

Metodología y resultados obtenidos en la instalación de sistemas de ahorro de agua en domicilios

G. Martel¹

¹ Departamento de Agua. Instituto Tecnológico de Canarias, SA. Playa de Pozo Izquierdo s/n 35119 – Santa Lucía, Las Palmas. España

Con la colaboración de Servicios Estadísticos de Canarias S.L., Ctra. Gral. Santa Cruz - La Laguna, 299, 2º Izq.
www.serviciosestadisticos.es

Resumen:

Para fomentar el ahorro y uso eficiente del agua en viviendas, e investigar la eficacia de las acciones, se ha analizado el consumo doméstico de agua en una muestra de viviendas en Arrecife de Lanzarote y Sureste de Gran Canaria. A partir de un trabajo de divulgación y recogida de información complementaria (cuestionarios), se aplicaron algunas tecnologías de ahorro de agua en viviendas. El posterior tratamiento de datos ha permitido evaluar el ahorro y aportar información útil para planificar futuros trabajos de fomento del uso eficiente del agua.

Abstract:

The domestic water consumption has been analyzed in a sample of houses from Arrecife de Lanzarote and Sureste de Gran Canaria in order to promote the saving and efficient use of water and to research about the efficiency of these actions. Some water saving technologies were applied in houses after disseminating and collecting complementary information. The analysis of data has let to evaluate the real water saving and to get useful information to plan other works in the future.

Palabras clave: Ahorro de agua, tecnologías de ahorro, , uso eficiente del agua
Keywords: Water saving, saving technologies, efficient use of water

1. Introducción

Desde de la década de los 90 del siglo pasado viene introduciéndose el debate de la gestión de la demanda de agua en Europa. Una de las medidas propuestas en este tipo de estrategias, que pretenden complementar la gestión de la oferta y la búsqueda de nuevos recursos hídricos, son los programas de eficiencia (Estevan, A., 1996). Los programas de eficiencia, a diferencia de los de ahorro, tienen como objetivo reducir la demanda de agua introduciendo modificaciones técnicas en los puntos de consumo, a fin de conseguir una mayor eficiencia en el uso de los caudales de agua. Es decir conseguir los mismos servicios hídricos con menor cantidad de agua.

Uno de los sistemas más populares, en cuanto a su aplicación en campañas que buscan la eficiencia en el consumo de agua, son la utilización de sistemas economizadores de agua para grifería e inodoros. Ya desde el proyecto AQUAMAC (2003-2005) se abordó la instalación de este tipo de dispositivos de ahorro de agua en edificios públicos (instalaciones deportivas, centros educativos, etc.) del espacio de cooperación Canarias-Madeira-Azores. De esta experiencia se obtuvieron una serie de conclusiones (Martel *et al*, 2005). Entre ellas se puede extraer que, con el objetivo de poder evaluar adecuadamente las actuaciones, es necesario disponer, en este tipo de instalaciones, de equipamiento que permita realizar un mejor control de los consumos, diferenciar sistemas de riego del resto de usos hídricos y que posibilite detectar averías y fugas de forma inmediata. Asimismo, se consideraba conveniente establecer sistemas que evalúen de forma más precisa el número de usuarios de cada instalación o edificio.

A su vez el proyecto publicó una Guía básica de tecnologías ahorradoras de agua y una propuesta de recomendaciones normativas para promover la gestión sostenible del agua en la Macaronesia.

Ahora dentro del Objetivo 2 del proyecto AQUAMAC (2006-2008) se ha promovido la instalación de sistemas de ahorro de agua en viviendas de Lanzarote y Sureste de Gran Canaria con el objeto de evaluar y demostrar su eficacia.

2. Metodología

Con la colaboración del Cabildo de Lanzarote, la Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria y el Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., se abordó la tarea de instalar dispositivos de ahorro de agua en 100 viviendas de los municipios de Ingenio, Agüimes y Santa Lucía, en la isla de Gran Canaria, y en Arrecife en el caso de Lanzarote.

En Lanzarote se realizó una campaña de sensibilización en los edificios de Arrecife dónde, en la 1ª fase del Proyecto AQUAMAC, se había implantado el sistema de telegestión de contadores digitales.

Con el objeto de conseguir domicilios voluntarios para aplicar los sistemas se procedió a convocar reuniones con las comunidades de vecinos implicadas. En cada reunión se exponía una visión general del programa INTERREG III B, del espacio de cooperación y de la globalidad del proyecto AQUAMAC. A su vez se explica el ciclo integral del agua en la isla y los problemas asociados: dependencia de la desalación de agua de mar, el coste energético que supone el ciclo del agua, la necesidad del control y reducción de pérdidas en las redes y la evolución de la demanda de agua en la isla. En esta línea se describían las aportaciones del proyecto AQUAMAC en Lanzarote como es el caso de la implantación del sistema de control permanente de fugas y el sistema de telegestión de contadores digitales. A continuación se explicaba, con datos, el importante papel de la cultura del ahorro y uso eficiente del agua en la gestión sostenible del ciclo integral del agua, los medios que se pueden utilizar para promover esta cultura y las aportaciones que se pueden hacer desde la ciudadanía. Por último se realizaba una demostración práctica de los dispositivos de ahorro de agua que se proponía instalar en los domicilios.



Fig. 1.- Charlas con comunidades de vecinos en Arrecife de Lanzarote.

Posteriormente el Gabinete de Promoción Socioeconómica y Asuntos Europeos del Cabildo de Lanzarote continuaba en contacto con las comunidades de vecinos hasta conseguir el número mínimo de domicilios voluntarios propuesto.

Cada domicilio, que se ofreció voluntariamente para participar en la campaña, recibió la visita de un técnico que supervisaba las instalaciones de la vivienda para comprobar el correcto acople y funcionamiento de los dispositivos de ahorro de agua. En cada caso que cumplía con unas mínimas condiciones se procedía a la instalación de economizadores para lavamanos y fregadero y reductor de caudal para las duchas. En ningún caso se realizaron actuaciones en los inodoros. En todos los casos se comprobaba que no había pérdida de confort a la hora de usar los dispositivos eficientes.

Los economizadores instalados en lavamanos y fregadero actúan rompiendo el chorro de agua y mezclándolo con aire, consiguiendo un aumento del volumen del chorro y de la superficie de contacto entre el agua y el objeto a mojar. En cuanto a las duchas, en la mayoría de los casos, se instalaron limitadores de caudal estáticos reducen la sección de paso del agua mediante estrangulamiento o incorporación de filtros. Sólo en algunos casos se sustituyeron los cabezales de ducha convencionales por cabezales de ducha eficientes con limitador de caudal estático, que reducen abruptamente la sección de paso del agua en un punto para conseguir la merma del caudal y aumentar su velocidad.



Fig. 2.- Difusores perlizadores de bajo consumo utilizados en lavamanos y fregaderos.

Las ventajas de estos sistemas que promueven al eficiencia son que, dependiendo de la presión de red, se consigue una reducción de caudal real de entre un 30 a un 60%, a presiones normales la calidad del chorro de salida es óptima, el usuario no se percata de que el dispositivo de ahorro está instalado ni requiere ningún cambio en los hábitos para obtener ahorro, la mayoría están diseñados para evitar que en bajas presiones se puedan adaptar en todos los casos. En algunos casos, a bajas presiones pueden dar un chorro de baja calidad. En otros casos, a altas presiones, necesitan grandes presiones para conseguir el ahorro. En estas instalaciones se han evitado con las



Fig. 3.- Limitadores caudal estáticos utilizados en duchas.

los domicilios fueron seleccionados por los propios ayuntamientos implicados primando los domicilios en los que se combinan situaciones de depresión socioeconómica y altos consumo de agua.

El cuestionario utilizado atendió aspectos definitorios de la vivienda y datos socioeconómicos de los residentes, además de factores que se presupone pueden influir en el consumo de agua de los hogares. En este ámbito se preguntó a los encuestados acerca de la superficie de la vivienda, nivel de presión, sistemas de almacenamiento, tipo de instalación de agua caliente, tipo de electrodomésticos consumidores de agua, existencia de plantas y número de bañeras, lavamanos o cisternas, entre otros.

Una vez realizadas todas las instalaciones previstas se pasó a una fase de seguimiento y al registro, atención y resolución de todas las posibles quejas o incidencias con los dispositivos de ahorro de agua. Después de 2 años de las primeras instalaciones no se ha registrado ninguna incidencia digna de mención.

Toda la información recopilada tanto de consumos históricos y series de consumo después de la instalación de los dispositivos de ahorro, aportados por Insular de Aguas de Lanzarote, S.A., a través del Cabildo de Lanzarote, y por la Mancomunidad del Sureste de Gran Canaria, como los datos de cuestionarios se integran en una base de datos única para el posterior tratamiento de la información.

Todos los domicilios cumplimentaron un cuestionario con información relevante para el posterior tratamiento e interpretación de los datos de consumo de agua. Similar metodología se siguió en el Sureste de



Fig. 4.- Comprobación de la reducción de caudal en una vivienda.

A través de la empresa Servicios Estadísticos de Canarias, S.L., inicialmente se estudiaron los datos de la encuesta para elaborar después un modelo estadístico de regresión lineal que explicara la relación entre las variables estudiadas y su intensidad.

3. Resultados y discusión

3.1 Presentación de los datos del cuestionario

La encuesta se realizó en 100 hogares, en los que se instalaron dispositivos de ahorro de agua, si bien sólo se analizan las 98 que resultaron válidas. En la distribución por municipios, el municipio en el que se realizaron más encuestas fue Arrecife, con 49 de las 98 totales. Además, en Santa Lucía se hicieron 25, en Ingenio 13 y en Agüimes 11 encuestas.

Se ha de tener en cuenta, a la hora de interpretar los datos, que cuando el tamaño poblacional es menor a 10 observaciones se indica con un asterístico, ya que las estimaciones en esos casos presentan una menor fiabilidad.

Datos socioeconómicos

En primer lugar, se analizó la estructura sociodemográfica de las viviendas en las que se ha realizado la encuesta en lo que se refiere al número de personas que la habitan, sexo de los habitantes, fecha de nacimiento, nivel de estudios, situación laboral y profesión.

En relación al número de personas que habitan la vivienda, se presenta a continuación la distribución del número de habitantes de la vivienda, su frecuencia absoluta, el porcentaje de cada grupo respecto al total y el porcentaje acumulado. La media se sitúa en 3,75 habitantes, si bien la mayoría de viviendas tienen entre 2 y 5 habitantes (alrededor del 70%). Los casos más repetidos son los de viviendas con 3 habitantes (moda), con un 27,6%, y 5 habitantes, con el 24,5%. Esta información se representa en el siguiente gráfico.

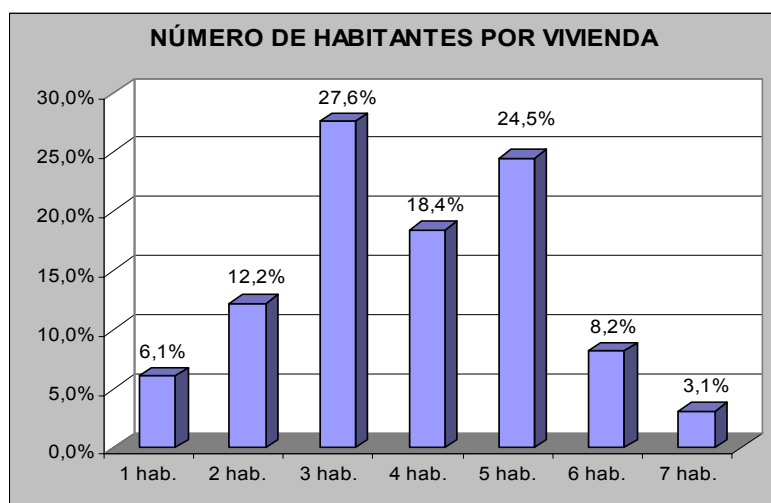


Fig. 5.- Distribución de nº de habitantes por vivienda.

Otros datos analizados fueron el sexo de los habitantes en la vivienda, el nivel de estudios de los encuestados, la situación laboral y la profesión. Este último aspecto puede dar una idea del nivel económico general de la muestra que, de alguna forma, se puede correlacionar con el nivel de vida y de consumo de bienes como es el caso del agua. Por nivel de estudios, la mayor parte de los encuestados

posee un nivel de educación secundaria completa (37,8%) o secundaria incompleta (33,7%), lo que hace un total de un 70% con educación secundaria. Además, el 12,2% se encuentra en la categoría “sin estudios”. Sólo el 9,2% ha cursado algún tipo de estudio universitario. A la hora de definir la situación laboral de los encuestados, el 19,3% de los mismos se encuentra en situación de desempleo frente a un 80,7% que sí trabaja. En cuanto a la profesión, se registran ocupaciones de todos los ámbitos. Destacan los empleos relacionados con los sectores de la construcción (albañiles, peones, maquinistas,...) y con la hostelería (camareros, cocineros,...).

Datos generales de las viviendas, sanitarios, electrodomésticos y hábitos de consumo

En este segundo bloque de la encuesta se preguntó acerca de la superficie de la vivienda, la percepción particular sobre el nivel de presión de agua que recibe cada una, si se dispone de algún tipo de almacenamiento de agua y su capacidad, el tipo de instalación de agua caliente y el número de plantas y cantidad de agua empleada en su riego.

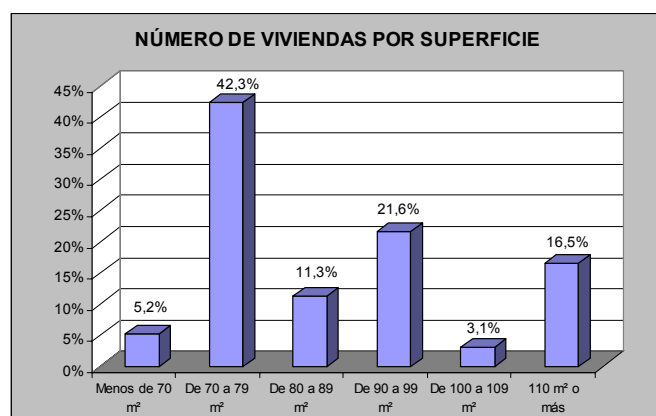


Fig. 6.- Distribución de viviendas por metros cuadrados.

Los resultados en general se exponen a continuación. La media aritmética de la distribución de viviendas por metros cuadrados de superficie se sitúa en 89,31 m². La desviación típica es de un 27,89 lo que demuestra la alta dispersión de los datos.

Otra variable introducida en el cuestionario es la que analiza el nivel de presión de agua recibida en la vivienda, si bien no se trata de un dato objetivo ya que se le pregunta al encuestado acerca de su percepción sobre la presión de agua recibida. Es decir, si para él la presión de agua recibida en la vivienda es débil, normal o fuerte. Este hecho es relevante de cara a evaluar casos en los que una presión débil

pueda llevar a la no utilidad de los dispositivos economizadores o una fuerte reducción del consumo en los casos de presión excesiva.

En cuanto al sistema de almacenamiento que poseen, y a la vista de los datos recogidos, destaca la generalización del bidón como tal, ya que el 100% de las 98 encuestas válidas dispone de este método. Es decir, todas las viviendas consultadas tienen un bidón en el que retener agua.

Otra de las variables recogidas es la referente al tipo de instalación de agua caliente en cada hogar. En el cuestionario se recogen cuatro posibilidades: termo de gas, termo eléctrico, solar térmica y combinación. De estas cuatro, la opción de la combinación no está registrada en ninguna de las viviendas, así, de las tres restantes es el termo eléctrico el que prima por encima del resto de instalaciones posibles con un 90,82%. Tan sólo se encontró un caso de usuarios con instalación solar térmica.

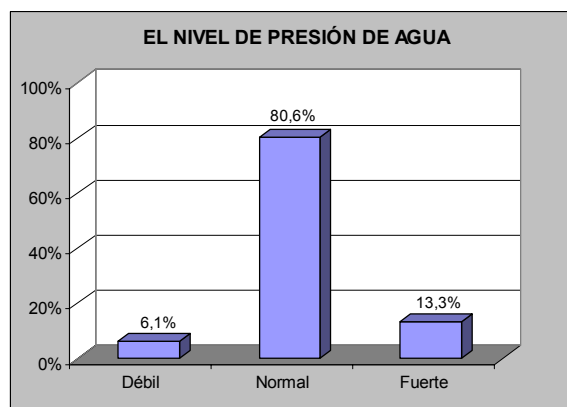


Fig. 7.- Percepción sobre el nivel de presión de agua en hogar.

El número de macetas que posee cada vivienda también puede influir en el consumo de agua, debido al riego periódico del mantenimiento de las plantas. Se preguntó a los encuestados cuántas macetas tenían en el hogar, y los resultados fueron que más de la mitad no posee maceta alguna (un 53,06%). Incluyendo este porcentaje, el 90,80% de los hogares tiene 8 macetas o menos.

En el apartado de los datos sanitarios de la vivienda se analizan los elementos sanitarios que posee cada hogar, contabilizando el número de lavamanos, cisternas, duchas, bañeras, fregaderos y bidés y también algunas cuestiones sobre la frecuencia de uso, antigüedad e instalación de elementos de ahorro. El 82,7% de las viviendas posee 2 baños frente a un 17,3% que sólo tiene uno. No existe ningún registro de viviendas con más de 2 baños. Igual de importante que el número de baños es la composición del mismo. Así, se analizó el número de sanitarios que disponía cada vivienda con el objeto de conocer cuántas cisternas, bidés, duchas, bañeras y lavamanos existen en cada hogar además de los fregaderos. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1.

Tabla 1.- N° de viviendas por número de puntos de consumo de agua sanitarios y fregaderos

NÚMERO DE SANITARIOS	LAVAMANOS		CISTERNAS		DUCHAS		BAÑERAS		FREGADEROS		BIDÉS	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0	1	1,0%*	1	1,0%*	3	3,1%*	72	73,5%	4	4,1%*	51	52,0%
1	18	18,4%	16	16,3%	58	59,2%	24	24,5%	91	92,8%	44	44,9%
2	79	80,6%	81	82,7%	37	37,7%	2	2,0%*	3	3,1%*	3	3,1%*
TOTAL	98	100%	98	100%	98	100%	98	100%	98	100%	98	100%

Si se observan los porcentajes correspondientes a cada tipo de sanitario, se comprueba que la mayoría de los inmuebles donde se actuó disponen de 2 lavamanos (80,6%), 2 cisternas (82,7%), una ducha (59,2%), ninguna bañera (73,5%), un bidé (52,0%) y un fregadero (92,8%). Esta información también da idea del número de puntos de consumo en los que se actuó y que se llegaron a contemplar en el análisis: 176 lavamanos, 132 duchas y 97 fregaderos.

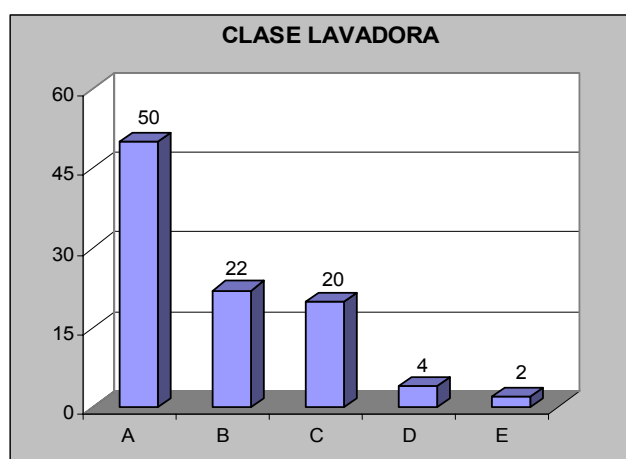


Fig. 8.- N° de lavadoras según clasificación energética en el total de la muestra.

Uno de los factores que más influye en el consumo domiciliario de agua es el uso de electrodomésticos como la lavadora y el lavavajillas. El nivel de implantación de ambos en los hogares encuestados difiere mucho entre ellos. Mientras la lavadora se encuentra en el 100% de los 98 hogares, el lavavajillas alcanza únicamente las nueve unidades.

El tipo de electrodoméstico según su eficiencia energética determina el diferente consumo de energía y agua de cada uno ofreciendo prestaciones similares. La clase de las lavadoras por viviendas se representa en la Fig. 7. Se trata de unos datos positivos en lo referente a la eficiencia energética de los electrodomésticos, especialmente si se tiene en cuenta el porcentaje acumulado. El 93,9% de los hogares dispone de lavadora de clase A, B

o C, las tres categorías que corresponden a una mayor eficiencia energética. Con respecto a los lavavajillas, el 55,6 % son de clase energética A, aunque debido al reducido número de hogares con lavavajillas, el dato se refiere a tan sólo 5 casos de lavavajillas clase A.

Si los patrones de uso de la lavadora y lavavajillas influyen de forma determinante en el consumo de agua de los hogares, la importancia del análisis de su modo de empleo es evidente. En primer lugar se preguntó por el número de lavados semanales en cada hogar. Para la lavadora, los resultados se agruparon en los intervalos que se indican en la siguiente tabla.

LAVADORA NUMERO DE LAVADOS SEMANALES			
	n	%	% acum.
Menos de 5	41	41,8%	41,8%
De 5 a 9	33	33,7%	75,5%
De 10 a 14	15	15,3%	90,8%
De 15 a 19	*3	*3,1	93,9
Más de 20	*6	*6,1%	100,0%
TOTAL	98	100,0%	

La mayoría de los hogares (un 41,84%) presentan una frecuencia inferior a cinco lavados semanales. El 33,67% realiza de 5 a 9 lavados, lo que hace un acumulado del 75,51% de viviendas con menos de 10 lavados por semana. Sin tener en cuenta la distribución por intervalos, la media semanal de lavados se sitúa en 7,52. La moda, el valor que presenta mayor frecuencia, es de 7 lavados a la semana. Así, se puede afirmar que de promedio se realiza un lavado diario en cada hogar. Por último, en lo que se refiere a la lavadora se preguntó acerca del año de compra. La mayoría han sido adquiridas en el intervalo que comprende desde el año 2001 hasta el 2005, lo que quiere decir es que existe un amplio número de lavadoras con antigüedad inferior a 7 años.

Otra pregunta interesante que analizar es la de número de vehículos por hogar, frecuencia de lavados y lugar donde se lava, ya que éste puede influir directamente en el consumo de agua del hogar. En este caso, tan sólo se ha detectado un caso en el que se lave el vehículo en el hogar, siendo mayoritaria la respuesta de lavado en gasolinera u otros lugares.

Sobre las acciones de ahorro que pueden emprender los encuestados en su hogar, se les preguntó acerca de los métodos que conocen para la cisterna/inodoro. El 40,59% de los hogares no conoce método alguno de ahorro para la cisterna. De los métodos conocidos el más popular es el sistema de doble pulsador, que es citado por el 35,61% de los encuestados. Los otros dos métodos que se conocen son la botella en la cisterna (15,84%) y regular el nivel de flotador (7,92%). Llama la atención que en ningún caso se nombre el sistema de interrupción voluntaria de la descarga a través de un único pulsador, dado que la mayoría de los nuevos modelos de inodoros ya lo incorporan.

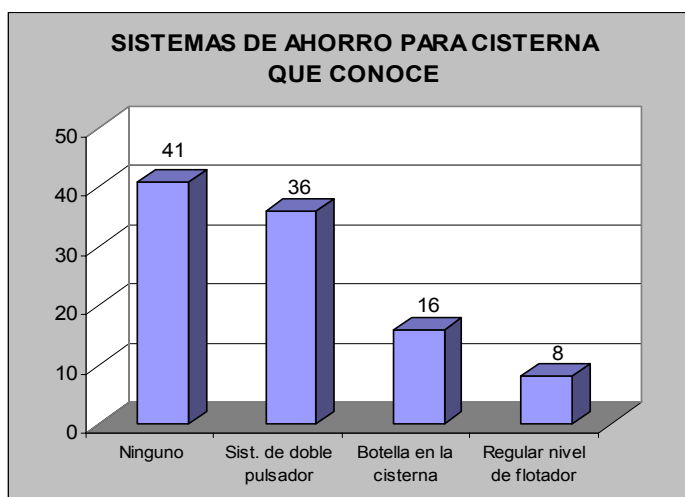


Fig. 9.- Grado de conocimiento de los encuestados sobre sistemas de ahorro de agua para los inodoros.

3.2 Análisis del consumo

Es importante precisar antes de continuar que una oportunidad de mejora detectada, es la referente a la carencia de periodicidad en la realización de la encuesta. Se han obtenido registros de consumo de las viviendas que en algunos casos llegan hasta el año 2004, si bien la encuesta ha sido realizada en 2006 ó 2007, según los casos. El análisis de la evolución del consumo de agua depende, seguramente, de todas las variables que se han intentado analizar con la encuesta, si bien el registro de consumo del año 2004 ó 2005 no tiene por qué corresponder a una vivienda con la misma estructura que en el momento de realizar la encuesta. Puede variar el número de miembros familiares, de pautas de consumo, de macetas, e incluso puede haber cambiado de familia residente.

Diferencia de consumo después de la instalación de los dispositivos

La principal incógnita del estudio es la de conocer si en realidad ha existido ahorro de agua tras la instalación de los dispositivos. En un primer lugar, una vez depurados los datos de consumos de todos los meses que fueron recopilados, se seleccionaron los registros de los contadores correspondientes a las viviendas donde fue realizada la encuesta. Del total de las 98 viviendas se consiguió localizar los datos de consumo de 94 de ellas. Una vez localizados, se separaron los registros de consumo según correspondieran al período anterior o posterior a la instalación de los dispositivos. Por último, se creó una nueva variable que correspondía a la diferencia entre la media de consumo antes de la instalación y la media de consumo después de la misma. Esta nueva variable es la que define el ahorro, y la media de las tres variables se presenta a continuación. Todos los análisis de datos son bimestrales, ya que están elaborados sobre registros de consumo de dos meses a razón del período empleado para la tarificación del consumo domiciliario de agua. Por esta razón, los promedios y las estimaciones de ahorro hacen referencia a períodos de 60 días.

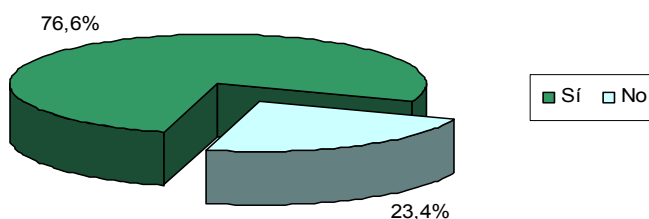
A continuación se presenta una relación de la media de consumo y el respectivo ahorro promedio, en metros cúbicos, para los 98 contadores que pertenecen a las viviendas donde se realizó la encuesta. Los datos se presentan ordenados de mayor a menor ahorro absoluto. Un signo negativo en la columna "ahorro estimado" indica que en ese contador el consumo aumentó aún con la instalación de los dispositivos. Existen cuatro casos cuyo número ID no tenía relación con los datos de consumo, por lo que el campo aparece marcado con un punto. Además, al igual que en los siguientes apartados, los datos hacen referencia a un período de 60 días.

CONSUMO Y AHORRO MEDIO POR VIVIENDA (en metros cúbicos)							
Vivienda nº	Cons. medio sin dispos.	Cons. medio con dispos.	Ahorro estimado	Vivienda nº	Cons. medio sin dispos.	Cons. medio con dispos.	Ahorro estimado
1	52,5	29,81	22,69	50	12,22	10,85	1,37
2	58,57	38,25	20,32	51	11,86	10,52	1,34
3	39,6	21,9	17,69	52	10,14	8,83	1,31
4	28,52	12,4	16,11	53	17,17	15,87	1,3
5	53,07	37	16,07	54	50,69	49,5	1,19
6	52,19	38,68	13,52	55	18,21	17,19	1,02
7	54,07	40,94	13,13	56	26,64	25,78	0,86
8	26,93	15,24	11,69	57	22,18	21,43	0,75
9	33,85	22,79	11,06	58	17,26	16,63	0,64
10	18,45	7,94	10,52	59	22,01	21,47	0,55
11	43,95	33,67	10,28	60	47,95	47,42	0,53
12	28,09	17,98	10,11	61	19,72	19,21	0,51
13	42,5	32,5	10	62	20,59	20,11	0,48
14	24,67	15,28	9,39	63	9,54	9,08	0,46

CONSUMO Y AHORRO MEDIO POR VIVIENDA (en metros cúbicos)							
Vivienda n°	Cons. medio sin dispos.	Cons. medio con dispos.	Ahorro estimado	Vivienda n°	Cons. medio sin dispos.	Cons. medio con dispos.	Ahorro estimado
15	9,35	0,25	9,09	64	16,19	15,75	0,44
16	14,73	5,79	8,94	65	0,78	0,42	0,36
17	21,86	13,5	8,36	66	19,54	19,26	0,27
18	44,17	36,36	7,81	67	3,78	3,56	0,23
19	24,12	16,5	7,62	68	19,11	18,89	0,22
20	37,08	29,52	7,56	69	8,77	8,54	0,22
21	26,4	19,68	6,72	70	19,67	19,51	0,15
22	40,85	34,71	6,15	71	11,13	11	0,12
23	6,37	0,72	5,64	72	36,77	36,66	0,11
24	54,19	48,67	5,52	73	20,71	21,13	-0,42
25	21,6	16,26	5,34	74	3,66	4,15	-0,5
26	14,44	9,17	5,27	75	8,22	9,3	-1,08
27	32,35	27,25	5,11	76	25,41	26,67	-1,26
28	15,62	10,53	5,09	77	18,39	19,92	-1,53
29	13,87	9	4,87	78	18,74	20,73	-1,98
30	29,54	24,77	4,78	79	16,76	18,78	-2,02
31	10,93	6,25	4,68	80	37,84	40,16	-2,32
32	13,75	9,44	4,31	81	41	43,32	-2,32
33	48,35	44,22	4,13	82	22,68	25,07	-2,39
34	28,3	24,27	4,03	83	47,86	51,25	-3,39
35	17,21	13,2	4,01	84	11,72	15,24	-3,51
36	23,9	19,95	3,96	85	14,23	17,8	-3,57
37	15,48	11,55	3,93	86	45,58	49,63	-4,05
38	21,72	17,95	3,77	87	26,89	31,37	-4,47
39	11,94	8,73	3,21	88	32,39	37,69	-5,29
40	24,21	21	3,21	89	31,95	38,1	-6,14
41	13,88	10,68	3,2	90	61,21	68,25	-7,04
42	15,2	12,36	2,84	91	7,37	15,78	-8,41
43	32,98	30,48	2,5	92	15,93	28,52	-12,59
44	26,15	23,69	2,46	93	29,25	43,73	-14,48
45	22	19,67	2,33	94	22,5	39,35	-16,85
46	15,99	14,05	1,93	95	.	.	.
47	27,58	25,69	1,89	96	.	.	.
48	11,98	10,19	1,8	97	.	.	.
49	13,15	11,43	1,72	98	.	.	.

En negrita = existencia de ahorro (m³ en dos meses)

EXISTE AHORRO EN LA VIVIENDA



El número de viviendas que registran algún tipo de ahorro es de 72. Si no se tienen en cuenta las cuatro viviendas de las que no se dispone de datos

Fig. 10.- Porcentaje de viviendas en las que se ha medido ahorro de agua.

de consumo, el 76,6% de los hogares analizados presenta algún tipo de ahorro una vez han sido instalados los dispositivos. De esta forma se confirma la eficacia de la implantación de reductores volumétricos y perlizadores en lo que al ahorro de agua se refiere. A grandes rasgos, de cada cuatro viviendas analizadas, tres han registrado algún tipo de ahorro.

Desde el punto de vista de la muestra total, incluyendo las viviendas donde no se detecta ahorro, se observa como la media de consumo con dispositivos (22,29 m³) es inferior a la media de consumo antes de la instalación (25,11 m³). Así, se detecta un ahorro medio de 2,82 metros cúbicos por cada dos meses.

MEDIA TOTAL	
Consumo medio sin dispositivos (60 días)	25,11 m ³
Consumo medio con dispositivos (60 días)	22,29 m ³
Ahorro estimado (60 días)	2,82 m³

Este dato supone una reducción del consumo promedio de la muestra de un 11,2 % respecto al consumo inicial, incluyendo las viviendas donde no se ha obtenido ahorro. El ahorro promedio de las viviendas en las que sí se obtiene una reducción del consumo es del 22%. Si se excluyen las viviendas donde se obtiene una reducción del consumo medio superior al 50% (5 casos del total), el ahorro promedio es del 18%.

Por municipio se detectan diferencias interesantes. De las viviendas donde se realizaron encuestas, Agüimes, el municipio donde existe un mayor consumo inicial de agua (37,16 m³), es también el que presenta un mayor ahorro (5,41 m³) doblando la cantidad de consumo y ahorro del municipio de Arrecife. En Santa Lucía es donde se detecta la menor media de ahorro. Si bien, se sigue manteniendo a grandes rasgos la pauta de a mayor consumo inicial, mayor ahorro una vez instalados los dispositivos.

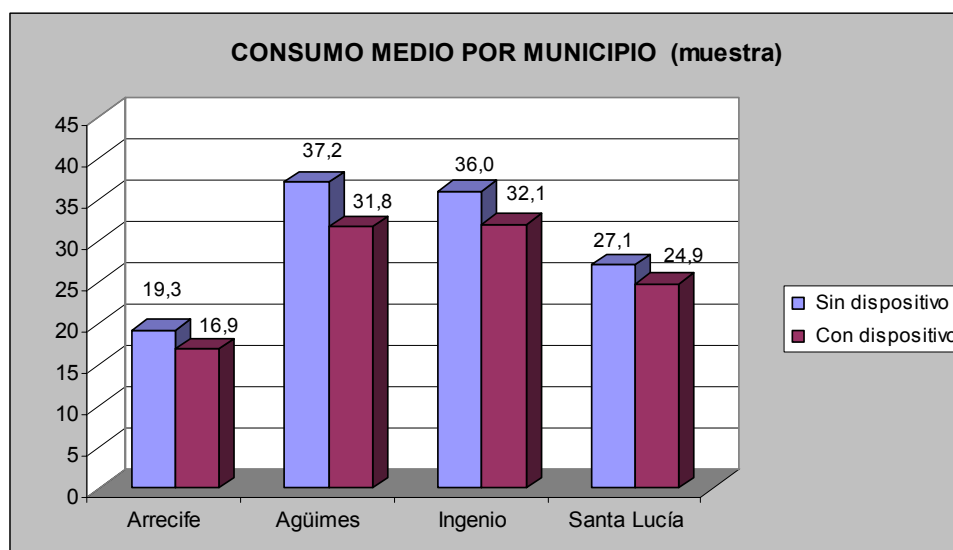


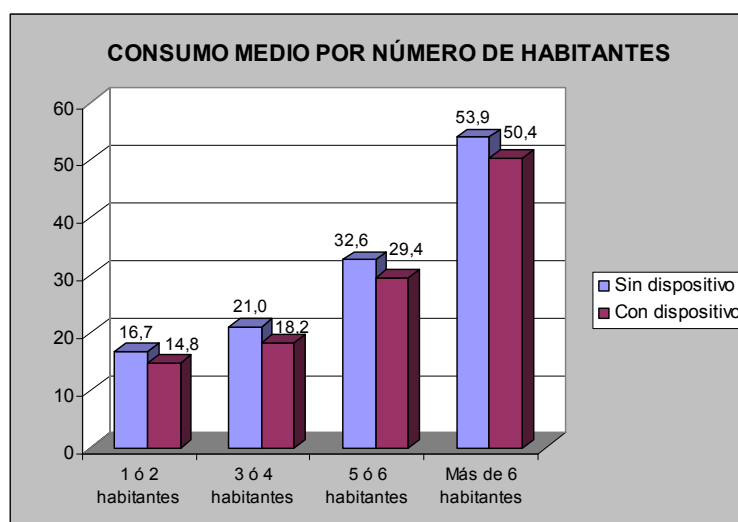
Fig. 11.- Consumo medio por bimestre y vivienda obtenido en cada municipio, antes y después de instalar los dispositivos de ahorro de agua.

En relación al número de habitantes, se distribuyó el consumo medio de las viviendas según los residentes que tuviera, presuponiendo que el ahorro aumentaría si también lo hacía el número de personas que vivían en el hogar.

**CONSUMO MEDIO DE LAS VIVIENDAS
POR NÚMERO DE HABITANTES EN 60 DÍAS**

	<i>Consumo medio sin dispositivos</i>	<i>Consumo medio con dispositivo</i>	<i>Ahorro estimado</i>
1 ó 2 habitantes	16,72 m ³	14,77 m ³	1,95 m ³
3 ó 4 habitantes	20,99 m ³	18,17 m ³	2,82 m ³
5 ó 6 habitantes	32,64 m ³	29,42 m ³	3,23 m ³
Más de 6 habitantes	53,92 m ³	50,38 m ³	3,54 m ³

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis, ya presentada, de una mayor reducción de consumo con un mayor gasto de agua inicial. De esta forma, los mejores resultados se obtienen en las viviendas con más de 6 habitantes.



La relación entre el tipo de ahorro con el resto de variables, una vez conocidos el consumo, las características de la vivienda y los hábitos de los residentes, se analiza a continuación mediante un modelo de regresión lineal, en el que se utilizarán las variables analizadas en el cuestionario. La intención es poder explicar la variable “ahorro” (dependiente) en función de los items independientes que más relacionados estén con ella.

3.3 Consumo domiciliario de agua y ahorro. Modelo de regresión lineal múltiple.

El objetivo de la elaboración de este análisis es obtener predicciones de una variable de interés, o variable dependiente, a partir de las variables independientes. En este caso será predecir con el menor error posible el consumo que tendrá una vivienda una vez instalados los dispositivos a partir de las variables más significativas de las estudiadas. Además, se busca averiguar en qué medida la variable dependiente (ahorro) puede estar explicada por las variables independientes. El modelo de regresión lineal quedará definido de la siguiente manera:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n + E$$

Donde:

- Y = variable dependiente (en este caso, Y = ahorro)
- X_n = variables independientes que entran en el análisis (más significativas)
- β_n = coeficientes a calcular
- E = error

A la hora de elegir la variable dependiente se ha escogido la variable “consumo con dispositivos” ya que presenta un mayor interés dado el carácter de este estudio. La otra opción válida hubiera sido la variable ahorro, si bien éste puede ser fácilmente calculado con los resultados de la predicción.

Método introducir

Debido a los problemas detectados en la recogida de los datos del cuestionario, a la hora de elegir las principales variables que van a entrar en este análisis de regresión se ha buscado que las mismas cumplan unos criterios mínimos en cuanto a su estructura. Es decir, que tengan respuesta en la mayoría de los casos, si no en todos, y que sus respuestas cumplan unos criterios de normalidad (carencia de valores atípicos) principalmente. Éste es el motivo por el que se rechazaron variables como las que hacen referencia al lavavajillas, ya que sólo disponían del mismo nueve viviendas. Otras variables como nivel de estudios o situación laboral se desecharon ya que no incluyen a todos los habitantes de la vivienda sino al encuestado.

Una vez llevada a cabo esta preselección, y con el objetivo de reducir aún más la magnitud del modelo, se calcularon las correlaciones existentes entre las variables independientes y la dependiente (“consumo medio con dispositivos”).

CORRELACIONES CON LA VARIABLE DEPENDIENTE	
VARIABLES	CORRELACIÓN
1. Municipio	0,308
2. Consumo medio sin dispositivos	0,887
3. Nº de habitantes	0,585
4. Nº hombres en hogar	0,452
5. Nº mujeres en hogar	0,360
6. Superficie de la vivienda	0,082
7. Nivel de presión de agua	0,185
8. Instalación de agua caliente	0,004
9. Número de macetas	0,033
10. Cantidad de agua para riego macetas	0,014
11. Nº de baños	0,055
12. Clase energética de la lavadora	0,062
13. Año de compra de lavadora	0,014
14. Frecuencia de lavados en lavadora	0,211
15. Frecuencia programas cortos lavadora	0,278
16. Frecuencia progr. económicos lavadora	0,276
17. Nº de lavamanos	0,095
18. Usos diarios de lavamanos	0,384
19. Nº de cisternas	0,104
20. Uso cisternas	0,466
21. Nº de duchas	-0,188
22. Usos duchas	0,212
23. Nº de bañeras	-0,092
24. Usos bañeras	0,047
25. Nº de fregaderos	-0,007
26. Usos fregadero	0,188
27. Nº de bidés	-0,130
28. Usos bidé	0,133

Las variables X (independientes) que presentan mayor correlación (en negrita) con Y (variable dependiente) son *Municipio*, *Consumo medio sin dispositivos*, *Número de habitantes*, *Número de mujeres*, *Frecuencia de lavados en lavadora semanales*, *Número de programas cortos*, *Número de programas económicos*, *Usos diarios del lavamanos*, *Usos de la cisterna*, *Usos de la ducha*, *Usos del*

fregadero y Usos del bidé. Por tanto, son estas variables las que serán incluidas en un modelo inicial mediante el método de regresión “introducir”. Los resultados fueron los siguientes:

RESUMEN DEL MODELO							
R	R ²	R ² corregida	Error típ. de la Estim.	Cambio en R cuadrado	Cambio en F	Sig. del cambio en F	Durbin-Watson
0,901	0,813	0,786	6,084	0,813	30,716	0,00	1,864

En principio, y a la vista de la tabla “Resumen del modelo”, se dispondría de unos parámetros de relación más que válidos entre la variable dependiente (“consumo con dispositivos de ahorro”) y las variables independientes seleccionadas. Un R² de 0,813 indica que el 81,3% de variabilidad de la variable dependiente queda explicada con las variables independientes seleccionadas. Es decir, que con las variables elegidas, se puede definir el consumo de agua de una vivienda una vez instalados los dispositivos en un 81,3%. Ésto, unido a un Pvalor de 0,00 (“Sig. del cambio en F”) permite llegar a la conclusión de que se trata de un modelo globalmente significativo. Además, un estadístico de Durwin-Watson cercano a dos (1,864) nos demuestra la independencia de los errores.

Pese a la significación global del modelo, una vez llegados a este punto, aparecen dos problemas. El principal de ellos es el de la significación individual. Es decir, la existencia de variables independientes que no tienen significación a la hora de la regresión y que, por tanto, han de ser excluidas (columna “Sig.” de la tabla siguiente). El segundo problema es el de la multicolinealidad. En este caso se refiere a partes de la variable que ya están explicada en otra. La forma de detectar estos problemas de multicolinealidad es mediante la “tolerancia”. Un valor muy pequeño indica que esa variable puede ser explicada por otras, o lo que es lo mismo, que su aportación al modelo global es mínima. Si tenemos en cuenta que la tolerancia fluctúa entre 0 y 1, son las variables “frecuencia de programas cortos lavadora” y “frecuencia programas económicos lavadora” las que menos aportarán al modelo, con una tolerancia de 0,015 y 0,014 respectivamente, como se puede observar en la siguiente tabla.

COEFICIENTES							
Variables	Coefic. no estand.	Error típico	Coefic. Estand.	t	Sig.	Estadísticos de colinealidad	VIF
	B		Beta			Tolerancia	
Constante	-2,067	2,023		-1,022	0,310		
Municipio	0,330	0,604	0,032	0,547	0,586	0,635	1,575
Consumo medio sin dispositivos	0,818	0,060	0,855	13,566	0,000	0,555	1,803
Nº hombres en hogar	0,866	0,847	0,076	1,023	0,309	0,400	2,503
Nº mujeres en hogar	0,991	0,899	0,070	1,103	0,273	0,547	1,830
Frecuenc. de lavados en lavadora	-0,141	0,115	-0,067	-1,227	0,223	0,750	1,334
Frecuencia prog. cortos lavadora	-0,549	0,502	-0,426	-1,095	0,277	0,015	68,545
Frecuencia prog. econ. lavadora	0,557	0,517	0,422	1,077	0,284	0,014	69,561
Usos diarios de lavamanos	0,127	0,091	0,108	1,401	0,165	0,374	2,674
Uso cisternas	-0,170	0,126	-0,111	-1,351	0,180	0,325	3,075
Usos duchas	0,002	0,040	0,003	0,051	0,959	0,605	1,653
Usos fregadero	0,241	0,131	0,100	1,841	0,069	0,745	1,343
Usos bidé	-0,362	0,289	-0,068	-1,252	0,214	0,747	1,338

Método “hacia delante”. Estimación definitiva de los parámetros.

Para solucionar los problemas de significación individual y de multicolinealidad comentados en el apartado anterior, se ha realizado la regresión lineal mediante el método de selección de variables “hacia delante”, que desecha las variables independientes que no se deben incluir en el modelo y nos ofrece el método de regresión definitivo con el que serán estimados los parámetros.

Las variables que cumplen los requisitos de significación individual y carecen de problemas de multicolinealidad y que por ende han sido introducidas, son las presentadas en la siguiente tabla.

Modelo	Variables introducidas
1	<i>Consumo medio sin dispositivos</i>
2	<i>Usos diarios de lavamanos</i>
3	<i>Usos bidé</i>
4	<i>Usos fregadero</i>

Variable dependiente: Consumo medio con dispositivos

Con estas cuatro variables, el resumen general del modelo quedaría de la siguiente forma. Los datos se interpretan al igual que en la tabla Resumen del modelo del apartado anterior.

RESUMEN DEL MODELO						
<i>R</i>	<i>R cuadrado</i>	<i>R cuadrado corregida</i>	<i>Error típ. de la estimación</i>	<i>Cambio en R cuadrado</i>	<i>Sig. del cambio en F</i>	<i>Durbin-Watson</i>
0,896	0,802	0,794	5,977	0,005	0,133	1,943

Se observa que se ha conseguido reducir la dimensión del modelo de forma considerable (desechando variables que resultaban prescindibles) y se han eliminado los problemas de multicolinealidad. Pese a esto, el R cuadrado que se presenta con un análisis de regresión con las cuatro variables ha pasado de 0,813 (81,3% de la variable dependiente) a 0,802 (80,2%). Es decir, sólo se ha perdido un 1,10% de información de la variable dependiente. El nivel de confianza se sitúa en 88,67% (1 – Sig. x 100). De tal forma, podremos utilizar este modelo para predecir el consumo de agua de una vivienda en un período bimensual en la que se instalen los dispositivos de ahorro conociendo los valores de las cuatro variables significativas. Los coeficientes para la estimación de los parámetros de la ecuación de regresión se extraen de la siguiente tabla.

Variables	Coefic. no estand.		Coefic. estand.	t	Sig.	Estadíst. de colinealidad	
	<i>B</i>	<i>Error típico</i>	<i>Beta</i>			<i>Tolerancia</i>	<i>VIF</i>
(Constante β_0)	-0,706	1,496					
<i>Consumo medio sin dispositivos</i>	0,828	0,048	0,865	17,091	0,000	0,830	1,205
<i>Usos diarios de lavamanos</i>	0,095	0,058	0,081	1,638	0,105	0,874	1,144
<i>Usos bidé</i>	-0,413	0,261	-0,078	-1,583	0,117	0,884	1,131
<i>Usos fregadero</i>	0,176	0,116	0,073	1,514	0,133	0,913	1,095

Variable dependiente: Consumo medio con dispositivos

Llegados a este punto sólo restaría extraer los coeficientes de regresión, o parámetros del modelo, resaltados en negrita en la tabla anterior, para elaborar la ecuación de regresión lineal presentada anteriormente. Así, el modelo quedará de la siguiente forma.

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n$$

Consumo con dispositivos de ahorro = - 0,706 + 0,828 × Consumo medio sin disposit. + 0,095 × Usos diarios de lavamanos - 0,413 × Usos bidé + 0,176 × Usos fregadero

Por último para validar el modelo de regresión lineal realizado se ha comprobado que el error sigue una distribución normal. Los siguientes gráficos validan la hipótesis de normalidad de los errores, por lo que el modelo desarrollado servirá para predecir el consumo de agua bimensual de una vivienda una vez instalados los dispositivos de ahorro, utilizados en este caso, conociendo la media de consumo sin dispositivos, el número de uso diario del lavamanos, los usos del bidé y usos del fregadero.

HISTOGRAMA

Variable dependiente: Consumo medio con dispositivo

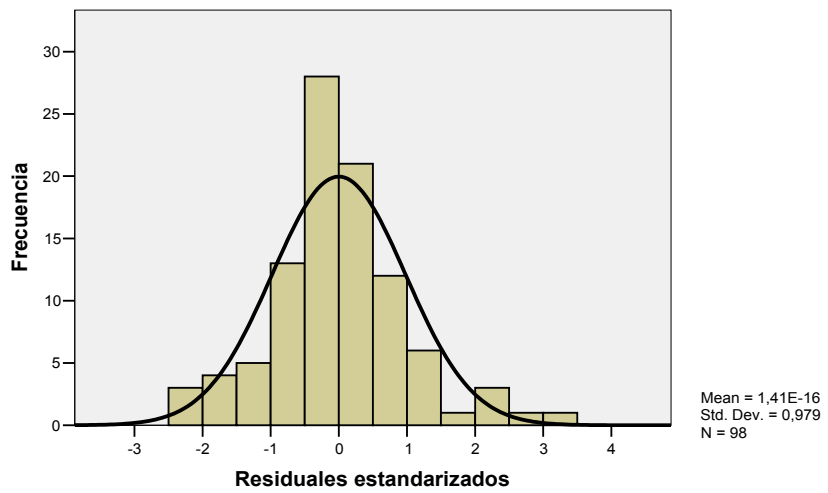
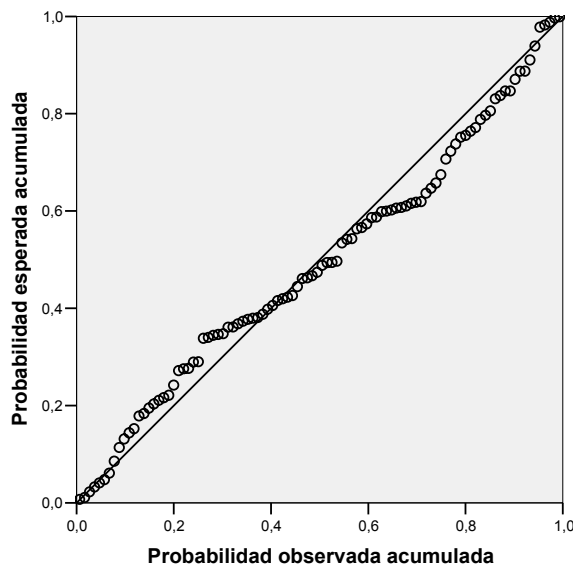


GRÁFICO DE PROBABILIDAD NORMAL DE LOS RESIDUOS



4. Conclusiones

Se espera que las conclusiones de este trabajo ayuden a los gestores y usuarios del agua a planificar mejor y con mayor rigor las actuaciones y metodologías a aplicar en el fomento del ahorro y uso eficiente del agua en domicilios, y poder predecir su impacto en el ahorro de forma más realista.

Entre las conclusiones más llamativas en cuanto a las pautas de consumo detectadas antes y después de instalar los dispositivos de ahorro se pueden destacar las siguientes:

- La mayoría de los encuestados no conocen cómo funciona el sistema de interrupción de descarga del inodoro de un solo pulsador, por lo que la hora de realizar nuevas aplicaciones es necesario aportar información en este sentido.
- Con la aplicación de perлизadores economizadores de agua en lavamanos y fregaderos, y reductores de caudal estáticos en duchas, se ha obtenido un ahorro promedio del 11,2% del consumo en la totalidad de la muestra.
- El ahorro promedio asciende a un 18%, si no se consideran las viviendas donde no se ha obtenido ahorro (viviendas en las que habría que investigar la causas: retirada de dispositivos de ahorro, cambios en la composición de los habitantes de la vivienda, etc.) o las viviendas donde el consumo medido después de la instalación de dispositivos respecto al inicial, es tan bajo que presumiblemente se debe a factores externos a la actuación realizada (reducciones de más de un 50%).
- El ahorro bimestral de una vivienda donde se apliquen sistemas economizadores como los utilizados en esta experiencia, podría estimarse a partir de conocer el consumo medio anterior a la instalación de dispositivos, el nº de usos diarios de lavamanos, el nº de usos diarios de bidé (en sentido negativo, ya que no se actúa en este dispositivo), y el nº de usos diarios del fregadero.
- Que el sistema de ahorro de agua aplicado en duchas debe mejorarse combinando el reductor volumétrico (estático o dinámico) con un cabezal de ducha economizador con efecto Venturi. La posible pérdida de confort que puede ocasionar el primero puede verse compensada con el efecto de incremento de la velocidad de salida del agua en el segundo obteniendo un mayor ahorro y significancia en el ahorro global.

Teniendo en cuenta los problemas que se han tenido que superar para llevar a cabo el análisis de los datos, se realiza una propuesta de metodología para evitar estos inconvenientes:

1. **Depuración inicial de los datos de consumos.** Una vez recibidos de las empresas de abastecimiento los datos de consumo de las zonas donde se quiera realizar el estudio, se propone elaborar, como primer paso, una base de datos con todos los datos de consumos. De esta base de datos deberían eliminarse los registros correspondientes a las empresas y los de las viviendas que presenten en algunos períodos consumos nulos o anómalos. La finalidad es obtener una base de datos con registros de consumo reales depurados sobre los que se podrá realizar el estudio.
2. **Elaboración del muestreo.** La segunda fase corresponde a la elaboración de un muestreo adecuado atendiendo a los criterios de representatividad que se deseen. Sólo deben formar parte del muestreo las viviendas correspondientes a la base de datos que se ha elaborado en el punto anterior y que presenten registros de consumo "normales". De esta forma se evita el problema de no localizar los registros de consumo de una vivienda a la que ya se le ha hecho la encuesta o que sus datos de consumo sean anormales o presenten valores perdidos o atípicos.
3. **Pretest del cuestionario y diseño definitivo.** En este caso se puede aprovechar el cuestionario aplicado en esta experiencia. Así, con el análisis de las respuestas a las preguntas abiertas y teniendo en cuenta los problemas que surgieron en el análisis, se diseñaría un cuestionario definitivo. Se recomienda la elaboración de un cuestionario con una dimensión más reducida y la acotación temporal de las preguntas (usos diarios, semanales, mensuales,...). Si es necesario, se diseñarían cuestionarios definitivos para cada una de las tres fases en las que se ha dividido el trabajo de campo.

4. **Planificación.** Una vez seleccionada la muestra con los consumos depurados y diseñado el cuestionario definitivo, se procederá a la planificación del trabajo de campo. En este caso se seleccionarán las viviendas, y se elaborará la planificación temporal de las encuestas, definiendo las fechas de contacto dependiendo del número de viviendas elegidas para realizar el estudio.
- *Primer contacto con la vivienda (primera fase).* Siguiendo la planificación elaborada previamente, se realizaría el primer contacto con las viviendas. Se recomienda que éste sea vía telefónica, ya que genera un menor rechazo a colaborar y presenta unos costes más reducidos. En esta primera llamada se le informará a la vivienda del proyecto, se ofertará la instalación gratuita de los dispositivos de ahorro para incentivar la colaboración (indicando que ésta será realizada seis meses más tarde) y serán presentadas las ventajas de la misma. Si existe colaboración se llevará a cabo la primera de las encuestas, en la que se realizarán preguntas para conocer la estructura principal del hogar en el pasado. Teniendo en cuenta las respuestas a la encuesta, se desearán los datos de consumo correspondientes a períodos en los que una familia no haya vivido en esa vivienda o no conozca la estructura del hogar durante ese período. Es decir, aún teniendo datos de consumos de una vivienda desde el año 2002, por ejemplo, si esa familia comenzó a residir en ese hogar en 2005, sólo se tendrán en cuenta los registros de consumos desde el año 2005 en adelante. En el caso de que se conozca el número de personas que vivían en el hogar (antes del año “x” vivían “y” personas pero ese año se fueron “z” personas), se realizará el promedio de gasto por número de habitantes en cada período.
 - *Instalación del dispositivo y segunda encuesta (segunda fase).* Seis meses más tarde desde la realización de la primera encuesta, tal y como se ha informado a los hogares, serán instalados los dispositivos de ahorro y se realiza la segunda de las encuestas, que tiene como única intención confirmar que la estructura del hogar sigue igual o, en caso de no ser así, conocer en qué ha cambiado.
 - *Tercer y último contacto con la vivienda (tercera fase).* Otros seis meses más tarde (12 meses desde el primer contacto) se realiza la tercera y última encuesta confirmando los datos del hogar. Se puede aprovechar esta tercera encuesta para realizar un estudio de la satisfacción de los usuarios con los dispositivos instalados seis meses antes.
5. **Análisis definitivo de los datos.** Siguiendo los pasos que se han detallado anteriormente, se tendrá, al concluir las tres fases, los registros de consumo de las viviendas incluidas en el estudio con su respectiva estructura, por lo que se podrán realizar los análisis oportunos con un mayor rigor estadístico.

Es importante indicar que se trata de una metodología propuesta, por lo que en cualquier caso tanto las fases como su duración son susceptibles de ser modificadas. En un principio, es recomendable que el período entre encuestas tenga un año de duración, para evitar las alteraciones que pueden sufrir los registros de agua en estaciones como el verano, si bien, la propuesta recoge dos períodos de seis meses para no alargar la duración del proyecto y como metodología ilustrativa.

5. Referencias

- Arrojo, P y Naredo, JM (1997). *La gestión del agua en España y California*. Bilbao. Bakeaz
- Estevan, A. (1998). *Estrategia de Lanzarote en la Biosfera, Sectores ambientales clave, Documento nº 1: programa de Gestión de la Demanda de Agua en Lanzarote*. Arrecife de Lanzarote. Excmo. Cabildo de Lanzarote
- Estevan, A. y Villaroya, C. (1996). *Diseño de Programas Integrados de Gestión de la Demanda de Agua: Experiencias de Gestión de la Demanda y Conservación del Agua en California*. Madrid. Ministerio del Medio Ambiente, Secretaría de Estado de Aguas y Costas. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas
- Fundación Ecología y Desarrollo. (2002). *Guía práctica de tecnologías ahorradoras de agua para viviendas y servicios públicos*. Zaragoza. Bakeaz.
- Martel G. (2000). *Memoria divulgativa del sistema de gestión de la demanda de agua en Teror*. Las Palmas de Gran Canaria. Auditorías Ambientales Canarias, S.L.
- Martel, G. (2003) *Guía básica de tecnologías ahorradoras de agua*. Pozo Izquierdo. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. [Documento disponible en <http://aquamac.itccanarias.org>].
- Martel, G. et al (2005). *Aplicación de tecnologías de ahorro de agua en edificios públicos y estudio de sistemas tarifarios para promover el uso eficiente del agua y la recuperación de costes en los abastecimientos urbanos de Canarias, Madeira y Açores*. Pozo Izquierdo – Santa Lucía (Gran Canaria). Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. [Documento disponible en <http://aquamac.itccanarias.org>].
- Peñate, B., Martel, G. y Betancort, J. (2004). *Eco-ordenanzas insulares para la gestión de la demanda del agua en los usos urbanos de la isla de Lanzarote*. Arrecife. Cabildo de Lanzarote. [Documento disponible en <http://www.cabildodelanzarote.com>].