son síntoma de fugas de agua.

Hay que tener en cuenta que una fuga de agua, por pequeño que sea el caudal de fuga, al producirse de forma permanente, da como resultado una gran pérdida de agua total.



El trazado de tubería que resulta más difícil de controlar es el que discurre enterrado, debido a que la fuga de agua puede eliminarse por filtraciones del propio terreno, que impiden generalmente su visualización. En todo caso, siempre que se disponga un tramo de tubería enterrado, lo más aconsejable es disponer sobre la alimentación del mismo un contador de agua, que permita visualizar las posibles pérdidas, por lo menos aquellas de caudal perceptible por el contador.

En el caso de que detecten síntomas de fuga, se deberá verificar el punto de fuga y proceder inmediatamente a su corrección. La detección de fugas en tramos enterrados se realiza mediante sistemas de detección mediante ultrasonidos, que precisan de un equipo especial.

b) La **grifería de los aparatos de consumo:**

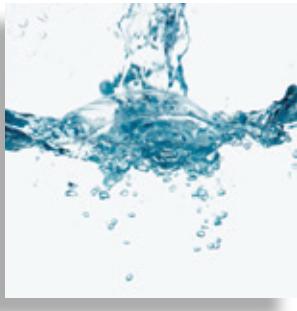
2. Se deberá controlar los **vertidos permanentes de los inodoros**, que pueden producirse por dos motivos:

- **Funcionamiento defectuoso del dispositivo de carga del tanque** del inodoro, que puede producirse por mal estado del elemento de control de llenado, falta de estanquidad de la válvula de cierre u obstrucción de la misma debida a suciedad.

El exceso de volumen de agua en la cisterna, debido a esta anomalía, motivado por el caudal de fuga del dispositivo, se eliminaría a través de rebosadero del dispositivo de descarga.

Esta anomalía puede producir caudales de fuga variables que, en caso de obstrucción, pueden llegar a ser elevados (varios litros de agua por minuto). Si el caudal de pérdida es muy alto, podría mantenerse el llenado del tanque de forma permanente.

- **Cierre defectuoso del dispositivo de descarga o de la propia válvula de descarga** del inodoro, que se produce ge-



neralmente por deterioro del propio material constructivo de la válvula debido al paso del tiempo, aunque también podría producirse por una obstrucción en la propia válvula o por bloqueo del dispositivo de cierre, que no desciende.

Si la anomalía se produce por bloqueo del dispositivo de cierre, el caudal de fuga suele ser muy elevado, produciéndose la carga y descarga de forma permanente. El caudal de fuga en este caso puede superar incluso los 10 litros/minuto, siendo perceptible fácilmente la anomalía.

Si la anomalía se debe al mal estado de la válvula o incluso a un mal asiento de la misma que podría ser debido a alguna impureza del agua, los caudales de fuga son menores. Cuando el caudal de fuga es muy pequeño, esta anomalía puede percibirse al producirse llenados del tanque intempestivos (anormales). Hay que tener en cuenta que el llenado del tanque solamente deberá producirse a continuación de la descarga.

Las pérdidas de agua en los inodoros, aunque generalmente sean de caudal muy reducido, al ser prácticamente permanentes, producen unos volúmenes totales de pérdida enormes.

Como ejemplo, un vertido de 0,25 litros/minuto⁷ produce una pérdida de 15 litros/hora, 360 litros/día y 131,4 m³/anuales. Esta cifra supera el volumen de agua que precisa una persona en una vivienda eficiente durante un año.

El control de esta anomalía puede realizarse perfectamente por el propio usuario de la instalación.

3. Se deberá **verificar la ausencia de goteos**, que pueden deberse a algún cuerpo que la obstruye o al mal estado de la válvula de cierre, que suele ser consecuencia del paso del tiempo y del gran número de accionamientos.

El volumen de una gota procedente del goteo de un grifo puede ser de orden de 0,05 ml, es decir, con 20 gotas se vierte un mililitro. Si tenemos un goteo permanente de 2 gotas por segundo, el agua perdida sería 8,64 litros/día y de más de 3 m³/año.

La detección de esta anomalía es muy sencilla y debe corregirse en el momento de su detección, sustituyendo el grifo.

La reparación del sistema de cierre del grifo, aunque posible, está en desuso.

c) Los **tapones de los aparatos de consumo**:

4. Se debe **controlar la hermeticidad de cierre de los tapones de los aparatos de consumo**, sobre todo fregadero, lavabo, bañera y bidé. El hecho de que se produzcan pérdidas durante el uso de estos aparatos obliga a tener que reponer el agua perdida, lo que representa un sobreconsumo de agua innecesario.

Para evitar este problema, siempre que se detecte holgura entre el tapón y su asiento de cierre, se deberá proceder a la renovación del tapón.

d) Los **sistemas de riego automático**:

5. Se debe **controlar la ausencia de consumos permanentes**, que pueden ser motivados por una pérdida de estanquedad del cierre de las electroválvulas de control en los sistemas de riego automático.

La existencia de un contador específico para el sistema de riego facilita dicho control, al permitir disponer de una lectura permanente. La lectura de dos valores distintos dentro del mismo periodo de no funcionamiento del sistema de riego permite la detección de una pérdida de agua.

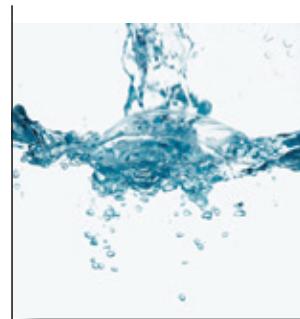
Los defectos de estanquedad de las electroválvulas también pueden controlarse visualmente en los propios dispositivos de descarga de agua, aunque, según el tipo y disposición de los mismos, no siempre resultan visibles.

e) Los **vasos de las piscinas**:

6. Se deberá controlar las **pérdidas de agua que se producen a través de los vasos de las piscinas**, por fugas o filtraciones.

Al igual que sucede con los sistemas de riego, la existencia de un contador específico para el llenado de la piscina facilita dicho control.

Por otra parte, hay que indicar que el mantenimiento de las condiciones de salubridad del agua se consigue mediante la realización del tratamiento de la misma y nunca mediante una renovación periódica (vaciado de la piscina y llenado con agua nueva).





12. HIDROEFICIENCIA EN EDIFICIOS DE CARÁCTER RESIDENCIAL PRIVADO Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

12.1. Hidroeficiencia en la edificación de tipo residencial

La hidroeficiencia en el sector residencial es el resultado de:

- a) Un correcto diseño de las nuevas instalaciones, que deberán incorporar, en todo caso, dispositivos de control de la presión, elementos de medida para el control del consumo, así como aparatos que garanticen una elevada eficiencia en el ahorro de agua, sin perjudicar la calidad de los servicios.
- b) La realización de pequeñas reformas en los aparatos e instalaciones existentes con el objetivo de dotar a los mismos de dispositivos de ahorro que permitan reducir el consumo de agua, pero manteniendo la calidad del servicio necesaria.
- c) La posibilidad de disponer de una lectura constante de los consumos de agua que se producen en la vivienda, lo que permite un mayor control y una mayor sensibilización en relación con el consumo.
- d) El conocimiento, por parte de los usuarios, de las mejores condiciones de uso de los aparatos y servicios, que lógicamente deberán poner en práctica en sus instalaciones.
- e) La correcta conservación de los elementos que componen la instalación de agua, evitando sobre todo la existencia de fugas en las conducciones y grifería, que deberá detectarse y corregirse inmediatamente. La contratación de un mantenimiento periódico con agente especializado (empresa instaladora de fontanería), garantiza la conservación de las instalaciones, la detección de las pérdidas de agua anómalas que puedan producirse y la corrección de los puntos de fuga de la instalación hacia el exterior (fugas) o en los grifos (repasos).

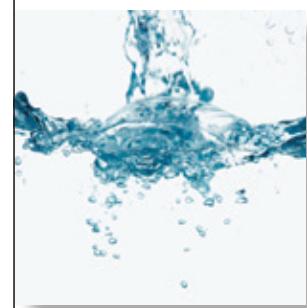
Para garantizar la consecución de este objetivo se deberán promover una serie normas, regulaciones y otras herramientas, entre las que podemos destacar las siguientes:

- La elaboración, aprobación y publicación de normas severas, que obliguen a dotar las nuevas instalaciones y a las reformas de instalaciones existentes de las mejoras técnicas disponibles en relación con la eficiencia hidráulica de los edificios.

- La regulación de la obligatoriedad de que las instalaciones, reformas, reparaciones y mantenimientos sean realizados por empresas especializadas y habilitadas (empresas instaladoras de fontanería), que dispongan de personal técnico cualificado y conocimientos y sensibilización en todos los aspectos relativos a la eficiencia, correcto aprovechamiento y ahorro de agua.
- La promoción, mediante ayudas económicas por subvenciones o desgravaciones fiscales, de la adaptación de las instalaciones existentes con las mejores técnicas disponibles, así como fomentar la realización de reformas que permitan la instalación de equipos y sistemas modernos e hidroeficientes.
- La creación de un sistema tarifario que prime la moderación en el consumo de agua, aunque teniendo en cuenta siempre las características particulares de cada vivienda y cada núcleo familiar. El consumo de agua deriva principalmente de las necesidades de las personas, aunque también existen otras exigencias que derivan de otros seres vivos, así como de los edificios y sus dotaciones (limpieza y baldeo, riego de plantas en general, necesidades de agua de los animales de compañía, etc.).
- La regulación de la obligatoriedad de la conservación y el mantenimiento de las instalaciones de suministro de agua, así como sus mecanismos de control complementarios, en forma de revisiones e inspecciones de carácter preceptivo.
- La formación de una sensibilización del ciudadano en relación con el uso y ahorro de agua, a través de su inclusión en los itinerarios formativos de la educación básica, así como mediante campañas de información públicas a través de los distintos medios de información disponibles.

Por otra parte, también deberán desarrollarse equipos, sistemas y accesorios que permitan reducir los consumos de agua de los edificios, entre los que pueden destacarse los siguientes:

- Sistemas y equipos que permitan la visualización de los consumos instantáneos y totales que se producen en la vivienda, lo que permitirá un mejor control por parte de sus ocupantes. La mejor forma de concienciación es poder visualizar el consumo instantáneo y acumulado de agua.
- Sistemas y equipos de reciclaje de agua para usos que no precisen disponer de agua de consumo (por ejemplo, servicios de riego, utilización en inodoros, etc.).





12.2. Perspectivas de futuro en relación con la eficiencia en la utilización y el consumo de agua

La gestión de los recursos hidráulicos tendrá una importancia trascendental en el futuro, por los motivos siguientes:

- a) **Discontinuidad de las precipitaciones:** El cambio climático lleva consigo una radicalización de los fenómenos climatológicos, es decir, lluvias muy abundantes en lapsos de tiempo muy cortos y grandes período de sequía.

Desde el punto de vista de la gestión hidráulica, la mejor situación se obtiene cuando las precipitaciones son moderadas y frecuentes, lo que permite una mejor recogida y aprovechamiento. La situación contraria produce mayores dificultades para la recogida y, dada la limitada capacidad que tienen los embalses, mayores cantidades de agua no aprovechada.

- b) **Dificultades para la construcción de nuevos embalses:** La construcción de un embalse para el almacenamiento de agua produce unos graves daños colaterales, tanto desde el punto de vista medioambiental como en el plano social y económico, debido a la necesidad de inutilizar grandes extensiones de terreno, que quedarán cubiertas por el agua. Por otra parte, el elevado coste de este tipo infraestructuras en los tiempos actuales supone una gran barrera que limita el desarrollo de estas construcciones.

El último gran embalse construido en la Comunidad de Madrid, el Embalse del Atazar, fue inaugurado en el año 1972.

- c) **Aumento de la población:** El previsible aumento de la población genera unas mayores necesidades de agua, ya que como se ha advertido en este capítulo, el consumo principal de agua en los edificios deriva de las necesidades propias de las personas.

Este aumento de la demanda deberá ser contrarrestado con una mejor eficiencia en la captación y la distribución, así como en una reducción en el consumo individual. En caso contrario, daría como resultado un desequilibrio entre la disponibilidad y la demanda, que se traduciría en restricciones que podrían ser de carácter social (limitación de consumo unitario, limitación según los usos, etc.) o incluso económico (aumento del precio unitario para desincentivar el consumo).

- d) **Mejora de la calidad de vida:** El aumento de la calidad de vida produce unas mayores necesidades en el consumo de agua,

tanto en el sector residencial privado como en el residencial público y servicios del sector terciario.

Como ejemplo se puede citar:

- Gran demanda de servicios hidráulicos en el sector de hostelería y servicios (centros de hidroterapia, centros de hidromasaje, spas, etc).
- Proliferación de bañeras de hidromasaje y spas en el ámbito doméstico.
- Mayor práctica de actividades deportivas, que requieren unas mayores necesidades de consumo de agua (duchas, baños, etc).
- Exigencia de unas condiciones óptimas de higiene diario, para todas las edades y en cualquier ámbito social y laboral.
- Mejora de las características de los vehículos automóviles, que demandan una limpieza más frecuente.



La conjunción de los condicionantes anteriores permite prever la existencia de dificultades de suministro de agua en el futuro. Para contrarrestar esta situación, debemos tomar medidas, cuyo objetivo principal es la reducción de los consumos, que permitan conseguir la hidroeficiencia.

12.3. Objetivos y conclusiones finales

El valor final de 121 litros por persona y día para una vivienda eficiente ocupada por tres personas se ha obtenido para el uso de la totalidad para el caudal total que permiten los dispositivos de uso eficiente instalados. Como algunos de los servicios evaluados no requieren del caudal total, se establecen unas posibilidades de ahorro, que se podría valorar de forma estimativa en una cuantía del 15%, lo que arrojaría un consumo de agua final de 103 litros por persona y día, que definen los objetivos de consumo a medio plazo.

Con este dato referencial, se define como **«hogar hidroefi-CIEN-te»** aquel que tiene un «consumo de agua máximo de 100 litros de agua por persona y día», obtenido como suma de agua fría y agua caliente sanitaria. Se estima que el consumo de agua caliente, que depende de la forma de uso de los servicios, estará comprendido entre el 20 y el 30% del consumo total.

Dentro de este cómputo no se incluyen los servicios externos de la vivienda, como son riego, limpieza de zonas exteriores, lle-



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

nado de piscinas, etc, cuya eficiencia deberá ser también controlada.

En un estudio realizado por el **Instituto Nacional de Estadística** correspondiente al año 2009, se constata un valor medio de consumo diario de 149 litros por habitante. De la comparativa de ambos datos, se pueden extraer las posibilidades de ahorro de agua, que correspondería a una tercera parte del consumo total del año 2009, y por tanto, muy significativo.

No obstante, el consumo de agua que define el hogar eficiente se establece para una presencia permanente de las personas en la vivienda, lo que no suele ser habitual. Por tanto, se deberá establecer un sistema de corrección del consumo de agua que permita minorar el consumo máximo con los consumos realizados fuera de la vivienda (lugares de trabajo, formación, de práctica deportiva, etc).

Considerando como punto de partida el servicio de ducha diario necesario, con un consumo mínimo de aproximadamente 50 litros, la diferencia entre el consumo total y este valor arroja un consumo para otros usos de 50 litros por persona y día. Este consumo repartido entre las 24 horas del día, permite determinar un consumo horario de 2 litros/hora.

Sin necesidad de entrar en cálculos complejos, haciendo un promedio del número de horas de ausencia de la vivienda respecto a las 24 horas del día, una persona que está fuera de la vivienda durante 10 horas debería tener un consumo máximo diario de 80 litros, que resultan de restar al valor máximo de 100 litros, los 20 litros que equivalen a las diez horas de estancia de la persona fuera de la vivienda.

Con este criterio, el máximo consumo medio de la vivienda eficiente se puede determinar por medio de la siguiente fórmula:

$$C_M = \frac{\sum_1^n (100 - 2 * h_{1,n})}{n}$$

Donde:

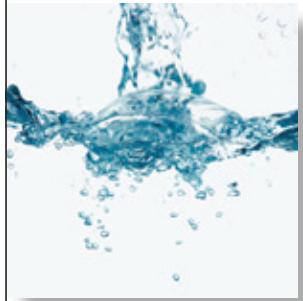
- $h_{1,n}$: Número de horas de estancia de cada ocupante fuera de la vivienda.
- n : Número de ocupantes de la vivienda.

5

REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS DE LLUVIA EN EDIFICIOS

Albert SORIANO RULL

Escuela Gremial de Instaladores de Barcelona



1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso limitado y cada vez más escaso. Su reciclaje se ha convertido en una necesidad, al igual que la planificación y el desarrollo de estrategias que favorezcan su reutilización mediante la implantación de nuevas tecnologías y técnicas de tratamiento más eficientes.

En este sentido, el tratamiento y reutilización posterior de las aguas grises generadas en los edificios, así como el aprovechamiento de las aguas pluviales en los mismos, toma especial relevancia en las políticas energético-ambientales de nuestro país y muy especialmente a nivel municipal, donde en algunos casos se dispone de mayor autonomía operativa para promover la conveniencia u obligatoriedad sobre la instalación de los equipos necesarios para una gestión más eficaz del agua en edificaciones.

El aprovechamiento del agua de la lluvia, una práctica tan básica como longeva, debe recobrar un papel protagonista en las iniciativas avanzadas de gestión del agua y unido al uso de las aguas grises tratadas procedentes de los cuartos húmedos de los edificios, permiten la reutilización de importantes volúmenes de agua para aplicaciones que no requieren de una alta calidad higiénico-sanitaria, y por tanto, no precisan del uso de agua potable. Estas técnicas constituyen una alternativa eficaz y adecuada para contribuir a la llamada «nueva cultura del agua» preservando la sostenibilidad en el consumo de este importante recurso natural.

Aplicando estas medidas se puede reducir el consumo de agua en porcentajes cercanos al 40% en edificios de ámbito doméstico, y el 60% en edificios y locales de ámbito terciario, industrial y comercial.



2. REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN EDIFICIOS

Se entiende por aguas grises, las aguas procedentes de la evacuación de lavabos, duchas, bañeras y todos aquellos aparatos sanitarios sin arrastre de materia sólida y con un bajo nivel de contaminación de las aguas utilizadas. No se contemplan como aguas grises aquellas que provengan de procesos industriales, cocinas, y cualquier tipo de agua que pueda contener grasas, aceites, detergente, productos químicos contaminantes, o un elevado número de agentes infecciosos y/o restos fecales.

Las aguas grises convenientemente tratadas pueden emplearse principalmente en:

- Recarga de cisternas de inodoro
- Riego de zonas ajardinadas
- Lavado de suelos en el interior y/o exterior de edificaciones
- Lavado de vehículos.

Las tecnologías actuales de tratamiento, permiten obtener un agua cuya calidad es muy aceptable para aplicaciones que no precisan de la utilización de agua potable.

La reutilización debe efectuarse mediante una red independiente y separada de la del agua de consumo humano, a esta red se podrán incorporar también las aguas pluviales e igualmente las aguas sobrantes de piscinas para su conveniente tratamiento. La captación procedente de la evacuación de los aparatos que generan dichas aguas grises se realizará igualmente desde una red independiente a la red de saneamiento general del edificio.

2.1. Normativa vigente

A pesar de que importantes entidades españolas relacionadas con el uso del agua, entre otras y como ejemplo AQUAEspaña, están intentando avanzar en el desarrollo de una normativa oficial que regule la reutilización de las aguas grises en el interior de los edificios, lo cierto es que en España hasta el momento no existe una normativa específica sobre reutilización de aguas grises en edificios.



El Real Decreto 1620/2007 regula el uso de las aguas residuales en planta de tratamiento (EDAR); por su similitud, posiblemente este documento será la base para la regulación de este tipo de instalaciones en España. También desde AQUAEspaña se ha elaborado una guía técnica de recomendaciones sobre aguas grises recicladas como documento de partida para el diseño y ejecución de estas instalaciones.

2.2. Tipología de las instalaciones para la reutilización de aguas grises en edificios

En general, los sistemas de reutilización de aguas grises en edificios, pueden clasificarse en:

- Sistemas centralizados.
- Sistemas individuales o descentralizados (por bloques de consumo independientes como viviendas o bien cuartos húmedos).

Por lo que a los equipos encargados de procurar dicha reutilización se refiere, pueden distinguirse en:

- Equipos y sistemas con tratamiento.
- Equipos y sistemas sin tratamiento.

Por lo general y siguiendo con los preceptos del Real Decreto 1620/2007, las aguas «residuales» (entre ellas las grises) antes de su reutilización, han de someterse a un tratamiento de regeneración para alcanzar los niveles de calidad sanitaria y ambiental mínima necesarios para el uso que se destina.

Por ello, la tendencia en la comercialización de muchos equipos y sistemas, así como su prescripción en proyectos de edificación, conduce al desarrollo e instalación de equipos con algún tipo tratamiento, tema abordado en los siguientes apartados de este bloque temático.

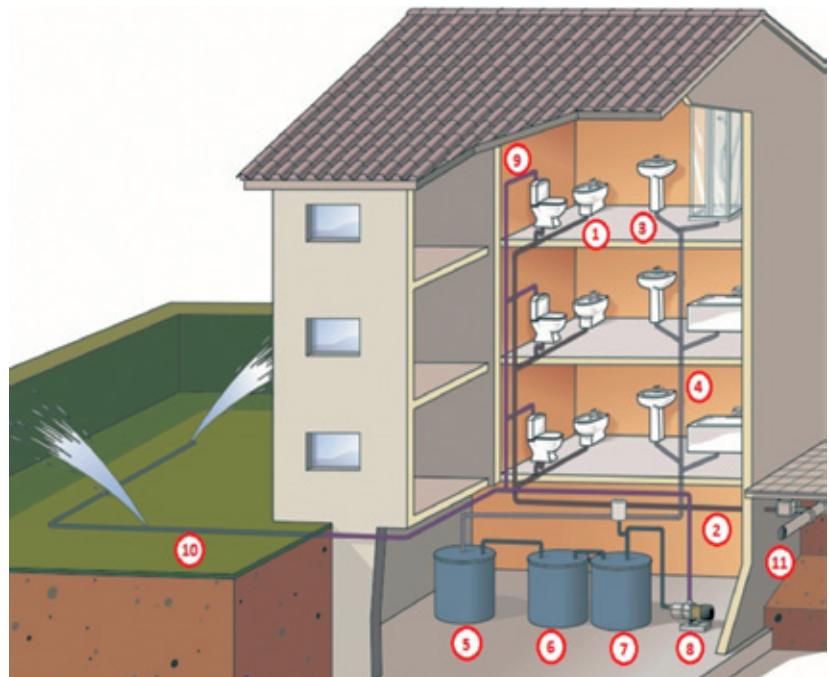
2.2.1. Sistemas centralizados de reutilización de aguas grises

A pesar de que se distinguen diversas posibilidades, en cuanto a la configuración de estas instalaciones, el funcionamiento básico consiste en verter las aguas grises procedentes de todos los cuartos húmedos de una misma edificación, (único abonado «unifamiliar»)



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

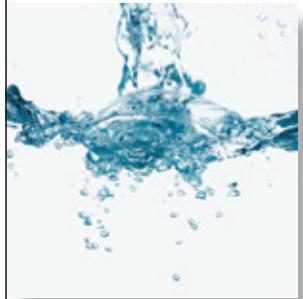
o múltiples abonados/usuarios) en un depósitos centralizados en la planta baja o en planta sótano, destinada a servicios, donde se realizarán los procesos de tratamiento para su reutilización posterior en los aparatos sanitarios autorizados (inodoros, grifos de riego).



1. Recogida de aguas negras desde aparatos sanitarios.
2. Colector e aguas negras, conexión a red de saneamiento.
3. Recogida de aguas grises desde aparatos sanitarios.
4. Bajante de aguas grises.
5. Depósito de recogida de aguas grises (1era fase – filtración-fangos activados...).
6. Depósito de tratamiento-desinfección (2ª fase – reactor biológico - membranas).
7. Depósito de vertido-acumulación de aguas grises tratadas.
8. Bomba o grupo de impulsión de aguas grises tratadas.
9. Red de reutilización de aguas gises tratadas para cisternas de WC.
10. Red de reutilización de aguas gises tratadas para riego de zonas ajardinadas.
11. Red exterior de saneamiento / recogida de aguas residuales urbanas.

Figura 1. Esquema para la reutilización centralizada de aguas grises en edificios.

Los principales tratamientos que se realizan para la recuperación de las aguas grises en edificación, a nivel de instalaciones centralizadas pueden clasificarse principalmente en:



a) Tratamientos físicos

Están constituidos por filtros de sedimentación y tienen como finalidad la separación de los aceites, grasas y partículas sólidas en suspensión.

Si bien son los más económicos, se usan exclusivamente para aplicaciones en las cuales la calidad del agua recuperada sea muy poco exigente.

b) Tratamientos físico-químicos

Los tratamientos físico-químicos se utilizan para la separación de aceites, grasas, partículas en suspensión, materia orgánica y turbidez. Pueden incorporar diversas etapas de tratamiento entre las cuales destacan:

- Dosificación de coagulantes/floculantes.
- Filtración de arena y filtración multiestrato.
- Adsorción mediante carbón activo.

c) Tratamientos biológicos

Se realizan con fangos activos en los cuales, las bacterias digieren la materia orgánica contenida en las aguas grises reduciendo en forma muy significativa la demanda biológica y química de oxígeno (DBO5 y DQO).

En el proceso se reduce el contenido en nitrógeno y fósforo; además, las bacterias patógenas se reducen por competencia, digestión y sedimentación.

Entre los más utilizados se destacan:

- Equipos con reactores secuenciales.
- Equipos con reactores biológicos de membrana (MBR).

Estos sistemas permiten cumplir eficazmente con los parámetros del RD 1620/2007 (en previsión de que estos parámetros se hagan extensibles a las aguas grises), ya que en estos casos normalmente se re-



quiere una etapa de ultrafiltración para reducir la turbidez del agua hasta valores inferiores a 2 UNF.

- Equipos con reactores secuenciales (SBR)

Estos equipos están formados principalmente por uno o varios depósitos, cuyo interior se encuentra dividido en dos cámaras independientes separadas por una pared divisoria, donde la depuración de las aguas grises se realiza por oxidación total después de varias fases de proceso, que habitualmente siguen el siguiente orden:

1. Aportación de aguas grises y decantación de sólidos al fondo de la primera cámara
2. Activación de fangos mediante difusión de oxígeno en la segunda cámara (cámara de reacción SBR)
3. Reposo y sedimentación de fangos en la segunda cámara
4. Extracción e impulsión de aguas grises tratadas desde la segunda cámara a los puntos de consumo citados.

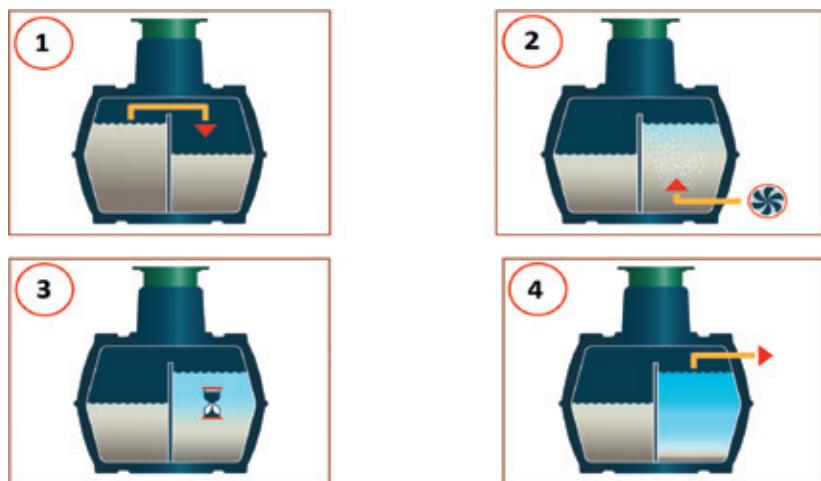


Figura 2. Fases del proceso de depuración en equipos con reactores secuenciales.

- Equipos con reactores biológicos de membrana (MBR)

Las membranas utilizadas en estos equipos son capaces de retener bacterias, por lo cual el agua tratada tiene un nivel muy bajo de

contaminación microbiológica, además con dicho tratamiento se obtienen normalmente valores de DBO5 entre 2-5 mg/l y de sólidos en suspensión alrededor de 2 mg/l.

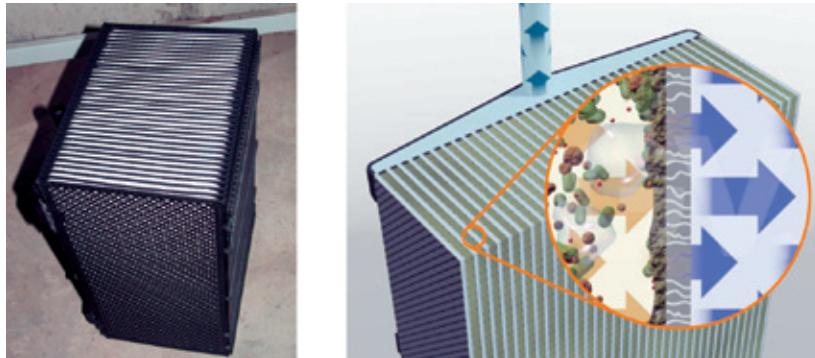


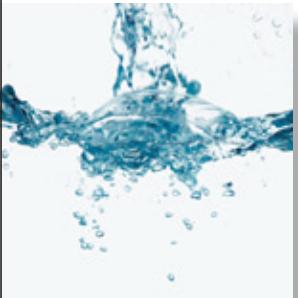
Figura 3. Módulo de membranas de ultrafiltración para equipo de regeneración.

La filtración se realiza por flujo cruzado: el licor mixto se mueve paralelo a la membrana, mientras el agua permea perpendicularmente a la misma. El aire ascendente generado por bombas de aspiración, crea un flujo de arrastre que limpia en continuo la superficie de la membrana.

Las membranas planas están dispuestas paralelamente, con una separación entre ellas de 6 mm para maximizar la superficie de filtrado. El agua es succionada a través de la membrana, dejando en el tanque tanto las substancias disueltas como los microorganismos. Una bomba de aspiración proporciona la pequeña presión transmembrana (0,1 bar) necesaria para el filtrado, minimizando así la colmatación de la misma. Las burbujas del aireador limpian a su vez las membranas, haciendo innecesario el proceso de contralavado, lo que reduce el mantenimiento entre 1 y 3 limpiezas anuales.

2.2.2. Sistemas compactos centralizados

Dadas las carencias de espacio existentes para la ubicación de servicios comunes en la gran mayoría de edificaciones, existen en el mercado equipos que realizan el tratamiento de forma centralizada, mediante un equipo compacto en el que se concentran tres depó-





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

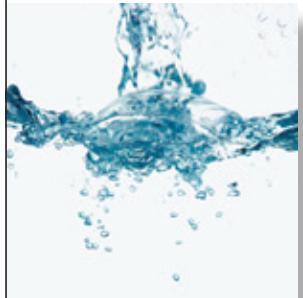
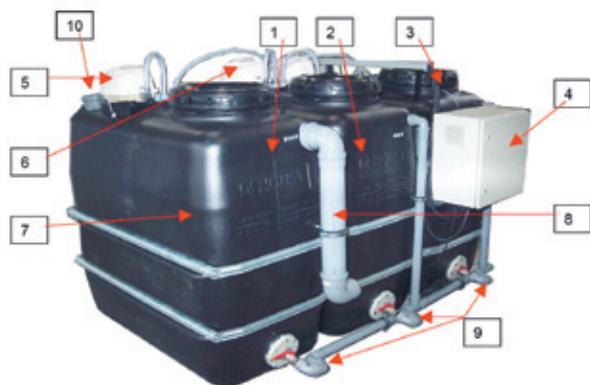
sitos y los dispositivos precisos, donde se efectúa el tratamiento para su posterior reutilización.

Cuando el agua ya ha sido filtrada en un primer depósito, donde el conjunto de las aguas grises se va depositando a medida que se generan, el agua pasa a un segundo depósito (directamente, mediante bombeo o por gravedad), donde ésta se somete a una segunda fase de depuración mediante un tratamiento, habitualmente de carácter biológico (reactor biológico).

Como resultado de este tratamiento, el agua depurada se traspasa a un tercer depósito que servirá para almacenarla y aplicar en la misma un tratamiento de desinfección, para reducir la concentración de elementos patógenos hasta niveles no infecciosos, para su posterior retorno forzado a través de una red independiente de aguas reutilizadas con destino a los inodoros y grifos de riego.

El depósito donde se realiza el último proceso de tratamiento, antes de su retorno a la red de suministro a inodoros y grifos de riego, puede efectuar una desinfección complementaria por dosificación programada de algún biocida como el hipoclorito (método muy utilizado por su economía), dióxido de cloro o radiación ultravioleta.

Existen a su vez equipos compactos de dimensiones reducidas, aptos para su instalación en locales y/o viviendas unifamiliares con capacidades entre los 300 y 500 litros.



1. Depósito 1. Acumulación de aguas grises
2. Depósito 2. Efectúa una depuración por biomembranas
3. Depósito 3. Trasvase de agua gris depurada y lista para su reutilización
4. Caja de conmutadores
5. Bomba de aireación 1
6. Bombas de aireación 2 y 3
7. Bomba de elevación (no visible)
8. Canal de rebosadero
9. Vaciado
10. Entrada aguas grises

Foto 1. Equipo de tratamiento centralizado compacto de aguas grises.
Fuente: GEP.



Foto 2. Equipo de tratamiento centralizado compacto de aguas grises para pequeñas instalaciones. Fuente: GEP.

2.2.3. Sistemas individuales o descentralizados

Los sistemas individuales consisten en situar aparatos sanitarios, específicamente diseñados para permitir una reutilización total o parcial de



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

las aguas grises de rechazo (con o sin tratamiento), sobre otros aparatos (habitualmente inodoros) del mismo cuarto húmedo, o bien, mediante la instalación de módulos independientes que centralicen la recuperación de las aguas grises de uno o varios aparatos, realizando posteriormente el tratamiento y re-impulsión del agua hasta el inodoro/os receptor/es.

Las aguas grises de origen se captan desde los desagües de lavabos, duchas y bañeras y se vehiculizan (normalmente previo tratamiento) a las tomas de alimentación de las cisternas de los inodoros. Son sistemas de bajo mantenimiento y adecuados para instalaciones existentes, rehabilitaciones, reformas o nueva construcción. Permiten un ahorro de hasta el 35% del consumo habitual de agua potable.

En el modelo representado en la Foto 3, se integra en una sola pieza sanitaria un lavabo y un inodoro, de forma que al usar el lavabo, el agua residual del servicio puede aprovecharse para el llenado de la cisterna del inodoro, después de pasar por un filtro y un pequeño tanque de tratamiento, situados en el interior del cuerpo del aparato, en el que el agua queda desinfectada.

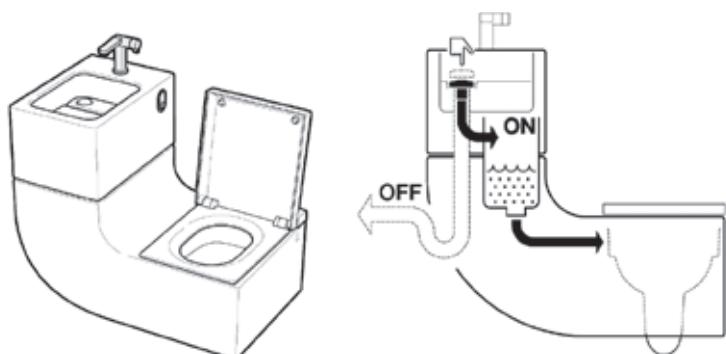


Foto 3. Imagen, dibujo y esquema representativo del funcionamiento del modelo W+W. Fuente: Roca Sanitario S.A.

Otro de los sistemas autónomos más simples para la reutilización del agua en lavabos y duchas, consiste en un módulo independiente que situado bajo el lavabo recoge el agua usada en el mismo y posteriormente a su paso por un filtro interno que retiene cabellos u otros pequeños residuos, desinfecta el agua entrante mediante la acción de una pastilla desinfectante (cloro/bromo) que se disuelve gradualmente en el interior del receptor.



1. El agua sale por el desagüe del lavabo y se dirige a la unidad de tratamiento.
2. El agua pasa sobre una pastilla desinfectante (cloro ó bromo) que controla bacterias y otros contaminantes.
3. El filtro retiene cabellos y otros objetos sólidos.
4. El depósito almacena hasta 20 litros de agua tratada.
5. Cuando se acciona la cisterna, un sensor de nivel en su interior activa la bomba de la unidad de tratamiento.
6. El agua tratada llena la cisterna a través de accesos independientes del agua de red.
7. La proporción de agua reciclada / agua de red que llena la cisterna es aproximadamente del 80 / 20%.

Figura 6. Módulo para la reutilización individual de aguas grises (modelo Aqus – Ecohoe).



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Existen sistemas de mayor volumen, que permiten incluso la integración de todo el módulo empotrado en tabiquería adaptada, donde se recoge el agua usada de la bañera y de la ducha y puede reutilizarse en uno o dos inodoros.

El agua procedente del baño o la ducha es filtrada y las partículas sólidas que arrastra se separan mediante procesos de sedimentación y flotación. La restante es tratada y se almacena en un depósito con una capacidad de unos 120 litros (20 descargas del WC). Cuando se utiliza el WC, el agua entra por gravedad en la cisterna del inodoro (o se bombea si el segundo inodoro está lejos o en el piso superior). El agua en el interior del tanque de recogida se mantiene en óptimas condiciones gracias a un sistema de control electrónico que no requiere intervención por parte del usuario, en el que se dosifica automáticamente una cierta cantidad de biocida adecuado, al no detectarse el uso del sistema transcurridas 24 horas.

1. Entrada de agua procedente de ducha - baño.
2. Entrada de agua de red
3. Tanque de limpieza
4. Tanque de almacenamiento
5. Decantador superior con sensor de paso de aguas grises (conectado a desagüe)
6. Unidad de control electrónico (UCE)
7. Unidad dosificadora de bactericida
8. Pulsador cisterna Inodoro (WC)
9. Cisterna de inodoro (WC)
10. Tubería de seguridad para conexión a segundo inodoro – alimentación a cisterna
11. Bomba de impulsión a segundo inodoro – alimentación a cisterna
12. Inodoro (WC)
13. Tubería de desagüe



Figura 4. Módulo para la reutilización de aguas grises por ozonización.
Fuente: Stella Energy, S.L. - In Tec Dolo.

En otros sistemas, se recogen las aguas grises desde las duchas y bañeras del cuarto de baño y previo filtrado se impulsan, mediante una



bomba, hacia un depósito de pequeñas dimensiones (hermético y extraplano), situado en el interior del techo técnico o falso techo del cuarto húmedo. A este depósito se encuentra conectado un pequeño generador-dosificador de ozono, que de forma programada estimula las emisiones de este gas, en cantidad y regularidad suficiente para mantener unas adecuadas condiciones de desinfección del agua acumulada en el depósito.

La salida de este depósito queda conectada a los inodoros existentes en el propio cuarto húmedo, de forma que al accionar la cisterna/s se descarga el volumen de agua ozonizada que previamente ha llegado a la misma. Sobre este principio de funcionamiento pueden realizarse diferentes variantes, siendo factible su instalación como sistema centralizado para el tratamiento global de todas las aguas grises de un mismo edificio, no obstante hay que tener en cuenta que la liberación de dosis excesivas de ozono pueden ser altamente tóxicas para el ser humano y que su efectividad es tanto mayor, cuanto menor es el tiempo entre el consumo del agua tratada y la dosificación del ozono en la misma.

1. Vertido de aguas grises
2. Filtro para separar residuos sólidos en flotación
3. Bomba de impulsión a depósito de recepción y tratamiento.
4. Red de alimentación de aguas grises a depósito
5. Depósito receptor de aguas Grises.
6. Generador-dosificador de Ozono.
7. Red de alimentación a Inodoros.

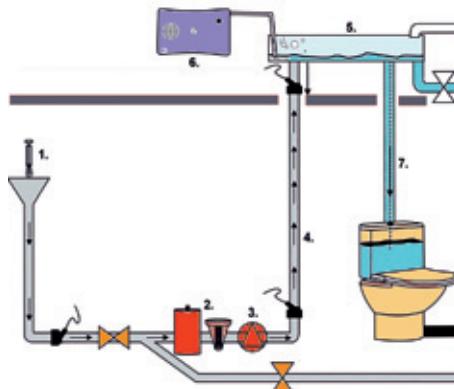


Figura 5. Módulo para la reutilización de aguas grises en cuarto húmedo.
(Fuente: Ecoplay – Ecohoe).

2.3. Criterios de cálculo, diseño e instalación

Uno de los aspectos más importantes a considerar en el diseño de estas instalaciones consiste en dimensionar adecuadamente el volumen de todo el sistema, especialmente en instalaciones centralizadas, adecuándolo por un lado al caudal de aportación real de



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

aguas grises, y de otro y principalmente, al caudal requerido de agua reutilizable, ya que de no ser así se desperdiciarían abundantes y costosos volúmenes de agua regenerada.

Volumen de aguas grises aportadas al sistema

El volumen de aguas grises aportadas depende principalmente de las características y uso del edificio. En términos generales pueden considerarse los valores indicados en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores orientativos de producción

APLICACIÓN	APORTACIÓN
Viviendas	Entre 50 y 100 litros por persona y día
Hoteles	Entre 50 y 150 litros por persona y día
Complejos deportivos	Entre 30 y 60 litros por persona y día

Evidentemente, estos valores estimados pueden ser ampliados o ajustados en función de un estudio pormenorizado de uso, por tipología de usuario, emplazamiento u otros factores en consideración.

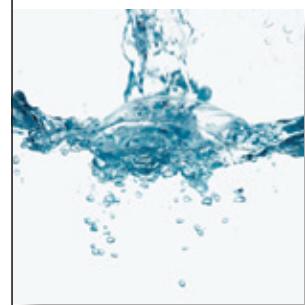
Volumen de aguas grises regeneradas por demanda de usuarios

De poco serviría una gran acumulación y tratamiento de las aguas grises, si la demanda de estas (una vez regeneradas) no fuera equitativa, ya que ello derivaría en mayores necesidades de espacio y un mayor control higiénico-sanitario de las aguas retenidas en el equipo. Para ello, se tomaran en consideración valores de referencia, relativos al consumo estimado de agua requerida por usuario y/o uso (ver Tabla 2).

Tabla 2. Valores de referencia por demanda de usuarios

APLICACIÓN	DEMANDA
Recarga de cisternas de inodoro	Entre 18 y 45 litros por persona y día
Riego de jardines	Entre 2 y 6 litros por m ² y día
Lavado de suelos en interior	Entre ½ litro y 1 litro por m ²
Lavado de vehículos	250 litros por vehículo

Del mismo modo, se tomará en consideración en la selección de los equipos a instalar, que las aguas grises permanezcan un periodo



máximo de 24 horas en el interior de los tanques (tanto el correspondiente a la captación de origen, como en el de acumulación del agua regenerada por el sistema), ya que en caso contrario pueden desarrollarse microorganismos y olores desagradables, que no suelen aparecer durante el primer día.

El equipo debe disponer de un sistema de descarga y evacuación por rebose, en caso de superar la capacidad máxima de acumulación de los tanques receptores. Así mismo, y en ausencia de suficiente aporte de aguas grises, mediante un dispositivo de control de nivel, deberá garantizarse la entrada de agua potable de red suficiente (by-pass de seguridad), para permitir principalmente la descarga de las cisternas de los inodoros e incluso el riego de zonas ajardinadas del propio inmueble.

El sistema de captación, tratamiento y recirculación de las aguas grises regeneradas, deberá incorporar previa a la entrada del agua utilizada al equipo, un dispositivo de desbaste por filtración, encargado de discriminar la entrada de pelos y otros residuos sólidos en el sistema.

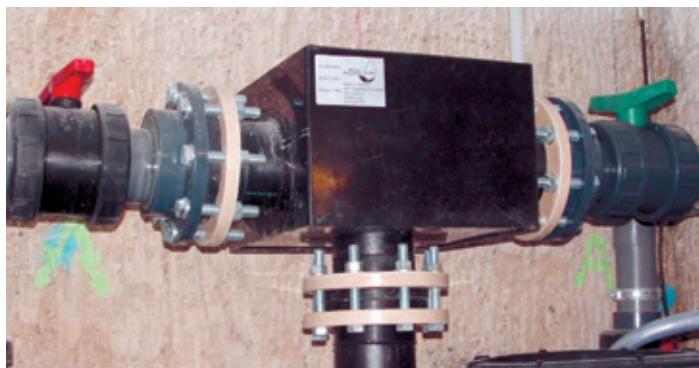


Foto 4. Filtro de rejilla embriddado para un sistema de reutilización de aguas grises.

Señalización de las instalaciones y los equipos

Toda la instalación debe estar señalizada correctamente evitando en todo momento conexiones cruzadas, especialmente el circuito de salida desde el equipo de captación y tratamiento hasta los puntos de consumo, así como la red de evacuación de aguas grises hasta el tanque/s de recepción correspondiente. Aunque no está regulado,



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

dicha red puede identificarse, por ejemplo, mediante un tubo de color morado o señalizado con franjas de igual color, separadas entre sí a una distancia no superior a 1 m.

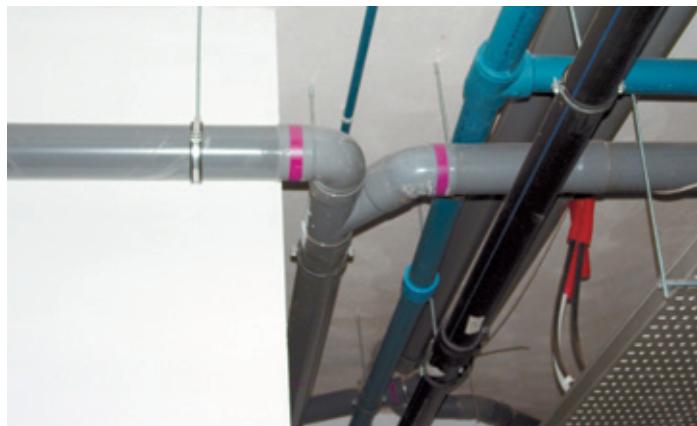


Foto 5. Red de evacuación de aguas grises señalizada.

También será preceptiva la dosificación, sobre el circuito de impulsión de aguas grises regeneradas, de algún colorante (azulado o verdoso) de tipo alimentario, biodegradable y que no precipite, que permita comprobar la estanquidad del sistema y la total independencia con respecto a las conexiones de agua potable.

Se atenderá con especial cuidado la señalización de los equipos de tratamiento y los aparatos o puntos de consumo de agua gris, mediante etiquetas, placas o cualquier medio perenne, con un ícono y/o texto que permita identificar el origen y no potabilidad de las aguas contenidas en el equipo o servidas por el punto/s de consumo en cuestión.



¡¡¡ ATENCIÓN !!!
RED DE AGUA NO POTABLE
AGUAS GRISES REGENERADAS

Figura 6. Ejemplo de señalización correcta en equipos y puntos de consumo conectados a redes de aguas grises.



2.4. Criterios de calidad de las aguas grises regeneradas.

Las aguas grises pueden contener en origen contaminación orgánica y microbiológica generada en la higiene personal, tales como restos de jabones, champús, dentífricos, cremas de afeitar, detergentes, pelos, aceites corporales, cosméticos, restos de arena y suciedad. Con independencia de los índices contaminantes de dichas aguas, se deberá procurar que una vez realizado el tratamiento de regeneración se alcancen y mantengan los siguientes valores orientativos :

Tabla 3. Valores orientativos tras el tratamiento de regeneración

PARÁMETRO	ÁMBITO RESIDENCIAL	ÁMBITO TERCIARIO/SERVICIOS
Turbidez (NTU)	< 2	< 10
pH, si se adiciona cloro	7,0–8,0	7,0–8,0
Escherichia Coli (UFC/100ml)	No detectado	< 200
Biocida activo. En caso de cloro residual libre, si se adiciona cloro (Cl ₂ mg L)	0,5 ,2	0,5–0,2

En el caso de que exista riesgo de aerosolización (riego por aspersión u otras aplicaciones con efecto aerosol), se tendrán en cuenta los criterios establecidos en el RD 865/2003 sobre Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, así como el valor guía indicado en el RD 1620/2007 en la tabla 1 calidad 1.1 y 1.2 de 100 ufc/l.

2.5. Mantenimiento de la instalación, controles y periodicidad

Se deberán efectuar y registrar las operaciones de limpieza de tanques, filtros, tuberías, módulos de membranas u otros sistemas de desinfección y dispositivos de control diversos (bombas, módulos electrónicos, etc.), por parte del personal de mantenimiento autorizado, que deberá ir adecuadamente equipado cumpliendo con la normativa vigente en cada momento sobre prevención de riesgos laborales.

Durante las operaciones de mantenimiento, se debe tener un especial cuidado para impedir cualquier contaminación del agua gris reciclada, realizando como mínimo los controles analíticos necesarios,



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

con la periodicidad requerida, según la legislación vigente en cada momento.

3. APROVECHAMIENTO DE AGUAS DE LLUVIA EN EDIFICIOS

Se entiende por aguas pluviales, las aguas procedentes de los tejados y cubiertas de edificaciones. Debido a sus especiales propiedades físico-químicas, el uso de aguas pluviales puede permitir un ahorro de hasta un 50% en el uso de detergentes y jabones en las tareas de limpieza doméstica y terciaria (especialmente en zonas con bajos niveles de contaminación ambiental), reduciéndose además la posibilidad de calcificación en la red y compensándose también la entrada de agua en las estaciones depuradoras (EDAR) en zonas con regímenes altos de pluviometría.

En general, las instalaciones para el aprovechamiento de aguas pluviales están formadas por una o varias cisternas en superficie o enterradas, donde se vierten las aguas pluviales recogidas de cubiertas y tejados y donde se impulsan posteriormente a los puntos de consumo autorizados mediante una red de canalizaciones independiente.

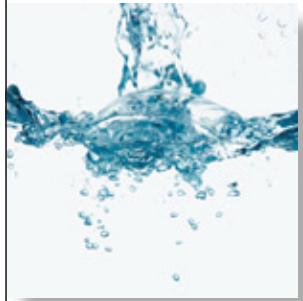
Las aguas pluviales pueden emplearse principalmente en:

- Recarga de cisternas de inodoro.
- Riego de zonas ajardinadas.
- Lavado de suelos en el interior y/o exterior de edificaciones.
- Lavado de vehículos.

La red de suministro de aguas pluviales debe ser independiente de la del agua de consumo humano, evitando siempre el riesgo de realizar conexiones cruzadas.

3.1. Normativa vigente

Como referencia para la elaboración de este apartado se tomaran las pautas recogidas en la Guía Técnica sobre aprovechamiento de aguas de lluvia, elaborada por AQUAEspaña, dado que por el momento no existe una normativa específica sobre reutilización de aguas pluviales en edificios.



3.2. Tipología de las instalaciones para el aprovechamiento de las aguas de lluvia en edificios.

El estudio y regulación de este tipo de instalaciones en ámbito urbano se ha consolidado como fuente de abastecimiento en municipios de muy diversa densidad de población, con aplicaciones centradas principalmente en la captación de agua para baldeo de calles y viales públicos, riego de zonas ajardinadas o suministro a fuentes ornamentales.

El aprovechamiento individual para edificios de ámbito residencial y terciario no está regulado por la mayoría de administraciones locales u ordenanzas municipales, hecho que ha propiciado iniciativas diversas para potenciar una práctica que permite conseguir ahorros comprendidos entre el 35 y 50% del agua de consumo, dependiendo del emplazamiento del inmueble donde se aplique dicha técnica.

Se puede establecer una clasificación general según la tipología del edificio:

- Instalaciones para edificios unifamiliares y locales aislados
- Instalaciones para edificios, inmuebles y locales en colectividad.

Dependiendo de dicha clasificación la configuración de la instalación puede sufrir significativos cambios y también tendrá gran importancia sobre la configuración de las instalaciones a realizar el emplazamiento del inmueble según:

- Zonas con alta pluviometría.
- Zonas con baja pluviometría.

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta será el régimen de ocupación y uso de los edificios, lo que determinará en gran medida el posible tratamiento de las aguas almacenadas en el/los depósito/s que acumulan el agua de lluvia.

- Edificios con ocupación permanente.
- Edificios con ocupación irregular u ocasional.

Otro de los condicionantes que determinará las características de la instalación a realizar radica en la posibilidad de garantizar el suministro de agua a los puntos de consumo receptores de agua de lluvia, tanto por la red de suministro de agua potable, como por la red de



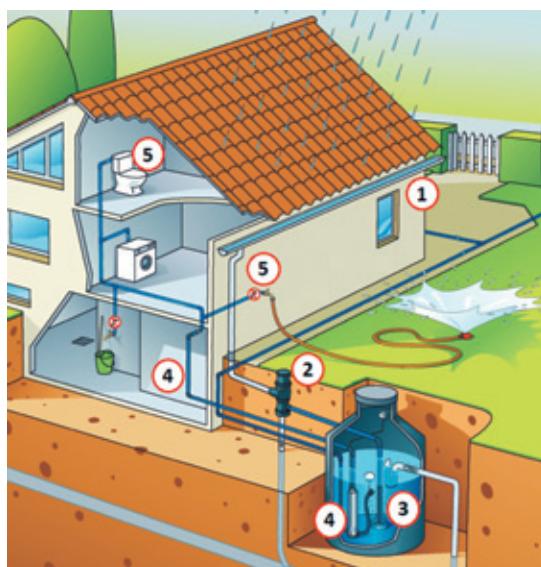
aguas de lluvia selectivamente, en función de la mayor o menor reserva de agua de lluvia en la instalación, o bien ante la ausencia o imposibilidad de disponer de circuito de alimentación de agua potable.

3.3. Configuración de una instalación de aprovechamiento de aguas de lluvia

Con independencia de los factores que se han citado en el apartado anterior, puede establecerse una configuración tipo, en la que bajo cualquier situación se contemplaran unos elementos mínimos a situar en el sistema, como son:

- Sistema de recogida y canalización de las aguas pluviales
- Sistema de filtrado
- Sistema de almacenaje de las aguas pluviales
- Circuito de reimpulsión y distribución de las aguas almacenadas.

Existe a su vez la posibilidad de complementar esta instalación con otros elementos, como son el sistema de control automatizado de agua o eventualmente el sistema de tratamiento de agua requerido para mantener, si se necesitara, las cualidades higiénico-sanitarias del agua en el interior del depósito de recogida.



1. Canalones para la recogida y canalización de aguas de lluvia.
2. Filtro desbaste para residuos sólidos.
3. Depósito/ Cisterna para acumulación aguas de lluvia.
4. Bomba de impulsión – circuito de alimentación de aguas de lluvia.
5. Puntos de consumo alimentados con agua de lluvia

Figura 7. Ejemplo gráfico de una instalación básica para el aprovechamiento de aguas de lluvia.

3.3.1. Sistema de recogida y canalización de las aguas pluviales

Para la recogida de las aguas pluviales se podrán utilizar básicamente:

- Canalones para la recogida de aguas pluviales desde tejados y cubiertas a una o más aguas
- Sumideros situados en cubiertas planas.



Estos son construidos en diferentes materiales y sistemas como PVC, PP, chapa de acero, acero inoxidable, aluminio, cobre, cobre zincado, etc.

Por lo que respecta a las canalizaciones o tuberías que conectan con estos elementos y vehiculizan el agua hasta el filtro general del sistema, suelen utilizarse principalmente:

- Tuberías de Policloruro de vinilo en los formatos PVC-U y también C-PVC
- Tuberías de Polipropileno PP-H.

Las uniones serán estancas y el sistema deberá permitir las operaciones de limpieza y mantenimiento necesarias, así un cómodo direccionado de las aguas vertidas sobre su superficie.

Las características de diseño, montaje y dimensionado de la red de evacuación de pluviales (*no de los sistemas de reutilización de aguas de lluvia*) vienen recogidas en el actual Documento Básico HS5 – Evacuación de agua del Código Técnico de la Edificación (CTE).



a)



b)

Foto 6.a) Ejemplo gráfico de canalones. **6.b)** Sumideros para recogida de agua pluviales.



3.3.2. Sistema de filtrado

Previo a la entrada en los depósitos de acumulación, las aguas pluviales deben ser filtradas para evitar la entrada de suciedad en los depósitos de almacenaje, que pueden causar averías de funcionamiento del sistema y/o empeorar la calidad del agua almacenada.

Los filtros más habituales para la separación de hojas de árbol, insectos y otros posibles residuos sólidos, se clasifican según su ubicación en:

- Tipo U1. Filtros para la instalación en bajantes.
- Tipo U2. Filtros para la instalación en las cisternas.
- Tipo U3. Filtros para la instalación individual (en arquetas, enterradas o en superficie).

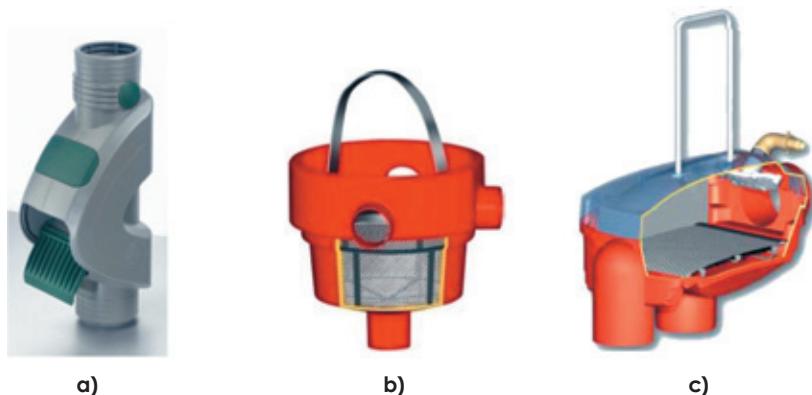


Figura 7a) Ejemplo gráfico de filtro para bajantes. **7b)** filtro para cisterna. **7c)** Filtro para instalación individual.

Con respecto al principio de funcionamiento de estos dispositivos existen dos tipos básicos:

- Tipo F1. Filtros con expulsión de la suciedad «Autolimpiantes».
- Tipo F2. Filtros con acumulación de la suciedad.

Los filtros deben ser dimensionados en función del caudal de agua que puede pasar por ellos, debiendo ser registrables, facilitando su inspección y las ineludibles operaciones de limpieza y mantenimiento, siendo especialmente recomendables los sistemas de filtrado con dispositivos de discriminación de primeras aguas.

3.3.3. Sistema de almacenaje de las aguas pluviales

El objetivo del almacenamiento de agua de lluvia es acumular con las mejores garantías de calidad posible el agua procedente de la lluvia, para posteriormente poder ser utilizada para los usos designados, para ello se utilizan cisternas y depósitos. Respecto a su modalidad de instalación, se clasifican en:

- Depósitos de superficie (convencionales ó decorativos)
- Depósitos enterrados.

Estos receptáculos deberán ser estancos y ofrecer opacidad suficiente a la penetración de la luz, pueden estar construidos habitualmente en:

- Polietileno (PE).
- Polipropileno (PP).
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).

Y de forma menos frecuente en materiales metálicos como el acero inoxidable, la chapa galvanizada o construidos en materiales de obra como el hormigón.

La cisterna o depósito se debe proteger al máximo de la luz y el calor, por ello se recomienda la instalación de cisternas enterradas, que ofrecen la mejor conservación del agua (protección del calor y la luz).

Si la zona en la que se prevea la ubicación del depósito es transitable o tiene que soportar grandes cargas se deberá asegurar la integridad del terreno y del depósito enterrado bajo el mismo.

Es imprescindible mantener un registro de entrada a la cisterna para cualquier tipo de inspección, limpieza o mantenimiento así como asegurar la prevención de acceso a niños.

Tiene que ser posible desmontar todos los componentes instalados, y debe preverse una salida para el rebosadero de un diámetro igual o superior al diámetro de la tubería de entrada de agua; este tramo se situará siempre a una cota inferior a la de entrada de agua.





3.3.4. Circuito de impulsión y distribución de las aguas almacenadas

Una vez acumulada el agua en el depósito, y en función de la demanda de agua por parte de los usuarios de la instalación, mediante la intervención de una bomba se impulsará el agua hasta los puntos de consumo mediante una red de tuberías independiente a la que forme la red de suministro de agua potable, estando prohibido establecer conexiones cruzadas.

El circuito estará formado básicamente por:

- Una o más bombas impulsoras de agua, bien sea de tipo sumergida o de superficie
- Circuito de tuberías de distribución a los puntos de consumo de agua de lluvia.

Dependiendo de la situación de la bomba con respecto al depósito, la instalación podrá clasificarse como:

- En carga con electrobomba. Aquellas cuyo depósito se encuentra a un nivel igual o superior al del sistema de elevación, se utilizan para ello bombas sumergidas
- En aspiración con electrobomba de superficie. Aquellas cuyo depósito se encuentra a un nivel inferior al del sistema de elevación, se utilizan para ello bombas de superficie
- Instalación de distribución por gravedad: Cuando la cisterna se encuentra a un nivel superior al suministro (caso muy poco habitual).

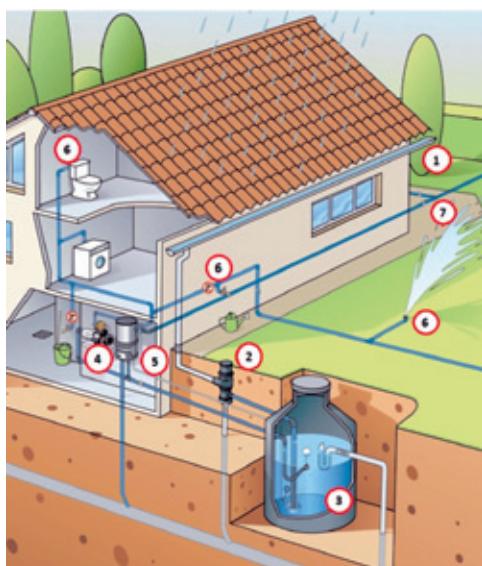




3.3.5. Sistema de control automatizado de agua

Con el objetivo de centralizar el funcionamiento de estas instalaciones es muy frecuente la interposición en el circuito de un módulo de control automatizado, en el que se situará un cuadro de control eléctrico y un sistema mediante electroválvulas y sondas de nivel que permita el bay-pass o realimentación de determinados aparatos, o de todos ellos, mediante la red de agua potable, en el momento en que no se dispusiera de un volumen agua de lluvia almacenada suficiente para garantizar la alimentación a los puntos de consumo. En este módulo de control automatizado pueden incorporarse también otros elementos para el control hidráulico de la red de impulsión, como son: variadores de frecuencia que actuarían sobre el motor de la/s bomba/s, reguladores de presión, etc.

En algunos sistemas la automatización se lleva a cabo mediante una placa electrónica que incorpora un software especial que parametriza, controla y gestiona el sistema en coordinación con la red de agua potable, con una programación que prioriza un consumo eficiente en función de la demanda de los usuarios y las condiciones del conjunto del sistema.



1. Canalones para la recogida y canalización de aguas de lluvia.
2. Filtro desbaste para residuos sólidos.
3. Depósito/Cisterna para acumulación aguas de lluvia.
4. Bomba de impulsión – circuito de alimentación de aguas de lluvia.
5. Módulo control y gestión automatizada
6. Puntos de consumo alimentados con agua de lluvia
7. Circuito-tubería de alimentación de agua potable

Figura 8. Ejemplo gráfico de una instalación para el aprovechamiento de aguas de lluvia controlada por módulo de automatización.



3.4. Criterios de cálculo, diseño e instalación

Como es de suponer, en el diseño del sistema el principal elemento a considerar es el tamaño del depósito de aguas pluviales, por lo que la viabilidad y rentabilidad de todo el conjunto depende en gran parte de este parámetro.

El volumen de la cisterna depende principalmente de 3 factores:

- Superficie de captación de agua pluvial del sistema.
- Precipitación media de la zona donde se ubica el sistema.
- Demanda instalada del sistema (aparatos conectados al sistema de agua de lluvia del edificio).

A pesar de que existen numerosas formas de cálculo del volumen de la cisterna, todas ellas empíricamente probadas para diversas hipótesis basadas en los tres factores anteriores citados, se propone para esta guía un método de referencia, coincidente a su vez con el pautado en la *Guía Técnica sobre aprovechamiento de aguas de lluvia*, de AQUAEspaña.

Se deberá considerar el factor de rozamiento (escorrentía) de los diversos tipos de superficies recogidas (tejados y cubiertas planas), según las características citadas.

Coeficientes de escorrentía en función del tipo de tejado:

- Tejado duro inclinado 0,8 a 0,9
- Tejado plano sin gravilla 0,8
- Tejado plano con gravilla 0,6
- Tejado verde 0,3 a 0,5
- Superficie empedrada 0,5 a 0,8
- Revestimiento asfáltico 0,8 a 0,9.

El volumen de la cisterna de pluviales depende básicamente de 3 factores:

- Superficie de captación de agua pluvial del sistema
- Precipitación media de la zona donde se ubica el sistema

Reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas de lluvia en edificios

- Demanda instalada del sistema (aparatos conectados al sistema de agua de lluvia del edificio).

Atendiendo a la siguiente fórmula abreviada:

Partiendo de los dos factores principales a considerar, calcularemos inicialmente la cantidad de agua a recoger anualmente, atendiendo a la expresión:

$$A=F \times M \times P$$

Donde:

A = Agua de lluvia que podemos recoger anualmente.

N = Necesidades reales de agua de lluvia a reutilizar.

F = Factor de la superficie de recogida.

M = m² de superficie de recogida.

P = Pluviometría anual media de la ubicación.(a consultar para cada emplazamiento, según datos del INM (Instituto Nacional de Meteorología).

Estableciéndose los siguientes valores medios de referencia:

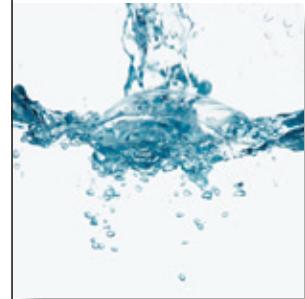
1. WC: 24 l por persona por día = 8.760 l por persona/año.
2. Lavadora: 96 l por persona por semana = 4.992 l por persona/año.
3. Limpieza: 3 l por persona por día= 1.095 l por persona/año.
4. Riego: 2 l por m² por día sequía = 200 l por m²/año (varía según climatología).

A continuación comprobaremos si la instalación es viable para la necesidad de agua pluvial que tenemos.

- A > N. Tomaremos N como valor de cálculo.
- N > A. Debemos descartar alguno de los usos de agua.

Volumen del depósito

- (N x E)/365 días= Volumen óptimo aproximado.
- E: período entre lluvias 30-45 días (dependiendo de la climatología).





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Recomendándose escoger siempre el depósito del volumen comercial superior a la medida indicada.

3.5. Instalación y asentamiento de los depósitos

En la instalación de equipos enterrados no se deberá llenar el equipo con agua hasta que éste se encuentre correctamente colocado y anclado en el foso; llenar el equipo prematuramente puede provocar la rotura del mismo.

El equipo no debe reposar sobre superficies discontinuas (viguetas) ya que puede provocar la rotura del mismo. El llenado accidental de agua en el foso sin el equipo anclado y sin haber finalizado las tareas de enterrado puede provocar la rotura del depósito. La longitud y anchura del foso deben ser aquellas que respeten una distancia mínima de 400 mm entre el equipo y la pared del foso.

Cuando se instalen varios equipos la distancia mínima entre ellos deberá ser 400 mm. La distancia entre el equipo (la generatriz del equipo sin contar las bocas) y la cota 0 (nivel de suelo) será como máximo 500 mm. En caso de nivel freático elevado, terreno no estabilizado o zona inundable, el equipo se instalará dentro de un cubeto de hormigón armado, cuyas especificaciones tendrán que venir definidas en el proyecto firmado por el técnico competente, responsable del mismo.

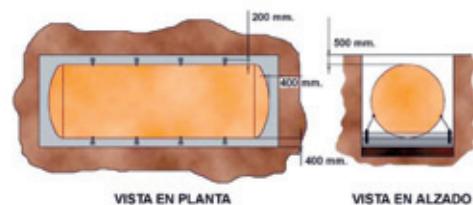


Foto 9. Instalación de un depósito enterrado.



3.6. Señalización de las instalaciones y los equipos

Toda la instalación debe estar señalizada correctamente evitando en todo momento conexiones cruzadas, especialmente el circuito de salida desde el depósito de aguas pluviales o el emplazamiento del módulo de control hasta los puntos de consumo. Aunque no está regulado, dicha red puede identificarse, con una tubería pintada íntegramente o a franjas (separadas entre sí a una distancia no superior a 1 m) en un color distintivo y diferenciado al de otras redes.

Se atenderá con especial cuidado la señalización de los puntos de consumo de aguas pluviales, mediante etiquetas, placas o cualquier medio perenne, con un icono y/o texto que permita identificar el origen y no potabilidad de las aguas contenidas en el equipo o servidas por el punto/s de consumo en cuestión.



Figura 9. Ejemplo de señalización correcta en equipos y puntos de consumo conectados a red de aguas pluviales.

3.7. Criterios de calidad de las aguas pluviales

El agua de lluvia por sus especiales características tiene un bajo nivel de contaminación, sin embargo, en algunas zonas geográficas con un alto índice de contaminación atmosférica, esta puede quedar impregnada de micro-partículas contaminantes suspendidas en la atmósfera, tales como hidrocarburos, carbono, metales pesados, etc. Una vez que ha caído sobre la superficie del tejado o cubierta, dependiendo del estado y naturaleza de la superficie, provoca que sus propiedades tanto físico-químicas como microbiológicas, se ven aún más desvirtuadas.

En ningún caso se llegará a los índices de contaminación residentes en las aguas grises de los edificios, no obstante es conveniente saber que no es agua pura, sino con un índice bajo de contaminación y



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

que por lo general su aprovechamiento es positivo, dado que por su ausencia de cal y otros minerales es más recomendable, para lavar nuestra ropa o efectuar la limpieza doméstica, que algunas de las aguas potables que se distribuyen por las redes de abastecimiento, tanto es así, que se comercializan electrodomésticos especialmente diseñados para su funcionamiento con aguas de lluvia.

Independientemente de este hecho, las aguas pluviales almacenadas en los depósitos, si no están sometidas a una renovación diaria, pierden aceleradamente sus garantías higiénico-sanitarias por lo que su posible tratamiento se realizaría más por la posible contaminación al permanecer estancada que por su naturaleza físico-química al precipitar sobre las superficies de recogida.

Para tratar de mantener unas condiciones sanitarias óptimas en el agua acumulada en las cisternas, en el caso de que esta deba mantenerse durante prolongados períodos de tiempo en su interior, se podrá considerar aplicar un tratamiento complementario, que como mínimo consista en

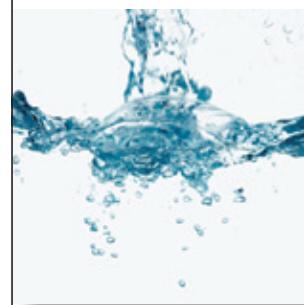
- Dosificación controlada de cloro
- Control de ph.

teniendo en cuenta que al aumentar el valor ph, el rendimiento o efectividad del cloro disminuye.

La dosis de aplicación depende de las características microbiológicas del agua así como del valor del pH. Para la desinfección del agua se utilizan generalmente dosis de cloro libre alrededor de 0,2-0,6 mg/l o superiores, en función de las características del agua.

En general, en instalaciones de reutilización de agua de lluvia, se efectúan dosis siempre inferiores a 0,9 ppm. Aunque el RD 140/2003 no es de aplicación en reutilización de aguas pluviales y no exige la presencia de cloro en el agua de consumo humano, algunas legislaciones autonómicas establecen un valor mínimo de 0,2 mg/l.

Dependiendo de las aplicaciones destinadas al uso del agua pluvial o bien del tipo de flora o vegetación de la que dependa el riego que se provoque desde el sistema de reutilización de aguas pluviales, podrá ser aconsejable la dosificación de cierta cantidad de hipoclorito disuelto en el agua de la cisterna, mediante el uso de una bomba de



dosificación por impulsos. Esta aportación de cloro, será tanto más necesaria cuanto menos frecuente sea la renovación del agua acumulada en la cisterna, ya que de ello dependerá el mantenimiento de las propiedades del agua, en las condiciones mínimas requeridas para las aplicaciones previstas (lavado, riego, inodoro, etc.).

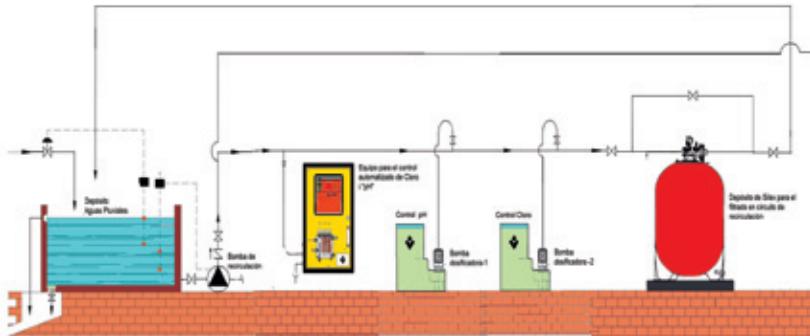


Figura 10. Ejemplo de tratamiento para control de cloro y pH sobre instalación de aprovechamiento de aguas pluviales en edificio.

3.8. Mantenimiento de la instalación, controles y periodicidad

Se deberán efectuar y registrar las operaciones de limpieza de tanques, filtros, tuberías, módulos de gestión y control u otros dispositivos como bombas, electroválvulas, etc., por parte del personal de mantenimiento autorizado, que deberá ir adecuadamente equipado cumpliendo con la normativa vigente en cada momento sobre seguridad y prevención de riesgos laborales.

Durante las operaciones de mantenimiento, se debe tener un especial cuidado para impedir cualquier contaminación de la red de agua potable, evitando el riesgo de efectuar conexiones cruzadas y realizando como mínimo los controles analíticos necesarios, con la periodicidad requerida, según la legislación vigente en cada momento.

4. BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN DE CONSULTA

- Ministerio de la Presidencia: Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

- Aqua España (2011): Guía española de recomendaciones sobre las aguas grises recicladas.
- Aqua España (2011): Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios.
- Aqua España (2011): Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios.
- ALBERT SORIANO & FRANCISCO J. PANCORBO, Ed. Marcombo (2011): Suministro distribución y evacuación interior de agua sanitaria.

Información técnica y comercial de:

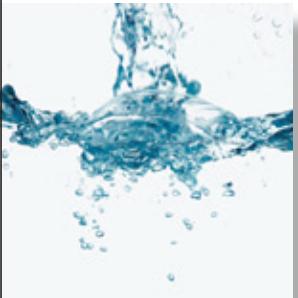
- CILIT
- ECOHOE
- ESPA Group
- GEP (GEP Ibérica)
- GRAF Ibérica
- REMOSA
- ROCA Sanitario, S.A.
- STELLA ENERGY, SL (IN TEC DOLO)

6

AHORRO DE AGUA Y ENERGÍA EN EL CONSUMO SANITARIO DEL AGUA

Luis RUIZ MOYA

Tehsa



1. INTRODUCCIÓN

Qué el agua es un bien vital para la humanidad, todos los sabemos y que a su vez es el mejor legado que podemos dejar a nuestros hijos, también. Entonces ¿por qué no hacemos un uso racional de la misma?

Por desgracia, sólo nos acordamos de cuidar el agua, cuando nos la cortan o se realizan medidas de urgencia o sensibilización por la grave situación por la que se atraviesa.

Por el contrario, si se legisla sobre la misma, no se entiende cómo un mayor grado de protección, sino de recaudación. ¿No será este el problema?, que al tener un bajo coste no la valoremos en su justa medida como pasa con la energía, que es mucho más cara.

Por el artículo 45 de la Constitución Española, se atribuye a las Administraciones Públicas la función de velar por una utilización más racional de los recursos naturales, como lo es el agua, patrimonio natural.

Por otra parte y debido a los elevados precios de la energía, cada vez más, nos vamos dando cuenta de que realmente ésta escasea y los costes de los recursos energéticos, son cada vez más altos y más difíciles de conseguir.

Sin embargo, no somos conscientes de que el agua también escasea, y que tanto directivas internacionales como leyes y ordenanzas municipales cada vez hacen más hincapié en la necesidad de proteger, cuidar y mimar este recurso natural.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

También es obvio, que a base de insistir y de realizar programas publicitarios o informativos sobre el tema, está creciendo mucho la sensibilidad en materia de eficiencia hídrica y energética. Pero en cuanto llueve o llega el invierno se nos olvida que los recursos son limitados y las ciudades no son capaces de ser abastecidas por el elevado y desmesurado consumo que éstas demandan.

A nivel social estamos tan acostumbrados a la disponibilidad de agua, que miremos, donde miremos, estamos rodeados de algún tipo de medio húmedo: arroyos, ríos, lagos, mares, lluvia y nieve. Pensando en estas inmensas masas de agua, algunas personas no entienden por qué ha de escasear el agua, y por qué el precio del agua potable es cada vez más caro.

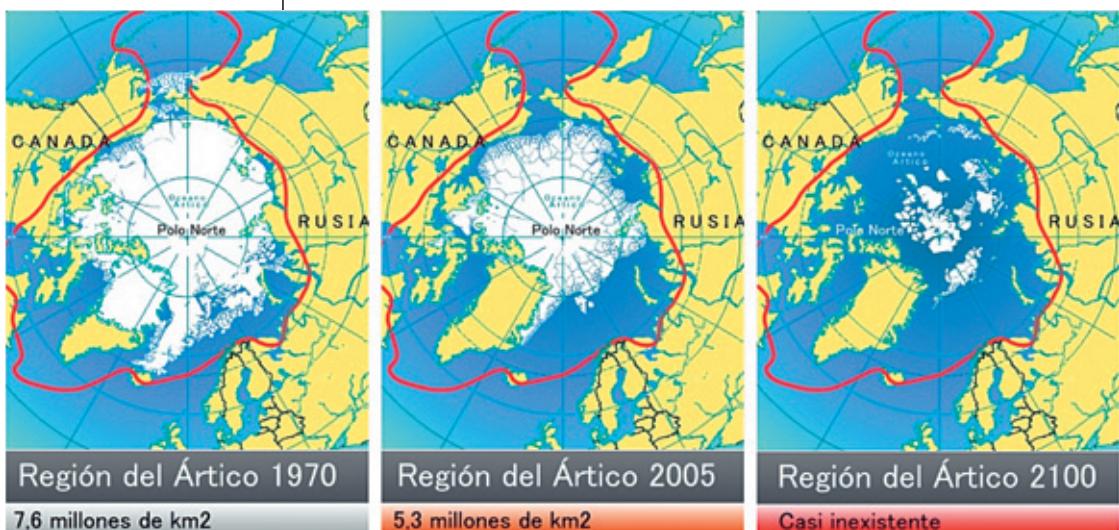


Foto 1. Evolución del deshielo en la Región Ártica (www.alquimistas.evilnolo.com).

El calentamiento global está haciendo estragos en nuestro planeta, ahogando algunas zonas del globo y haciendo pasar por sequías dramáticas a otras; el hielo de los polos se está descongelando, lo que hace que los mares varíen sus temperaturas y tanto las evaporaciones como las precipitaciones también se vean afectadas con fuertes anomalías.

El 97% de las existencias de agua de la Tierra corresponde al agua salada no potable de los océanos y mares. La mayor parte de los



restantes 36 millones de kilómetros cúbicos de agua dulce está aglomerada sólidamente en forma de hielo en los glaciares y en los casquetes polares de la Tierra y cuando se deshiela, la perdemos al mezclarse con agua del mar. De manera que sólo queda aproximadamente el 0,5% de la totalidad de las existencias de agua para la explotación de agua potable.

Por desgracia, de las aparentemente inagotables reservas de agua de la Tierra, solamente se pueden emplear de forma eficiente pequeñas partes para la producción de agua potable.

Hay que trabajar cada día más, sobre una cultura de sostenibilidad y demanda racional del agua, y pensar que todos tenemos algo de responsabilidad, y más cuando disfrutamos, trabajamos y participamos en esa gran demanda, pudiendo entre todos aplicar planes, recursos, tecnologías, formación, educación y sensibilización desde nuestro quehacer diario, tanto laboral como personal.

Los expertos calculan que en un futuro, el despliegue técnico para la producción de agua potable y el consiguiente coste que esto acareará, aumentarán el precio considerablemente.

2. DATOS SOBRE EL AGUA

Durante el año 2009 en España se suministraron a las redes públicas de abastecimiento urbano 4.709 hectómetros cúbicos de agua. Casi tres cuartas partes de esta cantidad (3.501 hectómetros cúbicos) se registró como agua distribuida para el consumo de los hogares, de los sectores económicos (industria, servicios y ganadería), así como para los consumos municipales, con una disminución del 6,2% respecto al año 2008.

En el caso de los hogares, el consumo de agua potable ascendió a 2.494 hectómetros cúbicos, con un descenso del 1,8% respecto al año anterior. Las pérdidas reales de agua en las redes públicas de abastecimiento urbano por fugas, roturas y averías se estimaron en 791 hectómetros cúbicos, lo que supuso el 16,8% del total de agua suministrada a dichas redes.



Cuadro 1. Volumen de agua registrada y distribuida a los usuarios, en España.

Sector	Demanda	%
Hogares	2.494 Hectómetros Cúbicos	71,2%
Sectores Económicos (1)	702 Hectómetros Cúbicos	20,0%
Consumo municipal y otros	305 Hectómetros Cúbicos	8,8%
TOTAL:	3.501 Hectómetros Cúbicos	100,0%

(1) Se excluye del ámbito de esta encuesta el agua usada en la agricultura de regadío, que según la encuesta sobre el uso del agua en el sector agrario 2009 ascendió a 15.910 Hm.

En el siguiente cuadro podemos ver la evolución del consumo de agua por comunidades autónomas en los últimos 7 años (datos oficiales del INE).

Cuadro 2. Consumo medio por habitante y día en las distintas regiones de España.

Región:	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003
Andalucía	156 Lit/min.	157 Lit/min.	158 Lit/min.	176 Lit/min.	195 Lit/min.	189 Lit/min.	184 Lit/min.
Aragón	148 Lit/min.	150 Lit/min.	143 Lit/min.	150 Lit/min.	153 Lit/min.	162 Lit/min.	169 Lit/min.
P. de Asturias	165 Lit/min.	177 Lit/min.	185 Lit/min.	184 Lit/min.	180 Lit/min.	172 Lit/min.	161 Lit/min.
Islas Baleares	127 Lit/min.	139 Lit/min.	136 Lit/min.	150 Lit/min.	139 Lit/min.	142 Lit/min.	130 Lit/min.
Canarias	141 Lit/min.	157 Lit/min.	154 Lit/min.	141 Lit/min.	145 Lit/min.	147 Lit/min.	135 Lit/min.
Cantabria	180 Lit/min.	188 Lit/min.	189 Lit/min.	201 Lit/min.	191 Lit/min.	187 Lit/min.	185 Lit/min.
Castilla y León	162 Lit/min.	153 Lit/min.	154 Lit/min.	147 Lit/min.	160 Lit/min.	172 Lit/min.	168 Lit/min.
Castilla-La Mancha	146 Lit/min.	155 Lit/min.	163 Lit/min.	166 Lit/min.	174 Lit/min.	179 Lit/min.	184 Lit/min.
Cataluña	132 Lit/min.	139 Lit/min.	151 Lit/min.	150 Lit/min.	162 Lit/min.	174 Lit/min.	183 Lit/min.
C. Valenciana	174 Lit/min.	189 Lit/min.	186 Lit/min.	185 Lit/min.	171 Lit/min.	178 Lit/min.	163 Lit/min.
Extremadura	163 Lit/min.	158 Lit/min.	187 Lit/min.	183 Lit/min.	173 Lit/min.	178 Lit/min.	163 Lit/min.
Galicia	139 Lit/min.	146 Lit/min.	142 Lit/min.	159 Lit/min.	152 Lit/min.	155 Lit/min.	143 Lit/min.
Madrid	145 Lit/min.	144 Lit/min.	150 Lit/min.	148 Lit/min.	159 Lit/min.	171 Lit/min.	166 Lit/min.
R. de Murcia	166 Lit/min.	159 Lit/min.	166 Lit/min.	166 Lit/min.	162 Lit/min.	161 Lit/min.	149 Lit/min.
Navarra	135 Lit/min.	131 Lit/min.	126 Lit/min.	128 Lit/min.	134 Lit/min.	144 Lit/min.	152 Lit/min.
País Vasco	126 Lit/min.	139 Lit/min.	125 Lit/min.	129 Lit/min.	140 Lit/min.	150 Lit/min.	149 Lit/min.
La Rioja	131 Lit/min.	151 Lit/min.	152 Lit/min.	148 Lit/min.	145 Lit/min.	141 Lit/min.	136 Lit/min.
Ceuta y Melilla	126 Lit/min.	133 Lit/min.	135 Lit/min.	140 Lit/min.	139 Lit/min.	142 Lit/min.	139 Lit/min.
España	149 Lit/min.	154 Lit/min.	157 Lit/min.	160 Lit/min.	166 Lit/min.	171 Lit/min.	167 Lit/min.

Ahorro de agua y energía en el consumo sanitario del agua

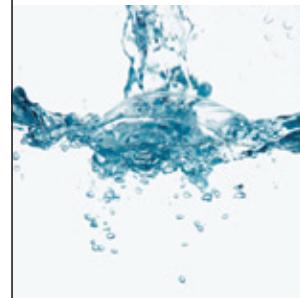
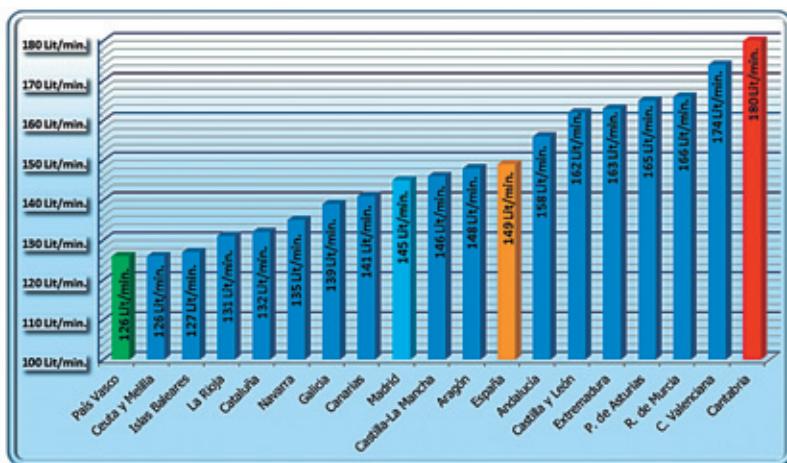


Grafico 1. Consumo medio por habitante y día en las distintas regiones de España en el año 2009.

Por otra parte y como ahora veremos, si nos fijamos en los precios o costes del agua también podemos observar cómo ésta ha ido aumentando progresivamente su valor, (un 142% en los últimos 10 años, lo que significa una media incremental anual del 9,6%).

Cuadro 3. Incremento anual del coste del agua en la provincia de Madrid, en la última década.

Madrid	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Precio m ³ agua:	0,68 €	0,69 €	0,76 €	0,81 €	0,86 €	1,00 €	1,09 €	1,27 €	1,28 €	1,57 €	1,67 €
% de Incremento anual:	1,47%	10,14%	6,58%	6,17%	16,28%	9,00%	16,51%	0,79%	22,66%	6,37%	

Si comparamos los costes del agua en las distintas regiones de España según datos del INE del año 2009 (últimas estadísticas disponibles), podemos observar como la Comunidad de Madrid, se sitúa como la quinta más cara del país y un 17,5% por encima, de la media nacional.

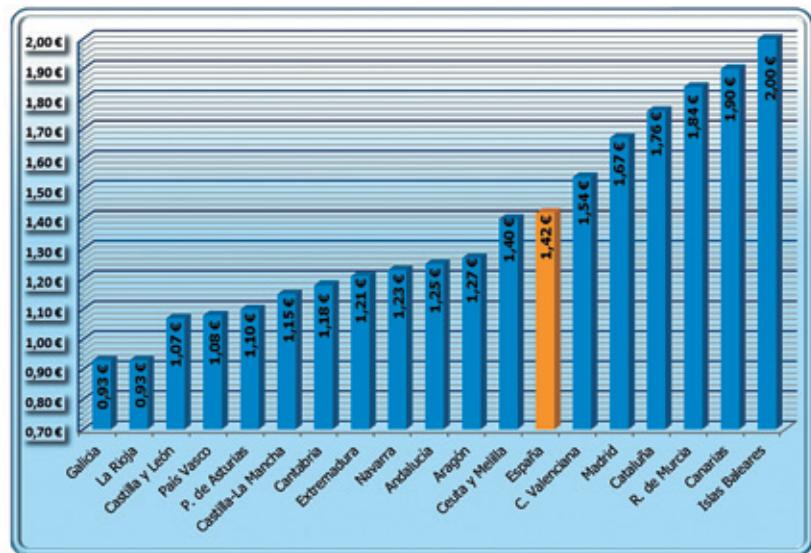
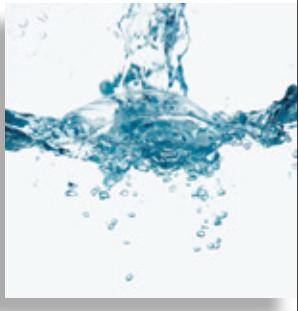


Grafico 2. Costes del agua en las distintas regiones del país, según datos del INE en el año 2009.

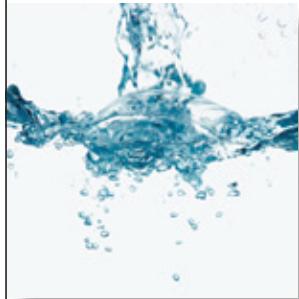
Con estos datos, podemos hacernos una idea de lo importante que empieza a ser el agua, ya no desde un punto de vista sanitario o medioambiental, sino desde el punto de vista económico y la evolución del coste de la misma, que inexorablemente se espera.

Los grandes esfuerzos de la sociedad y en concreto por el Ayuntamiento y la Comunidad de Madrid en la recuperación, reciclaje y depuración de las aguas residuales, obliga a estas instituciones a invertir cada vez más y, directa e indirectamente, al final, a repercutir una parte de esos esfuerzos en las tarifas de suministro, esperándose grandes incrementos de la misma en los próximos años.

Por lo tanto, debemos perseguir unas instalaciones sostenibles y respetuosas, no sólo desde el punto de vista económico, mejorando la cuenta de resultados, sino desde el compromiso que todos debemos mantener con el medio ambiente.

Esto nos permitirá hacer un **«uso y disfrute racional del agua y la energía»**, sabiendo de antemano, que los costes son lo más bajos y ajustados respecto a nuestro consumo.

Por último, y antes de ahondar en la materia sobre lo que se puede hacer para reducir y optimizar los consumos de agua y energía en



cualquier clase de instalación o equipamiento sanitario, hay que ser conscientes de la relación existente entre el consumo del agua y la demanda de energía, por el consumo de ésta.

Esta relación, está demostrada desde hace mucho tiempo, pero hoy en día, todavía muchas personas no terminan de comprender la relación existente entre una y otra. Sin darse cuenta que el simple uso o demanda de la misma, requiere la presurización o bombeo de ésta para que llegue a su destino, o que cuando la demandamos en una ducha, previamente hay que calentarla, por lo que si ahorramos agua, estaremos, paralelamente, disminuyendo el consumo de energía, casi en la misma proporción.

A través del presente capítulo, se podrá conocer más en profundidad cómo se puede reducir y minimizar los consumos de agua, sin merma de confort, ni detrimento del servicio ofrecido.

El autor, director y coordinador de uno de los primeros análisis de cálculo para establecer un método o fórmula, que cuantificara las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, derivados del consumo de agua (Proyecto **AECO₂**), se planteó y formuló, con ánimo de simple propuesta para el debate, un ratio de demanda de energía por metro cúbico de agua, basado en el ciclo integral del agua.

En éste, se considera la energía utilizada para producir, bombear, tratar y distribuir el agua por la red, así como el posterior calentamiento, acumulación y bombeo del circuito de ACS, valorando la energía implicada en el transporte y bombeo del agua residual para, como última etapa, depurar y volver a cauce un metro cúbico de agua.

Al final, se obtiene que por metro cúbico de agua, la energía demandada, oscila en el orden de los **12,84 kWh**. Si lo traducimos a datos de CO₂, tendríamos unos **6,29 Kg** de CO₂. Esta tesis es más conservadora que otras, como la del Ente Público del Agua de la Región de Murcia, que cifra las emisiones de CO₂ en 14 Kg de CO₂¹ por m³ de agua.

Sin entrar en tesis de razonamientos y siendo todo lo conservadores que deseen sobre los ejemplos aquí planteados, es óbice que la demanda de energía en el ciclo integral del agua, es realmente alta.

¹ CO₂: Valor que resulta de utilizar un valor medio de las posibles energías disponibles en el calentamiento del agua en caldera, más el porcentaje de electricidad utilizada = 490 gr. / kWh.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Por lo tanto, si ahorramos agua, estaremos ahorrando energía en la misma medida y disminuiremos las emisiones de gases de efecto invernadero, medidos en función del CO₂, como gas predominante en la protección del efecto invernadero.

3. OTROS CONCEPTOS A TENER EN CUENTA

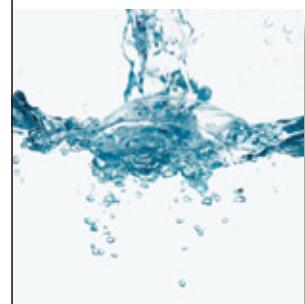
La Comunidad de Madrid cuenta con una población de 6.458.684 personas censadas, a fecha del 1 de Enero de 2010, y más del 50% de esta población, reside en el Municipio de Madrid, en concreto 3.273.049 personas, las cuales cuentan con una legislación en materia de uso sostenible del agua de las más novedosas y completas a nivel internacional. Siendo posiblemente la primera gran ciudad del mundo, que en el año 2006 publicó una ordenanza que obligaba a todos sus ciudadanos a cuidar este bien vital, siendo referente mundial por los grandes resultados que se esperan fruto de la misma.

El Ayuntamiento de Madrid, cuenta con la **«Ordenanza de Gestión y Uso Eficiente del Agua en la Ciudad de Madrid»**, (publicada en BO. Ayuntamiento de Madrid 22/06/2006 N° 5.709, páginas 2410 a 2443 y modificada el 30 de marzo de 2011, BOAM 8/04/2011 N° 6.409).

La cual en su exposición de motivos dice expresamente:

«En los albores de un nuevo siglo se hace inaplazable un cambio tendencial en las políticas hídricas, desde una concepción basada no tanto en el aumento de la oferta como en el mayor protagonismo la gestión de la demanda, primando el ahorro y la eficiencia en el uso del agua, y buscando recursos alternativos que permitan proporcionar un agua de calidad adecuada para cada uso», lo que transfiere su motivación a todo su articulado, siendo posiblemente la ordenanza, más completa, detallada y justificada de cuantas pueda haber a nivel internacional.

Entre los puntos importantes a destacar, y a nivel general, se podría indicar que regula y especifica cuáles han de ser los cuidados mínimos, tanto cuando se construyen nuevas edificaciones, como cuando se diseñan las mismas; igualmente recoge todo lo referente a la demanda paisajística, ornamental, sanitaria, etc. y desde los prismas públicos y privados, dejando muy poco hueco a la improvisación,



definiendo por primera vez en España, qué es un gran consumidor, y obligándole a realizar planes específicos para contener la demanda de agua que éstos necesitan.

En este punto, la ordenanza obliga a cualquier establecimiento industrial, comercial o de servicios cuyo consumo sea igual o superior a 10.000 m³ anuales, a disponer un Plan de Gestión Sostenible del Agua que contenga las proyecciones de uso, la identificación de áreas para la reducción, reciclado, reutilización de agua o aprovechamiento de aguas pluviales y las medidas de eficiencia a aplicar, en el que se especifiquen las metas de conservación y el cronograma de actuaciones previsto.

Además, para cualquier inmueble, cualquiera que sea su uso, será obligatoria la instalación de sistemas de fontanería economizadores de agua o de reducción de caudal en grifos, duchas y cisternas. Además, en edificios de uso público será obligatoria la instalación de temporizadores en los grifos o bien de griferías electrónicas en las que la apertura y cierre se realiza mediante sensores de presencia que permitan limitar el volumen de descarga a un litro.

Las duchas deberán disponer de griferías termostáticas de funcionamiento temporizado. Asimismo, los inodoros deberán estar dotados de grifería de tiempo de descarga temporizado de tipo fluxor o similar y los urinarios de grifería automática con accionamiento a través de sensor de presencia. En cualquier caso, los volúmenes de descarga se ajustarán a valores mínimos, garantizando el correcto funcionamiento.

Sólo con estos tres apartados anteriores, se ha demostrado que los resultados obtenidos son espectaculares y con una perspectiva mayor, pasado el tiempo podrá verse cómo su demanda es mucho más sostenible, incluyendo los altos incrementos de población de la ciudad.

Por último, no sólo la localidad de Madrid dispone de normativas de uso y gestión sostenible del agua, infinidad de ayuntamientos como el de Alcobendas (pionero en España), Alcalá de Henares, Collado Villalba, Torrelodones, etc. disponen de normativas similares, y en estos últimos días se están realizando infinidad de acciones y actuaciones para animar directa e indirectamente al ciudadano a cuidar y hacer un uso racional del agua que poseemos.



4. ¿POR DÓNDE EMPEZAMOS?

La valoración de una guía, como lo pretende ser ésta, que sirva a nivel genérico para todo tipo de establecimientos, empresas, industrias o edificios, nos fuerza a enfocar el tema desde una perspectiva reducida y práctica, pero generalista, con consejos generales y con actuaciones concretas y polivalentes sin poder profundizar excesivamente por la cantidad y variedad de posibilidades, técnicas y equipos que nos encontraríamos.

La primera decisión de **«hacer algo»** parte de la toma de postura, lo cual suele venir precedida de haber tenido algún problema, avería, susto por el incremento de costes en la facturación, toma de conciencia de algún responsable del centro o por exigencia de la administración. La decisión de realizar un plan o un programa de reducción del consumo, conlleva el planteamiento de distintos objetivos, entre los que se podrían destacar los siguientes:

- Disminuir el agua requerida en procesos, optimizando la utilización de la misma
- Reducir los consumos adyacentes de energías derivadas de su utilización, como por ejemplo la energía utilizada para calentarla, etc. y disminuir los consumos de fuentes de energía fósiles, tales como el carbón, el petróleo y el gas natural, realizando un efectivo aporte a la sostenibilidad
- Cumplir la legislación medioambiental en todo momento y, en la medida de lo posible, adelantarse a las disposiciones legales de futura aparición
- Obtener una mejor imagen pública del centro, lo que la posiciona y diferencia del resto de la oferta del gremio, siendo muy apreciado por determinados sectores como signo de calidad y responsabilidad
- Y por último, la reducción de costes, permitiendo un mejor aprovechamiento de dichos recursos económicos en otras áreas más necesitadas.

Lógicamente, si además somos grandes consumidores y nos lo exige la normativa, deberemos realizar un Plan de Gestión, y tener en consideración y desarrollar, a título de ejemplo, los que como mínimo, ha de contener un:

«PLAN DE GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA»



DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO

- Antecedentes y datos del edificio
- Distribución de la demanda por usos
- Estudio de dotaciones por unidad de consumo y día
- Compromiso de la dirección.

DESCRIPCIÓN DE REDES Y ZONAS CONSUMIDORAS DE AGUA

- Acometidas y redes de distribución
- Uso sanitario
- Piscinas
- Baldeo
- Instalaciones contra incendios
- Otros consumos de agua.

RECUPERACIÓN DE PLUVIALES

VERTIDOS

DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

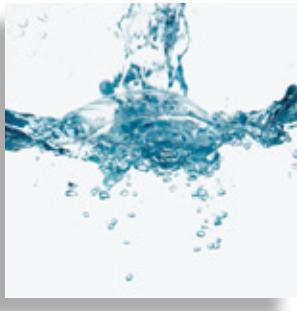
- Estructura, responsabilidades y organigrama.

PLANIFICACIÓN

- Puntos de control de la demanda
- Red de saneamiento
- Programación.

IMPLANTACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

- Estructura y responsabilidades
- Formación, sensibilización y compromiso profesional en el uso responsable del agua
- Comunicación



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

- Gestión del proceso y evaluación de proveedores
- Control operacional y plan de emergencia
- Control de la documentación.

COMPROBACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA

- Control, gestión y seguimiento de los recursos y vertidos
- No conformidades y acciones correctivas y preventivas
- Registros, auditorías y revisiones.

CRONOGRAMA DE ACTUACIONES y CUADRO DE INVERSIONES

ANEXOS, PLANOS, CERTIFICADOS, ETC.

Este documento sentará las bases de actuación, planificará los recursos y posibilitará el lograr los objetivos planteados en eficiencia y ahorro, estableciendo los controles adecuados y las posibles desviaciones, en los plazos marcados, en una vigencia de 4 años.

Con independencia de necesitar o no, un plan de gestión, hay actuaciones generales y también actuaciones concretas que esperamos que a través de los siguientes apartados puedan servir al lector como orientación o puedan ayudarle a definir posibles actuaciones, para ahorrar agua y energía en sus instalaciones.

5. ACCIONES GENERALES PARA AHORRAR AGUA Y ENERGÍA

Dentro de la infinidad de posibles acciones y temas a considerar, a continuación, se detallan algunos de los más importantes que pueden servir a modo de ejemplo:

- En las instalaciones de fontanería, tanto de ACS como AFCH, a la hora de plantear reformas o modificaciones en zonas húmedas, se considerará la eficiencia como el parámetro vinculante, además de su diseño o la ergonomía de uso, utilizando los avances técnicos que en ese momento existan (tecnologías BAT), pues una instalación, una vez construida, será para muchos años.
- Debemos de concienciarnos que es vital la instalación de contadores internos, que permitirán la segregación y control de consumos y detección de fugas, adecuando los diámetros de estos a las demandas reales y no con márgenes de seguridad excesivos, que encarecerán la factura del agua, sin aportar nada a cambio.



- Considerar la adecuación paisajística del entorno (si lo tuviera, o de las plantas de interior), dotando a la Xerojardinería un peso importante, dando vistosidad a ciertas zonas donde inicialmente había césped. El uso de plantas autóctonas, utilizando sistemas de riego eficientes con programadores. A este programador se le debería de unir un sensor de lluvia, para que no arranque el riego en días de lluvia
- El aprovechamiento de pluviales para riego, ya que, si no se considera en la fase de diseño o en una reforma, posteriormente suele hacerse inviable por los altos costes que implicaría, al no estar preparada la estructura ni la canalización de la misma. Esta agua podríamos utilizarla en huertos educativos.
- Selección de equipos electrodomésticos eficientes, y con etiquetaje clase «A, A+, A++», pues está demostrado que las diferencias de inversión en este tipo de equipos se amortizan muy rápidamente (existen lavadoras y lavavajillas que consumen hasta un 60% menos de agua y un 50% menos de energía en la categoría «A»).
- Desarrollo de programas de mantenimiento preventivo que, además de cumplir con la normativa vigente, permitan una detección inmediata de anomalías, excesos de consumos, fugas, etc., revisando las protecciones de aislamiento de las tuberías, cada seis meses y cada vez que algún operario realice algún trabajo de mantenimiento.
- Prever, programar y comprobar las temperaturas de calentamiento, acumulación y distribución del ACS, adecuándolas a la demanda de agua esperada (es ilógico disponer de agua caliente en días que se cierra el centro; ajustarlas de tal forma que el último día sólo se aporte el agua necesaria, programando su arranque para que esté preparada para su consumo el día de actividad).
- Realizar campañas de sensibilización ambiental dentro del centro o establecimiento, formando al personal, para que resuelvan los problemas más habituales que puedan encontrarse, demostrando a los usuarios su sensibilidad y preocupación por el tema, lo que mejorará la imagen pública del centro.
- Instalar, prever o implementar equipos y medidas economizadoras de agua, como las que a continuación se detallan, pues facilitarán la minimización de los gastos y consumos de agua y energía y generarán beneficios por ahorro para toda la vida.
- Realizar un plan interno de gestión y uso eficiente del agua y la energía, ya que las ventajas a obtener en el futuro compensarán.



6. CATÁLOGO DE TECNOLOGÍAS Y POSIBILIDADES TÉCNICAS EXISTENTE

El nivel tecnológico del equipamiento sanitario existente hoy en día es impresionante, pero por desgracia muchas de estas técnicas y tecnologías no se conocen, por lo que su implementación se hace imposible por dicho motivo.

Este capítulo pretende dar un repaso a las posibilidades técnicas más exitosas y fáciles de implementar y de una rápida amortización (en cuanto a ACS y AFCH, se refiere).

Uno de los primeros equipos en los que cualquiera piensa es en los perlizadores, tecnología que casi todo el mundo ha oído y que sirven para ahorrar, aunque no se sabe muy bien lo que son. Los grifos desde hace aproximadamente unos 15-20 años, suelen incorporar un filtro para evitar las salpicaduras (denominados rompeaguas o aireadores), los cuales se alojan roscados sobre el punto o extremo del grifo por el cual sale el agua.

El perlizador está basado en el Efecto Venturi y lo que hace es coger aire apoyándose en la presión del agua, para mezclarlo con ésta y sustituir una parte de la misma por aire. Lo que al practicarlo justamente en el punto de salida, hace que el agua contenga unas gotas de aire en su interior (parecidas a las perlas, de ahí su nombre), aparentando salir más agua de la que realmente sale.



Foto 2. Distintos tipos de perlizadores Long Life, machos, hembras y versiones anti-robo.



Las ventajas adicionales de los perlizadores son que, no sólo ahorran agua sin merma de confort, sino que además aportan una mayor eficacia con los jabones, por su chorro burbujeante y vigoroso, a la vez que son anti-calcáreos, pudiendo ser sustituidos en cualquier grifería existente, al estar disponibles en casi todos los tipos de rosca.

Estas tecnologías existentes permiten acelerar el agua y ofrecer prestaciones higiénicas adicionales, muy ajustadas a la necesidad y ergonomía de utilización, economizando **desde un 50% a un 85%** según el caso, aunque en estos casos de ahorros superiores al 65%, se detecta a simple vista, para muchas de las funciones necesarias o sanitarias es más que suficiente o incluso funcionan mucho mejor, pues no salpican y concentran el chorro allá donde se necesita.

En el siguiente gráfico, se pueden observar las distintas posibilidades existentes, donde se puede apreciar las diferencias de caudal según el modelo seleccionado, pudiendo obtener caudales muy razonables desde 2 a 6 litros por minuto, y también podemos ver la diferencia de un aireador o limitador a 8 litros por minuto.

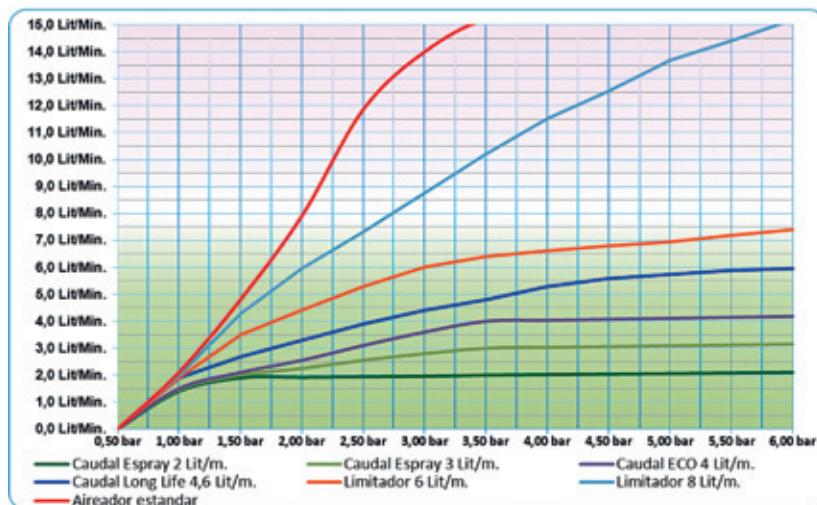


Gráfico 3. Consumos de aireadores, limitadores y perlizadores economizadores de agua.

Hay que romper una lanza en beneficio de esta tecnología respecto a los rumores que corren en relación a la propagación de la bacteria



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

legionella Pneumophila, cosa que no sucede. La bacteria viaja y se propaga en micro gotas de agua de 0,50 micras de tamaño, y las burbujas que este tipo de equipos genera son 4-5 veces más grandes por lo que es inviable su propagación.

Respecto a la tecnología temporizada, ésta ha evolucionado bastante, aunque la gran mayoría de los grifos existentes en gimnasios, centros deportivos, etc., suelen ser grifos temporizados que, si bien sus consumos son razonables, hoy en día podríamos hablar de poder disminuir sus consumos entre un 30 y 70% sobre estos, mediante modificaciones, implementaciones o sustitución del grifo, pudiendo incorporarse los perlizadores.

Otras de las técnicas empleadas, es la utilización de reductores o limitadores de caudal, que ajustan, reducen o limitan el caudal en función de la presión de trabajo, o la taran a un caudal concreto según la presión, utilizándose principalmente en duchas.

6.1. Clasificación de soluciones eficientes en equipamiento sanitario

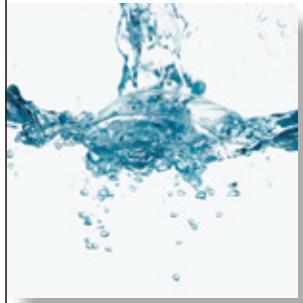
En primer lugar, hay que agrupar los distintos tipos de equipos sanitarios más utilizados a nivel de suministro de agua, en dos grandes grupos:

- Equipos completos
- Accesorios o adaptadores para equipos ya existentes.

Estos últimos, aportan tecnología economizadora al implementarlos sobre grifos ya en uso, teniendo un menor coste y aprovechando el equipo al que se le aplica; mientras que los primeros están pensados para obra nueva o remodelación.

6.1.1. Grifería monomando tradicional

Siendo hoy en día el tipo de grifería más utilizada a nivel global y en especial en los hogares, no suele darse excesivamente en centros públicos, y resulta paradójico, que sea sobre la que más ahorro pueda generarse estadísticamente, ya que es raro no obtener ahorros superiores al 55-60% sobre los consumos existentes.



Este problema está contrastado y demostrado, indicando que más del 60% de los usuarios que utiliza un lavabo en un centro público, lo hace abriendo en su posición central y durante un tiempo medio inferior a 30 segundos, no agarrando la maneta, sino empujándola desde abajo hacia arriba, hasta el final del recorrido, dándole golpecitos hacia abajo, para ajustar el caudal.

6.1.1.1. Maneta de apertura de caudal en dos tiempos o etapas

Está demostrado que más del 90% de las veces que se va a utilizar un grifo monomando, levantamos la maneta verticalmente hasta su tope, consumiendo el 100% de su caudal, con independencia de la temperatura, la cual siempre se regula tras iniciar el lavado.

Un grifo con un cartucho ecológico, ofrece, a mitad de su recorrido, una resistencia algo superior («tope psicológico»), aunque si se fuerza o vence esa pequeña resistencia ofrece el 100% de su caudal máximo. Esta función hace que ahorremos sin darnos cuenta mucha agua, pues en la gran mayoría de los casos con el 50% de caudal es más que suficiente para lavarnos las manos, la cara, los dientes, etc.

6.1.1.2. Apertura en frío en su posición central

También está demostrado que, por estética, se suele dejar el grifo en su posición central y, por costumbre, abrimos el grifo desde esta posición, demandando un 50% de agua fría y un 50% de caliente, lavándonos en muchas ocasiones con agua fría o templada, no porque así lo queramos, sino porque ésta aún no ha llegado a la boca del grifo.

Con los cartuchos ecológicos o termostáticos, el recorrido de la maneta, es de centro a izquierda, por lo que siempre abrimos en agua fría y para templar el agua, o utilizar sólo agua caliente, debemos realizar el giro hacia la izquierda.



Foto 3. Explicación gráfica de los cartuchos cerámicos ecológicos, tipo ECOTEL

Es posible encontrar en el mercado griferías que reúnen todas las características enumeradas anteriormente y a un coste muy razonable, pasando de ser un gasto en una instalación a ser una inversión por los ahorros que puede generar. La inversión media en este tipo de accesorios oscila en el entorno de los 12 € y existen equipos o griferías que ya lo incorporan con precios por debajo de los 70 €, los cuales incluyen ya los perlizadores, certificando ahorros superiores al 65% del agua.

6.1.1.3. *Implementación de perlizadores*

Los perlizadores existen de distintos tipos de rosca y diferente caudal, siendo lo lógico aprovechar la presión de la instalación, para ahorrar lo más posible, ya que a mayor presión mayor ahorro. Los modelos más habituales, son los siguientes:

Minimalista			Standar	
Macho	Hembra	Macho	Macho	Hembra
Escamoteado				
16x100	16x100	18x100	24x100	22x100

El ahorro medio generado, por lo general es superior al 50% de un sistema tradicional.



6.1.1.4. *Eyectores para fregaderos y grifos de vertederos*

A parte de los perlizadores, existe también los eyectores, elementos muy útiles en equipos de fregaderos y vertederos, los cuales poseen dos funciones: chorro y lluvia, lo que además de mejorar la ergonomía de uso, posibilita llegar con el chorro a cualquier parte del seno o vertedero y además ahorrar agua y energía.

Los costes de estos equipos oscilan entre los 10 y 12 € y garantizan ahorros superiores al 40-50%.



Foto 4. Distintos modelos de eyectores perlizadores

6.1.2. *Soluciones para grifería de volante*

Este tipo de equipos está en desuso en obra nueva (salvo en equipos de diseño minimalista), aunque sí es fácil encontrarlos en edificaciones con más de 18-20 años y, aún se suelen montar en zonas de poca utilización, como vertederos, fregaderos, etc., por su bajo precio.

Los problemas clásicos de estos equipos, son los cierres inadecuados, por falta de estanqueidad en las zapatas de cierre, teniendo que apretarlos mucho para que no goteen.



Foto 5. Distintos modelos de monturas cerámicas

Hoy en día, existen técnicas para reconvertirlos en «ecológicos», siendo mucho más eficaces y economizadores que un monomando tradicional, ya que desde el punto de vista energético, es imposible demandar agua caliente de forma inconsciente.

Esto se puede lograr con la simple sustitución de la montura clásica de zapatas, por otra montura cerámica que permite la apertura y cierre del agua en un sólo cuarto de vuelta, evitando los problemas de apriete y cierre inadecuados y las fugas y goteos constantes.

El ahorro está cifrado en un 10% del consumo previo, sólo por esta medida, a la vez que se evitan los derroches por cierres inadecuados y goteos.

Lógicamente, si la boca del grifo es roscada, se podrá optimizar adicionalmente con un perlizador y generar buenos ahorros sin necesidad de haber cambiado el grifo.

6.1.3. Griferías temporizadas

La sustitución de una grifería tradicional, ya sea monomando o de volante, por una temporizada es muy habitual en este sector, y si bien es cierto que merecen la pena, no siempre es práctico el cambio, si no se realiza adecuadamente.

Un ejemplo de *mala utilización* es encontrar lavabos con dos grifos temporizados, uno para el agua caliente y otro para la fría, los cuales sustituyen a grifos de volante antiguos, que generaban problemas de cierre y goteaban o no cerraban.



Esta medida, que a priori parece buena, tiene diversos inconvenientes, ya que su uso no es ergonómico, además de ser derrochadora, pues, ¿cómo es capaz una persona de lavarse con agua templada? Al final se sacrifica el confort, haciendo incómoda la utilización e incluso peligrosa, pues una persona abre el grifo de agua caliente y espera a que llegue, pudiéndose quemar si de un calentador eléctrico mal regulado habláramos.

En el mercado hay disponibles grifos temporizados neumáticos con mezclador de aguas, para evitar el problema antes comentado, que garantizan más del 80% de ahorro sobre un grifo tradicional de volante o monomando, y que además está diseñado específicamente para aseos públicos, donde aparte de ahorrar, se busque el confort del usuario y la máxima eficiencia, con un diseño moderno y atractivo, que rompa con el tópico de que todo lo público ha de ser robusto y por lo tanto que la estética no importa.

Estas griferías se caracterizan por ser de las más eficientes hoy en día, pudiendo seleccionar el caudal de agua suministrado por ciclo a la hora de la compra. Las distintas normativas marcan un caudal de corte a partir del cual podríamos denominar que ya no es ecológico, y, actualmente, este volumen es de 1 litro por ciclo.



Foto 6. Distintos modelos de griferías temporizadas de alta eficiencia

El 80% del parque existente de grifos temporizados está, como mínimo, en 1,75-2,50 litros por ciclo, con temporizaciones de unos 12-15 segundos por ciclo. En la actualidad estos tiempos se han reducido, pues se ha demostrado que un ciclo de lavado es pre-



ferible que se interrumpa y se accione el grifo 2 veces, a ofrecer tiempos de 12-15 segundos seguidos de suministro de agua, cuando hay un tiempo que no se aprovecha el agua, como mientras nos enjabonamos; por lo que ciclos superiores a 6-8 segundos de actuación, no son recomendables, tanto por ergonomía como por eficiencia.

Por otra parte, el caudal de suministro de las nuevas griferías y las tecnologías existentes, nos permiten ajustar o cambiar el perlizador que incorporan, y ofrecer caudales máximos de hasta 0,62 litros por ciclo, un 40% inferiores a lo demandado en las normas y ordenanzas; pero los productos estrella que más se están vendiendo, son las versiones ECO y Spray de este tipo de griferías, que **ofrecen 0,22 litros por ciclo**, nada más y nada menos que **un ahorro del 86% del consumo** de los equipos más habituales (un 78% menos del legislado por las normas actuales).

A la hora de su elección, habrá que tener en cuenta ciertos aspectos:

- Caudal regulable o pre-ajustable
- Incorporación del perlizador en la boca de salida
- Temporización ajustada a demanda ($\pm 6''$ en lavabos y $\pm 20-25''$ en duchas)
- Cabezales intercambiables, anti-calcáreos
- Anti-bloqueo, para lugares problemáticos o con problemas de vandalismo.

No obstante las griferías temporizadas existentes, también se pueden optimizar sin necesidad de cambiar la grifería, hay un alto volumen de equipos que sustituyendo el mecanismo interior, generan ahorros superiores al 30% de media, con un menor coste, lo que unido a la posibilidad de implementarles los perlizadores antes mencionados, nos pueden ofrecer ahorros muy interesantes como veremos a continuación.

6.1.3.1. Posibilidades de optimización en grifos temporizados

Sobre este equipamiento, y a través de su personal de mantenimiento o de profesionales específicos, se puede optimizar y regular los

consumos, minimizando estos entre un 20 y 40%, pues la gran mayoría de los fabricantes ponen tiempos excesivamente largos a sus equipos, generando hasta tres activaciones por usuario, de entre 12 y 18 segundos cada una, cuando con una pulsación de 6 segundos sería ideal para evitar la salida de agua en tiempos intermedios de enjabonados y frotado.



Foto 7. Mejoras posibles en griferías temporizadas:
cambio del eje de rubí y del aireador

Si bien es cierto que muchos usuarios los utilizan una sola vez, mojándose simplemente, es frecuente ver como el usuario se marcha y sigue saliendo agua.

En muchos de estos equipos bajar el tiempo de cierre es imposible, salvo que se cambie el eje de rubí (la pieza que ofrece la temporización al grifo), existiendo en el mercado compañías especializadas en suministrar este tipo de equipos, bien como piezas sueltas o cabezales completos.

A muchos de estos grifos, se les puede implementar un perlizador en la boca de salida de agua, generando unos mayores niveles de ahorro.

Otra opción que tenemos en el mercado, la cual es de reciente aparición, es convertir un grifo temporizado en uno electrónico mediante la sustitución de su cabezal, con un coste muy inferior a un grifo electrónico.

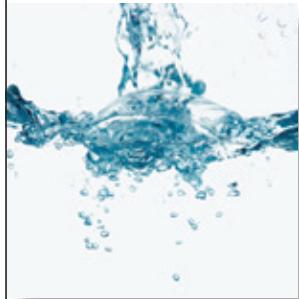


Foto 8. Conversión de un grifo temporizado tradicional en electrónico

6.1.4. Otras griferías economizadoras de agua y energía

Dentro de las distintas alternativas economizadoras de agua a través de la utilización de grifos específicos diseñados para tal efecto, podríamos destacar:

- a) Los **grifos de detección por infrarrojos**, los cuales basan su ahorro en la detección de las manos o el cuerpo mediante la emisión y detección por el rebote de rayos infrarrojos.
- b) Los **grifos electrónicos temporizados táctiles**. Lo último y más novedoso del mercado, pues aporta características de robustez, anti-vandalismo, temporización, etc. con nuevas funciones como la activación y desactivación a voluntad, disponiendo de una función temporizada que hace un cierre automático.
- c) **Grifos termostáticos**, los cuales nos aportan, principalmente, ahorro en energía, ya que adecuan y mezclan el agua en las proporciones apropiadas de forma automática, ofreciendo agua a la temperatura demandada por el usuario. El ahorro medio de energía suele ser superior al 18% de media y un 10% de agua adicional, al desaprovechar la mínima posible para obtener las mezclas a la temperatura deseada. Por coste, sólo suelen utilizarse en duchas, aunque están disponibles en lavabos, fregaderos, etc.
- d) Mezcla de estas tecnologías. Los más utilizados suelen ser los grifos de infrarrojos termostáticos, donde con un mando seleccionamos la temperatura y él solo activa y desactiva el suministro en función de la presencia del demandante.



6.1.5. Griferías y equipos optimizadores para duchas

A la hora de economizar agua en la ducha, suele ser más fácil actuar sobre la salida del agua⁵⁸ que sobre la propia grifería. A continuación se detalla ambas opciones.

6.1.5.1. Regaderas, alcachofas y cabezales de duchas

Hay una primera catalogación que consistiría en el tipo de cabezal de ducha o regadera que se utiliza, con independencia de la grifería que la activa y regula, pudiendo dividirse en dos: a) cabezales de ducha o regaderas fijas a la pared y, b) mangos de ducha o teléfonos unidos a la salida de la grifería mediante un flexo. Las alternativas que se nos pueden presentar son las siguientes, para el caso de cabezales de ducha:

- Cambio de la alcachofa o regadera de ducha por otra eficiente de hidromasaje por turbulencias, que posibilita ahorros de hasta el 60% sobre los equipos tradicionales; siendo menor este ahorro, del orden del 35%, cuando el equipo a sustituir es un equipo pensado para sitios públicos, accionados por un grifo temporizado
- Desmontaje del equipo, sobre todo cuando tiene múltiples chorros o tipos de suministro de agua, intercalándole en la toma, un regulador o limitador de caudal, que tara el volumen de agua que deja pasar por minuto, sin sacrificar el confort de la ducha. Los ahorros suelen ser menores del orden del 25%.

En el caso de los mangos de ducha, lo más habitual es sustituirlos por otros, aunque también hay otras opciones:

- Intercalar un reductor volumétrico giratorio, que aumenta la vida del flexo, evitando torceduras y enredos, a la vez que se ahorra un 35% del agua
- Insertar en la toma de la ducha un limitador de caudal ajustando el suministro a lo deseado; posibilita ahorros del orden del 25% aproximadamente
- En grifos de volante, incorporar un interruptor de caudal. Disminuirá el agua durante el enjabonamiento, pero sin perder la temperatura de mezcla obtenida, dejando pasar una parte ínfima de agua, evitando el enfriamiento de tuberías



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

- Cambiar el mango de ducha por otro ecológico o eficiente, existiendo tres tipos:
 - Los que llevan incorporado un limitador de caudal
 - Los que la técnica de suministro de agua se basa en acelerar el agua y realizar el suministro con múltiples chorros más finitos y a mayor presión
 - Los cabezales de ducha específicos, que suelen ser irrompibles, con suministro de agua de hidromasaje por turbulencias, que posibilitan ahorros de hasta el 60% aumentando el confort y la calidad del servicio ofrecido.

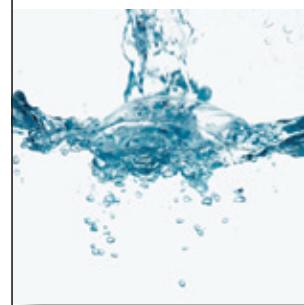
No hay que olvidar que estos componentes son el 50% del equipo, y una buena selección de la alcachofa o mango de ducha, generará muchos ahorros, pero si se combina con un buen grifo, la mezcla será perfecta. Por lo que en función de a qué tipo de servicio va dirigido el equipo, habrá que valorar si se monta en combinación con un monomando, un pulsador temporizado, un termostático, o un grifo o sistema por infrarrojos, lo que posibilitará que la eficiencia se incremente sustancialmente.

Realizando un repaso y a modo de resumen, tendríamos:

Ahorro de agua y energía en el consumo sanitario del agua

Tabla 4. Soluciones economizadoras para mangos de ducha

Tipo de equipo y solución	Ahorros Generados (%)	Imagen del Equipo
Cambio del mango de ducha.	50-60	
Intercalar un limitador giratorio auto-vaciado, entre el grifo y el flexo de ducha. Ahorra agua y energía, vacía el agua contenida en el flexo y la ducha, evitando la legionella.	35-55	
Intercalar un reductor volvémétrico o limitador giratorio entre el grifo y el flexo.	25-45	
Intercalar un regulador de caudal giratorio entre el grifo y el flexo del mango de ducha.	15-25	
Intercalar un interruptor de caudal giratorio entre el grifo y el flexo del mango de ducha.	15-20	
Intercalar a la entrada del mango un limitador de caudal (sólo válido para algunos modelos)	15-20	



Todos estos equipos o accesorios economizadores, son de fácil instalación y de bajo coste, pudiendo el personal de mantenimiento instalarlos ellos mismos sin requerir herramientas especiales (salvo las versiones antirrobo).

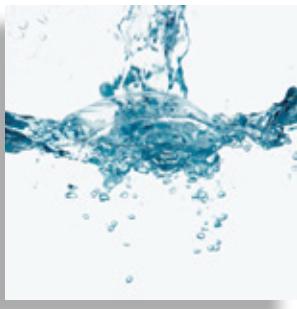


Tabla 5. Soluciones economizadoras para duchas fijas

Tipo de equipo y solución	Ahorros Generados (%)	Imagen del Equipo
Cambio de alcachofa o regadera. Para brazo o fija a la pared.	35-65	
Intercalar un reductor volvémétrico o limitador fijo a la entrada.	20-35	
Intercalar un limitador volvémétrico en el tubo o cuerpo de entrada.	15-20	

Todas estas soluciones pueden combinarse como en el caso anterior con distintos tipos de griferías, aumentando la eficiencia, el ahorro y el confort del usuario.

6.1.6. Urinarios sin agua

Los urinarios públicos son posiblemente uno de los equipos sanitarios más utilizados por los hombres; utilizándose principalmente grifería neumática temporizada, estando prácticamente extendido este uso casi en más del 95% de los casos. Exceptuándose en instalaciones antiguas, donde una cisterna automática, cada cierto tiempo (10-20 min), suministra su contenido para varios urinarios a la vez.

Si disponen de este último caso, han de saber que no existe ningún sanitario que consuma menos de unos 250 m³ anuales, por lo que su sustitución permitirá reducir en más del 85% sus consumos por mucho que se utilicen.

Hoy en día ya se dispone de urinarios sin agua y estas tecnologías que están basadas en la trampa de olores, permiten utilizar urinarios

Ahorro de agua y energía en el consumo sanitario del agua

secos, ya que los orines y los amoníacos que lo componen, quedan atrapados en su mecanismo o sifón, debiendo única y exclusivamente, realizar una limpieza diaria de la loza del mismo, por el personal de limpieza y utilizar un limpiador específico para tal fin.

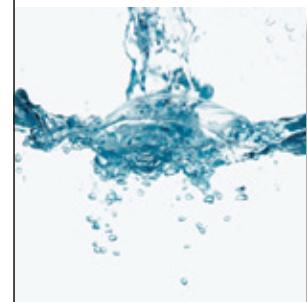


Foto 9. Urinario sin agua, cartucho y explicación de la trampa de olores

6.1.7. Técnicas y sistemas de ahorro en vertederos e inodoros o WC

En los inodoros, al igual que en algunos vertederos, es muy habitual encontrar fluxores temporizados, que suministran el agua o la descarga temporizada de ésta para retirar o eliminar los restos aportados a la loza de la misma. El inodoro, es el sanitario que más agua consume, aunque por el valor del consumo energético, estén todos los demás por delante de él. Su descarga media estadística suele estar entre los 9-10 litros.

Los inodoros de los aseos de señoras se utilizan tanto para micciones como para deposiciones, lo que hace que si el sanitario no dispone de elementos para seleccionar el tipo de descarga, ésta sea igual tanto para retirar sólidos, como para retirar líquidos, cuando estos sólo necesitarían un 20 o 25% del agua, del contenido del tanque.

Esta circunstancia hace que toda medida que permita seleccionar si se desea retirar sólidos o líquidos, en función de la utilización realizada, permitirá ahorrar más de 60-70% del contenido del tanque o descarga.



6.1.7.1. Fluxores para inodoros y vertederos

Los fluxores vienen a ser como los grifos temporizados para los inodoros, aunque también suelen montarse en vertederos y tazas turcas. Estos equipos utilizan el mismo principio de funcionamiento que los grifos temporizados, estando pensados para sitios públicos de alto tránsito.

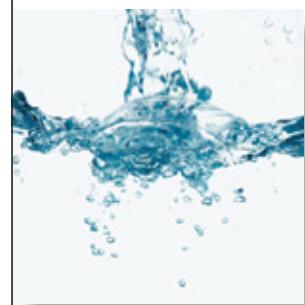
El mayor consumo de estos equipos y algunos problemas de suministro suelen venir da-dos por factores muy concretos; diseño inadecuado de la instalación o variación de la presión de suministro y falta de mantenimiento del propio elemento.

El diseño de una red de fluxores exige líneas de diámetros concretos y cálculos para evitar las pérdidas de carga de las líneas, siendo muy frecuente ampliar o variar éstas, o realizar tomas para otro tipo de sanitarios, lo que provoca que los consumos o presiones sean inestables; en otros casos la presión de suministro aumenta, encontrándonos que los tiempos de actuación y los caudales suministrados son excesivos, incluso superiores a los 12-14 litros.



Foto 10. Fluxor tipo y pistón ecológico de optimización

Otro de los problemas más habituales en estas instalaciones es la ausencia de mantenimiento de los equipos, cuando con un simple desmontaje, limpieza y engrase con glicerinas específicas, quitando



posibles obstrucciones de las tomas, se puede hacer que el equipo esté como el primer día, ahorrando más del 20% y evitando que el eje o pistón se quede agarrotado y/o por sedimentación que tarde mucho en cerrar el suministro.

Existen, en empresas especializadas en suministros de equipos de ahorro, unos eco-pistones especiales (Foto 10), a los cuales se les modifica la curva de descarga, produciendo una descarga más intensa pero de menos tiempo, que permite economizar hasta el 35% del consumo de agua habitual de este tipo de equipamientos, sin perder la eficacia del arrastre, que incluso en algunas tazas antiguas aumenta.

En la actualidad hay fluxores de doble pulsador, permitiendo la descarga parcial o completa dependiendo de la zona del pulsador que se accione, siendo la solución ideal para obras nuevas o de reforma, y sobre todo en los aseos de mujeres.

6.1.7.2. Tanques o cisternas con pulsador interrumpible

Suelen ser de instalaciones recientes, de unos 8-10 años atrás, como mucho. Exteriormente no se diferencian de los pulsadores normales, por lo que la única forma de diferenciarlos, sin desmontar la tapa, es pulsando sobre el botón de accionamiento, y nada más iniciarse la descarga y empiece a salir el agua, pulsar hasta el fondo de nuevo.

Si así fuera, la simple instalación de pegatinas que expliquen el funcionamiento correcto del sanitario, a la vez que se aprovecha para realizar campaña de sensibilización y del interés del centro hacia el medioambiente y la responsabilidad social, mejorará la imagen corporativa del centro y se ahorrará más del 30% del agua que actualmente se utiliza.

6.1.7.3. Tanques o cisternas con tirador

Al igual que el anterior y desde la misma época, algunos de los fabricantes más famosos empezaron a incorporar la posibilidad de que sus mecanismos de tirador pudieran interrumpirse para ahorrar agua, siendo esto muy fácil de reconocer: al tirar de ellos se quedan levantados y para interrumpir la descarga hay que presionarlos hacia abajo; mientras que si se bajan ellos solos, es señal que el mecanismo no es interrumpible.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Tanto a los que son interrumpibles como a los que no lo son, puede acoplárseles un contrapeso que rearma el sistema automáticamente, provocando el cierre apresurado del mecanismo, engañando al mismo y aparentando haber salido todo el agua del tanque, posibilitando ahorros de más del 60% del consumo habitual.

En cualquier caso siempre es recomendable incorporar pegatinas que expliquen el funcionamiento correcto, a la vez que se sensibiliza a los usuarios y se mejora la imagen del centro, tanto para explicar los interrumpibles, como si se instalan contrapesos de acero inoxidable para automatizarlos.

6.1.7.4. Tanques o cisternas con doble pulsador

Sin lugar a dudas, la opción más ecológica y racional para el uso de los inodoros. Aunque por desgracia algunos fabricantes no permiten la selección y graduación del tipo de descarga; hay otros que es complicado saber cuál es el botón que descarga una parte u otra; incluso existen unos mecanismos, que hay que pulsar los dos botones a la vez.

En resumen, a la hora de seleccionar el mecanismo para un inodoro, habrá que valorar:

- Que esté diseñado para lugares públicos
- La garantía sea larga (a poder ser, 10 años), siendo como mínimo de 5
- Que los botones se identifiquen claramente y a simple vista, siendo fácil su uso.

Con independencia de las posibles actuaciones comentadas, será vital que las personas se responsabilicen del mantenimiento, comprueben posibles fugas de agua, bien por la vía que el flotador llena de más el tanque (una simple regulación lo resuelve), bien porque las gomas del mecanismo se han aleteado, endurecido o deteriorado, dejando escapar el agua por su asiento (cambiarlas es muy fácil y su coste ridículo).

También será recomendable colocar pegatinas, con independencia del modelo que sea, por lo anteriormente comentado.



Nos preocupamos por el Medio Ambiente

iii Ayúdanos !!! Ahorra Agua

Esta cisterna dispone de un Sistema Ecológico de Pulsador Interrumpible, que le permite cancelar la descarga de agua, al pulsar una segunda vez.

Descarga Completa



Adecuado para retirar Sólidos

No drenar el agua es un buen hábito y el mejor legado que podemos dejar a las futuras generaciones.

Descarga Parcial



Adecuado para retirar Líquidos

Foto 11. Ejemplo de pegatina para mecanismos de inodoro de pulsador interrumpible

6.2. Soluciones eficientes en el calentamiento del agua

En cualquier instalación, edificación, o centro es importante tener en cuenta los mecanismos para calentar el agua que se utilizan, pudiendo ser un punto muy importante a tratar para reducir los costes energéticos de las mismas, sobre todo si son instalaciones centralizadas donde cabe destacar:

- **Energía solar:** Debería ser la fuente de energía principal de la instalación, aunque en la actualidad y por la zona en la que estamos ubicados, sólo suele utilizarse como una contribución energética adicional.

Es muy importante un buen cálculo de las instalaciones y su buen dimensionamiento, ya que se debe de tener en cuenta que en las épocas estivales, se va a generar una energía, la mayoría de las veces, superior a la demanda, por lo que el sistema a elegir deberá ser flexible ante poca demanda o temperaturas de consigna conseguidas.

- **Bomba de calor:** Tras la energía solar, éste es el sistema más eficiente. Lo ideal es diseñar un sistema con un COP (relación entre la potencia consumida y aportada) que amortigüe las variaciones de temperatura exterior.

Si se ha diseñado correctamente la bomba, se podrá utilizar una enfriadora condensada por agua, de manera que el calor que se genera para producir frío podría utilizarse para ceder calor al agua, por ejemplo para calentar el agua caliente sanitaria; obteniendo energía a coste cero.



- **Intercambiadores agua-agua:** Recientemente y cada vez con mayor fuerza, existen infinidad de instalaciones que están instalando recuperadores de calor en aguas grises o sucias; aquí deseamos realizar su importancia como contribución energética o aprovechamiento de fácil implementación y costes razonables.

Si vemos un par de ejemplos podremos comprender mejor su importancia:

- En el ámbito normativo de piscinas, se obliga a renovar un 10% del volumen total de agua del vaso, haciendo que se deseche agua templada o caliente, con la consecuente pérdida de energía consumida. Con un simple intercambiador podríamos ahorrar unos cuantos grados en el agua a calentar, para la misma
- En aguas grises y en instalaciones deportivas y residenciales, se estima, que se podría aprovechar más de 65% del agua consumida y mediante intercambiadores especiales recuperar, más del 60% de la temperatura del agua vertida, lo que en algunos casos, como por ejemplo en hoteles y residencias, donde la demanda y el vertido se concentran a la mismas horas de todos los días, el ahorro podría ser muy importante.

6.3. Técnicas en el diseño de circuitos presurizados y eficientes

El consumo de agua y la energía derivada de su calentamiento se ve muy afectado por los circuitos de reparto, en su diseño, protección, diámetro, caudal y, por supuesto, por la presión de trabajo, lo que hace que todos estos factores juntos influyan extraordinariamente en la gestión del agua y, por lo tanto, en un consumo adecuado o en exceso. A continuación, se describe cómo se podrían optimizar las instalaciones de este tipo de centros (spa y balnearios), con zonas comunes y/o zonas de vestuarios, duchas, etc.

La energía utilizada en los diversos y variados procesos, requiere en muchos casos el calentamiento del agua para el mismo, por lo que optimizar su calentamiento o enfriamiento, así como adecuar las temperaturas y caudales a lo requerido, será una forma directa de reducir los costes de producción.

La utilización de mezcladores termostáticos para lograr agua a una temperatura determinada; las sondas y termostatos que permiten



detectar cambios sustanciales de temperatura; los medidores de nivel de líquidos, así como un sinfín de técnicas existentes en el mercado, habrán de ser analizadas por los responsables o técnicos de mantenimiento de estas instalaciones, para ver de qué forma se puede disminuir el consumo de agua y energía en el centro o instalación.

En primer lugar, a la hora de analizar un circuito de reparto y suministro de agua, ésta, si es caliente, deberá ser lo más corta posible, y si la distancia es elevada desde el punto de calentamiento al último de consumo, convendrá realizar un anillo de recirculación, para evitar que se derroche agua hasta que salga caliente, y minimizar los tiempos de espera hasta que empiece a llegar con la temperatura adecuada.

Este anillo conviene que sea lo más corto posible y que se alimente de agua caliente, la sobrante del retorno (como agua más fría) y la toma que llega del calentador o acumulador. De esta forma el anillo conseguirá muy fácilmente la temperatura prefijada como tope de demanda, evitando accidentes o escaldamientos con la misma; la composición ideal sería introducir un mezclador termostático, con aporte de retorno, como en la Figura 1, donde el agua no consumida, retorna al mezclador aportándose como agua fría, para que al mezclarse con la caliente, podamos ofrecer el agua a la temperatura deseada.

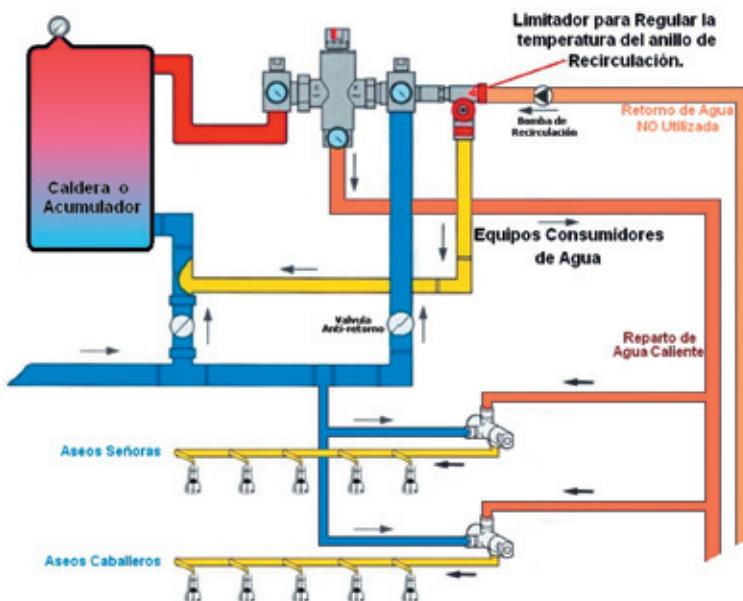


Figura 1. Circuito optimizado termostatizado de agua caliente con anillo de recirculación



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

La eficacia de este circuito es máxima, tanto si la grifería ofrece capacidad de regulación al usuario, como si ésta es agua premezclada sin posibilidad de que el usuario seleccione la temperatura (*muy utilizado con griferías temporizadas*), siendo recomendable en este segundo caso, incluir un mezclador termostático, para ajustar la temperatura con mayor precisión, tanto en verano, como invierno, pues la diferencia de temperatura, varía en más de 10 °C de una época a otra.

De cara al cumplimiento del RD 865/2003, el agua caliente que alimenta al mezclador ha de poder alcanzar al menos los 70 °C para poder realizar los tratamientos de mantenimiento de choque; el anillo de recirculación ha de poder alcanzar los 60 °C en su retorno o en cualquiera de los puntos de salida.

La instalación de anillos de recirculación, con aprovechamiento del agua de retorno y los mezcladores termostáticos, posibilitan ajustar la cantidad de agua consumida a la mínima necesaria; y el aprovechamiento energético de ésta es el máximo posible, ofreciendo ahorros energéticos superiores al 16% sobre sistemas tradicionales y minimizando la demanda de agua en espera, que tradicionalmente se derrocha con otros sistemas, por esperar a que salga a la temperatura que el usuario desea.

Con independencia de las temperaturas de consumo y su red de distribución, otro de los puntos de alto consumo de agua y energía está motivado por la presión de los circuitos, y las pérdidas de carga de estos cuando se consume agua simultáneamente en varios puntos de consumo.

En el primer caso, un exceso de presión provoca un aumento del consumo de agua que puede cifrarse perfectamente en un 15% por cada incremento de presión de 1 bar, considerando como presión media, 2,5 bares.

Como ejemplo, una ducha tradicional o normal consumirá de media unos 12,5 litros minuto a 1,5 bares, unos 16 litros a unos 2,5 bares y unos 18,5 litros minuto a unos 3,5 bares de presión.

Como se observa, un mismo equipo consumirá más o menos en función de la presión a la que se efectúa el suministro. Para resolver esto, es recomendable instalar reguladores de presión, pues las líneas de



reparto han de considerar los caudales necesarios para que, en simultaneidad, den abasto a suministrar todo el agua que se demanda, aunque por lo general, técnicos, ingenieros y arquitectos, utilizan fórmulas estandarizadas que nos alejan de la realidad, existiendo un porcentaje elevadísimo de exceso de presión con lo que ello supone de incremento del consumo.

Para resolver estos problemas, no hay que bajar la presión general, que en algunos casos es una solución válida, sino intercalar en los ramales finales de distribución, los citados reguladores, que ajustarán la presión a la deseada; permitiendo diferenciar zonas donde se requiera más o menos, y sin que esto afecte a líneas bien calculadas o adecuadas.

Estas medidas son recomendables tanto para agua fría como para agua caliente, pues es muy habitual que exista una diferencia de presión entre una línea de suministro y otra, (*desequilibrio de presiones*), lo que puede provocar problemas muy graves en la calidad del servicio ofrecido, por inestabilidad de la temperatura, quejándose los usuarios de que tan pronto sale fría como al momento siguiente muy caliente, o tienen que estar constantemente regulando la temperatura.

Esto se debe a la invasión del agua con mayor presión en el circuito de suministro contrario, ocupando y enfriando/calentando la cañería al principio y hasta que se equilibran las presiones, llegando de golpe el agua original, una vez que se ha consumido la que había invadido la cañería contraria, llevándose un sobresalto el usuario, al cambiar de golpe varios grados la temperatura.

La solución pasa por equilibrar las presiones o, si no se pudiera, habría que montar válvulas anti-retorno en las griferías, pues es donde se mezcla esta agua y donde se produce el paso de una cañería a otra.

Este problema aparte de ser muy grave en cuanto a la calidad del servicio ofrecido, hace que se consuma mucha más agua y que los tiempos de espera en regulación sean mayores, considerándose que este problema puede aumentar el consumo de agua en más del 10%; por lo que atajarlo, aportará beneficios tanto económicos, como de calidad en el servicio ofrecido hacia los usuarios de las instalaciones.



Por último, no se debe olvidar que una mala protección o recubrimiento inadecuado o inexistente de la red de distribución de agua caliente, puede generar pérdidas superiores a un 10% del rendimiento del circuito, por lo que su protección correcta y apropiada y un mantenimiento adecuado, serán claves para reducir la factura energética del centro.

6.4. Técnicas eficientes en piscinas

En este repaso que se está dando a las técnicas eficientes y ecológicas hay una serie de actividades o negocios derivados del uso y disfrute del agua, como lo son los centros termales, SPA o balnearios, donde el agua es protagonista principal de la actividad, un área a cubrir son las técnicas eficientes en cuanto a la depuración y filtración del agua de los diversos vasos existentes en la instalación. Una posible opción pasa por la instalación de varios motores y elementos de filtración que ofrecen muy buenos resultados.

En cuanto a los motores, en estos centros, donde las temperaturas del agua rondan los 36 °C, la filtración cobra un mayor protagonismo que en otras instalaciones (*cuatro veces más que en una piscina convencional*) y, por lo tanto, el número de horas de funcionamiento es mucho mayor. Por ello, la incorporación de variadores de frecuencia alarga la vida de los mismos.

Respecto a los medios filtrantes, arenas, dolomitas y similares son los elementos filtrantes por anotonmasia, aunque el consumo de agua, para poder limpiarse, es muy grande, además de los productos químicos a utilizar en la etapa de desinfección.

El problema viene derivado de que estas arenas tienen una vida útil de unos determinados años, y pasados estos, hay que sustituir el lecho por uno nuevo, ya que la superficie específica de la misma pierde las propiedades y la pérdida de carga de consigna es alcanzada, cada vez, en menor tiempo, con el consumo de agua que se tiene en el proceso de limpieza.

Una mejora en este campo viene por la sustitución de estas arenas por cristal, ya que éste no presenta tantas imperfecciones como la arena. Esto se traduce en que la cantidad de agua que se va a necesitar para el proceso de limpieza, va a ser menor, del orden de un

50% inferior, según estudios publicados hasta la fecha. Otro punto importante a considerar es la necesidad de utilizar una menor cantidad de productos químicos (un 30 - 80%), con ahorros de agua en un 50% aproximadamente.



6.4.1. La Cloración salina de piscinas

Existe una solución innovadora y muy razonable que evita eliminar el agua de las piscinas, cada cierto tiempo y que a su vez permite disfrutar de un agua clara y transparente por mucho más tiempo, y se trata de la cloración salina.

Esta cloración es una simple reacción de electrólisis a partir del agua de la piscina con una ligera concentración de agua salada, aproximadamente 5 gramos por litro; esta cantidad de sal es prácticamente imperceptible por el bañista (el agua de mar es 6 veces superior). Por medio de la aportación de una diferencia de potencial en unos electrodos, se produce una reacción a partir de la sal y el agua, en la que se forma hidróxido sódico y cloro gas. Éste en presencia del agua forma un desinfectante que es el ácido hipocloroso.

En esta cadena de reacciones también obtendremos Oxígeno, desinfectante natural que potencia la eliminación de microorganismos secundarios. Cerrándose de nuevo el circuito a partir de la neutralización entre la sosa y el ácido clorhídrico, volviendo a obtener sal de nuevo.

Cabe destacar como beneficios:

- El ahorro de compuestos químicos derivados del cloro. Ahorro económico, reducidos a menos de la quinta parte
- Menor mantenimiento, o menor coste de éste. Únicamente es necesario limpiar los electrodos para asegurar un correcto funcionamiento del equipo
- Una mayor seguridad al evitarse la manipulación de productos químicos derivados del cloro
- La sal es un antiséptico suave y natural que no destiñe los trajes de baño ni estropea el cabello, no irrita los ojos, no reseca la piel. Eliminamos el olor y sabor tradicional del cloro.



Inconvenientes:

- Precisa el vaciado de la piscina para trabajar con agua nueva la primera vez, a ser posible agua salada
- Coste del aparato de electrólisis
- Requiere de un cierto espacio para su instalación.

Como vemos, podemos mejorar las instalaciones, ahorrar agua y energía, aprovechando la que ya hemos utilizado y haciendo mayor su durabilidad y disfrute.

6.4.2. Técnicas de cubrición térmica de vasos

Aunque se ha dejado como último punto, quizás sea el aspecto que más pueda hacer por un consumo sostenible, y además, sin gasto de energía alguno.

Aparte de la pérdida térmica existente en la lámina de agua debido al aumento o perdida de la temperatura, también hay una pérdida de agua debido a la evaporación de ésta en la interface entre la lámina de agua y la atmósfera. Con un simple cobertor, podremos proteger estas láminas de agua y obtener un gran ahorro por ello.

6.5. Controles técnicos en las instalaciones

6.5.1. Contadores

Desde hace años, los contadores están evolucionando a marchas forzadas, ya no son aquellos sistemas de engranajes de distintos diámetros y dientes que conseguían un registro lineal del paso de agua.

Ahora existen técnicas con turbinas axiales, orientadas al flujo del agua que ofrecen unos niveles de precisión, que permiten en pequeños caudales, detectar hasta fugas en la grifería, y leen con una capacidad de precisión de 1 centilitro, evitando el subcontaje o la lectura en ambos sentidos por diferencias de presión.

Los contadores inteligentes poseen una gran capacidad de comunicación, que nos permite un paso progresivo de la lectura visual a diferentes formas de lectura digital.



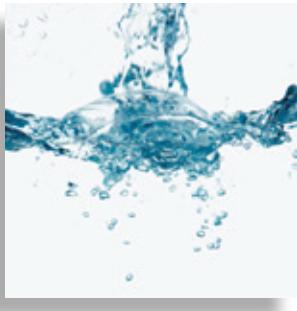
Foto 12. Contador electrónico programable.

El control de la instalación a través de contadores electrónicos, permite no sólo un exhaustivo control y cálculo de ratios de la misma, sino también ofrecer ventajas de detección de problemas, desvíos y fugas, y sobre todo, tener todo ello informatizado, sin tener que mandar a nadie a que lea y anote dicha información, para después informatizarlos.

Tanto en equipos normales como electrónicos, es importante la categoría metrológica, disponiendo de categorías «A-B-C-D», siendo el de menor precisión, el de categoría A, que el resto, y en equipos inteligentes, esta categoría suele ser como mínimo «C».

Un contador inteligente, combinado con un programa de gestión puede ofrecernos la siguiente información:

- El número de serie del contador o contadores leídos.
- El día y hora de la lectura.
- El agua registrada por el contador, índice en metros cúbicos y litros de la última lectura.
- Autochequeo del contador (estado OK).
- El agua registrada por el contador, índice en metros cúbicos y litros de la última lectura.
- El agua registrada por el contador, índice en metros cúbicos, litros y decilitros de la lectura actual.
- El tiempo que el contador registró paso de agua (en horas, minutos y segundos).



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

- El tiempo que el contador no registró paso de agua (tiempo dormido).
- El tiempo que el contador estuvo registrando un consumo a un caudal anormalmente reducido.
- Número de veces que él ha registrado paso de agua. (Arranques).
- Estado de la batería (número de segmentos encendidos).
- Número de contadores en el bus (ver formas de instalación).
- Índice registrado en los últimos minutos (bloques de 10 configurables a voluntad).
- Índice registrado en la última hora.
- Alarma por exceso de consumo (configurable).
- Consumo de las últimas cuatro semanas, meses, bimestres o trimestres.
- Índice del contador en una fecha y hora programables.
- Caudal máximo registrado (fecha y hora de la punta máxima).
- Caudal mínimo registrado (fecha y hora de caudal mínimo mantenido).
- Fecha y hora del último arranque.

Como podemos ver, la información no puede ser más exhaustiva, y hay que añadirle que esto, además, podemos verlo de una forma gráfica, con filtros, fechas, etc. lo que le permitirá disponer de una visión de cómo, por dónde y de qué forma se producen los consumos y qué les afecta.

A continuación podemos ver la impresión de una de las pantallas de la aplicación informática, en concreto la que muestra los volúmenes de consumos por tramos horarios, las puntas y las gráficas de los mismos.

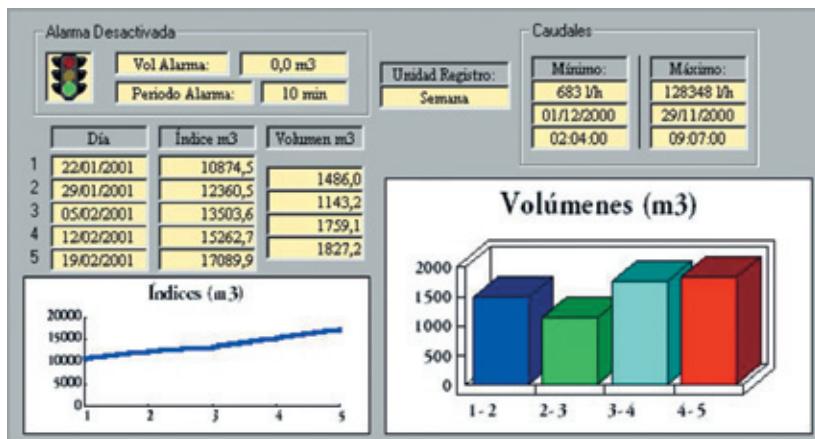


Foto 13. Pantallazo de un programa de gestión y control de contadores, programable

La información del consumo de entrada, el de las distintas áreas o ramales, la entrada o reposición de agua en la climatización, ACS, las acometidas de aporte a vasos de piscinas, riego, etc., son algunas de las zonas más habituales en la que se suelen instalar.

6.5.1. Estabilizadores de Presión

Un factor muy importante en toda clase de instalaciones, es el hecho de que los consumos más elevados, se producen en simultaneidad, ya que en prácticamente 4-5 horas se consume casi el 80% del agua demandada en el día (a nivel estadístico).

Como ejemplo en el caso de la demanda de agua sanitaria en un hotel o residencia, esta simultaneidad está producida, principalmente, por la demanda de agua para duchas y aseo personal de los huéspedes, los cuales concentran su higiene al despertarse y en una franja de horas muy concreta y que sólo varía en unas horas.

Las instalaciones de aporte de agua al establecimiento, no siempre se calculan para su uso racional, sino por si se producen ampliaciones o reformas; y la solución suele ser siempre instalaciones grandes e incluso exageradas, con un efecto de «Por si acaso mañana...», lo que provoca en muchas ocasiones, más problemas que soluciones cuando llega ese «mañana...».

Una buena gestión de las instalaciones, pasa en primer lugar por un grupo de bombeo, adecuado a las necesidades, con un variador de



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

velocidad o frecuencia, para aumentar su vida, y el mantenimiento de la presión programada, con el mínimo coste energético.

En muchas ocasiones y sobre todo en establecimientos de gran altura, suele darse la necesidad de tener que presurizar mucho la instalación, para que el agua llegue a las últimas plantas, produciéndose unas pérdidas de carga increíbles cuando se entra en simultaneidad en el mismo lazo o ramal de reparto.

Cuando esto ocurre, la calidad del servicio ofrecido no puede ser más pésima, y además esto suele coincidir con un desequilibrio de presiones entre el agua caliente y la fría, posibilitando que el usuario tan pronto se queme, como le salga el agua helada. Ofreciendo un suplicio de utilización, sin ningún confort.

Esto tiene diversas soluciones, aunque algunas de ellas son estructurales:

- Grupos de presión escalonados para distintas alturas
- Variadores de velocidad electrónicos para el control de las bombas.
- Reguladores de presión por plantas o líneas.
- Puntos de consumo con limitador de consumo incorporados.
- Estabilizadores de presión por habitaciones.

De entre todos ellos, queremos destacar las soluciones más modernas y tecnológicas y en concreto los estabilizadores de presión.

Los instaladores saben que los problemas de presión o desequilibrio suelen venir por:

- Las grandes longitudes de tuberías.
- Simultaneidad de la demanda.
- Diámetros de las tuberías de secciones inadecuadas.
- Las reducciones de diámetro en una misma instalación o estrechamientos.
- Diámetro insuficiente de las canalizaciones.
- Obturación de las tuberías por la cal sedimentada
- Renovación de líneas y aumento de secciones parciales.

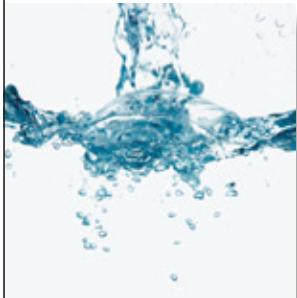


Foto 14. Estabilizador automático de presión

Un estabilizador de presiones, interconecta los circuitos de agua caliente y fría, sin ningún contacto, ni mezcla de aguas entre ellos, pero gobernando el de menor presión al de mayor presión, variando automáticamente esta última hasta igualarlas de una forma automática.

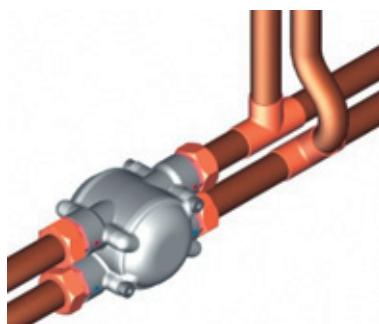


Foto 15. Ejemplo de instalación de un estabilizador de presiones.

Esta reacción rapidísima e incluso momentánea, está garantizando un flujo de agua idéntico en ambas líneas, evitando los cambios bruscos de temperatura y evitando accidentes, pues sería capaz de llegar a cortar el agua caliente por ausencia de la fría, evitando escaldarse el cliente por una repentina elevación de la temperatura del agua caliente.

Con este equipo de fácil instalación y mantenimiento inexistente, podemos resolver todos estos problemas, mejorando el confort de utilización, la calidad del servicio ofrecido y ahorrando mucha agua y energía, que se desperdicia por la imposibilidad de regulación de la temperatura.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

También existe la posibilidad de tarar la presión por planta, una solución de bajo coste, pero sólo recomendable cuando la inversión, obra o reforma desaconseje otras alternativas, ya que es absurdo aumentar la presión a todo el edificio para posteriormente tararlo o limitarlo en cada ramal.

No obstante esta solución consiste en intercalar en la línea a controlar el limitador o regulador de presión, siendo este último más aconsejable por la posibilidad de regulación que tiene y de cara a que en un futuro fuera necesario variar las presiones de trabajo.

El control y adecuación de presiones en un edificio, industria o establecimiento, aporta principalmente un consumo ajustado a la necesidad, disminución de ruidos, molestias por el sonido producido por el agua, un mayor confort de utilización si las instalaciones están equilibradas, una disminución de los problemas derivados por los golpes de ariete, así como los derivados de pérdidas de carga; lógicamente y todo ello, si estas instalaciones están bien planteadas y ajustadas.

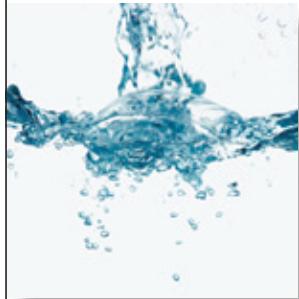
En resumen, equilibrar la presión de un edificio o instalación, puede:

- Generar y aumentar el confort de utilización
- La resolución de problemas de simultaneidad
- El disminuir ruidos y problemas de las instalaciones
- Ahorrar agua y la energía derivada de su calentamiento
- Y una mayor vida de las instalaciones y un menor mantenimiento y averías.

7. CONSEJOS GENERALES PARA ECONOMIZAR AGUA Y ENERGÍA

7.1. En salas de calderas, calentadores y redes de distribución

- Las calderas y quemadores deben ser limpiados y revisados periódicamente.
- Inspeccionar los siguientes puntos de la caldera periódicamente:
 - Luces de alarma.
 - Signos de fugas en las tuberías, válvulas, acoplos y caldera.
 - Daños y marcas de quemado en la caldera o chimenea.



- Ruidos anormales en las bombas o quemadores.
- Bloqueos de los conductos de aire.
- La revisión debe incluir una comprobación de la eficiencia de combustión y el ajuste de la proporción aire/combustible del quemador para obtener la eficiencia óptima
- Indicar al técnico que maximice la eficiencia de la caldera, presentando la hoja de ensayos y resultados. El coste puede oscilar entre los 150 y 250 € por caldera
- Ajustar las temperaturas para suministrar agua en función de la época del año
- Aislamiento de las tuberías de distribución que no contribuyan a calentar las zonas de trabajo
- Si se dispone de anillos de recirculación de ACS, medir, verificar y ajustar las proporciones de agua recirculada en los distintos horarios de demanda, garantizando el servicio con el mínimo esfuerzo (*si las puntas son exageradas, implementar un programador de maniobra que automatice los cambios de temperatura*).

7.2. En los puntos de consumo

- Instalar equipos termostáticos siempre que sea posible, pues aumentan el confort y ajustan el consumo energético a la demanda real.
- Los equipos temporizados son ideales cuando se trabaja con jóvenes y adolescentes, pues evitan olvidos de cierre y soportan mejor el posible vandalismo.
- Instalar o implementar medidas correctoras del consumo: perlizadores, alcachofas de ducha ecológicas, reductores volumétricos, etc.

7.3. En el centro y en puestos de trabajo de personal administrativo

- Realizar campañas de sensibilización que trasmitan la preocupación por el medioambiente, lo que les ayudará a mejorar la imagen del centro y disminuirá las facturas de los suministros.
- Diseñar y colocar pegatinas de sensibilización y uso correcto de equipos.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

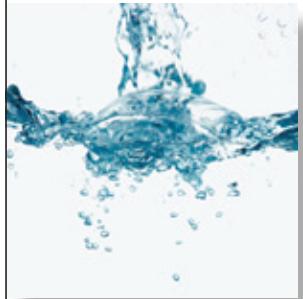
- Formar, instruir y redactar órdenes de trabajo claras y específicas para que los empleados tengan presente cómo actuar ante distintas situaciones.
- No utilizar el inodoro como «papelera» de cualquier tipo de residuo.

7.4. En jardinería y paisajismo

- El exceso de agua en el césped produce incremento de enfermedades, raíces poco profundas y grandes facturas.
- No es recomendable regar sistemáticamente. Un programa fijo de riego no contempla las necesidades reales del césped y puede resultar perjudicial.
- La hora ideal para regar debería ser entre las 4:00 y las 8:00 de la mañana; a esta hora el viento no interfiere en el riego y no hay, prácticamente, evaporación de agua.
- Diseñar sistemas de riego eficientes: goteo, difusores de corto alcance.
- Al diseñar y/o reformar el jardín, agrupar las especies según su demanda de agua. Se tendrá de esta forma, zonas de necesidades altas, medias y bajas. Por ejemplo, cactus, crasas y flora autóctona estarían en un grupo con necesidades bajas.
- Elegir especies autóctonas o alóctonas aclimatadas a la climatología de la zona.
- La xerojardinería posibilita reducciones de consumo hasta del 90%.
- Uso de hidrogeles que posibilitan el crecimiento de las raíces mucho más extensas y a la vez acumulan agua, liberándola hacia las raíces más lentamente.
- Instruir, formar o exigir conocimientos al personal que cuida de la jardinería.

7.5. En la limpieza de las instalaciones

- No utilizar las mangueras para refrescar zonas asfaltadas o de cemento, pues si están muy calientes se evaporará el agua muy rápidamente y los cambios bruscos de temperatura pueden crear problemas de dilatación



- Incorporar el jabón y/o detergentes a los recipientes después del llenado, aunque no haga espuma, limpiará lo mismo. Y promover medidas para ahorrar en el lavado de trapos y uniformes de personal.
- Realizar la limpieza en seco mediante aspiración, barrido con cepillos amplios, máquinas barredoras automáticas, etc.
- Si se necesita agua a presión para realizar la limpieza de determinada área será preferible utilizar equipos presurizados de alta presión, que ofrecen más de 140 y 190 bares de presión, con un caudal de agua de menos de 7 a 10 litros por minuto (sería el equivalente a un grifo), mientras que una manguera consumirá más de 30 litros por minuto (más de un 75% de ahorro).

En resumen, **no hay mejor medida economizadora o medioambiental más respetuosa que aquella que no consume**; limitemos las demandas a lo estrictamente necesario (no habrá que preocuparse de cómo ahorrar, si no se consume).

8. BIBLIOGRAFÍA

- IDAE (2001). «Ahorro de Energía en el Sector Hotelero: Recomendaciones y soluciones de bajo riesgo», Madrid, España.
- PROYECTO LIFE (2001). «Jornadas Internacionales de Xerojardinería Mediterránea», WWF/Adena. Madrid, España.
- FUNDACIÓN ECOLOGÍA Y DESARROLLO (2003). «Guía de ecoauditoría sobre el uso eficiente del agua en la industria». Fundación Ecología y Desarrollo, Zaragoza, España.
- Infojardin.com (2002-2007). Web y Artículos de Jesús Morales (Ingeniero Técnico Agrícola), Cádiz, España.
- TEHSA, S.L. (2003). «Sección de Artículos», Web de la empresa Tecnología Energética Hostelera y Sistemas de Ahorro, S.L. Alcalá de Henares, Madrid.
- Ahorraragua.org (2006). «Publicaciones», Web de divulgación. Madrid, España.
- Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua en la Ciudad de Madrid, Concejalía de Medio Ambiente (www.munimadrid.org). Ayuntamiento de Madrid.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

- HOSTEMUR (2008). Publicación: «Guía práctica para el Ahorro Energético e Hidroeficiencia en Hoteles», Murcia.
- FUNDACIÓN ECOLOGÍA Y DESARROLLO (2003). «Guía de ecoauditoría sobre el uso eficiente del agua en la industria». Fundación Ecología y Desarrollo, Zaragoza, España.

7

RECUPERACIÓN DE ENERGÍA EN REDES DE SANEAMIENTO Y AGUAS RESIDUALES

Luis DE PEREDA FERNÁNDEZ
ENERES



1. INTRODUCCION

1.1. Agua y energía: del residuo al recurso

Agua, energía, materiales, información, espacio, movilidad; son algunos de los recursos primarios que pertenecen a ese sistema multi-dimensional, integrado, y complejo, que es el ecosistema urbano en el que se desarrolla el ciclo de nuestra vida.

Existen vínculos esenciales entre los sistemas que gestionan todos estos recursos primarios, y los de todos ellos con el sistema de gestión de un recurso que fluye en todas las direcciones del espacio, la información.

Entre el agua y la energía hay vínculos directos relacionados tanto con el movimiento del agua y su caudal, factores claves del suministro, como con la transferencia y acumulación de energía que el agua experimenta en su uso en interacción con máquinas, animales, personas y ambientes climatizados, y en su proceso de transporte por interacción geotérmica con el medio subterráneo.

De la misma manera y por las mismas razones que el agua usada se ha considerado tradicionalmente un residuo, también se ha considerado un residuo la energía que contiene, y por ello ingentes cantidades de recursos energéticos de potencial acceso directo y distribuido se pierden en nuestro entorno inmediato.

La recuperación del agua usada como recurso mediante sistemas centralizados de tratamiento ha atajado gran parte del impacto ambiental que provoca su vertido directo a los sistemas naturales en su reincorporación al ciclo general del agua, pero no ha supuesto todavía un factor de influencia significativo en la reducción de la



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

demanda de agua como recurso primario. El agua tratada no se reincorpora directamente al ciclo del uso más que en una pequeña fracción. Ello se debe sin duda a la ineficiencia intrínseca de los sistemas centralizados en términos de consumo energético asociado a la distribución y a las pérdidas que se producen en la propia red general.

Si el tratamiento y la recuperación del agua para su reutilización son realmente efectivos cuando se realizan en el entorno del punto de consumo, la recuperación de la energía del agua usada es sólo posible y útil en el entorno del punto de consumo, porque se trata de recursos energéticos muy importantes a temperatura moderada. Por lo tanto la recuperación e intercambio de energía con el agua, es un recurso distribuido exactamente como lo es la red de distribución de agua y la red de recuperación y evacuación de agua usada.

En casi todas las ciudades hay redes de captación y transporte de aguas residuales con potencial energético y edificios que se prestan a aplicar la energía recuperada de las aguas residuales.

En España, las aguas residuales que contienen energía suficiente para calentar

más de 1.800.000 viviendas. Miles de edificios se prestan en nuestro país al desarrollo de instalaciones de climatización por intercambio con las aguas residuales. Edificios administrativos, urbanizaciones, edificios comerciales, instituciones médico-sociales, las escuelas y los centros y edificios deportivos son susceptibles de ser equipados con estos sistemas. Las condiciones son particularmente favorables en grandes conjuntos residenciales o barrios con un consumo de calor alto, y situados cerca de grandes canalizaciones de descarga y evacuación de aguas residuales o de plantas de tratamiento y depuración.

Recuperación de energía en redes de saneamiento y aguas residuales

Consumo de agua por CCAA	
Unidad: litros/habitante/día	2008
Andalucía	157
Aragón	150
Asturias (Principado de)	177
Baleares (Illes)	139
Canarias	157
Cantabria	188
Castilla y León	153
Castilla-La Mancha	155
Cataluña	139
Comunitat Valenciana	189
Extremadura	158
Galicia	146
Madrid (Comunidad de)	144
Murcia (Región de)	159
Navarra (Comunidad Foral de)	131
País Vasco	139
Rioja (La)	151
Ceuta y Melilla	133
España	154



Figura 1. Estadísticas de consumo de agua en España en litros por día y habitante. Fuente: INAE. 2010.

1.2. Un importante potencial en España. Agua caliente para 5.400.000. personas

Según los últimos datos recogidos por el INAE, en España, el consumo medio agua es de 154 litros por día y persona, 144 en la Comunidad de Madrid. Los hogares de nuestra comunidad descargan diariamente miles de millones de litros de agua caliente en las alcantarillas. Por su parte, el comercio y la industria hacen lo mismo. Millones de kWh/año de energía térmica pueden ser recuperados del volumen total de estos vertidos.

Esta energía puede cubrir las necesidades de agua caliente de casi 6.000.000 de personas.

Este capítulo pretende ser un sumario de los principios básicos, las posibilidades y recursos que desde hace más de 15 años se están poniendo en juego en nuestro entorno europeo para convertir lo que hoy es para nosotros un residuo y una carga, en un recurso energético básico. Se van a explicar los principios técnicos y económicos que hacen posible el aprovechamiento de este recurso, vamos a explicar los modelos y metodologías de acción que para las administraciones y para los promotores públicos y privados se han desarrollado en los países que más experiencia han acumulado en este campo, principalmente en Suiza; y finalmente se van a presentar varios casos que son modelo de actuación a distintas escalas (terri-



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

torial, urbana, y de barrio), y en distintos sectores (residencial, administrativo, docente, e industrial), para diferentes regiones (la región piloto de Basilea; el centro de formación de la SBB en Loewenberg; la ciudad de Winterthur; las ciudades de Schaffhausen y Singen; el barrio Sandvika, en Oslo; y el Campus de la Universidad de Aveiro en Portugal).

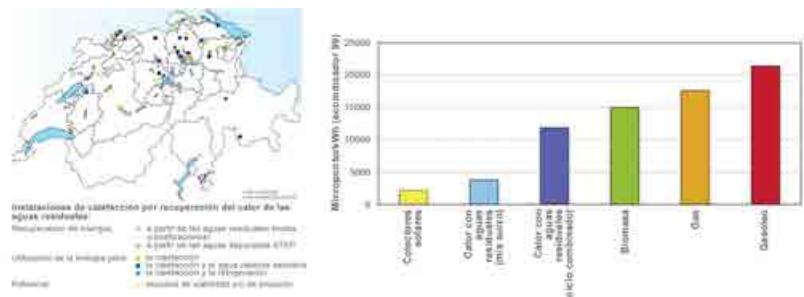


Figura 2. Implantación de instalaciones de climatización por intercambio con la red de alcantarillado en Suiza, e impacto ambiental de la energía producida con este recurso que supera la correspondiente a captación solar y es muy inferior al de la producida a partir de madera y biomasa.

Fuente: ENERES/KASAG.

2. EXTRACCIÓN DE ENERGÍA DE LAS AGUAS GRISES

Antes del vertido a la red de alcantarillado de las aguas grises y fécales que proceden de los edificios hay un escalón muy interesante de recuperación de energía del agua vinculado a la gestión separativa de las aguas grises.

En cualquier medio donde se den simultáneamente o con un pequeño desfase temporal la producción y el uso de agua caliente existe la posibilidad de extraer una parte significativa de la energía del agua usada y reinjetarla en el agua que va a ser calentada.

Esta recuperación, dentro del edificio, se puede realizar directamente en cada punto de consumo, en los conductos generales de recolección o en los acumuladores del sistema de recolección y tratamiento de las aguas grises. El ahorro conseguido con estas instalaciones oscila entre un 20% y un 50% de la energía empleada en el calentamiento del agua.

Recuperación de energía en redes de saneamiento y aguas residuales

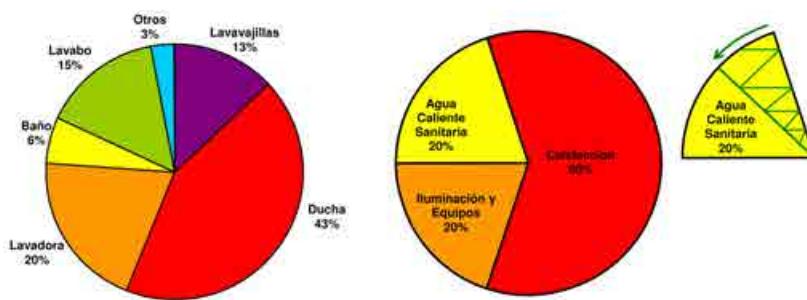


Figura 3. Consumos de agua caliente de uso doméstico, porcentaje de energía aplicada al calentamiento de agua sanitaria y ahorro potencial mediante la recuperación del calor de las aguas grises para el precalentamiento del agua de la red que alimenta la unidad de calentamiento. Los ahorros potenciales oscilan entre un 30% y un 50% de la energía aplicada al calentamiento de agua y entre un 6% y un 10% del total de energía consumida en la vivienda. Fuente: ENERES/KASAG.



2.1. Extracción de energía en los conductos de evacuación de aguas grises

Hay una serie de usos del agua caliente en los edificios, incluyendo duchas, bañeras, fregaderos, lavavajillas y lavadoras de ropa, en los que las aguas residuales mantienen una parte significativa de su energía inicial que puede ser recuperada y utilizada. Las estimaciones del Departamento de Energía de EE.UU. (DOE) basadas en ensayos para calentadores de agua indican que el equivalente a 350 mil millones de kWh en agua caliente se desechan anualmente en Estados Unidos a través de los desagües, y una gran parte de esta energía es, de hecho, recuperable.

Capturar el calor de las aguas residuales producidas en una vivienda, por todas las fuentes, y ponerla en uso requiere un recuperador o intercambiador de calor de doble pared, que pueda capturar el calor de las aguas residuales generadas por un aparato o dispositivo (por ejemplo, una lavadora de ropa) y aplicar este calor para apoyar la cobertura de otra demanda de agua caliente que pueda tener lugar en un momento posterior. Si la generación de aguas residuales es concurrente con la necesidad de agua caliente (por ejemplo, una ducha), el calor directo se puede utilizar mediante un intercambiador regenerativo.

Este tipo de sistemas de intercambiador está desarrollado y disponible para su uso en los edificios, se trata de los Intercambiadores La-



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

minares por Gravedad ILG o, según denominación Estadounidense, *Gravity Film Exchangers*, GFX.

El ILG es un diseño del intercambiador simple para la recuperación de calor que extrae calor de las aguas grises (generalmente calientes) y lo aplica para precalentar el agua fría entra en el edificio. El ILG se instala en un tramo disponible del conducto vertical de recogida. El diseño consiste en un tubo central de cobre de 3 ó 4 pulgadas de diámetro (que lleva el agua residual caliente) con un conducto que forma un circuito helicoidal adherido a su superficie de tubo de cobre de $\frac{1}{2}$ pulgada.

El calor se transfiere desde las aguas residuales que bajan por el conducto central al agua fría que al mismo tiempo se mueve hacia arriba a través del circuito helicoidal adherido a la parte exterior de la tubería de recogida. El conducto helicoidal tiene una sección un poco aplanada en el contacto con la tubería central para aumentar la superficie de contacto y mejorar la transferencia de calor.

La clave de este dispositivo fue observar el fenómeno según el cual las aguas residuales se adhieren como un film a la pared interior de la tubería cuando experimentan flujo por gravedad en un conducto de desagüe abierto, lo que potencia mucho la transferencia térmica de esta lámina de agua caliente con la pared del conducto, y de ésta con el circuito helicoidal por el que circula el agua fría.

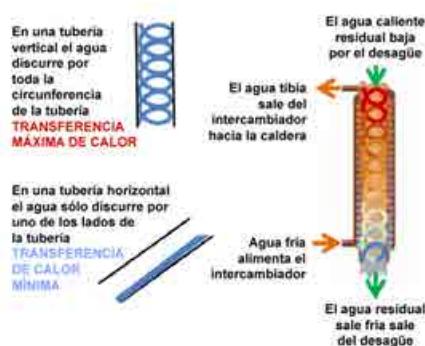


Figura 4. La transferencia de calor en un conducto vertical abierto en el que el agua cae por gravedad se ve favorecida por la adherencia del agua a las paredes del conducto.

Fuente: ENERES/KASAG.



El ILG tiene una serie de ventajas para la recuperación del calor de las aguas residuales: es un dispositivo robusto, sin piezas móviles, toda la construcción es de cobre, es compacto, reemplaza a metro y medio de tubería de desagüe vertical, y se puede instalar directamente en tramos verticales de bajantes.

Debido a que el ILG tiene una masa térmica relativamente pequeña, no es capaz de almacenar calor para su uso posterior, está diseñado para funcionar mejor cuando la producción de aguas residuales cálientes y la necesidad de agua caliente o tibia coinciden. Por ejemplo, un ILG no sería especialmente beneficioso para el precalentamiento del agua para un baño, pero es ideal para usar con duchas donde el uso de agua caliente o tibia para la ducha y la producción de aguas residuales de la ducha se producen al mismo tiempo. También se puede aplicar a lavabos pequeños y fregaderos si el agua fluye hacia y desde el fregadero al mismo tiempo.

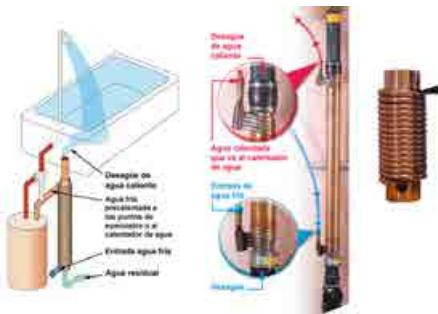


Figura 5. Instalación individual de un intercambiador del tipo ILG para el precalentamiento del agua corriente que alimenta el dispositivo de calentamiento de agua caliente sanitaria. Fuente: ENERES/KASAG.

Rendimiento. Los resultados de los análisis realizados en instalaciones de ensayo y en viviendas en uso indican que el ILG ahorra más energía bajo condiciones de flujo equilibrado entre el agua gris de recogida que circula por el conducto central y el agua fría que absorbe el calor desde el circuito exterior, en estos casos, para todas las temperaturas de uso de agua caliente, se consigue un ahorro de aproximadamente el 50% del energía aplicada a calentar el agua. En los casos de flujo desequilibrado, se encontró que la energía ahorrada por el ILG fue de entre un 30% y un 45%.

Una evaluación reciente de la recuperación de la inversión en la aplicación de este tipo de recuperador de energía, estima el



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

plazo de amortización en un rango de 2 a 5 años. Esta estimación se basó en un costo de instalación del ILG de 450 □ y un ahorro de energía que oscila entre 800 kWh/año a 2.300 kWh/año, dependiendo, básicamente, del número promedio de duchas diarias.

En general, los edificios que requieren grandes cantidades de agua caliente para las duchas, por ejemplo, hogares de familias con varios hijos, apartamentos multifamiliares, hoteles, residencias colectivas, serían los candidatos ideales para la aplicación del ILG con un retorno rápido de la inversión inicial.

Además de la reducción de costos operativos basados en el ahorro de energía, este tipo de dispositivos ofrece beneficios adicionales. Mediante la recuperación de calor de las aguas residuales y el uso de ese calor para el precalentamiento del agua que alimenta la caldera el ILG acorta el tiempo de recuperación del calentador de agua. Esto es importante si el calentador de agua existente es insuficiente o si hay más demanda en punta, de los niveles normales. La capacidad del sistema de calentamiento de agua es mayor. Esto significa que es posible bajar el termostato en el calentador de agua sin afectar directamente a la capacidad del sistema de calentamiento de agua. Estos beneficios, sin embargo, dependen de los patrones de consumo de agua caliente y la fracción del consumo total de agua caliente que puede ser objeto de recuperación de calor por el ILG.

El ILG es un método simple y efectivo para reducir considerablemente la energía necesaria para producir agua caliente. El ahorro de energía de calentamiento de agua depende de la instalación específica, los patrones de consumo de agua caliente, y el equilibrio del flujo canalizado a través del intercambiador. En cualquier caso parece razonable estimar un ahorro entre un 30% y un 50% de la energía necesaria para calentar el agua. Un flujo equilibrado y, si es posible, una conducción aislada para el ILG, permiten mejorar su rendimiento. El impacto en el consumo total de energía para agua caliente depende de la fracción del consumo total de agua caliente que se produce simultáneamente por recuperación del calor del agua residual. Buenos candidatos para la aplicación del ILG serían residencias colectivas, hospitales, e instalaciones comerciales e industriales que produzcan calor de desecho que podrían utilizarse para el precalentamiento del agua.

2.2. Extracción de energía en dispositivos de recuperación y tratamiento para la reutilización de aguas grises

Un segundo escalón en la recuperación de la energía del agua residual se puede resolver mediante el intercambio de calor en los depósitos colectores de los sistemas de recuperación y tratamiento para la reutilización de aguas grises.

El principio vuelve a ser la recuperación del calor del agua usada en la ducha y en el baño para reutilizar esta energía de nuevo.

La combinación de la recuperación de calor y el reciclaje de aguas grises va más allá de contribuir a la utilización ecológica y económicamente sostenible de los recursos hídricos, también reduce la cantidad de energía necesaria para calentar el agua, y ésto a su vez implica reducciones en las emisiones gases contaminantes. El doble beneficio, ahorro de agua potable y la recuperación de energía, da lugar a una reducción de las facturas de agua y alcantarillado, y a la reducción de los costes de energía.

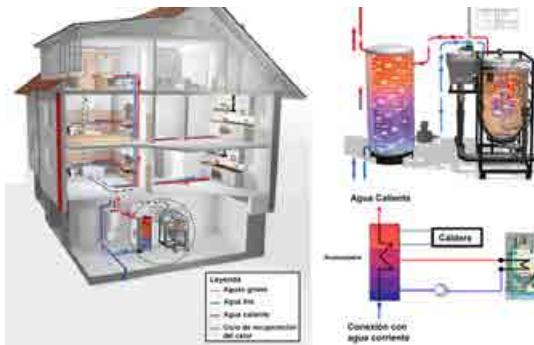


Figura 6. Instalación doméstica de un sistema combinado de recogida y tratamiento, y extracción de energía residual de las aguas grises. Fuente: PONTOS GmbH/Hansgrohe AG.

La recuperación de calor, o la extracción de aguas grises del baño y la ducha tiene sentido porque hay grandes cantidades de energía térmica transportada en el agua caliente residual que normalmente se pierde por el desagüe. Hay diversos sistemas de recuperación de este calor residual, el que describimos a continuación es el Pontos HeatCycle, que se ha desarrollado recientemente para resolver esta oportunidad energética, y que es un módulo de intercambiador de calor que está disponible como un módulo acoplable a la unidad de





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

AquaCycle Pontos, de recuperación y tratamiento de aguas grises. El calor recuperado de esta manera es del orden de aprox. 10-15 kWh por metro cúbico de agua gris y la energía puede alimentar en el acumulador de calor del sistema de agua caliente o la caldera de la calefacción.

El diagrama muestra el proceso de recuperación de calor de este sistema, que tiene varias fases:

1. El agua gris procedente de la ducha y la bañera llega a la primera fase de tratamiento biológico.
2. El agua gris calienta el medio portador de calor, agua, que es bombeada a través del intercambiador de calor de la primera fase.
3. El medio portador de calor precalentado es llevado a un acumulador intermedio.
4. El agua potable fría y fresca es conducida a través de un segundo intercambiador de calor en el acumulador intermedio. Aquí será precalentada y finalmente transportada para la producción de agua caliente.
5. El medio portador de calor, enfriado será extraído del acumulador intermedio y bombeado a través del intercambiador de calor de la primera fase. El proceso completo se repite continuamente de manera cíclica.

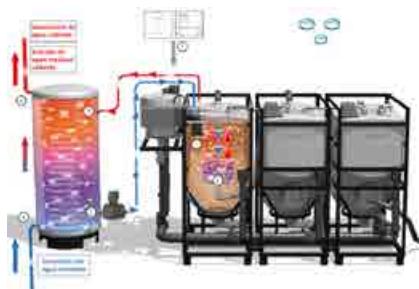


Figura 7. Ciclo de recuperación de calor de las aguas grises mediante un módulo recuperador de energía integrado en un sistema de recuperación y tratamiento de aguas grises. Fuente: PONTOS GmbH/Hansgrohe AG.

Como modelo de actuación Pontos GmbH/Hans Grohe aporta el ejemplo de las residencias de estudiantes OIKOS, promovido por la empresa Badenova AG, en Friburgo, Alemania. En este caso se demuestra el potencial de ahorro creado por la combinación de re-

cuperación de aguas grises con recuperación de calor. La implantación corresponde a un edificio nuevo con capacidad para 65 estudiantes. El agua de las duchas y lavabos de 30 cuartos de baño es reciclada para su reutilización para cisternas, urinarios, limpieza y riego en una planta AquaCycle Pontos.



Cada día, la planta extrae el calor de 3,5 metros cúbicos de agua gris, y el calor se utiliza para calentar el agua corriente que se suministra al edificio desde una temperatura media de 14 °C, a alrededor de 25 °C. La energía recuperada con este método es de 35 kWh por día en promedio. Esto corresponde a una reducción anual de aprox. tres toneladas de emisiones de CO2 de la instalación de calefacción, y aproximadamente un 20% de la energía necesaria para calentar el agua potable. En este proyecto piloto con un sistema de calefacción de distrito, esto supone a una reducción del costo de aproximadamente 1.000 € cada año. Por otra parte, el volumen de agua potable ahorrado mediante el uso de este sistema puramente biológico y mecánico de tratamiento del agua residual, en esta residencia de estudiantes en Friburgo, es de alrededor de 660.000 litros por año. El volumen de aguas residuales se reduce en la misma cantidad, lo que resulta en un ahorro financiero de aproximadamente 2200 € por año en tasas de alcantarillado.



Figura 8. Instalación de recuperación y tratamiento de aguas grises Pontos AquaCycle combinada con el modulo de recuperación de energía Pontos HeatCycle en la residencia de estudiantes OIKOS en Friburgo, Alemania.

Fuente: Pontos GmbH/Hansgrohe AG.

3. CLIMATIZACIÓN Y ACS MEDIANTE EL INTERCAMBIO DE ENERGÍA CON AGUAS RESIDUALES

3.1. Principios de funcionamiento

Con una temperatura que oscila durante el año entre 10 y 20 °C, el agua residual contiene grandes cantidades de energía. En invierno,



está claramente más caliente que el aire exterior, y el calor puede ser recuperado. En verano, ocurre lo contrario y los edificios pueden ser refrigerados con este recurso. La recuperación de calor de estas aguas se basa en una tecnología sencilla, controlada y respetuosa del medio ambiente. El corazón del dispositivo consiste en un intercambiador de calor que capta la energía del agua residual y de una bomba el calor que calienta o enfriá los edificios.



Figura 9. Esquema de la implantación de una instalación de intercambio para una instalación centralizada de climatización.

Fuente: ENERES/KASAG.

Las instalaciones de intercambio de calor con las aguas residuales no afectan al buen funcionamiento de las canalizaciones y de las estaciones de depuración, y no representan ningún peligro para la calidad agua, siempre que sean diseñadas, implementadas y operadas adecuadamente. En Suiza hay prescripciones al respecto emitidas por la Asociación Suiza Protección de las aguas (VSA), y los estudios realizados por el Instituto Federal de Desarrollo, Depuración y Protección de las Aguas (EAWAG) lo confirman.

La recuperación y el intercambio de calor. En los edificios se instalan bombas de calor para calentar el agua y climatizar el espacio a partir de la energía intercambiada con las aguas residuales. Estas bombas de calor pueden alimentar varios edificios, a distancia, en el marco un sistema de calefacción de distrito. Las instalaciones operan de manera más eficiente ya que la temperatura de distribución es baja. En verano, la energía de las aguas residuales también se puede utilizar para refrigerar. La bomba de calor entonces funciona «al revés», como un refrigerador. Muchas veces no es necesario hacer funcionar la bomba de calor para refrigerar, si el sistema de climatización está proyectado para ello, basta utilizar directamente el «frescor» de las aguas residuales a través del intercambiador de calor.



La Bomba de Calor. La temperatura de las aguas residuales no es suficiente para ser aplicada directamente. La bomba de calor es esencial para elevar o bajar su temperatura a un nivel operativo, utilizable. Las bombas de calor que trabajan con las aguas residuales pueden alcanzar temperaturas de uso de 5°C a 70°C, si bien los rendimientos óptimos se consiguen acoplando el sistema a dispositivos de climatización a temperaturas moderadas que hacen que las bombas trabajen entre 15 y 35°C, con coeficientes de rendimiento, COP, globales en toda la instalación de climatización entre 4 y 4,5.

Los edificios, rehabilitados o de nueva construcción, con buen aislamiento térmico y equipados con calefacción por suelo radiante a baja temperatura son particularmente eficientes en el aprovechamiento de las posibilidades de la cimatisación por medio de bomba de calor e intercambio de energía con las aguas residuales.

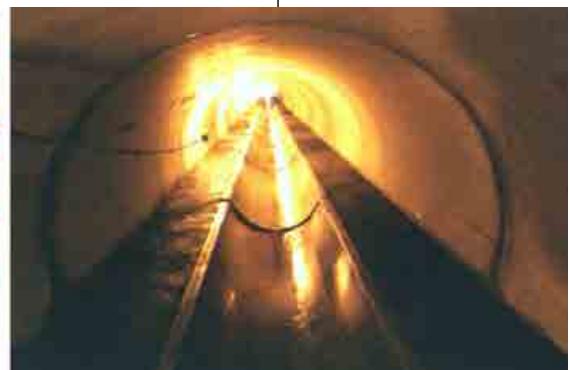


Figura 10. Bombas de calor en una instalación de intercambio con aguas residuales. Intercambiador, de 200 m de longitud, de la instalación de Zurich-Wipkingen. Fuente: ENERES/KASAG.

El intercambiador de calor no sólo permite recuperar la energía térmica de las aguas residuales, también asegura la absoluta separación del sistema de aguas residuales con los dispositivos de climatización. El riesgo de mezclar las aguas residuales con el agua del sistema de climatización está absolutamente excluido.

El intercambiador se instala en la parte inferior de la canalización de evacuación de aguas residuales, o en la propia planta de tratamiento. En el primer caso, la energía se recupera directamente de las



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

aguas residuales sin tratar, mientras que en el segundo se intercambia energía con el agua depurada.

Los intercambiadores de calor también pueden ser instalados en las conducciones existentes o incorporarse a tramos que deban ser renovados o rehabilitados. En la renovación de las redes de saneamiento se utilizan cada vez más canalizaciones prefabricadas que incorporan integrados los intercambiadores de calor. Esta solución reduce a la vez los plazos de instalación y los costes.

Existen diversas soluciones de intercambiadores de calor para recuperar la energía térmica del agua, de las aguas residuales y del agua de procesos industriales.

El potencial de extracción e intercambio de esta energía residual y renovable es enorme. El diez por ciento de todos los edificios podría ser calentado con el calor disponible en las diversas partes de las redes de las redes de recogida de aguas residuales. En comparación con el gasóleo de calefacción convencional, esta tecnología permite reducir las emisiones de CO₂ hasta en un 60%.

El constante aumento de los precios de la energía primaria hace que las inversiones en el área de las energías renovables sea también cada vez más rentable desde el punto de vista comercial.

Cuando hablamos de aguas residuales que contienen sólidos, aguas negras, la técnica de implantación y el diseño específico de los intercambiadores de calor son las variables decisivas para la transferencia de calor. Hay diferentes soluciones en función de las necesidades y de la adecuación a cada instalación. Cada una de ellas considera todas las variables que afectan al rendimiento en el intercambio de energía y las resuelven a la medida.



Figura 11. Distintos tipos de intercambiadores

de energía para aguas residuales.

Fuente: ENERES/KASAG.

3.2. Evaluación del potencial energético

En España, las redes de canalizaciones de aguas residuales están muy ramificadas. Esto multiplica las posibilidades de instalación porque hay muchos sitios que se prestan a la recuperación del calor de las aguas residuales. Antes de elegir una ubicación se debe estimar si la cantidad de agua disponible es suficiente para cubrir las necesidades de la climatización. Algunas fórmulas simples permiten evaluar el potencial energético y hacer un cálculo estimativo.

Identificar los lugares adecuados para hacer una instalación. La energía de las aguas residuales se puede recuperar en muchos lugares: en edificios con un alto consumo de agua, en los conductos de evacuación y en las plantas de tratamiento de aguas residuales.

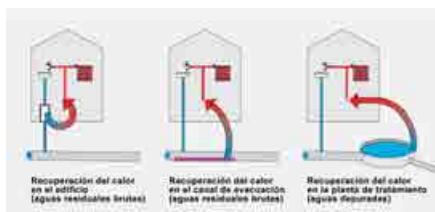


Figura12. Potenciales emplazamientos de la instalación de recuperación e intercambio de calor en la red de recogida u tratamiento de aguas residuales. Fuente: ENERES/KASAG.

Edificios. El calor de las aguas residuales se puede recuperar dentro de los edificios, en todos aquellos en los que se usa de manera constante gran cantidad de agua, hospitales, hoteles, piscinas cubiertas, residencias. Para ello, las aguas residuales antes de ser evacuadas hacia la red de alcantarillado se almacenan en un depósito donde su calor se recupera. Esta técnica permite disfrutar de temperaturas bastante altas del agua, pero exige la limpieza frecuente del intercambiador de calor.

La utilización de la energía en los edificios se puede realizar mediante el intercambio con las aguas residuales procedentes de uso común o con aguas residuales procedentes de procesos industriales.

Las aguas residuales de los edificios se pueden recoger en depósitos de retención en los que se intercambia energía para calefacción y refrigeración a través de intercambiadores de calor. El objeto de este tipo de intercambio es aprovechar este potencial de energía en el punto y el momento en que surge. El factor decisivo es asegurar la transferencia de calor en el intercambiador de calor, y esto requiere soluciones diversas e intercambiadores especiales. Las áreas de aplicación de este tipo de sistemas son: viviendas aisladas, viviendas multifamiliares, edificios públicos, hoteles, grupos de edificios de viviendas, y la industria.

Los tipos de intercambiadores para estas implantaciones son:

- Intercambiadores de calor de doble cámara tubular para aguas residuales y el calor de procesos industriales
- Intercambiadores de calor tubulares para aguas residuales y para el calor de procesos industriales.
- Intercambiadores de calor con limpieza automática y almacenamiento de volúmenes de agua residual que se producen de modo cíclico.



Canalizaciones de la red de alcantarillado. En el flujo de agua usada en los grandes colectores de recogida tiene casi siempre un caudal suficiente para la extracción de energía. Este caso es el de mayor potencial en España porque las grandes agrupaciones urbanas de edificios están, en general, en áreas servidas por una extensa red de alcantarillado.

Las aguas residuales del alcantarillado son una fuente ideal de energía para la calefacción y la refrigeración de los edificios. La experiencia nos dice que los requisitos mínimos para esta forma de recuperación de energía son: disponer de caudales de más de 10 l/s, y disponer de una temperatura superior a 10 ° C.

En lo referente a la integración en la red de alcantarillado se plantean dos posibilidades de implantación:

- **Intercambiador de calor en la canalización:** la mayoría de bombas de calor de recuperación de energía de las aguas residuales funcionan con un intercambiador de calor instalado en la galería del colector. Los intercambiadores de calor están fabricados para ser integrados en una tubería existente. La conducción debe tener un diámetro mínimo de 80 cm, estar en buenas condiciones y haber funcionado durante varios años. Sin embargo, cuando se afronta la sustitución o la construcción de una nueva canalización son preferibles los elementos prefabricados de hormigón con el intercambiador de calor integrado. En este caso, el diámetro mínimo de la tubería debe ser de 50 cm. Hay soluciones para todo tipo de secciones de tubería.
- **Intercambiador de calor instalado en un by-pass de una canalización:** La construcción de un by-pass en una tubería de derivación de aguas residuales ofrece muy buenas posibilidades y ventajas, para la instalación de un intercambiador de calor. En primer lugar, el flujo de aguas residuales no será prácticamente alterado durante la construcción. En segundo lugar, no es necesario desviar las aguas residuales durante la construcción porque no hay peligro de inundaciones. En tercer lugar, el régimen de propiedad de la instalación está claramente diferenciado. Por último, el diámetro del intercambiador de calor y de la conducción del by-pass pueden ser dimensionados empresas y optimizado para el caudal necesario.



Figura 13. Ejecución de las obras de instalación de intercambiadores: instalado en un colector ovoide existente, e integrado en el hormigón un conducto de sección circular en una nueva construcción.

Fuente: ENERES/KASAG.

Se pueden instalar distintos tipos de intercambiadores tanto en el caso de instalación en el colector como en la realización de un *bypass*:

- Intercambiadores específicos de calor para colectores de alcantarillado instalados en la red existente con tuberías ubicadas en la parte superior o inferior del colector.
- Intercambiadores de calor integrados en los colectores de hormigón de tramos nuevos de la red.
- Intercambiadores de calor tubulares, y presurizados
- Intercambiadores de calor tubulares por gravedad.
- Intercambiadores de calor de doble tubo para aguas residuales de alcantarillado bombeadas y sin filtrado previo.



Figura 14. Distintas técnicas de fabricación, soldadura lineal, soldadura y soplado, y soldadura por puntos en la fabricación de intercambiadores de calor acero inoxidable, para aguas residuales. Construcción modular de las secciones, y ensamblaje.

Fuente: ENERES/KASAG.

Plantas de tratamiento de aguas residuales. En este caso el sistema de recuperación permite utilizar el calor del agua ya tratada. La re-

cuperación es más fácil pero, por el contrario, las posibilidades de aplicación están, a menudo, limitadas por la distancia, ya que las plantas de tratamiento están situadas generalmente a una cierta distancia de los edificios más próximos.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales tienen un gran potencial de intercambio de energía, ya sea para cubrir sus propias necesidades de energía o para calentar y enfriar edificios de los alrededores. La energía se recupera muy fácilmente en la salida de la depuradora de aguas residuales. Si el calor se extrae del agua tratada, se disminuye el nivel de temperatura artificialmente añadida al agua, beneficiando al ecosistema.

Los intercambiadores que se utilizan en plantas de tratamiento son:

- Intercambiadores de calor de alcantarillado instalados en la red de colectores de salida de la planta de tratamiento de aguas residuales
- Intercambiadores de calor tubulares presurizados
- Intercambiadores de calor tubulares por gravedad
- Intercambiadores de calor de doble tubo, para aguas residuales instalados en la salida de la depuradora de aguas residuales
- Intercambiadores de calor tubulares para aguas residuales con baja contaminación
- Intercambiadores de calor de placas, instalados en los tanques de sedimentación.

Transporte de la energía hasta la instalación de climatización. El la energía intercambiada debe ser transportada desde la canalización o la planta de tratamiento de aguas residuales hasta la instalación de climatización, refrigeración o calefacción. Se plantean dos posibilidades:

- **Sistema a un solo tubo:** esta solución sólo se aplica instalaciones que funcionan con agua ya tratada. En este caso, el agua se inyecta directamente en la bomba de calor sin pasar a través de un intercambiador de calor. Una vez que la energía ha sido recuperada en el evaporador, el agua se descarga en una canalización de recogida de agua.





- **Sistema a dos tubos.** Si se recupera el calor de aguas residuales no tratadas, la conexión entre la red de alcantarillado y la instalación de climatización debe estar garantizada por un circuito cerrado con dos tuberías (alimentación y retorno). Esta solución requiere una importante inversión pero también tiene ventajas, como la capacidad de combinar más fácilmente las diferentes fuentes de calor: aguas de alcantarillado, las aguas subterráneas, intercambio geotérmico, energía residual de actividades industriales, intercambio abierto con acuíferos, etc.

Limpieza del intercambiador de calor. Cuando dimensionamos el intercambiador de calor hay que tener cuenta de depósito de suciedad que se forma con el tiempo en la pared interna, y reduce la conductividad. Para solucionar este problema hay dos posibilidades: la primera es limpiar periódicamente el intercambiador en función de la calidad de las aguas residuales que usamos. Este método permite limitar las pérdidas debidas a la suciedad, pero requiere de un mantenimiento costoso. La segunda solución es optar por un intercambiador de calor cuya pérdida de rendimiento debido a la contaminación no sea perjudicial para el buen funcionamiento de la instalación. La inversión inicial es en este tipo de intercambiador es, en la mayoría de los casos, más importante. Cualquiera que sea la solución elegida, hay que tener en cuenta no sólo los costes a lo largo de todo el ciclo de vida de la instalación, sino también la calidad del agua.

3.3. Producción y utilización de la energía

La bomba de calor es el corazón de la recuperación de la energía de las aguas residuales. Gracias a ella podemos explotarla y utilizarla para calentar o enfriar el agua y los edificios. Las bombas de calor pueden producir agua a temperaturas de hasta 65 °C, para alcanzar temperaturas más altas o para escalar el rendimiento se asocian, a veces, a calderas de gas o dispositivos de producción combinada de calor y electricidad.

En verano, las bombas de calor se pueden utilizar como máquinas enfriadoras para los sistemas de refrigeración:

- **Solución 1: 100% bomba de calor.** La concepción de una instalación de calefacción a partir de las aguas residuales depende

principalmente de los objetivos que nos marquemos. Si se queremos utilizar todo el potencial energético de las aguas residuales para evitar el consumo de combustibles fósiles, el calor será suministrado exclusivamente por la bomba de calor. Este es el modo de operación monovalente. Para variar la potencia térmica, basta con utilizar grupos de 2 a 4 compresores o conectar varias bombas de calor en paralelo. Los grupos se interconectan escalonados de manera que su operación se ajusta a la demanda con precisión. Las instalaciones monovalentes tienen coeficientes de rendimiento anual inferiores a otros sistemas y requieren el uso de grandes cantidades del agua.



- **Solución 2: caldera para las puntas de consumo.** En zonas frías, por razones de garantía y rendimiento del suministro, algunas instalaciones de recuperación de calor de las aguas residuales combinan la bomba de calor con una caldera. Este modo de operación se llama bivalente. Este dispositivo garantiza el abastecimiento de energía aún si, por alguna razón, el calor de la red de saneamiento de agua no está disponible. En el régimen normal de funcionamiento, la caldera no se pone en marcha mas que para cubrir puntas de demanda.

En combinación con una caldera, la energía que cubre toda la demanda base se produce con la bomba de calor y se simplifica así la operación durante momentos de demanda alta. Esto se traduce en una mayor eficacia de la bomba de calor y en una inversión inferior a la de una solución 1, monovalente. Sin embargo la proporción de energía extraída del agua residual es ligeramente inferior que con un sistema 100% bomba de calor.

- **Solución 3: técnica combinada.** Los mejores resultados en términos de eficiencia energética se consiguen con la combinación instalaciones de bomba de calor y una producción combinada de calor y electricidad, que producen calor y electricidad para hacer funcionar la bomba de calor. Si se tiene en cuenta todo el proceso productivo de energía (la producción de electricidad y el consumo de calor en el edificio) esta solución es la más eficiente en términos de consumo de energía primaria. La operación polivalente requiere una mayor inversión, pero tiene varias ventajas, como ejemplo la integración de la producción de electricidad. También se puede aprovechar otras fuentes de calor disponibles, por ejemplo, las aguas subterráneas, sistemas de refrigeración, procesos industriales, las emisiones de humo, o el de las instalaciones de aire comprimido.



Refrigerar con aguas residuales. Muchos de los edificios que aprovechan el calor extraído de las redes de saneamiento necesita aplicar el mismo recurso a la refrigeración. Incluso en verano la temperatura de las redes de agua residual no excede los 20 °C, y pueden ser explotadas para refrigerar edificios. Esta solución permite aprovechar sinergias muy interesantes: los principales elementos utilizados para la recuperación de calor (intercambiador calor, circuito intermedio, y bomba de calor) también pueden utilizarse para producir frío, sin hacer inversiones en ninguna instalación adicional. Tres modos de funcionamiento son posibles para producir frío a partir de las aguas residuales:

- **Producción de frío.** El calor excedente generado por la producción de frío se inyecta en las aguas residuales a través del circuito intermedio y del intercambiador de calor del colector de residuales. Este modo de operación se utiliza principalmente en verano.
- **Producción combinada de frío y calor:** El calor extraído a través del proceso de producción de frío se utiliza simultáneamente para la calefacción, en combinación con la recuperación de calor directamente del agua residual. Esta solución es especialmente interesante para usos artesanales e industriales que requieren simultáneamente calor y frío. Pues en otro caso hay que evitar producir frío y calor simultáneamente (sería como frenar y acelerar un coche al mismo tiempo), transfiriendo energía dentro del propio edificio.
- **Enfriamiento gratuito, «free-cooling»:** El calor excedente se inyecta directamente en el agua residual a través del intercambiador de calor instalado en la canalización. Este sistema se implementa cuando la temperatura operativa del sistema de refrigeración o refrescamiento del edificio es mayor que la de las aguas residuales. Esto sucede con sistemas inerciales, losas termoactivas, techos y vigas frías, y otros elementos constructivos refrescantes. En este caso los rendimientos son muy altos.

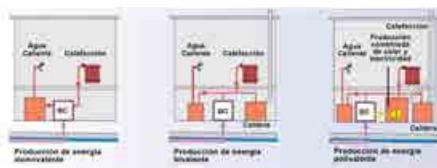


Figura 15. Ejecución de las obras de instalación de intercambiadores: instalado en un colector ovoide existente, e integrado en el hormigón un conducto de sección circular en una nueva construcción.

Fuente: ENERES/KASAG.



Sistemas centralizados y descentralizados. Para competir con eficacia con los sistemas convencionales (calderas, máquinas refrigeración), las plantas de recuperación de energía de aguas residuales deben tener un cierto tamaño. A menudo, las necesidades de un solo edificio no son suficientes para operar una bomba de calor de manera rentable. En este caso, se debe considerar un sistema de climatización colectiva que cubra las necesidades de varios edificios. La decisión que hay que tomar es si se opta por un diseño con una unidad central o con varias unidades descentralizadas (ver esquemas).

Los siguientes factores tienen un papel decisivo en la elección:

- La distancia entre los consumidores
- El espacio disponible para la instalación
- La integración de las instalaciones existentes (Caldera, alcantarillado y agua)
- Cómo se calienta o enfriá el agua
- Las temperaturas requeridas para los diferentes usos del calor
- Las relaciones entre los propietarios
- La financiación y el régimen de explotación.

Red a baja temperatura. La energía se produce de forma descentralizada por varias unidades de un sistema interconectado. El agua se transporta a temperatura baja (de 8 a 15 °C). Esta solución se realiza generalmente cuando hay una gran distancia entre el lugar de captación de la energía la energía (conducto de saneamiento, planta de tratamiento de aguas residuales) y los consumidores. Sus ventajas son:

- Reducción de la pérdida de calor
- Posibilidad de utilizar las tuberías de materiales sintéticos sin aislamiento y por tanto más baratas.
- Se puede utilizar a distancias de más de 1 km.
- Consideración de las diferentes condiciones de temperatura según las necesidades del consumidor.
- Posibilidad de ejecución por etapas.

Red a alta temperatura. El calor se produce en un sólo lugar y luego es transportado a temperaturas elevadas (65 a 80 °C) a los distintos



consumidores. Los conductos deben estar aislados, lo que implica una inversión considerable. Este sistema se aplica principalmente cuando los consumidores están cerca unos de otros. Sus ventajas son:

- Centralización de mantenimiento y servicio simplificado
- Permite la cogeneración de calor y electricidad.
- Condiciones de contratación más sencillas
- Inversiones específicas menores para una sola caldera de gran tamaño que para varias unidades pequeñas
- Reducción del espacio necesario para instalaciones técnicas en los edificios.

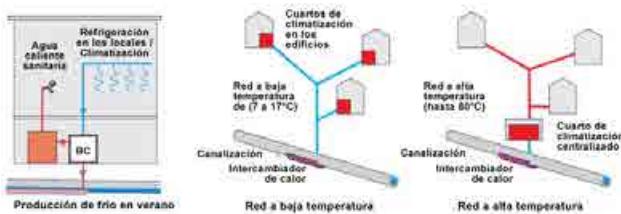


Figura 16. Ejecución de las obras de instalación de intercambiadores: instalado en un colector ovoide existente, e integrado en el hormigón un conducto de sección circular en una nueva construcción.

Fuente: ENERES/KASAG.

3.4. Los edificios y la recuperación de energía de las aguas residuales

Las bombas de calor que recuperan energía de las aguas residuales son especialmente adecuadas para complejos grandes y sistemas de climatización colectiva. Particularmente apropiadas para calentar edificios de apartamentos, urbanizaciones, edificios comerciales, escuelas, instituciones médico-sociales, complejos deportivos y piscinas. Sin embargo, no son el sistema más indicado para vivienda unifamiliar individual o para consumidores de calor industrial. Para que una instalación de recuperación de calor sea rentable, es esencial disponer de una potencia mínima en torno a 150 kW y estar cerca de una planta de aguas residuales o la de una red de alcantarillado explotable.

Requisitos de los edificios. Las instalaciones de intercambio de calor con aguas residuales se adecuan tanto a nuevos edificios como a los edificios



existentes. La construcción del nuevo edificio de favorecen una integración más simple y más barata de los sistemas de bomba de calor, tanto en la sala de máquinas como en las canalizaciones de saneamiento. Los edificios existentes, por lo general ubicados dentro de un entorno construido deben tener en cuenta la ubicación de las redes explotables de aguas residuales. En ambos casos, la recuperación de la energía de las aguas residuales deberán cumplir las condiciones siguientes:

- **Potencia térmica.** El uso de bombas Calor para recuperar la energía de las aguas residuales es interesante para los edificios o conjuntos que requieren una potencia térmica de, al menos, 150 kilovatios (kW). Esta potencia es la que corresponde aproximadamente a cincuenta apartamentos. Para edificios existentes, la potencia de la instalación de climatización existente puede ser utilizada como punto de partida, el umbral mínimo está en torno a 200 kW.
- **Proximidad a una canalización de saneamiento.** Cuanto más próximo está un edificio a una canalización de aguas residuales más ventajosa es el intercambio de energía. En un entorno construido, la distancia máxima a la que deben estar el edificio y la red es de 100 a 300 m, en función del consumo del edificio. En zonas sin edificar, esta distancia puede ir más allá, incluso más de 1 km para instalaciones grandes.
- **La densidad de construcción.** La densidad de la edificación hace más rentable la operación de un sistema de climatización colectiva por la recuperación de energía de las aguas residuales. La proximidad de los edificios servidos por la instalación permite unificar las instalaciones de y climatización, para varios edificios, en un radio de 100 metros.
- **Temperatura de funcionamiento.** Cuanto menor sea la temperatura de operación de los sistemas de climatización de los edificios mayor será la eficiencia de las bombas de calor. Los nuevos edificios equipados con sistemas de calefacción a baja temperatura (calefacción por sistemas radiantes) son especialmente propicios a la recuperación del calor del agua residual. Por el contrario, la explotación de este tipo de sistemas no es apropiada para la producción de calor para procesos industriales o de climatización que requieran temperaturas superiores a 70 °C.
- **Consumo regular.** La regularidad en el consumo de agua (calefacción doméstica durante todo el año sin declinar en el consumo los fines de semana) garantiza una actividad continua de las bombas de calor y potencia su rentabilidad.



- **Refrigeración.** Las aguas residuales se pueden utilizar para refrigerar. La bomba de calor tiene un ciclo reversible que permite utilizar la misma instalación como un dispositivo frigorífico que disipa calor en la red de saneamiento. En España, donde el régimen de funcionamiento normal incluye calefacción y refrigeración, este modo de funcionamiento permite aumentar la rentabilidad de la instalación considerablemente.

Condiciones de las canalizaciones de la red de saneamiento. La explotación rentable de las instalaciones de intercambio de calor con las aguas residuales de las instalaciones de intercambio de calor de las aguas residuales no está sólo condicionada por las condiciones de los edificios que van a ser conectados, sino también por las condiciones de la fuente de calor (canalizaciones de la red).

Estos son los requisitos exigibles a las canalizaciones donde se va a realizar el intercambio:

- **Caudal.** Por razones técnicas y económicas, la recuperación de calor de aguas residuales requiere un caudal mínimo de 15 litros por segundo (promedio en temporada seca, al día).
- **Temperatura de las aguas residuales.** Se puede considerar favorable cualquier temperatura superior a 10°C. En general las temperaturas oscilan entre 10, en los lugares más fríos, y 25°C en las zonas más cálidas, a lo largo del año. En Madrid la temperatura oscila entre 13°C y 20°C.
- **El tamaño y la sección.** una tubería de aguas residuales debe tener un diámetro mínimo de 80 cm para la instalación de un intercambiador de calor. Sin embargo, no hay requisitos en cuanto a la geometría y la forma de la sección que puede ser circular, rectangular, ovalada u ojival, etc..
- **Perfil longitudinal.** La instalación de un intercambiador en una canalización de agua residual es mucho más fácil si no presenta curvas. Lo ideal es disponer de tramos rectos de por lo menos 20 metros, o 100 metros para grandes instalaciones.
- **Acceso.** Un acceso fácil a la tubería reduce los costes de instalación y de mantenimiento del intercambiador de calor.
- **Conexión con la caldera o el sistema de climatización.** El tendido de los conductos que conectan el intercambiador de calor situado en la canalización de saneamiento y la bomba de calor instalada en la sala de climatización, puede tener un gran impacto en

el costo total. El uso de un conducto existente o el paso a través de una superficie no construida, reduce la inversión.

- **Edad del conducto.** En la medida en que un conducto deba ser reemplazado o renovado, es especialmente recomendable para considerar la instalación de un intercambiador para la recuperación de calor de las aguas residuales. La instalación de un intercambiador de calor es, en este caso, sin duda más ventajosa.



Solicitud de autorización. En todos los casos el acuerdo del operador de la red de alcantarillado es indispensable para recuperar el calor de un colector o de una planta de tratamiento. En efecto, la recuperación de calor implica una refrigeración por agua del agua residual que puede afectar al tratamiento del agua. Este aspecto debe ser considerado antes de conceder el permiso de construcción. Por lo demás, la operación, el mantenimiento y la limpieza de la tubería utilizada no tienen que verse afectados negativamente. Por ello es importante plantearse este tipo de instalación con tiempo suficiente para ponerse en contacto con el operador.

Los datos relativos a la red de aguas residuales. ¿Cómo puede el promotor tener acceso a información acerca de las características del alcantarillado? Su interlocutor es el gestor de la red en general los Ayuntamientos y las empresas asociadas a la ciudad. En la mayoría de los casos, las aguas residuales dependen de los departamentos de infraestructuras u obras públicas. El promotor también puede obtener información de los gestores de las plantas de tratamiento, si bien es cierto que en Madrid y en España no hay previsión en las administraciones para atender requerimientos de promotores a este respecto y es necesario desarrollar la metodología de trabajo y gestión para poder hacerlo.

3.5. La reducción del impacto

El intercambio de energía con aguas residuales representa una solución interesante para los promotores y las empresas innovadoras, así como para los municipios que quieran tomar el camino del desarrollo sostenible. De hecho, esta tecnología explota una fuente de energía renovable, propicia la limpieza del medio ambiente y tiene un mejor balance energético que la climatización con gas o petróleo, y de la climatización con aire acondicionado convencionales. Las emisiones de gases contaminantes también se reducen significativamente.



Figura 17. Zurich-Wollishofen, un conjunto de 200 apartamentos se benefician de la recuperación de calor de la red general de aguas residuales. Fuente: ENERES/KASAG.

Eficiencia. Las bombas de calor que recuperan el calor de las aguas residuales son muy eficaces. El consumo bruto de energía (energía primaria) en relación a la producción de energía útil (instalaciones, agua caliente) es significativamente inferior a la de los sistemas de calefacción y refrigeración convencionales. Por ejemplo, una bomba de calor que funciona con agua residual consume un 40% menos de energía primaria de un quemador de gas. (Ver diagrama).

La comparación con otros sistemas de bomba de calor (aguas subterráneas, geotérmica) es también ventajosa para la explotación de la energía de las aguas residuales. La razón es sencilla: durante todo el año las aguas residuales tienen una temperatura favorable.

Si se diseña adecuadamente, un sistema de recuperación de calor de aguas residuales puede alcanzar un coeficiente de rendimiento Anual (COP) superior a 4. COP es el factor que mide la eficacia de una bomba de calor. Un valor de 4 significa que con una unidad de electricidad, es posible producir cuatro unidades de energía térmica, las tres unidades calor adicional son proporcionadas por las aguas residuales.

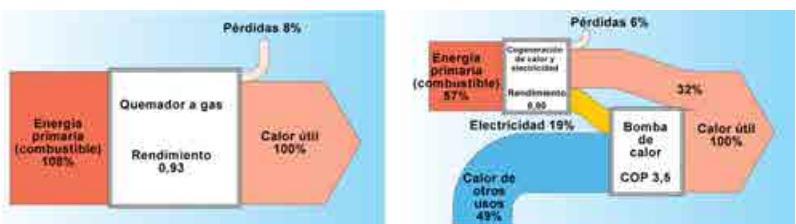


Figura 18. Comparación de la eficiencia energética. Para producir la misma cantidad de calor (energía útil), una instalación de aguas residuales de recuperación de calor, con bomba el calor y producción combinada de calor y electricidad consume dos veces menos energía fósil que un sistema convencional. Fuente: ENERES/KASAG.



Limpieza. Instalaciones de recuperación de calor de las aguas residuales tienen la ventaja de ahorrar reducir el impacto sobre el medio ambiente. Reducen no sólo la producción de gases de efecto invernadero y el óxido de nitrógeno, sino también el consumo final de combustibles fósiles. La bomba de calor de ciclo reversible combinada con un sistema de calefacción de gas, para el consumo de potencias punta, y con la carga correspondiente a la electricidad producida en España, produce casi 5 veces menos emisiones de CO₂ que una caldera de gasoil. Si la electricidad que alimenta la bomba de calor se produce por cogeneración de calor y electricidad con gas natural, las emisiones se reducen en un 60% (ver tabla). El Departamento de Edificación de Cantón de Zúrich, ha realizado el balance ecológico de una bomba de calor para la recuperación de la energía térmica de las aguas residuales. Esta evaluación integral realizada según el modelo Ecoindicator'99 ha revelado una calificación 2.5 veces mayor que la de una caldera de gas. La recuperación de calor de las aguas residuales contribuye a la protección del clima y a la conservación de la calidad del aire en nuestro entorno.

Tabla 1. Comparación de las emisiones de CO₂ de los diferentes sistemas de energía.

Calefacción gasóleo	100%
Calefacción gas	63%
Combinación de la bomba de calor-CCF (1)	41%
Bomba de calor de ciclo reversible (2)	22%

- (1) Rendimiento de la cogeneración CCF: electricidad 35%, calor 55%, la distribución de la producción de calor: bomba de calor un 50%, CCF 30%, caldera de gas para los picos de demanda, 20%.
- (2) Coeficiente anual de rendimiento de la bomba de calor, 3.5. Distribución de la producción de calor: bomba de calor, 80%, caldera de gas para los picos de demanda, 20%. Base para la evaluación de la electricidad: mix de los productores suizos.

Fuente: ENERES/KASAG.

Producción limpia de calor por intercambio con el agua potable.

Igual que con las aguas residuales, el agua potable puede proporcionar energía a bombas de calor, contribuyendo así al calentamiento o enfriamiento de los edificios. De hecho, la temperatura del agua potable los flujos en los sistemas de agua durante todo el año varía entre 15 °C y 20 °C. Esta temperatura es muy favorable para operar una bomba de calor. En Suiza, varias bombas de calor que funcionan con agua potable están en servicio. Sin embargo, la ma-



yoría de los potenciales de esta fuente de energía renovable están todavía sin explorar.

3.6. Rentabilidad

La climatización por intercambio de energía con las aguas residuales se está haciendo cada vez más competitiva, sobre todo si se tienen en cuenta todos los factores de coste. Los beneficios no son sólo ecológicos, sino también económicos, gracias a las condiciones favorables que esta técnica aporta para la obtención de capital o a los incentivos fiscales y financieros. Esta tecnología reduce los costes externos de la producción de energía y por tanto beneficia al conjunto de la economía.



Figura 19. Las instalaciones de recuperación de calor de las aguas residuales están formadas por componentes cuya vida útil puede llegar a los 50 años, como por ejemplo un intercambiador de calor.

Fuente: ENERES/KASAG.

Ventajas competitivas. Las comparaciones entre los costes de las instalaciones de recuperación el calor de las aguas residuales y las de los sistemas convencionales lo demuestran, una inversión y una mayor depreciación se ven ampliamente compensados por menores costos de operación. En muchos casos, los resultados son aún más favorables si la totalidad de los beneficios económicos se tiene en cuenta en la evaluación los costos. Más allá del costo de capital y de los gastos de explotación efectiva también se tienen en cuenta los siguientes factores:

- **Depreciación:** La vida de los intercambiadores de calor y las tuberías puede alcanzar los 50 años.
- **El coste creciente de la energía:** Mediante el uso de una fuente de energía renovable como la recuperación de calor de las aguas re-

siduales, el propietario elude el aumento de los costos de los combustibles y la energía y los impuestos medioambientales.



- **Normativa:** El uso de bombas de calor y sistemas eficientes de recuperación de energía residual permiten cumplir con las normas de la construcción y las calificaciones energéticas y medioambientales que se pretende generalizar.
- **Tarifas preferenciales hipotecario:** En centro Europa, esperemos que en España pronto, muchos bancos consideran tasas hipotecarias preferenciales para los edificios que hacen uso de fuentes de energía renovable.
- **Subvenciones:** Administraciones nacionales, regionales y locales conceden subvenciones para fomentar el uso de las energías renovables.
- **Ahorro de costes:** Las instalaciones de recuperación de energía del agua residual combinan tanto la producción de calor como de frío. Hay un potencial importante de ahorro en la inversión y los costos de operación en comparación con los sistemas convencionales.
- **Ahorro de energía y protección del clima** para muchos municipios y empresas, instalaciones de recuperación de energía de las aguas residuales suponen una contribución importante a la consecución de sus objetivos en materia de eficiencia energética y protección al clima.

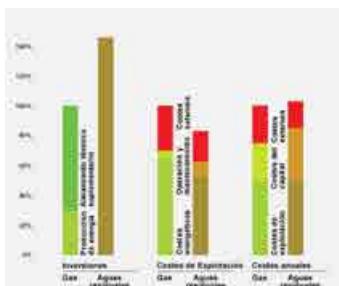


Figura 20. Comparación de las aguas residuales y el gas.
Fuente: ENERES/KASAG.

El diagrama en la Figura 20 muestra el resultado típico de una comparación de los costos totales entre una instalación de recuperación de calor de aguas residuales y de calefacción de gas. En el caso de la bomba de calor la inversión es mayor que en la calefacción



de gas, pero habrá costos de explotación mucho más bajos. Con el precio de la energía en 2005, ambos sistemas tenían costos anuales equivalentes. La comparación incluye los costes externos (en rojo) y el cumplimiento de la reglamentación sobre aislamiento térmico. En el cantón de Zurich, por ejemplo, un edificio que se calienta sólo con combustibles fósiles es objeto de requisitos energéticos más estrictos de consumo, que un edificio generador de energía renovable. Hay que prever inversiones adicionales en aislamiento térmico (verde oscuro). La comparación no tiene en cuenta que los precios de las instalaciones recuperación de calor de las aguas residuales se espera que disminuyan con la difusión cada vez mayor de esta técnica, o el fuerte aumento precios de los productos derivados del petróleo, que ya se ha producido en escalada geométrica entre 2005 y 2011.

Incluir los costes externos. Los precios de la energía actual no contabilizan de manera adecuada los riesgos y daños al medio ambiente. Para remediar esto, es esencial a la hora de tomar decisiones sobre la inversión, es tener en cuenta los costes externos. así De acuerdo con la norma suiza, SIA 480 «Cálculo de rendimiento de las inversiones en la construcción»: Los proyectos deben tener en cuenta los costes externos ya sea en el sector privado o público. Sólo un cálculo global de la rentabilidad efectuado de acuerdo a criterios uniformes es válido para seleccionar la solución con la mejor relación coste-eficacia. Como la climatización a partir de aguas residuales reduce a la mitad los costos externos que provocan los combustibles fósiles, esto aumenta mucho su rentabilidad.

3.7. Gestión municipal. Los ayuntamientos motores de la innovación

El uso de la energía térmica de las aguas residuales puede contribuir de manera significativa a evaluar los logros de las políticas municipales, energéticas y de medio ambiente. Los municipios pueden participar en la difusión de esta técnica innovadora, por ejemplo, mediante la identificación sistemática de los sitios apropiados, subvencionar los ensayos y las realizaciones, e instalando de bombas de calor con recuperación de energía de las aguas residuales en sus edificios (escuelas, edificios administrativos o piscinas). Las instalaciones en los edificios públicos no sólo son un ejemplo para los promotores privados, sino que representan también una ventaja para la imagen de la ciudad.



Acciones a emprender

- Identificar los lugares adecuados.
- Iniciar o apoyar los estudios de viabilidad.
- Explorar la posibilidad de utilizar la energía de aguas residuales durante la construcción o renovación de los edificios municipales.
- Incluir la recuperación de calor de aguas residuales en los planes municipales de energía.
- Integrar los resultados en el plan general de aguas residuales.
- Promover la contratación a través de Servicios Energéticos.
- Completar y completar las instalaciones de calefacción actuales con bombas de calor con uso de la energía de las aguas residuales.
- Informar a los promotores que solicitan licencias de obras.
- Subvencionar instalaciones piloto, y la difusión de los resultados.

Figura 21. Municipios con más de 3.000 personas con potencial uso del calor de las aguas residuales. Fuente: ENERES/KASAG.

La Figura 21 muestra un extracto del plan energético de la ciudad de Uster: en violeta las zonas prioritarias para la recuperación de calor de las aguas residuales, a ambos lados del colector principal (en violeta) y cerca de la planta de tratamiento de aguas residuales. El área cubierta por el gas ciudad está rayada en rojo.

Identificación sistemática de los sitios. Dados los plazos de tiempo cada vez más cortos exigidos para los trabajos de construcción, muchos proyectos de recuperación de la energía del agua residual no ven la luz por falta de tiempo para realizar los estudios necesarios. Para poner remedio a este problema, muchos municipios toman la iniciativa de realizar la identificación de las ubicaciones con potencial de aprovechamiento energético. Encargan a empresas especializadas la



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

evaluación del potencial, para identificar de forma sistemática sitios apropiados. En los municipios con menos de 10.000 habitantes, por lo general, es suficiente hablar con los expertos in situ para identificar rápidamente los sitios con interés; en ciudades con redes más extensas se debe redactar un mapa de la energía. Esta es una labor, por lo general, de bajo costo ya que muchos municipios tienen una parte importante de los datos necesarios. Los sitios potenciales están determinados por la cercanía a los colectores principales de aguas residuales y, simultáneamente, a los grandes consumidores de energía.

Decisión sobre la base de un análisis preliminar. La localización de un lugar adecuado, la redacción de un mapa de la energía, no basta para determinar la factibilidad o la rentabilidad de una instalación. Otros estudios deben llevarse a cabo: un análisis realizado por un equipo especializado. Este. Un resumen de este análisis incluye lo siguiente:

- Información general (ubicación, canalización, el edificio, la densidad de edificación).
- La cuantificación de la oferta y la demanda de energía.
- El análisis de la explotación de la tubería y/o la planta de tratamiento de aguas residuales.
- La evaluación de la viabilidad técnica y las posibilidades del proyecto.
- El diseño general de la recuperación y producción de energía.
- La estimación de la inversión y los costos de producción de energía.
- Resumen de la evaluación de la rentabilidad.
- Recomendaciones sobre los procedimientos a seguir.

Planificación energética. Siendo el calor recuperado de las aguas residuales una energía autóctona, es conveniente establecer una coordinación con otras fuentes de energía renovables (Aguas subterráneas, el calor del suelo, etc.) y la red de energía (calefacción urbana, gas natural). Esta coordinación está garantizada a través de la planificación energética.

En muchos países las regiones y los municipios tienen planes de energía vinculantes que integran la recuperación el calor de las aguas residuales. Por ejemplo, el Plan Maestro de Energía de 2002, del municipio de



Zúrich, indicó que la recuperación del potencial sin explotar para calentar el agua por intercambio en las Plantas de Tratamiento de Agua, fue de aproximadamente 650 millones de kWh al año. Sobre esta base, en varios municipios del cantón se han definido en su planificación energética las zonas con potencial procedente de esta fuente. La legislación alienta encarecidamente a los promotores el uso de energía de aguas residuales en la medida en que esta solución resulta rentable.

Lanzamiento de Proyectos. Los municipios dinámicos no se contentan con establecer un marco de condiciones favorables a la recuperación del calor de las aguas residuales, sino que participan activamente en proyectos de apoyo, para edificios municipales o privados. Por ejemplo, después de establecer su mapa de la energía en las ciudades de Köniz, Lucerna, Schaffhausen, Uster, Winterthur y Zug se llevaron a cabo junto con los promotores privados, el análisis, resumen y estudios de viabilidad para sitios, proyectos y nuevos barrios. Este procedimiento tiene sentido porque las instalaciones recuperación de calor de las aguas residuales permiten una vida útil más larga que los sistemas de energía convencionales, especialmente cuando se integran en la calefacción urbana. Los promotores privados no tienen tiempo para conocer en detalle las oportunidades esta tecnología, o para hacer estudios en el marco de proyectos de construcción. El trabajo preliminar de los ayuntamientos mejora enormemente las posibilidades de realización, en beneficio del aire limpio y la calidad de vida de los ciudadanos.



Figura 22. Binningen: escuelas, la administración y piscina comunitaria. Se calientan las aguas residuales. Fuente: ENERES/KASAG.

3.8. La promoción. Las diferentes etapas en la concepción y realización de una instalación

¿Cómo diseñar e implementar una instalación de intercambio de energía de las aguas residuales? El procedimiento es más complejo que para el gasóleo o la calefacción. Se requiere una estrecha co-



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

laboración entre el propietario del proyecto, el municipio y el operador de la planta de tratamiento de aguas residuales o de la red de alcantarillado. El promotor podrá realizar la instalación por sí mismo o delegar esta tarea a una empresa que diseñe, financie, construya y opere la instalación. En cualquier caso, se debe proceder por etapas, con la ayuda de una empresa especialista con experiencia en la coordinación. Es recomendable un estudio de viabilidad antes de decidir desarrollar el proyecto. La clave del éxito es una buena coordinación entre todas las partes interesadas en el proyecto: el promotor, el municipio, el contratista, el explotador de la red de saneamiento y los técnicos del proyecto, etc.



Figura 23. Renovación de un colector cerca de un edificio una instalación de intercambio de energía con las aguas residuales.
Fuente: ENERES/KASAG.

Estudio de viabilidad. El camino que lleva desde la idea a la instalación operativa incluye varios pasos. En muchos casos, todo comienza o con un estudio del Ayuntamiento que indique los sitios apropiados o mediante un estudio preliminar que permita una primera evaluación. Pero sólo un estudio de viabilidad permite tomar decisiones claras sobre las posibilidades de éxito de un proyecto. Este estudio incluye un primer contacto con el operador de la red, un análisis de la aplicación de soluciones técnicas, un estudio comparativo con los sistemas convencionales y un cálculo de rentabilidad. Debe asignarse el estudio a una empresa de ingeniería con experiencia. El resultado obtenido será la base de la toma de decisiones para la realización del proyecto. A continuación se recomienda desarrollar un plan de financiación y de explotación, antes de comenzar a estudiar el proyecto en sí mismo.

Un procedimiento en siete fases

1. Análisis preliminar y estudio de viabilidad
2. Toma de la decisión de inicio del proyecto, por el promotor.

3. Plan de financiación, licitación y selección del contratista
4. Contrato con el operador de la red de alcantarillado, autorización para trabajar con las aguas residuales
5. Desarrollo del Proyecto.
6. Construcción de la instalación y puesta en marcha
7. Explotación.



La obtención de permisos

Acuerdo del operador de la red de alcantarillado. Desde su vertido en el colector, las aguas residuales pertenecen al organismo público responsable de su evacuación. Este recurso es gratuito, y se pone a disposición de cualquier persona que desee utilizarla para producir energía. Sin embargo, para operar una instalación de recuperación de energía de las aguas residuales debe ser por acuerdo con el operador de la red de aguas residuales. La autorización será concedida siempre que la evacuación y depuración del agua se no se obstaculicen y si las disposiciones comunitarias en este ámbito se cumplen.

Las recomendaciones de las organizaciones profesionales

La recuperación de calor del agua los residuos no plantea ningún problema si se cumplen dos requisitos:

- En primer lugar, el enfriamiento de la cantidad total de agua que llega a la planta de tratamiento no debe superar los 0,5 ° C,
- En segundo lugar, la temperatura del agua entregada a la planta de tratamiento de no debe ser inferior a 10 ° C.

Si estas condiciones no se cumplen, los expertos determinará en qué medida la recuperación de calor de las aguas residuales pueden ser autorizada sin que afecte al proceso de tratamiento.

La legislación sobre protección del agua

En España no se ha legislado sobre la utilización de las aguas residuales. Sin embargo, se recomienda presentar cada proyecto enco-



mendado a las autoridades municipales y en su caso regionales, de protección del medioambiente y el agua. Estos órganos darán, en principio, su acuerdo a condición de que el proyecto no afecte ni tenga incidencia negativa sobre la evacuación y depuración de las aguas residuales.

El uso de aguas residuales para el enfriamiento. Si el agua residual tratada se utiliza para la refrigeración, la temperatura después de su uso no debe aumentar en más de 1,5 °C. En descarga no se elevará la temperatura del curso de agua por encima de 25 °C. Estos dos límites rara vez se alcanzan en la práctica.

Contrato de uso de aguas residuales. La relación entre el promotor y el gestor de la red de alcantarillado y las plantas de tratamiento suele ser resuelta por contrato, y a menudo aparece como una servidumbre inscrita en el Registro de la Propiedad. El contrato debe incluir los siguientes puntos:

- Objeto del contrato, el derecho a utilizar la energía.
- Propiedad, las interconexiones, el acceso.
- Deber de información mutua.
- La disponibilidad de aguas residuales (derecho de corte).
- Potencias térmicas, de refrigeración o de calentamiento de las aguas residuales.
- Los valores límite que deben ser respetados para tratamiento de las aguas.
- Los requisitos para la incorporación de los elementos de intercambio al colector.
- Competencias y procedimientos relativos a la gestión, control, mantenimiento y limpieza
- Medidas de seguridad y protección respecto a la instalación y mantenimiento.
- La responsabilidad por los daños durante la construcción y mantenimiento.
- Desmantelamiento o rehabilitación de la instalación (teniendo en cuenta su estado).



El mejor momento para hacer la instalación. El momento ideal para hacer una instalación recuperación de energía de las aguas residuales es que permite aprovechar las sinergias con otros proyectos:

- La construcción o ampliación de edificios.
- La modernización de la climatización.
- La renovación de un colector cerca de Edificio.
- Las medidas adoptadas en virtud de la legislación sobre emisiones e impacto ambiental.

4. MODELOS DE ACTUACIÓN. CASOS PRÁCTICOS

4.1. La escala regional. Actuaciones en la región de Basilea. Suiza

La recuperación de calor de las aguas residuales funciona en Basilea desde hace 20 años. Por otra parte, en Binningen, en los suburbios, la ciudad abastece la calefacción de más de 70 edificios públicos y privados a través de una bomba recuperación del calor y la energía térmica de las aguas residuales. Se llevó a cabo en el marco del programa «piloto y de demostración» de Oficina Federal de Energía.

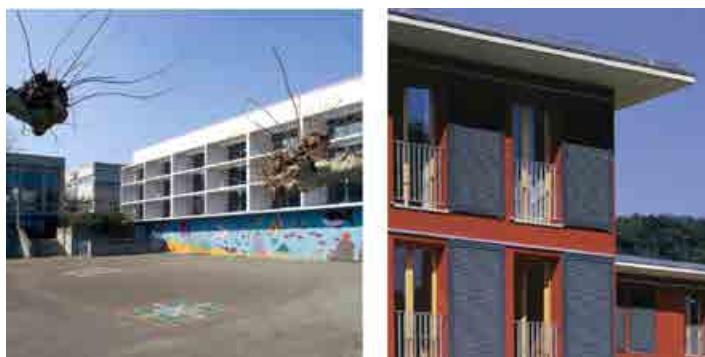


Figura 24. Escuela Spiegelfeld en Binningen climatizada con energía de las aguas residuales.

Fuente: ENERES/KASAG.



Información General

Número de edificios climatizados	70
Longitud de la red	3.5 km
Potencia demandada de calefacción	4.800 kW
Potencia de la bomba de calor	380 kW
Porcentaje de la energía suministrada por las aguas residuales	14%
Fabricante de intercambiador de calor	KASAG Langnau AG

Calefacción urbana Binningen. La compañía Wärmeversorgung Binningen SA es una empresa pionera, que opera cinco redes de calefacción centralizadas en la aglomeración de Basilea y abastece a 70 edificios de energía, entre ellos los edificios públicos, como la administración municipal y una escuela, y también cuenta con un total de 600 apartamentos familiares. La ciudad tiene tres cuartas partes de las acciones de la sociedad, el resto está en manos de la distribuidora Energía MBE (Elektra Birseck Münchenstein), conocida por su soluciones innovadoras en este campo. Gran parte de la energía se produce a partir de fuentes renovables, como el intercambio con aguas residuales. Dos bombas de calor proporcionan la energía eléctrica para la calefacción. La electricidad necesaria para su funcionamiento la producen dos unidades de cogeneración que alimentan las centrales de climatización y suministro de calor y energía que la red de calefacción de distrito. Tres calderas convencionales proporcionan la energía para cubrir las demandas pico.

Funcionamiento sin incidencias. El intercambiador de aguas residuales está operando en un colector regional que está conectado a unas 30.000 personas. El intercambiador de calor de 140 m de largo instalado en la canalización consta de 47 elementos y tiene un poder de transferencia de 330 kW. Esto corresponde a un 7% de la potencia total de los abonados, pero sin embargo permite que el dispositivo cubra el 14% de la producción total anual de calor. Con este dimensionamiento del intercambiador la bomba de calor funciona casi ininterrumpidamente, 6500 horas sobre las 8760 del año. La rentabilidad de la instalación es la máxima. Hasta ahora, la operación de la bomba el calor no ha causado ningún problema a la MBE, que gestiona la red calefacción. No ha habido tampoco ninguna avería y el intercambiador de calor no ha requerido limpieza especial.

La urbanización Ringermatten en Zwingen. En Zwingen (BL), una bomba de calor proporciona energía para la calefacción de 31 villas in-



dependientes. El intercambiador de calor está instalado en el colector principal de la planta de tratamiento de agua de tratamiento Laufon-nais. Cubre el consumo básico de la calefacción, una caldera de gas proporciona el complemento pico. Cada casa se suministra individualmente por un calentador eléctrico de agua caliente junto con paneles solares. Gracias al excelente aislamiento de la urbanización, construida en 1999, la temperatura del sistema radiante de calefacción a partir es baja. Esto promueve un funcionamiento muy eficiente de la bomba de calor con un COPA (Coeficiente Anual de Rendimiento) de 4,4.

4.2. Energía para un barrio. Sandvika, Oslo. Noruega

Desde hace más de 15 años, todo un barrio de la ciudad de Sandvika en las afueras de la capital noruega, se calienta y se enfriá a través de de aguas residuales. Todas las partes están satisfechas: los consumidores, que, aprovechan esta fuente de energía barata y la seguridad del suministro, y el operador, para el que la climatización es una actividad rentable.

La combinación de calor y frío. El uso simultáneo de la bomba de calor calefacción y refrigeración puede aprovechar importantes sinergias en las inversiones y mantenimiento. Los costos adicionales causados por la producción de agua Fría son relativamente bajos en comparación con costaría un sistema de aire acondicionado por separado. De acuerdo con cálculos en el diseñador como debería diez veces más electricidad si el frío se produjo manera descentralizada por una instalación de aire acondicionado.



Figura 25. El centro de Sandvika, climatizado con la energía de las aguas residuales. Fuenet: ENERES/KASAG.



Información General

Número de edificios climatizados

Calefacción	56 edificios
Refrigeración	18 edificios

Longitud de la red

Calefacción	10 Km
Aire Acondicionado	4 Km

Potencias demanda

Calefacción	22.000 kW
Refrigeración	10.000 kW

Potencia instalada

Bomba de calor	2 x 6.500 kW
Máquina de refrigeración	2 x 4.500 kW

Porcentaje de energía procedente de la recuperación de calor de aguas residuales

50%

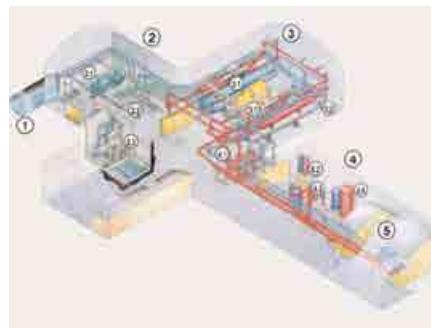


Figura 26. Representación esquemática de la Recuperación de Central energía térmica de aguas residuales Sandvika: 1 Colector de aguas residuales. 2 Estaciones de filtrado. 2.1 Mecánica de filtrado. 2.2 Sedimentación. 2.3 Bombas de aguas residuales. 3 Producción de energía. 3.1 Bombas de calor/máquinas de refrigeración. 3.2 Las válvulas de cuatro vías para la operación. en el refrigerador. 4 Unidad de producción. 4.1 Bombas. 4.2 Seguridad de vacío. 4.3 Instalación de expansión. 4.4 Abastecimiento del tanque. 5 Control de la instalación.

4.3. Centro de Formación en Morat, Löwenberg (Suiza)



Figura 27. La calefacción de los dos edificios, cada uno con 96 habitaciones individuales, se resuelve con la recuperación del calor de las aguas residuales.

Información General

Número de edificios	6
Consumo	
Calefacción	870.000 kWh/año
Refrigeración	320.000 kWh/año
Bombas de calor/refrigeración	
Calefacción	2 x 390 kilovatios
Refrigeración	2 x 370 kilovatios
Porcentaje de la energía suministrada con las aguas residuales	48%

Funcionamiento de los equipos. El agua purificada se recupera a la salida de la EDAR. Primero se filtra para reducir la tasa de sólidos en suspensión. A continuación se introduce en la sala de calderas, que se encuentra a medio camino entre el centro de la STEP y Loewenberg. El calor del agua purificada se recupera a través de intercambiadores de calor y dos bombas de calor, el calor con una potencia total de 780 kW. El sistema tiene un coeficiente de rendimiento(COP) de 4,1. Este coeficiente refleja el rendimiento de las bombas de calor, que en este caso particular, consumen una unidad energía eléctrica para producir 4,1 unidades de energía



térmica. Para el caso de una demanda punta de calor, la instalación se ha completado con dos calderas de gas capaces de proporcionar la máxima energía. El agua purificada se devuelve cerca de la planta de tratamiento, y vuelve a su ciclo natural, ya que desemboca en el lago de Murten. Dos circuitos de calefacción con diferentes temperaturas (45 °C y 65 °C) son necesarias para alimentar todos los edificios del centro de Loewenberg. Esto se debe a que las instalaciones ya existentes en la mansión y sus dependencias requieren altas temperaturas de la red primaria (65 °C). Por contra, todos los nuevos edificios se calientan desde circuito a 45 °C. La producción de agua caliente se obtiene por un intercambiador de calor instalado en el sótano del centro de formación.

Además, un circuito de impulsión de agua fría para la refrigeración alimenta el centro de formación y un restaurante. Para la producción de agua fría las bombas de calor funcionan como máquina de refrigeración. La capacidad total de enfriamiento es entonces de 740 kilovatios y el COP de 4,9. El calor recuperado de la producción de frío alimenta el circuito de calefacción a baja temperatura (45 °C). Cuando la calefacción no necesita el calor se transmite al agua devuelta, que se utiliza entonces para facilitar el proceso de purificación. Al optimizar la instalación de calor en 2005, las bombas de calor original que funcionaban con gas fueron reemplazadas por dos bombas de calor eléctricas asociadas a cogeneración. Esto proporciona electricidad para hacer funcionar las nuevas bombas de calor y el calor generado en paralelo se suministra al sistema de calefacción.

La potencia de este dispositivo es de 500 kW, y proporciona una potencia eléctrica de 190 kilovatios y una potencia térmica de 256 kW. La mitad de la energía necesaria para calefacción y refrigeración de los locales del centro de recuperación de Loewenberg procede del agua tratada, 420.000 kWh sobre un consumo anual de 870.000 kWh. Con esta tecnología, el centro de formación al año ahorra 41.650 m³ de gas y reduce sus emisiones de CO₂ en 83 toneladas. Esta instalación ha estado funcionando durante más de 20 años, a satisfacción de los usuarios y garantiza el confort térmico de los edificios tanto en verano como en invierno con un suministro de energía respetuoso con el medio ambiente.



Figura 28. Sala del simulador de la gestión de la red de infraestructuras ferroviarias. Fuente: ENERES/KASAG.

El agua purificada como fuente de calor para la calefacción y como disipador de calor para la refrigeración de los locales. El centro de entrenamiento y el restaurante cuentan con calefacción y refrigeración mediante recuperación de energía del agua tratada. En el primer caso, el agua purificada se utiliza como una fuente de calor y las bombas de calor extraen de ella la energía térmica. En el segundo caso, el agua purificada se usa para disipar el calor que viene de las máquinas de refrigeración. La confort de las instalaciones está garantizado en todo momento.

4.4. Conjunto residencial de viviendas en alquiler, Winterthur (Suiza)

A pesar de afrontar una mayor inversión, el autor de la propuesta del nuevo barrio Wässerwiesen en Winterthur prefirió la recuperación de calor de aguas residuales al gas. Esta solución resulta más barata a largo plazo que un sistema convencional. Así lo demostró por un estudio comparativo de la ciudad de Winterthur, sobre la base del plan comunal de energía.



Figura 29. En el distrito de Wässerwiesen en Winterthur, 400 apartamentos están calefactados energía de intercambio con aguas residuales. Fuente: ENERES/KASAG.



Información General

Número de apartamentos	400
Red de longitud aprox.	200 m
Potencia necesaria para calentar	1.150 kW
Potencia de la bomba de calor	820 kW
Porcentaje de energía procedente de recuperación de calor de aguas residuales	70%



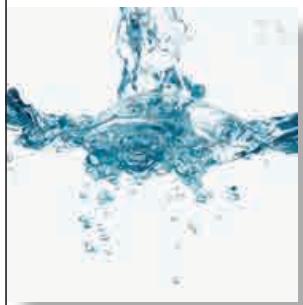
Figura 30. Mapa de la zona: en Línea azul principal de agua residuos, en rojo, bypass con el intercambiador calor Sala de calderas.

Fuente: ENERES/KASAG.

Según un estudio del Servicio Municipal de la Energía, en Winterthur hay 41 emplazamientos que se prestan técnicamente a la recuperación de calor de las aguas residuales. La rentabilidad de 7 de estos sitios es particularmente buena (menor coste que con los sistemas convencionales) mientras que otros 27 emplazamientos se consideran «económicamente sostenibles» (costes adicionales del 10% máx.). Si todas las instalaciones se realizaran, el combustible la disminución de consumo de combustible en la ciudad disminuiría 4.000 toneladas por año. Esto correspondería a una disminución de más de 7.000 toneladas de emisiones anuales de CO₂ y un ahorro de 21 millones de euros, además de otro millón y medio en términos de costes externos, ya que las bombas de calor causan menos daños al medio ambiente.

4.5. Calor y climatización para la Industria. Schaffhouse (Suiza) y Singen (Alemania)

Las ciudades vecinas de Schaffhausen y Singen han utilizado la misma técnica para aprovechar el calor de las aguas residuales. Ambas han puesto en marcha estudios en busca de emplazamientos adecuados y para preparar la realización de instalaciones. Han fomen-



tado el uso de esta tecnología ya sea como promotores o como consultores de promotores privados. El resultado son ya varios proyectos e instalaciones grandes de calefacción y refrigeración en edificios comerciales e industriales.



Figura 31. Sede central de la relojera IWC. Schaffhausen. Puestos de trabajo climatizados con la energía recuperada de las aguas residuales. Fuente: ENERES/KASAG.

Información General

Volumen de los locales con calefacción	21.000 m ³
Potencia necesaria para calentar	600 kW
Potencia necesaria para enfriar	400 kW
Potencia de la bomba de calor	370 kW
Potencia de refrigeración	
Inviero	242 kW
Verano	324 kW
Porcentaje de energía procedente de recuperación de calor de aguas residuales	25%
Fabricante del intercambiador	KASAG Langnau AG

Schaffhausen, antes de energía. Schaffhausen lleva la etiqueta de «Ciudad de la Energía», que otorga SwissEnergy en su programa para las ciudades que hayan realizado esfuerzos especiales para alcanzar los objetivos de la Confederación Helvética en materia de política energética y climática. Jugó un papel pionero en Suiza en la recuperación de calor de aguas residuales. Todo comenzó con una investigación iniciada en 2001 por el Municipio: se estimó que las aguas residuales de la ciudad tenían la capacidad de climatizar alrededor de 2.000 apartamentos. Inicialmente, la ciudad estudió las posibilidades de utilizar esta energía para cubrir las necesidades de sus propios edificios, como escuelas, EMS, museos, etc. Los resultados fueron incorporados al Plan Municipal de la Energía.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Se definieron cinco áreas prioritarias para la recuperación de energía de las aguas residuales, en función de su proximidad a las alcantarillas principales. En estas áreas, los promotores de obras públicas y privadas se ven obligados a recurrir a esta fuente de energía siempre que sea económicamente rentable.

Neuhausen. Desde la década de 2000, la reestructuración del grupo industrial SGI ha liberado un área de unos 120.000 m² en Neuhausen am Rhin. En 2030, este terreno baldío va a recuperar la actividad gracias a la nueva construcción y rehabilitación de los edificios existentes. Los planes previstos van a combinar la vivienda, la artesanía y las oficinas. La orientación la da un plan general que exige sistemas de suministro energético que preserven el medio ambiente. Un estudio demostró que las plantas de tratamiento de agua cercanas podrían ofrecer de energía a todo el sector. La cantidad de agua descargada, 1.000 m³ por hora, permite a una bomba de calor para producir alrededor de 8.000 kilovatios/hora. El agua depurada también puede ser utilizada para el riego de jardines y para la carga de las cisternas de los inodoros.



Figura 32. Singen. Viviendas urbanas. Torre Hegau 2009.
Fuente: ENERES/KASAG.

Singen. Al igual que su vecino Schaffhausen, la ciudad alemana de Singen es pionera en la recuperación de calor de aguas residuales. En 2003, encargó una de las primeras instalaciones en Alemania. Suministra el calor y la refrigeración de los 4.000 m² de Sintec Tecnológico. La ciudad también está estudiando el uso de la energía del agua residual para el importante proyecto de la torre Hegau (67m de altura). Este edificio de cristal diseñado por el famoso arquitecto estadounidense Helmut Jahn se convertirá en el símbolo de Singen y albergará las sedes de empresas internacionales.

4.6. Climatización para el Campus Universitario de la Universidad de Aveiro. Portugal

La primera instalación de intercambio de energía con aguas residuales de la Península Ibérica está siendo ejecutada en Portugal. La Universidad de Aveiro, UA, que está liderando por iniciativa de su Rectorado y sus Departamento de Ingeniería Civil y Desarrollo de Proyectos de Arquitectura, una intensa actividad en proyectos, obras, investigación, difusión y docencia, sobre nueva construcción de bajo impacto y rehabilitación para la eficiencia energética ha incorporado esta técnica a las soluciones de naturaleza bioclimáticas, termoactivas, inerciales y geotérmicas que ya está implementando en tres edificios, facultades universitarias de la Universidad. El edificio de la nueva Facultad de Ciencias Aplicadas a la Nanotecnología y Oceanografía, CICFANO, en el corazón del Campus de la universidad, va a cubrir la mayor parte de sus necesidades de calefacción y refrigeración mediante el intercambio de energía con un colector presurizado de aguas residuales que atraviesa el corazón del campus, a 70 metros de nuestro edificio, en su recorrido hacia una planta de tratamiento situada en la propia ría de Aveiro.

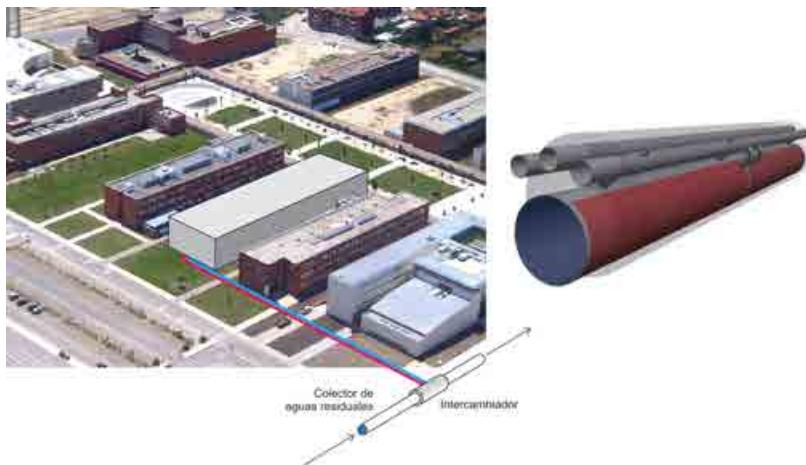


Figura 33. El Campus central de la Universidad de Aveiro, situado en un enclave privilegiado junto a la Ría de Aveiro, los edificios del Campus tienen un importante potencial de reducción de la demanda energética que desde el año 2010 está siendo objeto de desarrollo en la rehabilitación y en los nuevos edificios. La ubicación de la nueva facultad de Ciencias Aplicadas a la Nanotecnología y Oceanografía, CICFANO, en el corazón del Campus. Cubrirá un 75% de sus necesidades de energía mediante el intercambio con el colector general de saneamiento que atraviesa el campus. Fuente: ENERES/KASAG.



Información General

Superficie edificio	4.800 m ²
Potencia	
Calefacción	134 kW
Refrigeración	152 kW
Bombas de calor/refrigeración	2 x 60 kW
Porcentaje de la energía suministrada con las aguas residuales	75%
Fabricante del intercambiador	KASAG Langnau AG
Concepción energética del edificio	ENERES/KASAG

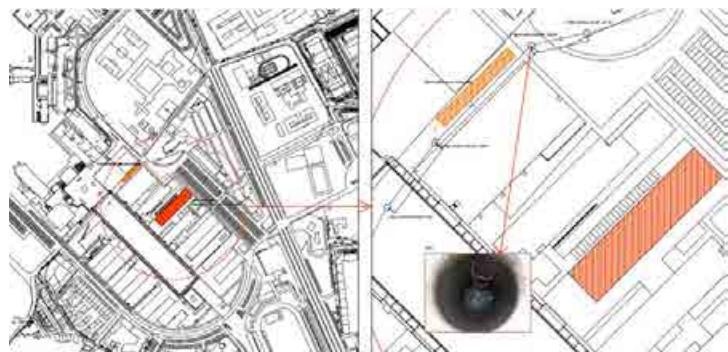


Figura 34. Ubicación del nuevo edificio del CICFANO en el Campus de la Universidad de Aveiro y situación respecto al colector general de aguas residuales que atraviesa el Campus, frente al Rectorado a escasos 70 m del nuevo edificio. Emplazamiento del área donde se va a realizar el by-pass para el intercambiador de energía y pozos de conexión.

Fuente: ENERES/KASAG.

El potencial e aprovechamiento energético de la red de saneamiento que pasa por el Campus de la Universidad permitiría la climatización de un buen número de edificios de la misma, tanto intercambiando con conductos como en la propia planta de tratamiento, centrales de bombeo, etc. Aveiro, una ciudad de 75.000 habitantes, necesita, como tantas otras de nuestras ciudades, desarrollar un plan de estudio y diagnóstico del potencial energético del intercambio energético con su red de residuales, para descubrir que tiene acceso a un recurso energético que es a la vez, gratuito y de enorme valor.



5. BIBLIOGRAFIA

- PEREDA, L. (2011). «Climatización mediante el intercambio de energía con las aguas residuales de las infraestructuras urbanas de saneamiento». Actas congreso Clima+ 2011. Ingeopres n.º 200 - Enero/Febrero 2011.
- STUCKI, B. (2010). «Wärmetauscher für die Wärmenutzung». ILMAC 2010 – Forum Wärmetauscher. Hohgantweg Langnau September 2010.
- MÜLLER, E.; KOBEL, B. (2003). «Wärmenutzung aus Abwasserkanälen».
- Drain Water Heat Recovery Systems. Natural Resources Canada, Office of Energy Efficiency OEE. 2007.
- Heat Recovery from Wastewater Using Gravity-Film Heat Exchanger. U.S. Department of Energy (DOE), Oak Ridge National. Laboratory 2001.
- Heat exchanger solutions to recover energy from water, sewage and process heat. KASAG Langnau A.G. 2011
- Heat recovery with Pontos HeatCycle. PONTOS GmbH/Hansgrohe AG 2010.
- Doubly effective: water recycling plus heat recovery Pontos Aqua-Cycle Plus successful in field test at the OIKOS student halls of residence in Freiburg, Germany. Hansgrohe AG, Public Relations, Schiltach, 2010.

8

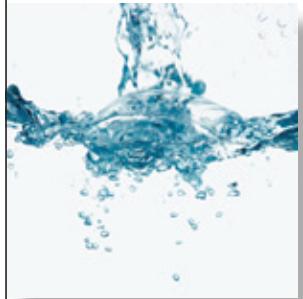
TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO POR TERMOGRAFÍA INFRAROJA Y RECUPERACIÓN DE REDES HIDRÁULICAS EN EDIFICIOS

Sergio MELGOSA REVILLAS

eBuilding

Ignacio CLER GONZÁLEZ

Pipe Restoration Technologies



1. APLICACIÓN DE LA TERMOGRAFÍA INFRAROJA

Ya se ha visto en los capítulos anteriores la importancia de la correcta gestión del agua en las distintas etapas de su ciclo, desde su captación, pasando por su bombeo y distribución, su potabilización y depuración y hasta su consumo final en nuestros hogares o para distintos usos en industrias diversas.

Todo ello deja inevitablemente una huella energética, la ya mencionada HEA (huella energética del agua) y, la termografía infrarroja es una técnica que permite hacer visible esa huella y verificar si es energéticamente aceptable o no el proceso.

Sobre la termografía infrarroja y sus orígenes, se ha de mencionar a su descubridor, William Herschel, quien ya en 1800 descubrió que existían ondas de radiación no visibles. Sin embargo, no comenzó a ser utilizada por la ciencia y la industria civil hasta bien entrados los años 50 y, se puede decir que hoy en día, al menos en España, se sigue desconociendo sus numerosas aplicaciones y las ventajas que podría aportar.



Figura 1. Sir William Herschel (1738–1822).



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

En este capítulo se va tratar de desarrollar las principales ventajas que reportaría su uso enfocado a la hidroeficiencia.

1.1. Nociones generales sobre termografía infrarroja

¿Qué es y para qué sirve la termografía infrarroja?

- La termografía infrarroja es una técnica que permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar, mediante la captación de radiación infrarroja del espectro electromagnético.

Utilizando cámaras termográficas es posible convertir la energía radiada por los objetos en información sobre su temperatura, extrayendo así las conclusiones necesarias para actuar. Esto es así porque existe una relación entre la potencia radiada y la temperatura, definida en la Ley de Stefan-Boltzmann, siendo:

$$WCN = \sigma T^4$$

Donde T es la temperatura en grados Kelvin, y σ (sigma) una constante, $5,67 \times 10^{-8}$ y W la potencia de radiación, en W/m^2 .

Esta carta de presentación lleva consigo cuatro características muy particulares y que dan a esta técnica unas ventajas importantísimas sobre otros equipos de medida, estas cuatro características son:

- Es una medida actual. En tiempo real. Se puede medir mientras se visualiza el objeto en la pantalla de la cámara. Si éste cambia, la cámara detecta el cambio.
- No es invasiva, se mide sin contacto directo y a distancia, pudiendo obtener medidas precisas alejados del objeto de interés, sin que este se vea afectado (un motor en marcha por ejemplo).
- Es adimensional, así, se podrá medir la temperatura en más de un punto en la misma imagen.
- Es multidisciplinar y además de informar de la temperatura del cuerpo, informará de su estado y posibles anomalías.

La aplicación de esta técnica en el amplio sector de la hidroeficiencia, reportará grandes ventajas. Véase un simple ejemplo:

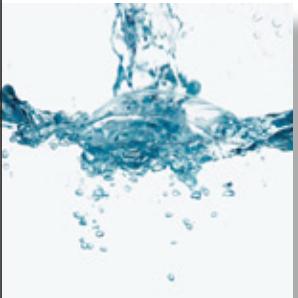


Imagen 1. Imagen visible de una bajante.

¿Qué información se puede extraer de esta imagen? Se trata de una bajante de PVC, en un parking y que parece que ha sido recientemente reparada. Mirando alrededor no se ve que haya manchas de agua, así que, todo está correcto y se abandona la inspección.

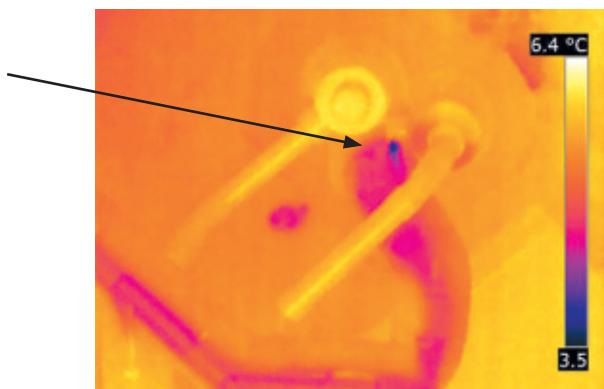


Imagen 2. Termograma de la bajante.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

¿Qué información se extrae de esta otra imagen termográfica? Parece ser que la reparación no ha sido del todo satisfactoria y la bajante presenta aún una fuga de agua (señalizada con la flecha) que seguirá produciendo daños en los vehículos aparcados abajo.

Esta información es sin duda de gran utilidad, pues va a permitir tomar alguna medida encaminada a solucionar el problema como por ejemplo llamar de nuevo a la empresa que hizo la reparación, acotar la zona de debajo para que no aparquen más vehículos y se manchen de cal, etc.

Una imagen termográfica puede aportar información muy importante oculta a simple vista. Para esto, tan «solo» se necesita una cámara termográfica y cierta cualificación técnica y experiencia, o encargar estos informes técnicos a termógrafos profesionales.

No es objeto de este capítulo ni de esta Guía, el profundizar en conceptos sobre termografía, transmisión de calor, el espectro electromagnético, etcétera, pero sí se pretende resaltar en qué etapas del ciclo del agua, la termografía infrarroja puede ser de utilidad en relación a la eficiencia energética.

1.2. Las propiedades del agua influyen en la Termografía Infrarroja

Antes de entrar en detalles, el termógrafo debe conocer el objeto al que se enfrenta y saber cómo se comporta frente a los incrementos de temperatura. No es lo mismo termografiar un objeto con elevada conductividad térmica que con baja.

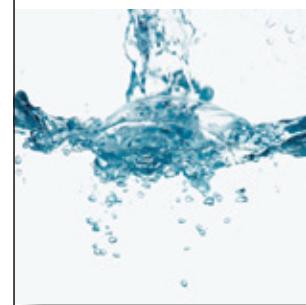
En esta profesión, la de termógrafos, es común tratar con muy distintos objetos que son inspeccionados con la cámara termográfica; pero si hay un elemento agradecido para las inspecciones, ese es el agua.

En general, el agua es un elemento fácil de inspeccionar (si se ve, claro) y muy agradecido para los profesionales termógrafos, sin embargo, un diagnóstico erróneo puede tener fatales consecuencias.

Por qué esto es así? Pues por las propiedades únicas de esta sustancia compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Estas propiedades se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Propiedades del agua (eBuilding).

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
Organolépticas	El agua es insípida e inodora en condiciones normales de presión y temperatura. El color del agua varía según su estado, como líquido, puede parecer incolora en pequeñas cantidades, aunque en el espectrógrafo se prueba que tiene un ligero tono azul verdoso. El hielo también tiende al azul y en estado gaseoso (vapor de agua) es incolora.
Polaridad	Ya que el oxígeno tiene una electronegatividad superior a la del hidrógeno, el agua es una molécula polar. El oxígeno tiene una ligera carga negativa, mientras que los átomos de hidrógeno tienen una carga ligeramente positiva del que resulta un fuerte momento dipolar eléctrico. La interacción entre los diferentes dipolos eléctricos de una molécula causa una atracción en red que explica el elevado índice de tensión superficial del agua.
Tensión superficial	La fuerza de interacción de la tensión superficial del agua es la fuerza de Van der Waals entre moléculas de agua. La aparente elasticidad causada por la tensión superficial explica la formación de ondas capilares. A presión constante, el índice de tensión superficial del agua disminuye al aumentar su temperatura. También tiene un alto valor adhesivo gracias a su naturaleza polar.
Capilaridad	La capilaridad se refiere a la tendencia del agua de moverse por un tubo estrecho en contra de la fuerza de la gravedad.
Unión	Otra fuerza muy importante que refuerza la unión entre moléculas de agua es el enlace por puente de hidrógeno.
Presión	El punto de ebullición del agua (y de cualquier otro líquido) está directamente relacionado con la presión atmosférica. Por ejemplo, en la cima del Everest, el agua hiere a unos 68 °C, mientras que al nivel del mar este valor sube hasta 100 °C. Del mismo modo, el agua cercana a fuentes geotérmicas puede alcanzar temperaturas de cientos de grados centígrados y seguir siendo líquida. Su temperatura crítica es de 373,85 °C (647,14 K), su valor específico de fusión es de 0,334 kJ/g y su índice específico de vaporización es de 2,23 kJ/g.





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
Disolvente universal	El agua es un disolvente muy potente, al que se ha catalogado como el disolvente universal, y afecta a muchos tipos de sustancias distintas. Las sustancias que se mezclan y se disuelven bien en agua, como las sales, azúcares, ácidos, álcalis, y algunos gases (como el oxígeno o el dióxido de carbono) son llamadas <i>hidrófilas</i> , mientras que las que no combinan bien con el agua (como lípidos y grasas) se denominan sustancias <i>hidrofóbicas</i> .
Miscibilidad	El agua es miscible con muchos líquidos, como el etanol, y en cualquier proporción, formando un líquido homogéneo. Por otra parte, los aceites son <i>inmiscibles</i> con el agua, y forman capas de variable densidad sobre la superficie del agua. Como cualquier gas, el vapor de agua es miscible completamente con el aire.
Conductividad	El agua pura tiene una conductividad eléctrica relativamente baja, pero ese valor se incrementa significativamente con la disolución de una pequeña cantidad de cloruro de sodio.
Calor específico	El agua tiene el segundo índice más alto de capacidad calorífica específica (sólo por detrás del amoníaco) así como una elevada entalpía de vaporización (40.65 kJ mol ⁻¹); ambos factores se deben al enlace de hidrógeno entre moléculas. Estas dos inusuales propiedades son las que hacen que el agua «modere» las temperaturas terrestres, reconduciendo grandes variaciones de energía.
Densidad	La densidad del agua líquida es muy estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión. A la presión normal (1 atm), el agua líquida tiene una mínima densidad (0,958 kg/l) a los 100 °C. Al bajar la temperatura, aumenta la densidad (por ejemplo, a 90 °C tiene 0,965 kg/l) y ese aumento es constante hasta llegar a los 3,8 °C donde alcanza una densidad de 1 kg/l. Esta temperatura (3,8 °C) representa un punto de inflexión y es cuando alcanza su máxima densidad (a la presión mencionada). A partir de ese punto, al bajar la temperatura, la densidad comienza a disminuir, aunque muy lentamente (casi nada en la práctica), hasta que a los 0 °C disminuye hasta 0,999 kg/l. Cuando pasa al estado sólido (a 0 °C), ocurre una brusca disminución de la densidad pasando de 0,9999 kg/l a 0,917 kg/l.
La molécula de agua	<p style="text-align: center;"><i>Molécula de Agua</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Átomo de Oxígeno</i> Átomo de Hidrógeno Átomo de Hidrógeno H₂O</p>

Todas estas propiedades son importantes y se han de tener en cuenta en la inspección con el líquido elemento, además algunas de estas propiedades dejan una huella térmica muy característica sobre los paramentos.

A continuación se muestran algunos ejemplos:

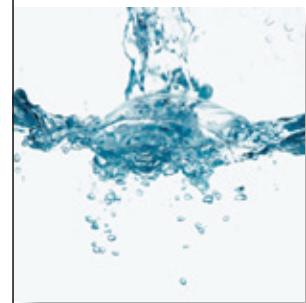


Imagen 3. La capilaridad del agua hace que esta tenga un patrón característico. La huella térmica del agua es casi siempre difusa y muy diferenciable de la de la infiltración de aire, más rectilínea.

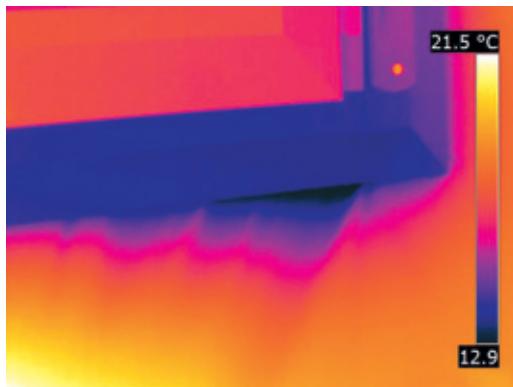


Imagen 4. Infiltración de aire exterior por el marco de una ventana. Se ven la diferencia de patrones térmicos entre el agua y el aire claramente.

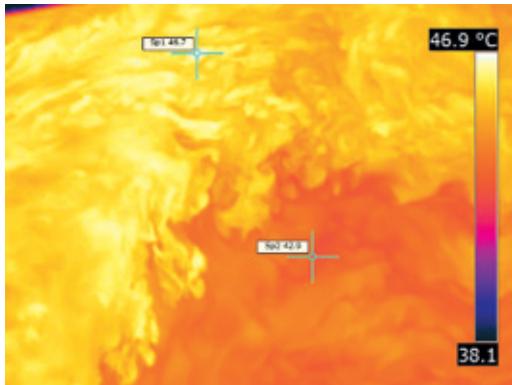


Imagen 5. En cuanto a su miscibilidad, ésta propiedad hace que se pueda diferenciar el agua de los aceites y otros contaminantes, lo que será de gran utilidad para localizar derrames de crudo, aceites, etc. Además de poder distinguir áreas de distinta temperatura como en la imagen (mezcla en superficie de agua fría y caliente).

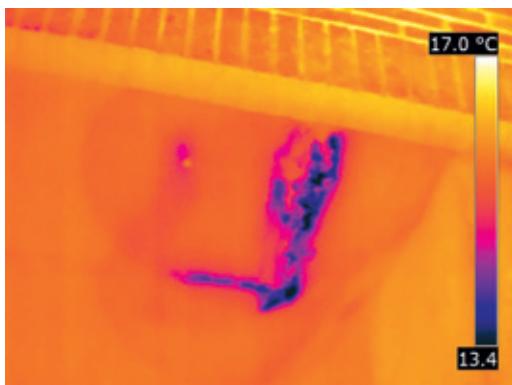


Imagen 6. El elevado calor específico del agua hace que ésta resalte siempre sobre los materiales sobre los que se encuentra, siendo particularmente útil en la localización de humedades. Su temperatura será casi siempre distinta a la de su entorno, haciendo pues que resalte en la termografía.

Por tanto y, a la luz de estas propiedades, ¿dónde se puede aplicar la técnica de la inspección termográfica en la Hidroeficiencia? Por enumerar algunas:

- En la ejecución de toda instalación electromecánica, como control de calidad de ejecución y a la hora de la puesta en marcha de la instalación.
- De la misma manera, como control de calidad de la obra civil (presas, embalses, etc.).

- En la localización de fugas de agua en la red de distribución de agua.
- Búsqueda de fugas y/o fallos en el aislamiento de la instalación.
- Localización de los niveles de agua en tanques y depósitos, a distancia.
- En el mantenimiento preventivo de los elementos electromecánicos de los que se compone la instalación de suministro de agua.
- Localización de puntos calientes en el sistema eléctrico (cuadros eléctricos, conexiones en los equipos, etc.).
- Evaluación periódica de las bombas de agua (rodamientos, ejes, etc.).
- En la búsqueda de sedimentos en la red de distribución.
- En los embalses, para localizar posibles vertidos de aceites, crudo u otras sustancias contaminantes que se depositan en superficie.
- Para localizar vertidos de contaminantes, aceites, etc..

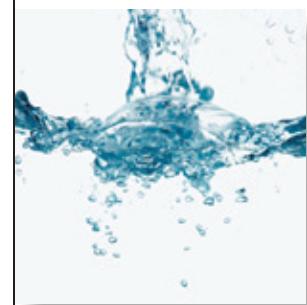
Se aprecia la enorme variedad de aplicaciones en las que emplear termografía infrarroja.

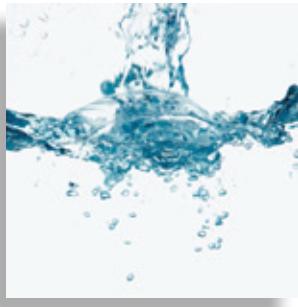
1.3. El espectro electromagnético

Tras esta pequeña introducción, se hace necesario hablar del espectro electromagnético, pues este tipo de cámara trabaja con una franja muy concreta de él.

- El espectro electromagnético es el rango de todos los tipos de radiación electromagnética clasificados por longitud de onda.

Las ondas se distribuyen, en función de su energía a lo largo del espectro electromagnético. Este se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio.





ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

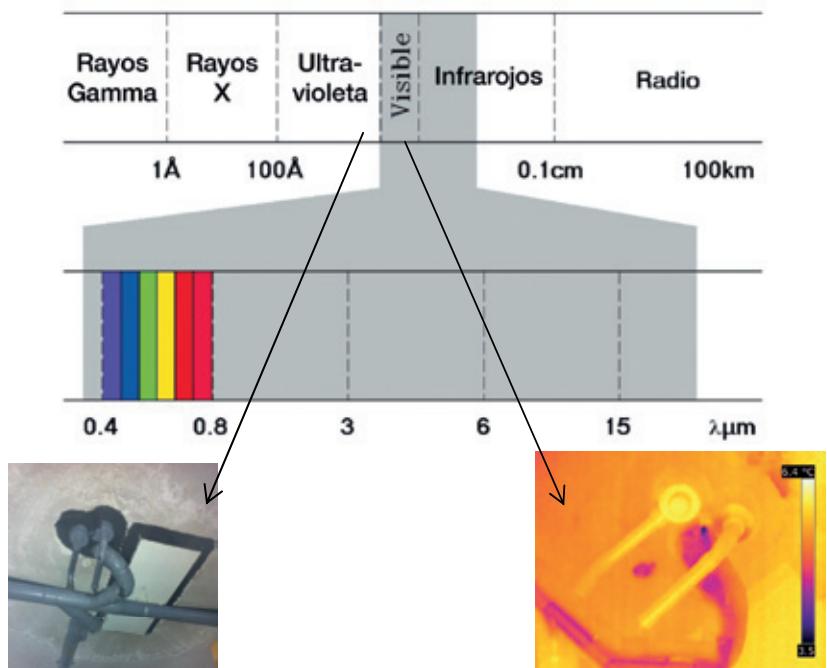


Figura 2. Espectro electromagnético (eBuilding).

La luz visible, muy similar a la infrarroja, se compone de una mezcla de longitudes de onda, cuando vemos algo azul es porque ese cuerpo tiene la propiedad de reflejar más la parte azul del espectro. Así, nosotros, a través de nuestros ojos, percibimos los colores correspondientes a un rango de longitudes de onda muy estrecho, entre 0,4 μm a 0,7 μm .

En este espectro, existe una banda cuya radiación tiene la capacidad de transmitir calor por emisión o absorción. Como se ha dicho antes, sus límites no están marcados exactamente, pero se sabe que la radiación térmica va desde el ultravioleta al infrarrojo, pasando por el visible.

- La radiación térmica es la transmisión de calor mediante ondas electromagnéticas.

Ahora se entiende por qué la imagen visual va a proporcionar cierta información y la infrarroja otra completamente distinta.

1.4. Cómo funciona una cámara Termográfica

Como con cualquier otro equipo, para manejar una cámara termográfica es necesaria cierta habilidad y práctica. Ocurre con frecuencia que con muchos de los equipos y sistemas con los que se trabaja hoy en día, existen menús, botones y utilidades que no se manejan habitualmente y se trabajan con las mismas rutinas casi de manera automática.

Con una cámara de infrarrojos puede pasar lo mismo si se habitúa a usarla de una determinada manera, echando así a perder numerosas aplicaciones y no sacando el máximo partido a un equipo que ha costado una buena suma de dinero y tiempo dedicado a formación. Existen cámaras más o menos complejas y costosas, pero todas tienen el mismo principio.

Resumiendo, la óptica de la cámara hace converger la radiación infrarroja, mediante lentes, sobre su detector sensible a esta radiación. De esta radiación emitida por el objeto bajo estudio, obtiene una respuesta (cambio de tensión o resistencia eléctrica) que será leída por los elementos electrónicos (la placa electrónica) de la cámara. Esta señal electrónica es convertida en una imagen electrónica en la pantalla, donde los distintos tonos de color se corresponden con distintas señales de radiación infrarroja procedentes del objeto de estudio.

A cada señal le corresponde un color determinado, de manera que finalmente la cámara ha compuesto una «imagen de temperaturas».

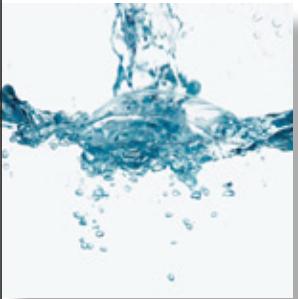


Figura 3. Electrónica de una cámara termográfica (Flir Systems).



Figura 4. Cámara termográfica y partes de la misma (Flir Systems y eBuilding).

La Figura 4 es un ejemplo de cámara de alta definición, muy ergonómica y con múltiples prestaciones, usada por termógrafos profesionales.

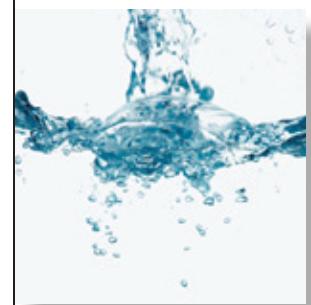
1.4.1. Algunas definiciones sobre las herramientas de la cámara

Nada más encender la cámara ésta ofrece ya datos relacionados con la imagen que muestra, por tanto conviene definir algunos conceptos iniciales.

- El rango, primer ajuste, fijará las temperaturas máxima y mínima a partir de las cuales se podrá empezar a medir con la cámara.

¿Por qué aparecen diferentes rangos de temperatura? Se trata de evitar que la cámara reciba más radiación de la necesaria (que no aporta información) evitando así que el detector de la cámara se sature. Si el objeto en estudio está a una temperatura por encima del rango elegido, la imagen saturada no servirá de nada. Hoy en día el rango se controla en las funciones del menú de la cámara y no todas las cámaras tienen varios rangos, más bien al contrario.

La importancia del rango radica en que no se puede variar una vez tomada la imagen térmica, de manera que si se selecciona un rango bajo, por ejemplo en edificación se suele usar de -20 °C a + 120 °C, entonces el objeto de medida debe tener una temperatura comprendida en ese intervalo, si no se quemará la imagen y se perderá.



- El campo será el intervalo de temperaturas que se observa durante la inspección. También se denomina contraste térmico y la cámara lo ajusta automáticamente.

Si no se fija el campo, la cámara automáticamente lo fijará entre la temperatura más alta y más baja que se esté viendo. Esto que a priori parece una ventaja, en determinadas aplicaciones puede camuflar lo que se busca.

- El nivel es el punto medio del campo y si éste varía, también lo hace el nivel.

La Figura 5 muestra estos aspectos en detalle:

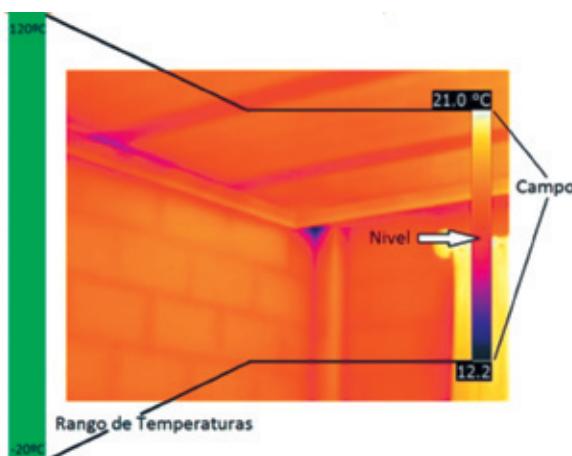


Figura 5. Rango, campo y nivel (eBuilding).

Además de estos parámetros, las cámaras térmicas suelen tener otras funciones útiles para el termógrafo, estas son:



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

- El puntero de medida: marca una zona concreta de la imagen. En función de la cámara, éste podrá ser fijo o móvil e incluso se podrá colocar varios puntos de medida.
- El punto frío y punto caliente: mostrará en la imagen, en tiempo real, el punto más frío y el punto más caliente que se esté viendo.
- El área de medida: se podrá trazar un área en la imagen y ver el punto más frío y más caliente de esa área y la temperatura media.
- La isoterma: de gran utilidad para resaltar partes de la imagen con la misma temperatura, asignándoles un mismo color.
- Distintas alarmas que se pueden crear y definir para que avise de una ausencia de aislamiento o el detectar humedades.
- La fusión térmica y función de imagen en imagen: con estas herramientas se pueden fusionar las imágenes digital y térmica en una o localizar las áreas de interés.
- El video: útil para evaluar en continuo un objeto.

1.4.2. Importancia de la sensibilidad. Resolución

Este punto es quizás uno de los más importantes, pues en función de la sensibilidad del equipo, así serán de precisos los resultados.

La resolución visual afecta a la claridad con que se pueden ver los componentes o equipos bajo estudio. En ocasiones, cuando se diagnostica un problema, se debe distinguir la fuente real del problema, entre dos o más posibles fuentes, localizadas una cerca de la otra. Cuanto más claro se pueda ver cada componente individual, más claramente se distinguirá la fuente del problema.

Esto en termografía dependerá de varios factores, del diseño del detector, del número de pixeles que es capaz de generar la imagen y de la calidad de la óptica utilizada. Por desgracias, todos estos factores influyen en uno más importante si cabe, el precio de estos equipos.

Ejemplo 1:

Estas otras tres imágenes corresponden a una bomba circuladora de agua en una instalación de abastecimiento de agua, han sido tam-

bién tomadas en el mismo momento y desde la misma posición, pero con tres cámaras diferentes, de resoluciones y características así:

Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
60x60 pixels (3.600 pixels)	80x80 píxeles (x 1,77 píxeles más)	120x120 píxeles (x 4 píxeles más)
HFOV x VFOV: 12,5° x 12,5°	HFOV x VFOV: 17° x 17°	HFOV x VFOV: 25° x 25°
IFOV: 3,7 mrad	IFOV: 3,7 mrad	IFOV: 3,7 mrad
NETD: < 0,15 °C	NETD: 0,10 °C	NETD: 0,10 °C

Los resultados son los siguientes:

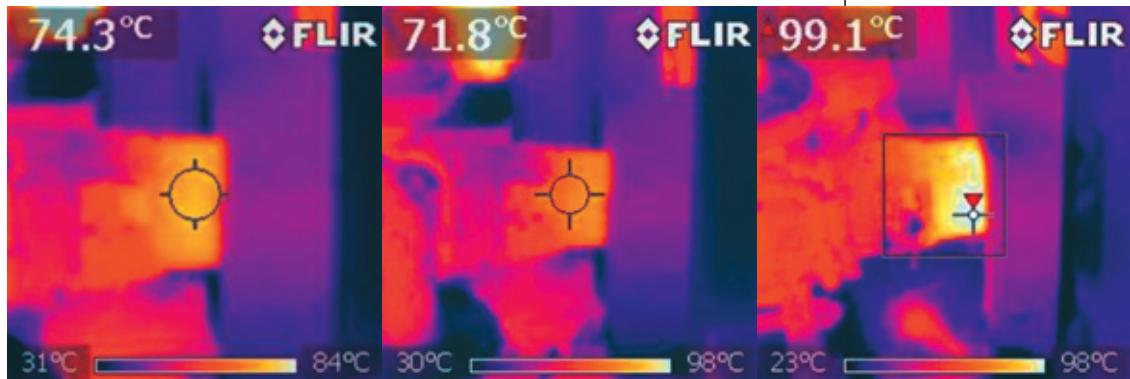


Imagen 7. Bomba circuladora de agua (Flir Systems).

Se puede apreciar la diferencia de temperaturas en el puntero, una diferencia de hasta 25 grados, lo cual es bastante y puede llevar a un error al pensar que la bomba está correcta cuando posiblemente esté sobre calentada o desequilibrada. Además, la primera imagen es muy reducida y confusa, frente a la última, más clara y nítida y que abarca algunos componentes más de la bomba.

Ejemplo 2:

En este otro ejemplo se ve en la primera imagen un depósito de almacenamiento para líquidos. La imagen es clara y nítida y se tomó con una cámara de 640x480 píxeles. En la imagen contigua, tomada con una cámara de 320x260 píxeles, se ve que se han necesitado hasta 4 termografías para obtener la misma imagen anterior.



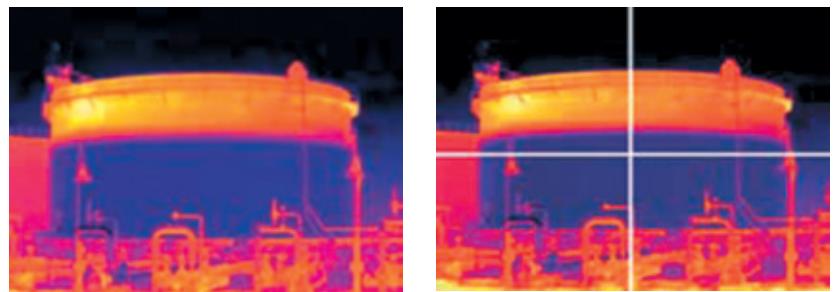


Imagen 8. Depósito de almacenamiento (Flir Systems).

¿Y cómo afecta esto a la imagen térmica? antes se han de definir algunos conceptos; los pixeles, el FOV y el IFOV:

- Pixel: del inglés, *picture element*, es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital, ya sea esta una fotografía, un fotograma de vídeo o un gráfico. En termografía, será la menor unidad que pueda detectar energía infrarroja.
- FOV: del inglés, *Field of view* (campo de visión). Ángulo horizontal visible a través de una lente de infrarrojos.
- IFOV: del inglés, *Instantaneous field of view* (campo de visión instantáneo). Medida de la resolución geométrica de una cámara de infrarrojos.

De un modo gráfico sería lo siguiente:

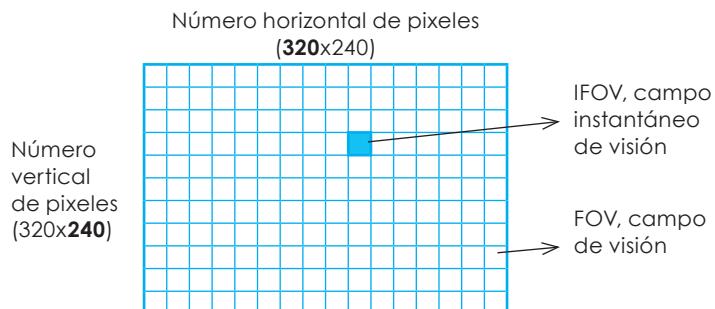


Figura 6. Matriz de una pantalla (eBuilding).

Se puede resumir todo esto diciendo que invertir en una buena cámara es del todo necesario si se quieren hacer trabajos profesionales.

1.4.3. Cómo tomar una imagen térmica

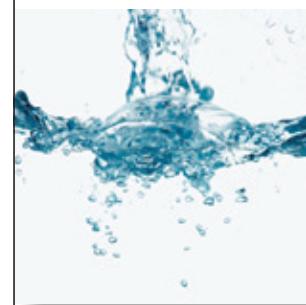
Capturar la imagen, guardarla en la tarjeta de memoria de la cámara y posteriormente usarla y para trabajar en el informe termográfico es el proceso habitual de trabajo del termógrafo.

Lógicamente sin capturar la imagen no hay nada que hacer. Se podrá ver el problema, solucionarlo o no, avisar, pero no habrá constancia de ello. Si se toma la imagen pero no se guarda o no se encuentra la carpeta donde está, se tiene el mismo problema. Y por último, si no se hace un mínimo análisis de las imágenes, delante del ordenador y con el software de análisis de las imágenes térmicas, es probable que se pasen por alto algunos detalles que puedan ser de vital importancia para el informe.

Está claro que esto no es apuntar y dispara, por fortuna es bastante más.

Existen cuatro grandes reglas para capturar una imagen, no se deben de olvidar pues nunca se podrá modificar una imagen si se ha cometido un error en alguno de estos cuatro puntos:

- Encuadre la imagen: en el fondo se es casi un fotógrafo, pero no creativo, es decir, si queremos medir un objeto, lo presentaremos bien visible y en la posición que nos dé más información. ¡Acérquese todo lo que pueda!, pero manteniendo una distancia segura
- Enfoque: una imagen desenfocada dará medias erróneas y además, hablará muy mal del termógrafo. Por supuesto hay que tratar de mantener la pantalla en todo momento limpia
- Ajuste su rango de temperatura: debe fijarse el rango de medida que incluya lo que se pretende medir. Si se fija un rango muy ancho, tendrá menos precisión en la medida, es como medir en milivoltios fijando el rango en kilovoltios
- Cuidado con las condiciones meteorológicas: la temperatura exterior, cambiante, y la hora a la que se realiza la inspección termográfica pueden hacer que ésta y sus resultados varíen de un día a otro, por lo que elegir el momento adecuado para hacer el trabajo es un factor a tener en cuenta. Obviamente esto no tiene sentido si la inspección es interior, el ambiente no afecta.





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Si se olvida algún punto, probablemente haya que volver al lugar de la inspección a realizar de nuevo el trabajo, con todo lo que ello conlleva de sobrecosto para el informe (tiempo de trabajo, desplazamientos, etc.).

Véase el siguiente ejemplo:

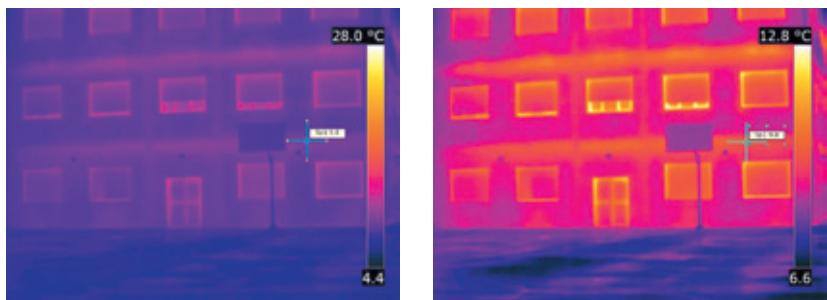


Imagen 9. Fachada exterior de un colegio (eBuilding).

Se trata de la misma imagen, con el mismo rango pero distinto campo. ¿Qué imagen se presentaría en su informe?

En la segunda se ha reducido el campo y se aprecian con más claridad la estructura de los forjados. También se ven las pequeñas balsas de agua que se forman en el suelo como consecuencia de una mala ejecución de los solados, siendo imperceptibles en la otra.

Aquí se finalizan los conceptos teóricos, manejo de los equipos, etcétera y para ampliar más información se remite al lector a la Guía de Termografía Infrarroja editada también por Fenercom. En ella se podrá encontrar toda la teoría que necesitan sobre la Termografía infrarroja, así como distintas aplicaciones.

1.5. Aplicación práctica

A continuación se desarrolla un ejercicio práctico analizando una inspección termográfica de una gota de agua, desde que es embalsada o almacenada en un depósito hasta que es consumida.

La gota de agua proviene de un embalse y es distribuida por la empresa distribuidora hasta la acometida y almacenada en un peque-

ño depósito a la espera de que el grupo de bombeo la distribuya a los hogares.

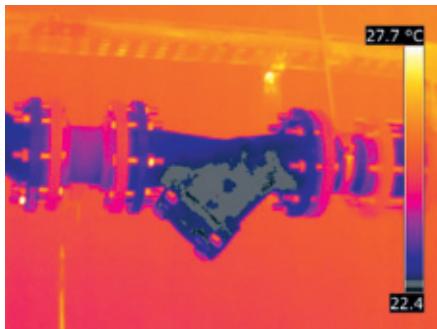


Imagen 10. Se inspecciona el armario de la acometida, encontrándose con posibles restos de sedimentos en el filtro de agua. Se ha marcado una isoterma entre los 22 y 23 °C, observando ese depósito de sustancias en la parte inferior del filtro debido a que esas sustancias impiden la circulación del agua, enfriándose más que el resto del filtro donde sí hay circulación de agua y movimiento por tanto.

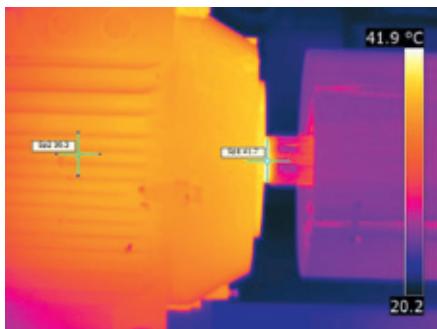


Imagen 11. Las bombas circuladoras de agua se inspeccionaron para localizar posibles contactos eléctricos sobrecalentados, desequilibrios en los ejes o desgaste en los rodamientos y falta de bobinados.



Imagen 12. En la distribución de agua a las viviendas llama la atención que se hayan colocado también dilatadores.

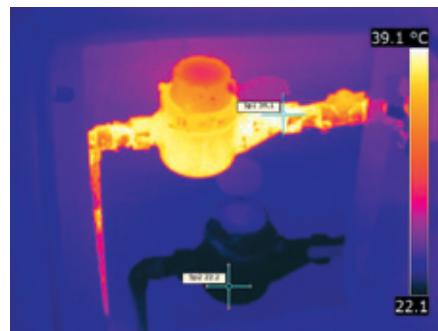


Imagen 13. En los contadores de las viviendas se encuentra sin aislar el del agua caliente, con un importante efecto radiador de calor.

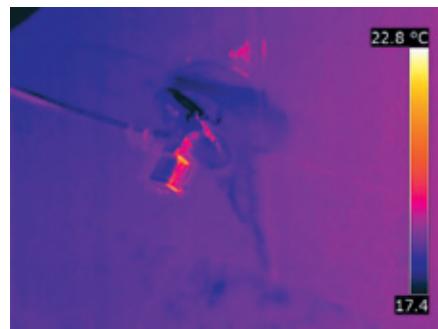


Imagen 14. Fugas en la instalación.
Lo que no se detecta a simple vista se puede detectar con la cámara infrarroja: se aprecian restos de humedad, comprobándose posteriormente al retirar el embellecedor cómo fuga la rosca de la llave de cierre.

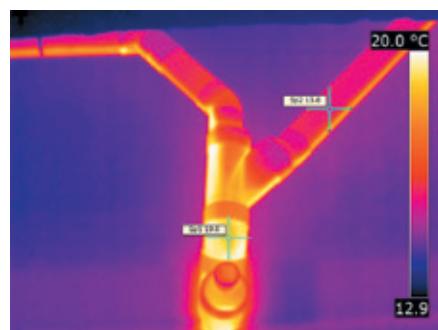


Imagen 15. Inspección de toda la red de aguas fecales, en PVC, para hallar posibles sedimentos en las tuberías y fugas.

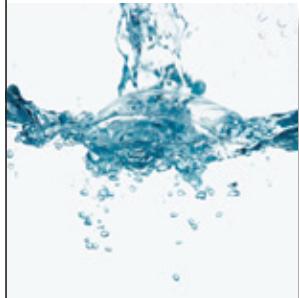
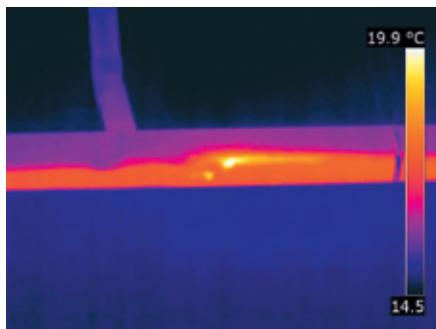


Imagen 16. Localización de un posible sedimento que no termina de ser arrastrado y al que habrá que observar en futuras inspecciones.

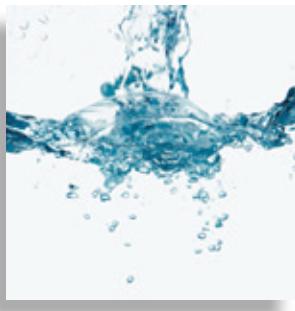


Imagen 17. Localización de una pequeña rotura en la red de PPR del agua fría sani-taria.

Se ha podido ver con este sencillo ejemplo como la termografía puede ayudar en el diagnóstico de una instalación de agua, proporcionando información en tiempo real del estado de la misma. Además, las imágenes almacenadas son un información y datos históricos que por simple comparación permiten tomar más decisiones; así, con las revisiones termográficas periódicas se puede ver si la bomba está perdiendo bobinado, o se está descuadrando el eje, ya que se dispondrá de un archivo de imágenes térmicas en el que comparar las temperaturas a igualdad de condiciones.

1.6. Ejemplos de otras aplicaciones

A continuación se presentan distintas aplicaciones para completar este capítulo y tratar de dar más ideas sobre los campos de aplicación de esta técnica.



Guía sobre Hidroeficiencia Energética

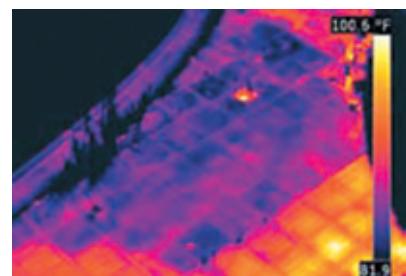


Imagen 18. En piscinas como la de la imagen, donde se observa la presencia de agua en una zona. Además, en piscinas climatizadas también es útil para determinar el grado de estanqueidad del cerramiento.

Fuente: *Flir Systems*.

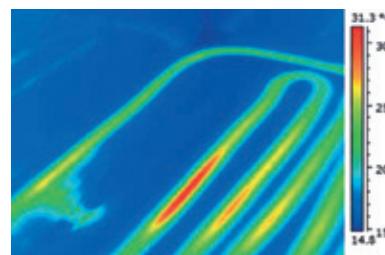


Imagen 19. Para la localización con total precisión el punto exacto de una fuga en una instalación de suelo radiante, evitando así tener que levantar el suelo por completo.

Fuente: *Flir Systems*.

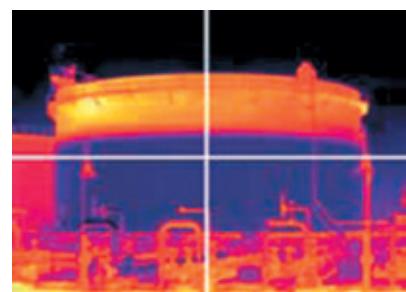
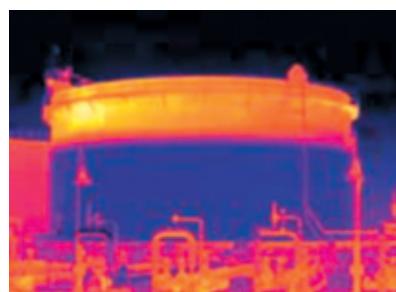


Imagen 20. Para localizar el nivel de un depósito desde el exterior y de manera rápida y precisa. Se ve además aquí la importancia de la resolución, pues con una cámara de alta resolución se aprecia el depósito entero, mientras que con cámaras de menor resolución se necesitan más de una imagen para componer el depósito.

Fuente: *Flir Systems*.

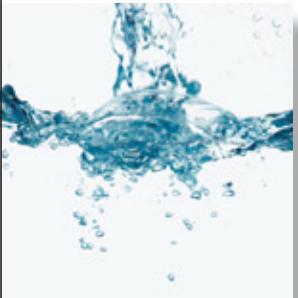
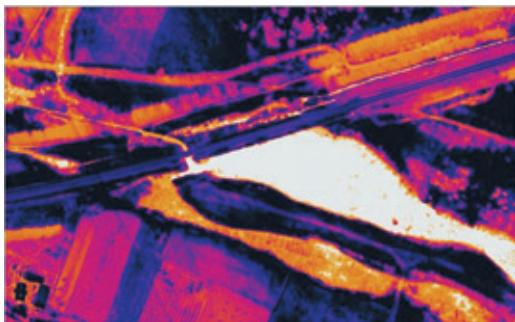


Imagen 21. La termografía aérea tiene a su vez numerosas aplicaciones, en este caso se utilizó para corregir el cauce de un río crecido, con el riesgo que suponía para la vía del tren que se ve en sentido longitudinal.

Fuente: *Horuslab*.



Imagen 22. Ejemplos de otras aplicaciones aéreas: localización de vertidos contaminantes. Fuente: *Horuslab*.

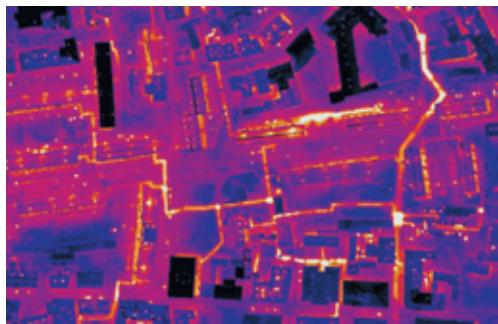


Imagen 23. Termografía aplicada a District Heating. Fuente: *Horuslab*.



Imagen 24. Aplicación a líquidos refrigerantes: localización de nivel y temperatura. Fuente: eBuilding.

1.7. Conclusiones

A la vista de las imágenes proporcionadas en este capítulo, es de esperar que el lector haya podido ver las diversas aplicaciones de la termografía infrarroja en el campo de la Hidroeficiencia, así como las ventajas que proporciona el uso de esta técnica, tanto a la hora de diagnosticar posibles problemas y plantear soluciones, como para el mantenimiento preventivo de las instalaciones de agua, la búsqueda de fugas de agua y energía y un largo etcétera.

La termografía proporciona imágenes que son ya en sí mismo un diagnóstico si éstas se saben interpretar correctamente, dando a las personas que deben tomar decisiones una herramienta fundamental para su trabajo diario.

2. RECUPERACIÓN DE REDES HIDRÁULICAS EN EDIFICIOS

En los momentos actuales es muy importante realizar reformas y actuaciones encaminadas a la rehabilitación de la edificación y la mejora de la eficiencia energética de sus instalaciones. Para ello es necesario minorar en lo posible los costos de la implantación de los mismos, para hacerlas posibles, obteniendo con ello, resultados tangibles.

En este contexto, el presente capítulo presenta un sistema de recuperación de redes hidráulicas, que por su importancia en rehabilitación y reformas de instalaciones de climatización y ACS, permite obtener unos resultados muy satisfactorios, sin grandes reformas de obra civil complementaria.

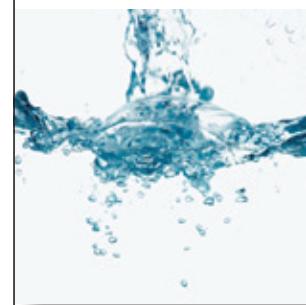
El sistema descrito desarrolla la restauración de tuberías sin realizar obra, y lleva aplicándose en numerosos países durante un periodo de más de 20 años.

Es una revolucionaria, económica y definitiva tecnología que ha resuelto todos los problemas ocasionados en las tuberías ya sean de agua fría, caliente, calefacción, aire acondicionado o tuberías de gas.

El sistema está dirigido a solucionar principalmente, la falta de caudal y presión en el suministro del agua, provocado por la corrosión y la cal que obstruyen las tuberías, así como las fugas en los circuitos de tuberías de cualquier tipo de fluido. Estos hechos han supuesto desde siempre un quebradero de cabeza para muchos propietarios de viviendas y comunidades de vecinos, así como el riesgo que supone tener en esas condiciones las tuberías.

La obstrucción y disminución de los diámetros nominales de las tuberías de los diferentes circuitos a los que se quiere tratar, producen los siguientes problemas:

- Aumento de pérdidas de carga.
- Disminución de los caudales transportados o recirculados por la red.
- Ensuciamiento de agua.
- Obstrucción de aparatos alimentados o conectados.
- Desregulación hidráulica de la red, como consecuencia de la variación de los parámetros originarios del cálculo original.





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

Tanto es el gasto económico que supone reemplazar las tuberías de la red así como el alcance económico de los trabajos complementarios y necesarios en obra civil y decoración interior, que a veces estas reformas se realizan con nuevos trazados que son perjudiciales para el consumo energético y la prestación del servicio para el cual están diseñados. Por ejemplo, la sustitución de la red de agua caliente sanitaria en edificios de viviendas por fachadas y patios de luz afean el edificio y supone un aumento muy considerable en las perdidas de calor en las mismas.

Este sistema de recuperación remedia también pequeñas fugas en las tuberías, ya que forma una capa continua interior que las elimina, solucionando en gran medida las típicas fugas de agua en roscas y pequeñas picaduras por efecto de corrosiones de tipo dieléctrico en redes afectadas por las mismas. Incluso a redes de gas y aire comprimidos.

Por tanto con este sistema se pone al alcance de particulares, comunidades de vecinos, instituciones, hoteles, industrias, etc., una solución alternativa y definitiva para reparar tuberías *«in situ»* evitando la destrucción de paredes, techos o suelos y el sellado de posibles fugas.

Se trata de un nuevo proceso para la recuperación y restauración de las tuberías de hierro, cobre, plomo y plástico sin necesidad de realizar ningún tipo de obra.

Para la aplicación de este sistema, se dispone de una tecnología única, una resina epoxi patentada para la realización de todos los trabajos.



2.1. Principales problemas en las instalaciones de tuberías

Como se ha contado anteriormente, uno o varios factores pueden actuar solos o en combinación para determinar el grado de corrosión en cualquier sistema de tuberías de agua potable y/o climatización. Dependiendo del número y grado de estos factores, incluso un nuevo sistema de tuberías puede tener signos de corrosión mostrando un desgaste y envejecimiento prematuro en poco tiempo, pudiendo observarse los mismos efectos nocivos al cabo de pocos años. El agua de más alta calidad puede causar alguno de estos problemas en el sistema de tuberías, por lo que se ha de distinguir entre las características del agua de suministro en cuanto a potabilidad y sus constantes químicas respecto a las redes de tuberías para su distribución. Parámetros habituales como dureza del agua, conductividad, oxígeno libre, sólidos en suspensión, etc., son tratados y minorados con total efectividad.

A modo de resumen se puede destacar:

- **Pequeñas fugas en soldaduras**

Eliminar soldaduras defectuosas en tuberías de cobre (agua y gas). Esas pequeñas fugas en las tuberías pueden causar grandes daños en los suelos, techos, paredes o tener peores consecuencias.

- **Pequeñas fugas en roscas**

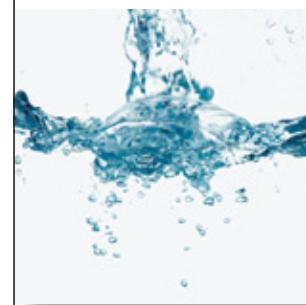
En el proceso de la rosca de un tubo, se quita un porcentaje determinado de espesor a la tubería formándose un punto débil, al que se añaden otros factores de envejecimiento por el material empleado para asegurar su estanqueidad. Esto produce focos de fuga en instalaciones realizadas con tubería de acero. El sistema de recuperación elimina estas fugas creando una capa que sella las mismas.

- **Agua sucia**

Muchas personas atribuyen la coloración del agua marrón y/o rojiza al origen del agua, cuando a decir verdad la que entra en las casas está limpia, pero el óxido en las tuberías está contaminando el agua.

- **Contaminantes de plomo y cobre**

La corrosión del plomo y el cobre de las tuberías se disuelven en el agua potable.





- ***Bajo flujo de agua/incrustaciones en tubería de hierro galvanizado y cobre***

Un pobre o bajo flujo de agua es también una señal que delata un problema en el sistema.

- ***Corrosión dieléctrica***

La unión de materiales de distinta naturaleza electroquímica (cobre y acero), reaccionan formando unas corrientes de tipo eléctrico que «pican» la tubería más débil, produciendo un deterioro muy importante en las redes de tuberías, depósitos de almacenamiento y automatismos en aparatos conectados. Con estos sistemas se elimina de forma significativa este proceso, creando una película de material inerte a esta corrosión.

2.2. Proceso de Recuperación de redes de tuberías

El proceso se divide en tres partes:

- Secado de las tuberías con aire caliente:

Se drenan las tuberías de cualquier líquido que tenga. Seguidamente, pequeñas mangueras de aire se conectan a las tomas de las redes que se piensa tratar creando un circuito cerrado entre las tuberías y las mangueras. Mediante aire a presión, se seca el entramado de tuberías. El objetivo es deshidratar y eliminar totalmente la humedad del interior del sistema.

Todo este proceso se efectúa con maquinaria y personal especializado, ya que es muy importante que esta fase y la siguiente sea ejecutada de manera eficaz para obtener los resultados deseados en las dos fases siguientes del proceso.

- Lijado de las tuberías con corindón:

Las tuberías secas y libres de toda humedad, son lijadas en su interior para eliminar cualquier acumulación de corrosión y oxidación que puedan crear algún tipo de obstrucción. Se envía al interior de las

tuberías aire con Corindón. El proceso de limpiado/lijado prepara la superficie interior de las tuberías para la correcta adhesión del epoxi.

En esta fase se recupera el diámetro nominal de la tubería tratada, eliminando todas las capas de incrustaciones de toda índole, así como los depósitos de lodos en suspensión de la red

- Aplicación de la capa de epoxi:

El proceso de restauración es la aplicación de la capa de epoxi al sistema de tuberías. El epoxi crea una barrera y una nueva tubería en el interior de la antigua tubería, que previene de forma permanente posterior corrosión ya que actúa como un manguito electrolítico, y dado que la superficie es absolutamente lisa y exenta de poros o rugosidades evita que la deposiciones de tipo calcáreo o de otra naturaleza se adhieran a la superficie interna de la tubería.

Esta parte es la fundamental, como es natural, de todo el procedimiento y se ajusta a las diferentes naturalezas de las redes tratadas, es decir:

- Longitud de los diferentes tramos a tratar
- Diámetro interior de la red
- Material y/o materiales de la red de tuberías
- Servicio al que pertenezca la red, es decir, red de agua caliente sanitaria, circuito de climatización, red de agua de condensación de un sistema frigorífico, aire comprimido, canalización de gas, etc.

El epoxi empleado es sanitario, siendo por tanto utilizado para redes de alimentación de agua potable de suministro, bajo la pertinente homologación y autorización de los Organismos Oficiales competentes.

Por la naturaleza del procedimiento y sus características químicas se obtiene otra aplicación muy importante y es que este sistema es ayuda a que los procesos de limpieza «anti legionela» y tratamiento de los mismos sean efectivos al 100%, ya que tras la limpieza con corindón y la aplicación del epoxi se crea una barrera protectora que recubre el interior de las tuberías y que hace imposible que se puedan crear nuevos sedimentos.

Es un procedimiento muy adecuado para afrontar los problemas de tuberías en la mayoría de los edificios, casas, comunidades de vecinos, unifamiliares, hospitales, hoteles, residencias, colegios, industrias, etc..





Guía sobre Hidroeficiencia Energética

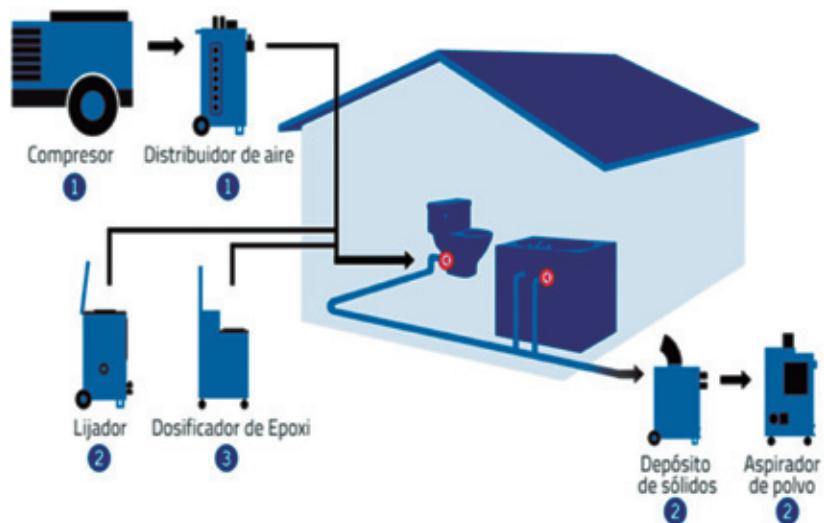
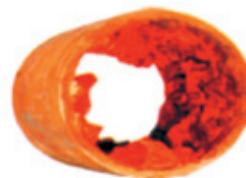


Figura 1. Aplicación del sistema en un circuito de vivienda.



1.- El secado por aire de las tuberías



2.- Limpieza realizada con una mezcla de aire y Corindón



3.- Aplicación de la capa de Epoxi

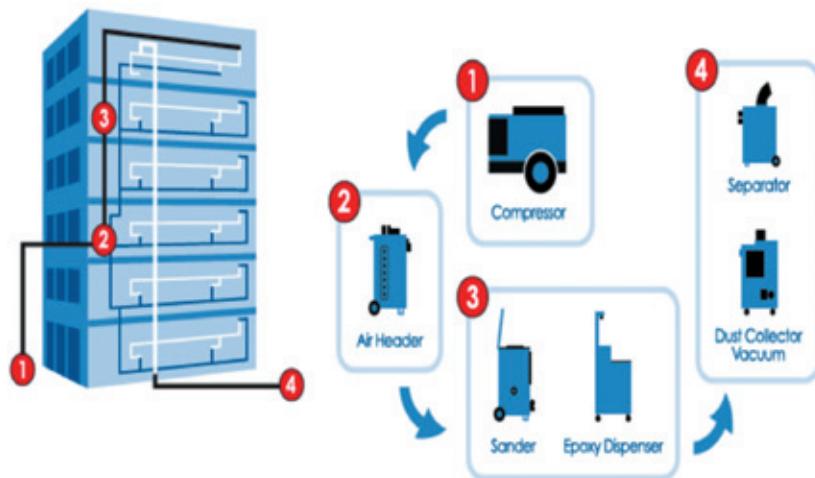
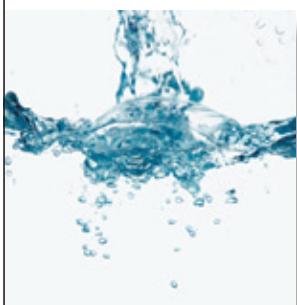


Figura 3. Aplicación en un edificio de viviendas.

2.2.1. La realidad en la restauración de tuberías en pisos y unifamiliares

Mejor que un sistema nuevo, la restauración de las tuberías con el sistema evita la corrosión, previene las posibles pequeñas fugas y filtración de contaminantes de plomo y cobre en el suministro de agua. Es rápido, silencioso y limpio, a diferencia de un trabajo de sustitución por fontanería tradicional, el proceso no produce ruido, y durante todo el proceso se dispone de agua en el domicilio.

Se pueden restaurar todos los circuitos de agua sanitaria y calefacción y climatización de la red privativa del piso o vivienda unifamiliar manteniendo su trazado original sin reforma de obra civil ni decoración interna. No es necesario un permiso de obra, ya que no se realiza ninguna obra civil.

La restauración de las tuberías con este sistema evita la corrosión, previene las posibles pequeñas fugas y filtración de contaminantes de plomo y cobre en el suministro de agua. Toda la aplicación se realiza sin partidas adicionales

Los resultados son inmediatos. Una vivienda de dos cuartos de baños y cocina, se restaura en poco más de 3 días laborables. Quedando garantizados los trabajos con una garantía completa de los trabajos realizados de más de 10 años.



2.2.2. Restauración de tuberías en Comunidades de Vecinos

En las Comunidades de vecinos, normalmente las ascendentes de agua fría y caliente sanitaria y calefacción están empotradas y en algunos casos sin llaves de corte. Por medio de este sistema, se puede realizar su restauración de las mismas, sin destruir las paredes y restaurar las tuberías evitando la incomodidad y la destrucción de suelos, paredes o techos de las zonas comunes y privativas de la comunidad de vecinos y en general cualquier edificio de propiedad horizontal.

La restauración del circuito de ascendentes se realiza de desde la acometida de la entrada del agua general hasta cada uno de las llaves de entrada de cada vivienda. Es recomendable no dejar que el envejecimiento de la red sea tal que prácticamente resulte inviable.

Con este sistema se conseguirá aumentar el flujo de agua, mantener la disposición de la red en una única tubería y la eliminación de manera permanente de cualquier tipo de corrosión dentro de las tuberías.

2.3. Beneficios del sistema

La capa de Epoxi elimina las pequeñas fugas que las tuberías pueden sufrir en el futuro. Restaura las tuberías evitando la incomodidad y la destrucción de suelos, paredes o techos de la vivienda. No es necesario hacer ninguna obra, por lo que se reduce tiempo, energía y dinero.

La restauración de las tuberías con el sistema, evita la corrosión, previene las posibles pequeñas fugas y filtración de contaminantes de plomo y cobre en el suministro de agua. A diferencia de un trabajo de sustitución, este proceso no produce ruido.

Aumenta el flujo de agua

Con este sistema se alcanzará el flujo de agua que las tuberías generales suministran, sin suciedad desde el suministro general hasta la vivienda.

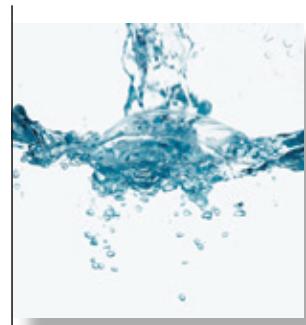
2.4. Otras consideraciones

Con este sistema de restauración se elimina la toma de decisión que le supone al usuario el cambio de tuberías convencionales o de reemplazo por medio de la fontanería tradicional y como consecuencia las obras que le suponen realizar, el coste de las mismas y el tiempo que se emplea.

El tiempo de aplicación depende del tipo de inmueble. En trabajos más pequeños, las tuberías pueden ser restauradas en cuestión de días. Antes de iniciar su proyecto es necesario un estudio previo donde se resuelven todas estas cuestiones, pero evidentemente se reducen los tiempos de ejecución en aproximadamente en un 60% menos de tiempo que por fontanería tradicional.

Supone una alternativa ecológica ya que restaura las tuberías existentes, que a su vez elimina picar en las paredes, piso y techo que normalmente se asocian con los métodos convencionales. La tubería protegida elimina la mezcla de metales nocivos, y aísla el agua del contacto con el metal, así como la eliminación del plomo.

Con este sistema pueden ser restaurados conductos metálicos y no metálicos como el cobre, plomo, acero, hierro, PVC, CPVC y PEX, MULTICAPA. Los sistemas restaurados pueden incluir agua para uso doméstico, aire acondicionado, calefacción radiante, rociadores contra incendios, tuberías de gases médicos, tuberías de proceso industrial, Instalaciones neumáticas y de aire comprimido así como los sistemas de tuberías de piscina.





Fundación de la Energía de
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency

Intelligent Energy Europe

www.fenercom.com



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, ENERGÍA
Y TURISMO



IDAЕ
Instituto para la Diversificación
y Ahorro de la Energía



Medida de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética para España (2004/2012) puesta en marcha por la Comunidad de Madrid, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAЕ).