

APPLICATION OF THE AHP METHOD TO WATER SAVING DEVICES SELECTION IN THE PLUMBING PROJECT OF BUILDINGS

López-Patiño, Gonzalo; Martínez-Solano, F. Javier; López-Jiménez, P. Amparo;
Iglesias-Rey, Pedro L.

Universitat Politècnica de València

As a way of improving the efficiency of the facility, the plumbing project of a building may include water saving devices and/or systems. In such case, are selected those that are best suited, among the commercial devices.

A methodology is proposed, adapting the analytic hierarchy process (AHP), to decide which water saving system is the most suitable. To do this, some selection criteria are defined: water saving, energy saving, social and environmental impact, design, and economic viability of the system.

The way to quantify each selection criterion is defined. Valuations of water saving systems, for each selection criterion, are normalized by a distributed model. Those criteria on which normalized value can be negative (energy saving and economic viability) are corrected by applying a rule-based methodology.

The best water saving system to equip a building is the best valued applying the AHP method.

Keywords: water saving; AHP; multicriteria selection; plumbing; facilities

APLICACIÓN DEL MÉTODO AHP A LA SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE AHORRO DE AGUA EN EL PROYECTO DE FONTANERÍA EN EDIFICIOS

Como forma de mejorar la eficiencia de la instalación, es posible incluir dispositivos y/o sistemas de ahorro de agua en el proyecto de instalación receptora de agua de un edificio. En tal caso, conviene seleccionar aquellos que resultan los más adecuados, de entre los equipos comerciales.

Se propone una metodología, adaptando el procedimiento analítico jerárquico (AHP), para la decisión de qué sistema de ahorro de agua es el más adecuado. Para ello, se definen una serie de criterios de selección a tener en cuenta: ahorro de agua, ahorro de energía, impacto socio-ambiental, diseño, y viabilidad económica del sistema.

Se define la forma de cuantificar cada criterio de selección. Las valoraciones de los sistemas de ahorro, para cada criterio de selección, se normalizan mediante un modelo distribuido. Para aquellos criterios en los que los valores normalizados puedan resultar negativos (ahorro de energía y viabilidad económica) se corrigen aplicando la metodología basada en reglas.

El sistema de ahorro de agua más adecuado para equipar un edificio es aquel que mejor valoración obtiene aplicando el método del AHP.

Palabras clave: ahorro de agua; AHP; selección multicriterio; fontanería; instalaciones

1. Introducción

Resulta evidente que en España estamos experimentando una escasez de recursos hídricos, sobre todo en las cuencas mediterráneas. Según datos de la Confederación Hidrográfica del Júcar (MAGRAMA, 2014) las aportaciones son de poco más de 2300 Hm³ anuales, mientras que la demanda es superior a los 3100 Hm³. El déficit se compensa con una sobreexplotación de los acuíferos.

Como parte de la solución al déficit hídrico, hay que plantear medidas para mejorar la gestión de la demanda. Según Dworak et al. (2007) es posible reducir el consumo en edificios un 30 por ciento. Una de las maneras de lograrlo es implantando medidas pasivas de carácter tecnológico. Se trata de incorporar en las instalaciones de fontanería dispositivos y sistemas, en adelante sistemas de hidroeficiencia, que reduzcan la demanda de agua.

Hoy en día, y dada la importancia del problema, son numerosos los sistemas de hidroeficiencia que existen. Ahora bien, ¿cuáles hay que instalar? ¿Se deben instalar todos aquellos que sean compatibles con el edificio?

El comportamiento de cada uno de los sistemas de hidroeficiencia es diferente según el edificio en el que se incorporen. Es por ello que algunos resultan mejores que otros para una determinada implantación. No se puede aseverar que un sistema de hidroeficiencia sea siempre mejor que otro. Dependerá del edificio en cuestión.

Lo que se plantea entonces es cómo decidir cuál es el mejor para cada caso.

No existen referencias sobre el procedimiento para seleccionar el mejor sistema de hidroeficiencia para equipar un edificio. Tradicionalmente, la selección se ha hecho, la hemos hecho, a criterio del proyectista, sin más objetividad que la propia experiencia, y teniendo en cuenta, sobretodo, el ahorro de agua que se obtiene.

No obstante, un estudio más detallado revela que son varios los criterios que se deben tener en cuenta para la selección (López-Patiño et al. 2012). Es por ello que hay que recurrir a métodos de selección multicriterio.

El proceso analítico jerárquico, AHP, (Saaty, 1980) es el método de selección multicriterio más extendido. Es un método más sencillo de aplicar que otros, como el del ANP (Saaty y Vargas, 2006), y que se puede utilizar en situaciones con hasta siete criterios de selección, que es el caso.

La aplicación del método general del AHP requiere de la identificación de los criterios de selección y la definición de las alternativas de selección. Éstas serán cada uno de los sistemas de hidroeficiencia cuyo comportamiento se quiere comparar para determinar cuál es el mejor para equipar el edificio en cuestión.

2. Objetivo

El objetivo general es particularizar y aplicar el método del proceso analítico jerárquico (AHP) para la selección de los dispositivos más adecuados para equipar una instalación de suministro de agua de consumo a un edificio.

El proceso de selección se puede extender tanto al caso del proyecto de un nuevo edificio, como a la rehabilitación o reforma de un edificio existente.

Para lograr este objetivo general, es necesario alcanzar previamente una serie de objetivos más específicos. Así, hay que preseleccionar, de entre los muchos dispositivos existentes en el mercado, aquellos que van a ser candidatos a la selección, y que actuarán como alternativas en el método del AHP. Igualmente, hay que definir una serie de criterios de selección que funcionen a modo de criterios de comparación en el método del AHP.

3. Metodología

El método del AHP se basa en la capacidad de las personas en poder establecer preferencias entre pares de criterios, independientemente de las alternativas a las que se les van a aplicar.

Las preferencias se establecen de forma cualitativa y son llevadas a un nivel cuantitativo en una escala de 1 a 9. Se construye de esa forma una matriz en las que los diferentes criterios están comparados entre sí, la denominada matriz de comparación pareada. El autovector de dicha matriz establece el peso ponderado que cada criterio tiene en el proceso de selección.

A partir de ahí, se determina la adecuación de cada alternativa, cada sistema de hidroeficiencia, para cada uno de los criterios. Se genera una nueva matriz de valoración de cada alternativa para cada criterio, la matriz de valoración de alternativas.

El producto del autovector de ponderación por la matriz de valoración de alternativas proporciona un vector de valoración global ponderada de cada alternativa. La que mayor valoración obtiene es la elegida para la selección.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ & & \vdots & & \\ & & \vdots & & \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & a_{n4} & a_{n5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Para la aplicación del método es necesario definir previamente los diferentes criterios de selección que hay que tener en cuenta para determinar de la bondad de un determinado sistema de hidroeficiencia para equipar un edificio.

Hay que tener en cuenta la adecuación del sistema a la implantación que se va a hacer de él. Se deben comprobar aspectos relativos a la aceptación del sistema por parte del usuario, por parte del resto de usuarios, y del entorno.

Desde el punto de vista del usuario, el sistema debe disponer de elementos que satisfagan su implantación. Debe suponer una mejora con respecto a otros sistemas convencionales, o por lo menos no una pérdida de condiciones.

En este sentido, el sistema debe ser: menos costoso, en términos absolutos, que el sistema convencional al que sustituye; deber ser igualmente fiable; fácil de manejar, de instalar y de mantener; estéticamente semejante, etc.

Desde el punto de vista del entorno en el que habitan los usuarios el sistema debe: mejorar las condiciones de vida de éstos; ser inocuo al medio ambiente; reducir el consumo de recursos naturales, etc.

Teniendo en cuenta estos aspectos, y agrupándolos, se definen los siguientes criterios para la selección de sistemas de hidroeficiencia:

- Ahorro de agua (CWS).
- Ahorro de energía (CES).

- Impacto socio-ambiental (CIMA).
- Diseño (CDIS).
- Viabilidad económica (CVE)

El criterio de ahorro de agua valora solamente el volumen de agua que se deja de consumir de las redes generales de distribución de agua potable como consecuencia de la implantación del sistema.

El ahorro de energía, valora la cantidad de energía que se deja de consumir como consecuencia del ahorro en el consumo de agua. Esta energía puede ser de tipo térmico requerida para el calentamiento del agua de consumo, o puede ser energía eléctrica de bombeo de toda el agua que ahorra el edificio.

El criterio de impacto socio-ambiental valora la influencia que tiene, en el conjunto de la sociedad y en el entorno ambiental en el que se ubica el edificio en cuestión, la reducción de la demanda de recursos naturales.

El criterio de diseño tiene en cuenta todos los aspectos formales, estéticos, de funcionalidad y manejabilidad del sistema. Estos aspectos tienen más influencia en edificios en los que se cuida mucho la imagen que se quiere transmitir al usuario. Por ejemplo, hoteles, centros de ocio, etc.

El criterio de rentabilidad tiene en cuenta, tanto la reducción de costes asociados al ahorro de los recursos hídricos y energéticos que el usuario percibe, como al aumento del coste por la inversión realizada en equipos y el coste del mantenimiento y la operación del sistema. Se valora la relación coste-beneficio que se produce como consecuencia de la instalación y la posterior operatividad del sistema de hidroeficiencia.

Posiblemente, para el gestor del edificio sea uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta. Sin embargo, la cada vez mayor educación ambiental de la sociedad favorece que no siempre sea uno de los criterios de referencia. Por ello merece una calificación adicional.

Cada uno de los criterios de selección se valora a través de unos indicadores, que se convierten en los indicadores de selección (López-Patiño, 2016).

El indicador de ahorro de agua (WSR_i) es el cociente entre el ahorro de agua que se logra con la implantación del sistema de hidroeficiencia (WS_i) y la demanda total del edificio (DWD_T).

$$WSR_i = \frac{WS_i}{DWD_T} \quad (2)$$

El ahorro de agua es la diferencia entre el volumen de agua potable consumido desde la red pública de distribución de agua potable con un dispositivo convencional (WD_i) en un periodo de tiempo y el consumido en el mismo periodo tras ser implantado el sistema de ahorro (WSD_i).

$$WS_i = WD_i - WSD_i \quad (3)$$

El indicador de ahorro de energía (ESR_i) es la suma de los indicadores de ahorro de energía por calentamiento ($ESRT_i$) y por bombeo ($ESRB_i$).

$$ESR_i = ESRT_i + ESRB_i \quad (4)$$

El ahorro de energía por calentamiento es el cociente entre la reducción de la energía consumida en calentar el agua caliente sanitaria, a.c.s., que se deja de consumir y la energía consumida en calentar toda la demanda de a.c.s.

De forma similar, el ahorro de agua por bombeo es el cociente entre la energía que se deja de consumir al no tener que bombear el agua no consumida, fría y caliente, con respecto a la energía de bombear toda la demanda.

El indicador de impacto socio-ambiental recoge el conjunto de afecciones que genera la implantación de un sistema de hidroeficiencia sobre el medio ambiente físico inmediato y la sociedad en la que se desarrolla.

Cada una de las afecciones se puede considerar como un índice de impacto socio-ambiental. Estos índices se valoran según el grado de afección que produzcan.

Se consideran como índices de impacto socio-ambiental los siguientes:

- reducción del consumo de recursos naturales (hidráulicos y energéticos),
- generación nuevos recursos naturales,
- reducción de nuevas infraestructuras para el ciclo integral del agua,
- reducción de las emisiones de CO₂ y de gases de efecto invernadero a la atmósfera,
- reutilización de recursos naturales,
- fomento de la adopción de hábitos y actitudes sostenibles en los usuarios,
- mejora del confort de los usuarios,
- favorecimiento del desarrollo tecnológico y la innovación,
- favorecimiento de la creación de empleo,
- fabricación del producto con elementos no contaminantes

El indicador de impacto socio-ambiental se define como la suma de la valoración de cada uno de los índices de impacto socio-ambiental ponderados por el número total de índices valorados.

$$IMAR_i = \frac{\sum IM_{ji}}{n^{\circ} IM_{ji}} \quad (5)$$

El indicador de diseño valora toda una serie de aspectos que tienen que ver con el diseño del sistema de hidroeficiencia: formato adecuado, esencialidad y uso de los materiales apropiados, versatilidad, usabilidad, durabilidad, facilidad de instalación, operatividad, carácter diferenciador e innovador, corrección estética, ergonomía, distinción ecológica, y homologación.

Cada sistema de hidroeficiencia es valorado para cada uno de estos aspectos ($DIS_{j,i}$). El indicador de diseño es la suma de las valoraciones de los distintos aspectos.

$$DIS_i = \sum DIS_{j,i} \quad (6)$$

El indicador de viabilidad económica cuantifica el ahorro económico, o el gasto, que se obtiene al implantar el sistema de hidroeficiencia. Valora el coste de inversión en equipos, el coste de operación y mantenimiento asociado al funcionamiento del sistema, y el ingreso económico asociado a la reducción del consumo de agua: reducción de la factura que se abona a la compañía de distribución de agua potable, y reducción de la tarifa energética de calentamiento del agua de consumo. Si se obtienen subvenciones por la implantación de los sistemas de hidroeficiencia, también se contabilizan como ingreso económico.

La viabilidad económica no siempre resulta positiva. Si los costes de inversión, operación y mantenimiento, superan a los ingresos por reducción de las tarifas, situación que se da para algunos sistemas, la viabilidad económica resulta negativa.

Su cuantificación es compleja por cuanto se manejan cantidades, ingresos y gastos, anuales, y otros que se amortizan durante toda la vida útil de los equipos que forman el sistema. De forma simplificada, es posible cuantificar el indicador de viabilidad económica a través del concepto de periodo de retorno relativo (López-Patiño et al., 2012) o mediante un indicador de coste-beneficio (López-Patiño, 2016).

Definidos los criterios de selección, hay que establecer cuáles son las alternativas a comparar y seleccionar.

Actualmente en el mercado existen numerosos dispositivos y sistemas de ahorro de agua, a saber: perlizadores, reductores de caudal de duchas, grifos de descarga de inodoro de bajo consumo, sistemas de reutilización de aguas grises, sistemas de aprovechamiento de aguas usadas, etc.

Antes de comenzar con el proceso de selección hay que establecer una preselección de equipos. Atendiendo a sus características, ventajas, e inconvenientes, se hace un análisis y se extraen unos sistemas de hidroeficiencia candidatos.

Hay sistemas, sobre todo en los reutilización de aguas grises y de lluvia, en los que es necesario dimensionar los equipos para la instalación en cuestión. Son varios los trabajos que indican como hacerlo de forma más o menos eficiente (Villareal y Dixon, 2005) (Coombes, 2002) (AENOR, 2006)

La aplicación del método AHP comienza con la generación de la matriz de comparación pareada para los criterios de selección, tabla 1. Para su cumplimentación deben participar todos los agentes que intervienen en la implantación de una instalación de fontanería: el técnico proyectista, el instalador, y el promotor de la instalación. Cada uno, como experto en su faceta, aporta información útil para realizar la selección.

Tabla 1. Matriz de comparación pareada para selección de sistemas de hidroeficiencia

	C_{WS}	C_{ES}	C_{IMA}	C_{DIS}	C_{VE}
C_{WS}	1				
C_{ES}		1			
C_{IMA}			1		
C_{DIS}				1	
C_{VE}					1

La aplicación del método no está exenta de errores en la comparación entre criterios, por lo que se debe verificar que el índice de consistencia sea inferior a 1,12 (Forman, 1990).

El autovector de la matriz de comparación pareada será el peso que tiene cada uno de los criterios de selección para la instalación en concreto que se está analizando. Estos pesos no sólo varían de una tipología de edificio a otro, sino de un instante a otro. En épocas de

sequía y/o restricciones de agua pueden pesar más el criterio de ahorro de agua que el criterio de viabilidad económica. En cambio, en una situación de crisis económica y restricciones presupuestarias, lo que más pesa en la viabilidad económica del proyecto.

4. Resultados

Para comprobar la bondad del procedimiento se va a realizar la selección de los sistemas de ahorro en la reforma integral de la instalación de suministro de agua potable en dos edificios. En el primero de ellos, caso 1, se trata de un edificio residencial multifamiliar de 11 alturas, con 2 viviendas por planta ubicado en la ciudad de Murcia.

La tipología del edificio, de desarrollo en altura, obliga a disponer de grupos de bombeo propios pues la presión de red es insuficiente para satisfacer las presiones necesarias en las plantas más elevadas. Su emplazamiento se realiza en la ciudad con la tarifa de consumo de agua más cara de España (AEAS, 2013)

Todas las viviendas cuentan con dos baños completos, y cocina totalmente equipada, con lavadora y lavavajillas. El suministro energético para calentamiento de agua es con gas natural.

En el proceso de preselección de sistemas de hidroeficiencia, se eligen los siguientes:

- Aireador de lavabo de 5 l/min
- Aireador de fregadero de 7 l/min
- Reductor de caudal de ducha de 8 l/min
- Alcachofa de ducha de bajo consumo de 9,5 l/min
- Grifo de descarga de inodoro de doble descarga
- Sistema de reutilización de aguas grises
- Sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales

Cada uno de estos se convierte en cada una de las alternativas de selección en el método del AHP.

Para calcular los indicadores de selección se considera una demanda de agua, y un patrón de consumos obtenidos de la encuesta a usuarios para viviendas de tipo multifamiliar (López-Patiño, 2016), resultando una demanda diaria total de 143 l/persona/día.

**Tabla 2. Resultados de la matriz de comparación pareada.
Caso 1- Edificio residencial multifamiliar**

	Ahorro agua	Ahorro energía	Diseño	Impacto Socio Ambiental	Viabilidad económica
Ahorro agua	1,00	1,00	5,00	7,00	0,33
Ahorro energía	1,00	1,00	5,00	7,00	0,33
Diseño	0,20	0,20	1,00	3,00	0,14
Impacto Socio Ambiental	0,14	0,14	0,33	1,00	0,11
Viabilidad económica	3,00	3,00	7,00	9,00	1,00

Aplicando el método del AHP, la matriz de comparación pareada, para el edificio en cuestión, elaborada en base a la experiencia de los proyectistas exclusivamente, es la indicada en la tabla 2. Se calcula su vector de autovalores y se obtiene el peso que se le asigna a cada uno de los criterios en el proceso de selección, tabla 3.

El índice de consistencia para esta situación es 0,076 inferior a 1,12, luego no hay incoherencias en la valoración de los criterios.

Tabla 3. Ponderación de los criterios de selección. Caso 1

Ahorro agua	0,215
Ahorro energía	0,215
Diseño	0,060
Impacto Socio Ambiental	0,032
Viabilidad económica	0,478

Se procede a valorar cada una de las alternativas con respecto a cada uno de los criterios. Los criterios son todos ellos cuantificables a través de los cada uno de sus indicadores. De esta forma la valorar de cada alternativa se puede realizar a partir del valor calculado de su indicador.

Como el valor de cada alternativa, para un determinado criterio, puede resultar muy dispar, se procede a normalizar dichos valores utilizando un modelo ideal (Saaty, 2013). Los resultados de la valoración para cada criterio, ya normalizados, así como la valoración global de cada sistema de hidroeficiencia se muestran en el tabla 4.

**Tabla 4. Valoración de alternativas.
Caso 1- Edificio residencial multifamiliar**

	Ahorro agua	Ahorro energía	Diseño	Impacto Socio Ambiental	Viabilidad económica	Valoración global
Aireador 5 l/min	0,01	0,77	0,35	0,84	0,48	4,47
Fregadero 7 l/min	0,02	0,99	0,35	0,84	0,87	6,79
Reductor ducha 8 l/min	0,32	1,00	0,35	0,84	1,00	8,11
Teleducha 9,5 l/min	0,06	0,78	0,43	1,00	0,80	6,17
Inodoro doble descarga	0,33	0,97	0,52	0,84	0,95	7,94
Reutilización aguas grises	1,00	0,00	1,00	0,39	0,61	5,80
Aprovechamiento aguas pluviales	0,02	0,00	1,00	0,39	0,00	0,77

A la vista de la valoración obtenida, el sistema de hidroeficiencia más adecuado para equipar cada una de las viviendas del edificio multifamiliar es el que obtiene la mayor puntuación, el reductor de caudal de ducha de 8 l/min.

El segundo caso que se plantea es el de un edificio con tipología de hotel de 200 habitaciones, que se desarrolla en vertical en 6 alturas (incluida la planta baja que no dispone de habitaciones) igualmente ubicado en la ciudad de Murcia, y suministrado con gas natural.

La actuación de rehabilitación se limita a los aparatos sanitarios que equipan a las habitaciones del hotel. Cada una de ellas dispone de una bañera con ducha, inodoro, bidé y doble lavabo. Por ello, los sistemas de hidroeficiencia preseleccionados son:

- Aireador de lavabo de 5 l/min
- Aireador de lavabo de 9 l/min (más económico que el anterior pero de menor ahorro)
- Reductor de caudal de ducha de 8 l/min
- Alcachofa de ducha de bajo consumo de 9,5 l/min
- Grifo de descarga de inodoro de doble descarga
- Sistema de reutilización de aguas grises
- Sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales

El procedimiento es similar al realizado con la vivienda. Los resultados se muestran en las tablas 5, 6 y 7.

Tabla 5. Resultados de la matriz de comparación pareada. Caso 2-Hotel

	Ahorro agua	Ahorro energía	Diseño	Impacto Socio Ambiental	Viabilidad económica
Ahorro agua	1,00	1,00	0,33	5,00	0,11
Ahorro energía	1,00	1,00	0,33	5,00	0,11
Diseño	3,00	3,00	1,00	9,00	1,00
Impacto Socio Ambiental	0,20	0,20	0,11	1,00	0,11
Viabilidad económica	9,00	9,00	1,00	9,00	1,00

Tabla 6. Ponderación de los criterios de selección. Caso 2-Hotel

Ahorro agua	0,089
Ahorro energía	0,089
Diseño	0,297
Impacto Socio Ambiental	0,029
Viabilidad económica	0,497

Tabla 7. Valoración de alternativas. Caso 2-Hotel de 200 habitaciones

	Ahorro agua	Ahorro energía	Diseño	Impacto Socio Ambiental	Viabilidad económica	Valoración global
Aireador 5 l/min	0,45	1,00	0,35	0,69	1,00	7,48
Aireador 9 l/min	0,21	0,87	0,35	0,69	1,00	7,17
Reductor ducha 8 l/min	0,56	0,96	0,35	0,75	1,00	7,56
Teleducha 9,5 l/min	0,45	0,93	0,43	1,00	0,97	7,60
Inodoro doble descarga	0,58	0,81	0,52	0,76	0,95	7,73
Reutilización aguas grises	1,00	0,42	1,00	0,43	0,42	6,43
Aprovechamiento aguas pluviales	0,22	0,00	1,00	0,43	0,00	3,29

Para el caso de un hotel de 200 habitaciones, el sistema de hidroeficiencia más adecuado es el grifo de descarga de inodoro de doble pulsador.

Conclusiones

El método del AHP proporciona una manera objetiva y fiable de establecer la importancia que tienen cada uno de los criterios de selección de sistemas de ahorro de agua en edificios.

Dicha importancia varía de una tipología de edificio a otra por cuanto varía su uso, el tipo de usuario, y la importancia que éstos le conceden a cada uno de ellos.

De modo general, los sistemas de hidroeficiencia que generan nuevos recursos hídricos, los sistemas de reutilización de aguas grises y, sobretudo, los sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales, tienen una peor valoración y son menos seleccionables que otro tipo de dispositivos. La causa radica en su elevado coste de inversión y a que, en muchas situaciones, son consumidores de energía en lugar de ser ahorradores de este recurso.

Los sistemas de hidroeficiencia mejor valorados, y más seleccionables, son aquellos en los que además de ahorrar agua se ahorra energía, sobre todo energía térmica de calentamiento de a.c.s.

En tanto en cuanto se mantenga la demanda, y/o el patrón de demandas de agua, los sistemas de hidroeficiencia seleccionables resultan muy similares de un edificio a otro, para una misma tipología. Es por ello que, para hacer un buen proceso de selección cuanto mejor y más fiable sea la información de partida sobre cómo consume agua el edificio, mejor.

Lo ideal es hacer una auditoría del consumo de agua del edificio en cuestión, lo que se puede hacer si la actuación es sobre un edificio existente. En el caso del proyecto de nueva planta, hay que extrapolar de edificios existentes cuyos usuarios tengan los hábitos más parecidos posibles a los futuros usuarios del nuevo edificio.

6. Referencias

- AEAS (2013). "Encuesta del consumo de agua en España". Madrid: AEAS.
- AENOR (2006). Pequeñas instalaciones de depuración de aguas residuales para poblaciones de hasta 50 habitantes equivalentes. Parte 3: Plantas de depuración de aguas residuales domésticas prefabricadas y/o montadas en su destino. UNE-EN 12566-3. Madrid: AENOR.
- Coombes, P.J. (2002). Rainwater Tanks Revisited: New Opportunities for Urban Water Cycle Management. Thesis. University of Newcastle, N.S.W., Australia
- Dworak, T., et al. (2007). "EU Water saving potential (Part 1 –Report)". Berlin: ECOLOGIC-Institute for International and European Environmental Policy.
- Forman, E. (1990). "Random Indices for incomplete pairwise comparison matrices". European Journal of Operation Research, vol. 48, p.152-155.
- López-Patiño et al. (2011). Dimensionado económico de depósitos domésticos de aguas pluviales mediante series temporales. Tecnología y Ciencias del Agua, 2, 51-64.
- López-Patiño, G.; Navarro, M.; Valero, A. (2012). Guía de sistemas de ahorro de agua. Valencia: Fundación Instituto Valenciano de Edificación
- López-Patiño, G. (2016). Análisis y caracterización de las instalaciones interiores de suministro de agua desde el punto de vista de ahorro. Tesis doctoral. DOI: 10.4995/Thesis/10251/61476.
- MAGRAMA (2014). "Confederación Hidrográfica del Júcar. Plan hidrológico de cuenca 2009-2015". Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Saaty, T. (1980). "The Analytic Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation". New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T., Vargas, L. (2006). Decision making with the analytic network process. Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks. Springer.
- Saaty, T. (2013). Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process. Pittsburgh: RWS Publications.
- Villareal, E.L.; Dixon, A. (2005). "Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden". Building and Environment vol. 40, p. 1174–1184.