



**Semana temática:** Agua y ciudad

**Eje temático:** Pautas de los gobiernos locales para la sostenibilidad

**Título de la ponencia:** Investigación sobre potenciales de eficiencia con el empleo de lavavajillas

**Autores:** Ibáñez Carranza, Juan Carlos <sup>1</sup>; Vela Pardos, Noelia <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Canal de Isabel II. Santa Engracia, 125, 28003 Madrid. Correo electrónico: [jci@cyii.es](mailto:jci@cyii.es). Tfno.: 91 545 1000.

<sup>2</sup> BSH Electrodomésticos España, S.A. Avda de la Industria 49, 50016 Zaragoza. Correo electrónico: [noelia.vela@bshg.com](mailto:noelia.vela@bshg.com). Tfno.: 976 57 8389.

## **Resumen**

En la Comunidad de Madrid, los usos residenciales suponen más del 60% del agua total suministrada. La utilización del agua en el hogar en los distintos usos finales ha sido objeto de diversos estudios realizados por Canal de Isabel II, empresa suministradora, y en otras regiones y países por distintos organismos y empresas. Sin embargo, aparte de algunos ensayos de laboratorio, no se conocen referencias de estudios que muestren el uso del agua en el lavado doméstico de la vajilla.

El Canal de Isabel II y BSH Electrodomésticos España han emprendido conjuntamente un trabajo de investigación sobre la utilización de agua en los hogares para el lavado de la vajilla, y las mejoras en la eficiencia que pueden conseguirse con la utilización de un lavavajillas eficiente, con respecto al lavado a mano.

El estudio se ha realizado en condiciones reales de utilización, sobre una muestra de 155 viviendas. Durante un periodo de dos meses, los participantes se comprometieron a lavar la vajilla exclusivamente a mano. Posteriormente se instalaron lavavajillas eficientes, de clase AAA y durante otro periodo de dos meses se continuó controlando el consumo, ya con la utilización del aparato suministrado.

La monitorización del consumo se ha realizado mediante contadores de velocidad instalados en los grifos de las cocinas y un contador de precisión con emisor digital de pulsos en la entrada general de agua de la vivienda. Este contador, conectado a un dispositivo electrónico, 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 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.

Los primeros resultados indican una clara mejora en la eficiencia de uso del agua, con una reducción del consumo equivalente al 10% del total del agua utilizada en la vivienda. El balance en cuanto al consumo de energía resulta también positivo, obteniéndose un ahorro medio de 1kWh diario.

**Palabras clave:** uso eficiente del agua, usos domésticos, lavavajillas

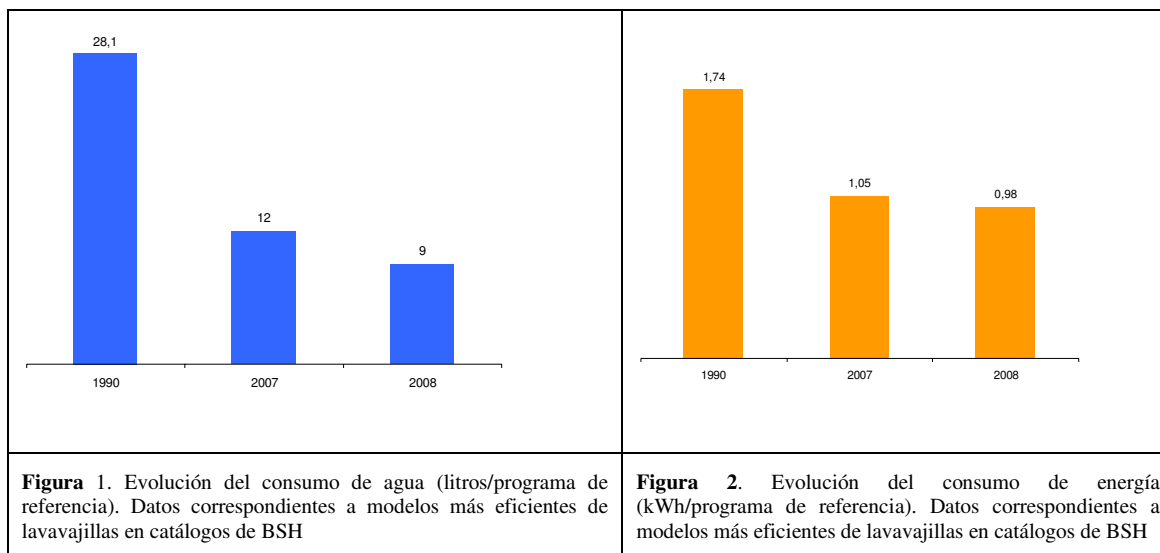
## 1. Objeto y justificación

El Canal de Isabel II, empresa pública responsable del abastecimiento de agua potable a la población de la Comunidad de Madrid, está altamente comprometido en la gestión eficiente del recurso y en promover una utilización racional del agua en todos sus usos. El Canal de Isabel II, en sus actividades de I+D+I ha llevado a cabo múltiples proyectos de investigación para mejorar el conocimiento de la utilización del agua suministrada e impulsar la eficiencia.

En la Comunidad de Madrid, los usos residenciales suponen más del 60% del volumen total de agua suministrado. 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% 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% del volumen total consumido en el hogar. Estos datos se han obtenido sobre una muestra en la que el 53% de las viviendas disponía de lavavajillas, proporción que es extrapolable al conjunto de la Comunidad de Madrid.

BSH Electrodomésticos, trabaja desde hace años en la mejora de la eficiencia de sus productos a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida: producción, distribución, uso y fin de uso. Los análisis de ciclo de vida muestran que más del 90% 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% y en un 44% el consumo de energía. (Ver Figuras 1 y 2)



Los lavavajillas utilizados en el estudio consumen en programa norma 12 litros de agua, lo que en una primera apreciación supone un ahorro considerable con respecto al lavado a mano. En algunos ensayos realizados en laboratorio se ha determinado que el volumen de agua empleado en el lavado a mano de una cantidad equivalente de vajilla puede oscilar entre 50 y 170 litros de agua. Evidentemente las condiciones de utilización en el hogar tanto del lavado a mano como del uso del lavavajillas son muy variadas y diferentes a las de una prueba de laboratorio, por lo que resulta de interés la experimentación en condiciones reales.

El objetivo del proyecto de investigación que aquí se presenta es evaluar 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 del trabajo se centra en el uso del agua, que constituye el aspecto principal 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.

Este trabajo ha sido emprendido conjuntamente por Canal de Isabel II (CYII) y BSH Electrodomésticos España (BSHE), sobre una muestra de 155 viviendas consideradas representativas de la Comunidad de Madrid y por extensión del conjunto de la población española, mediante ensayo en condiciones reales de uso durante cuatro meses. Durante un periodo de dos meses, los participantes se comprometieron a lavar la vajilla exclusivamente a mano. Posteriormente se instalaron lavavajillas eficientes, de clase AAA y durante otro periodo de dos meses se continuó monitorizando el consumo, ya con la utilización del aparato suministrado.

## **2. Antecedentes**

El conocimiento de la demanda de agua, sus pautas de comportamiento y factores explicativos ha sido objeto de trabajos de investigación por parte de Canal de Isabel II desde antiguo, siendo los trabajos más recientes los siguientes:

- Estudio de la demanda de agua para uso urbano en la Comunidad de Madrid (2001)
- Evaluación de la demanda de agua para usos de exterior en la Comunidad de Madrid (2004)
- Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior (2006)
- Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid (2003 – 2006)
- Monitorización de pautas de consumo de agua en actividades comerciales (2007)
- Caracterización y predicción de la demanda (2008)

Estos trabajos han permitido obtener un buen conocimiento de las características de la demanda de agua en el ámbito de suministro del Canal de Isabel II. Esta información es de una gran utilidad para el establecimiento de políticas de gestión de la demanda y para la realización de predicciones sobre la evolución futura.

En el año 2001 se efectuó una encuesta sobre 4625 usuarios de la Comunidad de Madrid, al objeto de obtener las variables que afectan a los patrones de consumo. En 2003 se llevó a cabo una monitorización continua del consumo en unos 300 hogares, obteniendo una importante información sobre los usos finales del agua y su relación con las características de las viviendas, hábitos de los usuarios, tipo de fontanería e instalaciones. Esta muestra se amplió en 2006 hasta 695 viviendas de diferente tipología, además de otras instalaciones de riego, comercios, oficinas y otros establecimientos. En el año 2006 se realizó un estudio de potenciales de ahorro en el consumo mediante dispositivos de fontanería eficiente, como extensión de los anteriores trabajos de monitorización.

En cuanto a la cuestión específica del lavado de la vajilla, existe un estudio de laboratorio llevado a cabo por la Universidad de Bonn en 2003, 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.

Asimismo, se concluyó que los lavavajillas son capaces de lavar la misma cantidad de vajilla con mucha menos cantidad de agua y energía que ninguna de las personas testadas, además de obtener un mayor grado de limpieza.

El estudio concluye con una reflexión acerca de cómo sería el consumo en domicilios reales, ya que se trataba de un estudio de laboratorio, y enfatiza en cómo se podría fomentar un uso más racional de recursos a la hora de lavar vajilla.

### **3. Metodología**

El estudio se ha realizado entre enero y junio 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.

El procedimiento seguido para la realización del trabajo ha consistido fundamentalmente en los siguientes pasos:

- Selección y caracterización de la muestra
- Instalación y calibración de los equipos de medida
- Monitorización de los consumos con lavado a mano
- Instalación del lavavajillas
- Monitorización de los consumos con lavado a máquina
- Proceso de la información

La muestra fue seleccionada entre clientes de BSHE de 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. Los candidatos debían comprometerse a lavar su vajilla exclusivamente a mano durante dos meses y permitir la instalación en sus viviendas de la instrumentación necesaria para la monitorización del consumo. Como contrapartida se les ofreció la adquisición, a un precio simbólico, de un lavavajillas eficiente de clase AAA de 60cm.

Canal de Isabel II realizó una primera inspección a los domicilios para evaluar la viabilidad de instalación de los equipos de medida. De una muestra inicial de 280 candidatos, finalmente se realizaron 155 instalaciones, habiéndose descartado el resto por imposibilidad de instalar los distintos equipos o por renuncia de los interesados.

Para la caracterización de la muestra se realizó una encuesta personal a los usuarios con el fin de determinar las características más relevantes al objeto del estudio. La encuesta consistió en un cuestionario de 60 preguntas distribuidas en estos capítulos:

- Datos generales
- Características físicas de la vivienda
- Características de los equipos de fontanería
- Características ocupacionales
- Hábitos de consumo y datos socioeconómicos
- Hábitos de uso de lavavajillas

#### **3.1. Descripción de la muestra**

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

Se presentan a continuación los siguientes:

### Distribución geográfica:

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: ver Figura 3

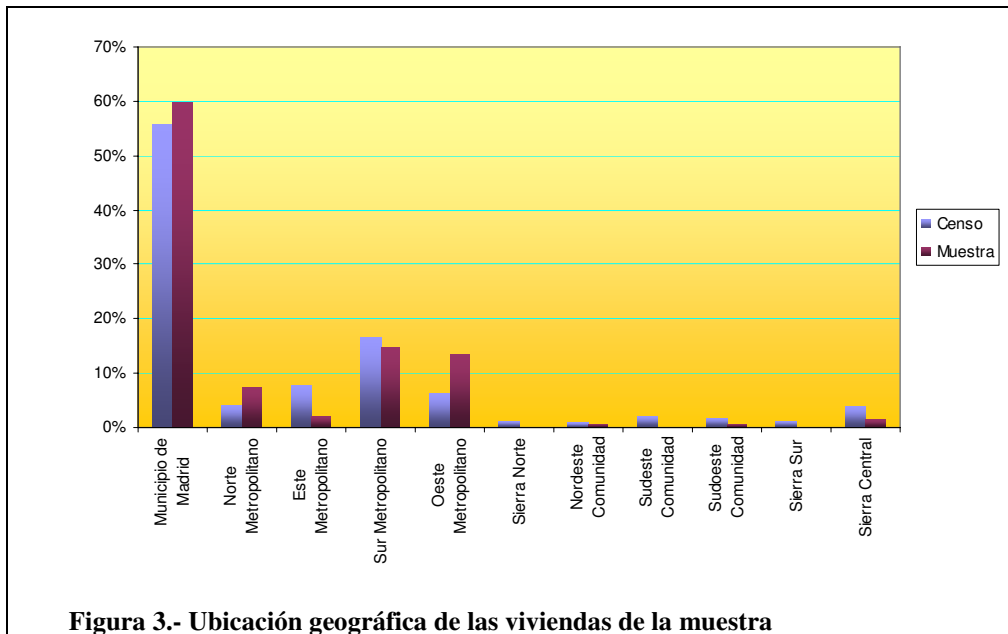


Figura 3.- Ubicación geográfica de las viviendas de la muestra

### Tipología de viviendas:

En la Comunidad de Madrid, según datos del Canal de Isabel II, el **12,5%** de las viviendas son del tipo unifamiliar. La muestra incluida en este estudio presenta un **18%** de viviendas unifamiliares, lo que permite disponer de un número significativo de este tipo, lo cual resulta interesante dadas las particularidades que este tipo de viviendas presenta en cuanto al uso del agua, y a la tendencia creciente que se ha observado en los últimos tiempos en la proporción de viviendas unifamiliares.

### Tamaño de las viviendas:

El tamaño de la vivienda es un parámetro muy representativo de aspectos que inciden en el uso del agua, tales como el nivel económico de la familia, número de dispositivos que utilizan agua, etc. La muestra incluida en este estudio presenta un cierto sesgo hacia viviendas de un tamaño superior a la media de la Comunidad de Madrid, lo cual probablemente está relacionado con la disponibilidad de lavavajillas o de espacio para su instalación inmediata..

### Ocupación de las viviendas:

El número de personas que habitan la vivienda lógicamente es un aspecto determinante del consumo de agua en general, y particularmente en el lavado de la vajilla. La ocupación media de las viviendas incluidas en la muestra es de 3,34 personas por vivienda, algo superior a la media de la Comunidad de Madrid, según el último censo disponible (2,89 p/viv). La descripción de la muestra respecto a la ocupación y comparación con los datos generales de la Comunidad de Madrid es la de la Figura 4. Se observa una sobrerrepresentación de viviendas ocupadas por 4 personas, en detrimento de las de un solo habitante, lo cual también está relacionado con la disponibilidad de lavavajillas. Esta circunstancia debe ser tenida en cuenta a la hora de analizar los resultados y extrapolarlos al resto de la población.

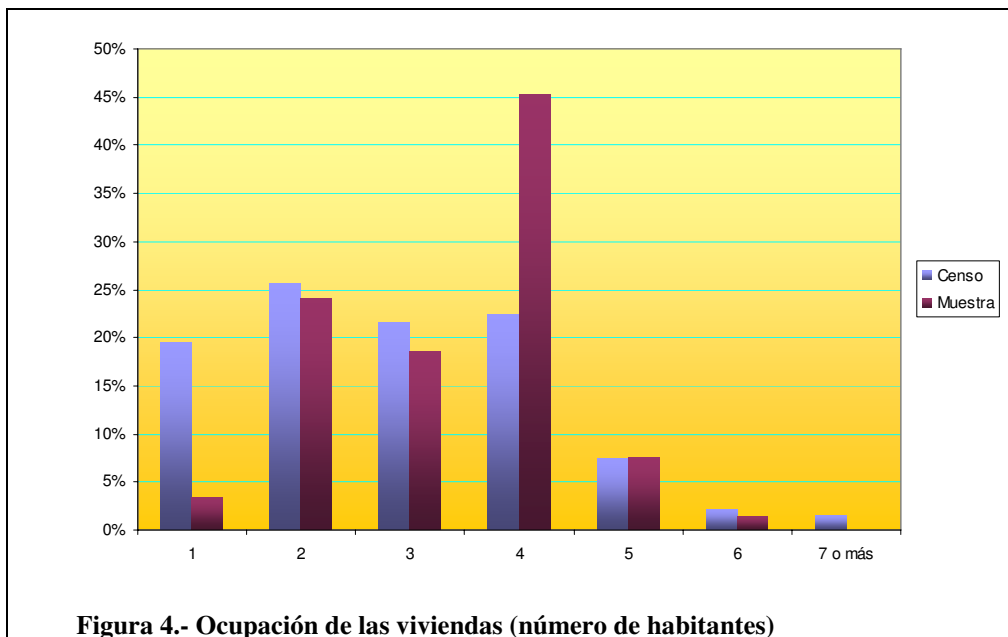


Figura 4.- Ocupación de las viviendas (número de habitantes)

**Nivel de consumo de agua:**

De aquellos participantes en el estudio que son clientes directos del Canal de Isabel II (89 viviendas), se dispone del historial de consumos de agua facturados. Los datos correspondientes a 2007, y su comparación con la media de la Comunidad de Madrid se resumen en las siguientes tablas:

**Tabla 1.- Dotaciones 2007 por vivienda (l/día)**

|            | Plurifamiliar | Unifamiliar | Todas |
|------------|---------------|-------------|-------|
| Muestra    | 352,1         | 464,8       | 382,5 |
| Media CYII | 307,9         | 521,1       | 335,4 |

Fuente: Canal de Isabel II

**Tabla 2.- Dotaciones 2007 por habitante (l/día)**

|            | Plurifamiliar | Unifamiliar | Todas |
|------------|---------------|-------------|-------|
| Muestra    | 110,0         | 137,7       | 117,8 |
| Media CYII |               |             | 135,8 |

Fuente: Canal de Isabel II

Las dotaciones por vivienda, excepto en el caso de las unifamiliares son algo superiores a la media de la región, lo que se debe a la mayor ocupación, siendo las dotaciones por habitante un 14% inferiores a la media, también reflejo del menor consumo por habitante en las viviendas con mayor ocupación.

**Utilización del lavavajillas:**

En la Comunidad de Madrid, según datos obtenidos por Canal de Isabel II en 2001 mediante encuesta sobre 4500 viviendas, la proporción de hogares con lavavajillas es del 53%, algo superior a la media nacional. En la muestra estudiada en este proyecto 137 de las 155 viviendas (88%) disponían ya de este electrodoméstico.

En el gráfico siguiente se presentan los datos relativos a la frecuencia de uso del lavavajillas manifestado por los participantes en el presente estudio.

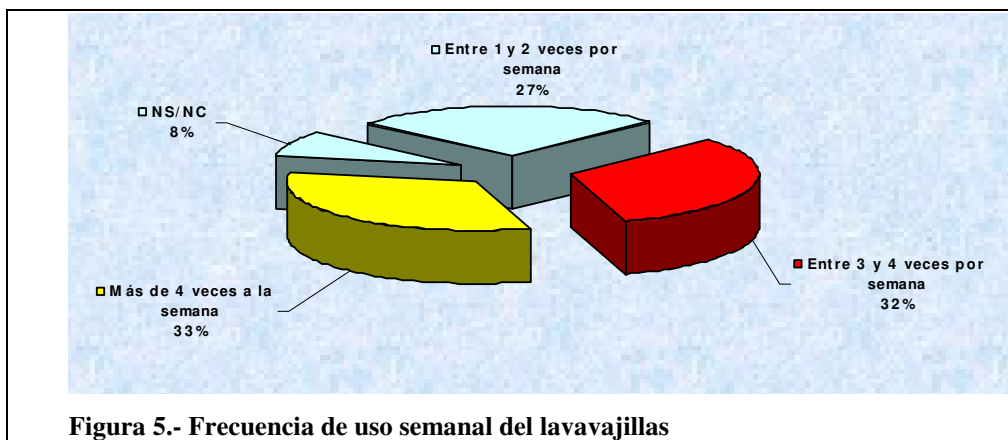


Figura 5.- Frecuencia de uso semanal del lavavajillas

En cuanto a los hábitos antes de la carga del lavavajillas, un 31% indica que retira los restos de comida sin utilizar nada de agua, un 58% pasa la vajilla por agua para retirar los restos, y un 1% lo carga directamente.

Además, un 84% afirma cargar completamente el lavavajillas y un 7% no lo llena completamente pero dice utilizar la función de media carga. Solamente un 15% utiliza el prelavado y el 79% lava a mano carga delicada como las copas.

### 3.2. Equipos de medida

Los requisitos técnicos que el objetivo de este estudio exige son difíciles de solventar mediante las soluciones comerciales habituales que se pueden encontrar en el mercado. Se requiere un sistema que permita caracterizar las curvas de consumo de los domicilios controlados con precisión.

Como la precisión de los contadores debe ser muy alta se ha debido recurrir a contadores volumétricos con salida mediante emisor de impulsos para su centralización en equipos datalogger. Estos equipos tienen una limitación de memoria para el registro de datos y número de canales de entrada que admiten.

Para optimizar esta memoria se ha empleado un procedimiento ventajoso, de forma que se registran volúmenes atendiendo a pulsos generados como eventos. Es decir, cada pulso genera un evento en el programa del equipo que será registrado en la memoria junto con la fecha y hora en que se produjo. Para este estudio se produce un pulso por litro consumido. De este modo se caracteriza la curva de consumo controlando además los volúmenes consumidos.

Los contadores de precisión instalados se complementan con un equipo que registra el momento y la cantidad del consumo de agua. Este equipo se sitúa cerca del contador de precisión, y va conectado a él a través de un cable. Esta estación transmite de forma autónoma y periódicamente los datos registrados.

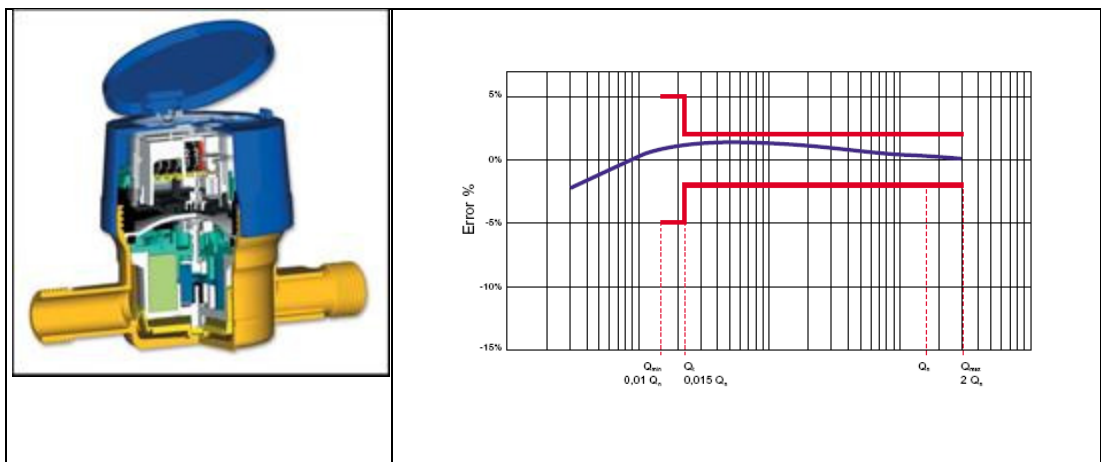
Este equipamiento permite la identificación de los distintos usos del agua en el hogar: grifos, cisternas, duchas o electrodomésticos. Sin embargo, no es posible en la mayoría de los casos distinguir los diferentes grifos de la vivienda (fregadero, lavabo, bidet, etc.) por presentar unas curvas de consumo muy similares, por lo que se planteó el empleo de otros equipos para el control del consumo del lavado de la vajilla a mano que se realiza en los fregaderos. Para

este objetivo se utilizaron contadores de velocidad de clase B, cuya precisión se ha considerado suficiente. En el caso de viviendas con entrada general de agua caliente, se utilizaron también contadores de velocidad, ya que la temperatura del agua hace que no sean apropiados los contadores volumétricos

En conclusión, los equipos seleccionados fueron:

- Equipos hidráulicos:

Para la entrada general de agua fría contador volumétrico de Clase C (620C), tipo pistón rotativo, equipado con un emisor de pulsos que genera un impulso cada vez que pasa un litro de agua. Este emisor se conecta a uno de los canales de entrada digital de la estación remota. Cuando ha sido posible, estos contadores se han instalado en serie con el contador existente, en caso contrario se ha procedido a la sustitución del mismo.



**Figura 6.- Contadores volumétricos de precisión**

En los fregaderos (agua fría y caliente) y entrada general de agua caliente contadores de velocidad de Clase B. Se han utilizado para controlar el volumen de agua usado en el fregadero, y también cuando en los domicilios se tenía alguna entrada general de agua caliente. En este último caso, se instalaron con un emisor de pulsos conectado a un canal de entrada digital de la estación remota.

- Equipos electrónicos:

Emisores de pulsos. A los contadores que controlan la entrada general de agua a la vivienda se les acopla en su parte superior un emisor de pulsos que trasmite la señal del paso del volumen desde el contador que lo mide a la estación remota, a través de un cable.





**Figura 7.- Emisor de pulsos**

Estación remota de control con MODEM GSM integrado, para la transmisión de históricos al centro de control. Estos equipos disponen de una capacidad de almacenamiento de hasta 25.000 lecturas. La estación remota cuenta con una antena de transmisión que permite buscar la mejor señal posible, o sacar la antena al entorno cercano. Estas estaciones de control se montaron dentro de una caja resistente al agua, con una etiqueta identificativa del proyecto y un número de teléfono donde comunicar posibles incidencias.



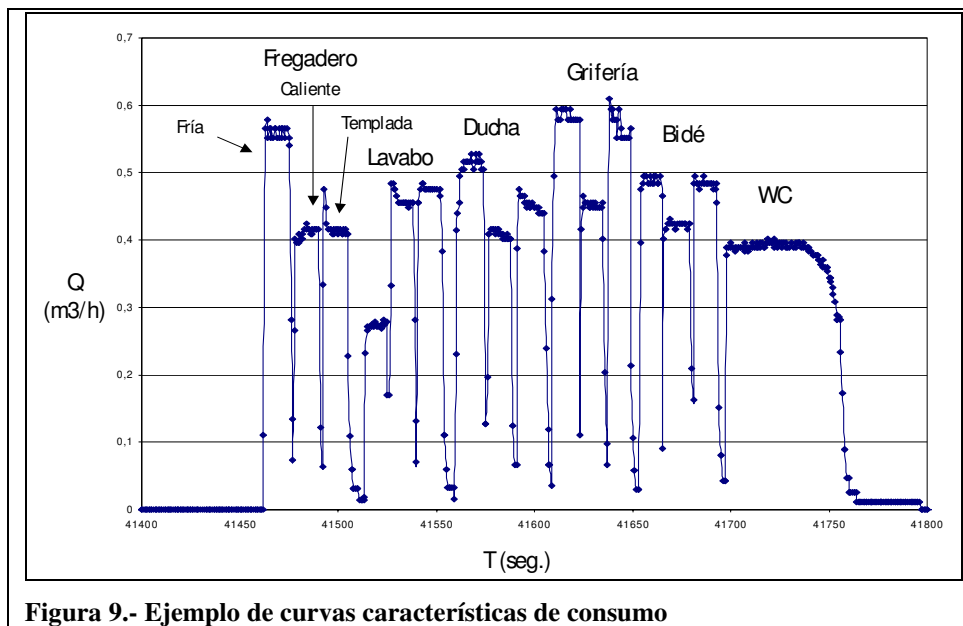
**Figura 8.- Estación remota de registro y control**

### **3.3. Calibración**

Como se ha indicado con anterioridad, el consumo derivado del lavado de vajilla a mano se obtiene a partir de los contadores de velocidad instalados bajo los fregaderos de los usuarios. Sin embargo, en el caso de los contadores volumétricos instalados en la entrada general de agua, se registrara el consumo de todos los usos domésticos.

La representación de los registros almacenados por estos contadores da como resultado una curva de consumo: caudal frente a tiempo. En esta curva se pueden diferenciar los distintos usos del agua, siempre y cuando se conozca la curva característica de cada elemento. Además, integrando el área encerrada bajo la curva, se calcula el volumen consumido.

Para caracterizar las diferentes curvas según el domicilio, se realiza un proceso de calibración, que consiste en la apertura de los distintos elementos individualmente, anotando el tiempo y hora de apertura. Para un mismo elemento se hará para agua fría y caliente, cuando corresponda. El resultado será el registro de estos consumos que podrán ser identificados y relacionados con su elemento al procesar los datos enviados por cada estación. En la Figura 9 se muestra la curva característica de un domicilio.



**Figura 9.- Ejemplo de curvas características de consumo**

En el caso de los electrodomésticos (lavadora y lavavajillas) los patrones de consumo se identifican fácilmente ya que presentan ciclos repetitivos con un mismo caudal. El volumen de estos ciclos puede variar en función del programa seleccionado, no obstante, presentan estructuras que aparecen de forma cíclica durante un determinado intervalo de tiempo en el que el caudal se mantiene constante. El patrón de consumo del lavavajillas, que es el que interesa a efectos de este estudio es perfectamente conocido puesto que se determina en los laboratorios de BSHE, fabricante de todos los aparatos instalados (apartado 3.5).

### **3.4. Registro de los consumos**

La recogida de datos se realiza a través de contadores con salida mediante emisor de pulsos. Este emisor genera un pulso por litro consumido y está conectado a uno de los canales de entrada digital de la estación remota de control. Cada canal tiene asociada una función de registro que provocará el almacenamiento del dato con fecha y hora en la que se produce el evento. El dato almacenado es la unidad de volumen fijada, en este proyecto cada litro, tal y como ya se ha indicado.

Estos datos son transmitidos al centro de control mediante el MODEM GSM. La frecuencia de transmisión para la descarga de históricos se ha configurado de tal forma que los datos se reciben diariamente en el centro de control, además de poder ser descargados a demanda de los técnicos ocupados del seguimiento. La comunicación y descarga correcta se

comprueba diariamente de forma que queda asegurada la integridad de los datos, así como la posibilidad de intervención inmediata en caso de cualquier incidencia.

Además de los datos de consumos, los equipos de registro notifican alarmas en el caso de que se produzcan incidencias como errores en la transmisión, agotamiento de la batería o llenado de la memoria. En cualquier caso, la seguridad de los datos queda garantizada, ya que el equipo dispone de una función específica que permite forzar la descarga de históricos cuando la memoria está próxima a agotarse.

Junto a estos datos continuos, se cuenta con las lecturas de los contadores de fregadero, que proporcionaron los datos al inicio del estudio, en el momento de puesta en marcha del lavavajillas, y al finalizar el periodo de control del consumo en el lavado de vajillas.

### 3.5. Instalación de los lavavajillas

Para llevar a cabo el estudio, se han utilizado lavavajillas de 60 cm. de ancho, 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.

Todos ellos tienen la misma electrónica e idéntico sistema hidráulico. De esta manera todos consumen 12 litros de agua y 1,05 kWh de energía en el programa de referencia ECO 50°C.

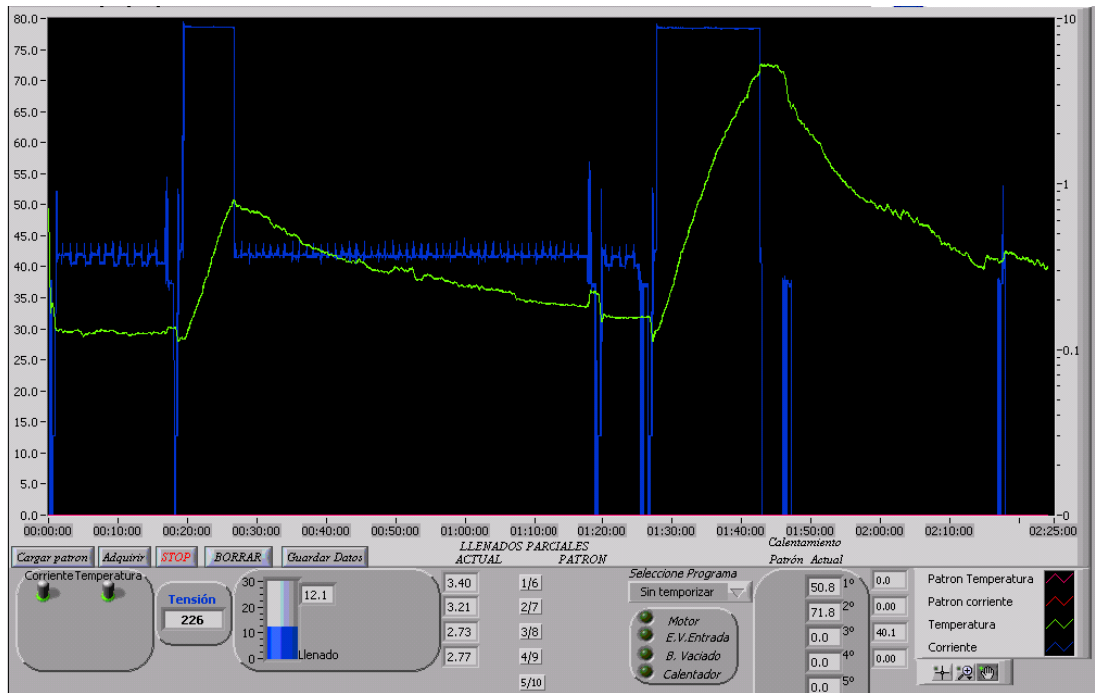


Figura 10.- Diagrama de consumo del lavavajillas

En la gráfica de la Figura 10, la línea verde muestra la evolución de la temperatura de lavado en dicho programa y la azul la de consumo de energía. Se aprecia en esta gráfica que una vez pasada la fase de pre-lavado, se eleva la temperatura para empezar la fase de lavado a 50°C; Al final del lavado, ésta se eleva hasta 70°C, en la fase de aclarado final, para que durante el secado, seque perfectamente.

Además se refleja, cuántos llenados o tomas de agua necesita el lavavajillas (12,1 litros en total) a lo largo de las 2 horas y 25 minutos que dura el programa de referencia.

En el lavado de la vajilla, el agua realiza funciones diversas. Actúa como medio de transporte y como disolvente del detergente, de la sal de regeneración y de los restos de alimento, así como de transmisor del calor. Además, en el lavado a máquina, el agua transmite la energía mecánica de realización del lavado.

Para el lavado a máquina de la vajilla es imprescindible reducir el grado de dureza del agua mediante descalcificación. En los lavavajillas domésticos esta función se realiza por intercambio a través de una sustancia sintética granulada (masa de intercambio) de los iones calcio y magnesio presentes en el agua por los iones de sodio que aporta la solución salina añadida antes de la puesta en marcha del aparato. Cuando la masa de intercambio se satura es necesario regenerarla aplicando una solución salina muy concentrada procedente del depósito de alimentación de sal. La cantidad de agua regenerada, y en consecuencia, la cantidad de salmuera, puede ajustarse en correspondencia con el grado de dureza del agua. Dicha regeneración no se realiza en cada lavado sino, cuando el descalcificador está saturado y es necesario regenerarlo; De esta manera, ahorramos hasta tres litros por lavado y una gran cantidad de sal.

El etiquetado energético que presentan los modelos utilizados en el estudio es Triple A, donde la primera “A” representa la eficiencia energética, la segunda “A” representa la “eficacia de lavado” y la tercera “A” la eficacia de secado.

Dicho etiquetado se mide en el programa de referencia, que es aquel en el que se va a medir el consumo energético para clasificar el electrodoméstico en una escala que va de la A a la G dependiendo del grado de eficiencia energética del mismo.

En dicha escala definida por Real Decreto 864/1998 por el que se regula el etiquetado energético de los lavavajillas domésticos, la letra A es la mejor calificación energética para lavavajillas, es decir, la que corresponde a un menor consumo de energía. Esto representa un consumo energético de 1,05 kWh en el programa de referencia para un lavavajillas de 12 cubiertos. Además, la etiqueta también informa del consumo de agua necesario para lavar una carga estandarizada de 12 cubiertos o servicios.

Respecto al programa de referencia, es el propio fabricante el que decide cual va a ser su programa de referencia para poder medir el etiquetado. En el caso de BSH Electrodomésticos es el programa ECO 50° C. Sólo en este programa, hay unas condiciones estandarizadas en las que poder comparar entre los diferentes fabricantes de lavavajillas.

La etiqueta energética del lavavajillas Balay, cuyos consumos se han analizado en este estudio se representa en la **Figura 11**.

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Energía</b></p> <p>Lavavajillas</p> <p>Fabricante: <b>Balay</b></p> <p>Modelo: <b>3VS564BD</b></p> <p>Más eficiente</p> <p>A B C D E F G</p> <p><b>A</b></p> <p>Menos eficiente</p> <p>Consumo de energía kWh/ciclo<br/>(basado en los resultados obtenidos en las pruebas realizadas por el fabricante en un ciclo normalizado utilizando carga P14)<br/>El consumo real depende de las condiciones de utilización del aparato.</p> <p><b>1.05</b></p> <p>Eficiencia de lavado<br/>A: más alta G: más baja</p> <p>A B C D E F G</p> <p>Eficiencia de secado<br/>A: más alta G: más baja</p> <p>A B C D E F G</p> <p>Cubiertos: <b>12</b></p> <p>Consumo de agua l/ciclo: <b>12.00</b></p> <p>Ruido (dB(A) re 1pW): <b>52</b></p> <p>Ficha de información detallada en los folletos del producto.</p> <p>Norma EN 50242<br/>Directiva 2011/7/CE sobre el etiquetado de lavavajillas</p> |  |
| <p><b>Figura 11. Etiqueta energética</b></p>  | <p><b>Figura 12. Lavavajillas Balay 3VS564BD</b></p> |

### 3.6. Proceso de la información

Para el tratamiento de los datos recibidos por las estaciones remotas de control se emplea el software Trace Wizard versión 4.1 R11 (©: Aquacraft, Inc., 2709 Pine St., Boulder, Colorado, 80302, USA).

En el software se introducen para cada usuario los datos de calibración de los dispositivos del domicilio, con el fin de discriminar los distintos usos finales del agua. Este software es capaz de identificar los patrones de consumo de cada dispositivo, aun en el caso de que se produzcan superposiciones en los usos. Los resultados que proporciona consisten en el volumen utilizado en cada aplicación, y la hora exacta en que se ha producido. Finalmente, estos resultados son supervisados por un técnico con el fin de validarlos, antes de darlos por correctos.

El control continuo de los consumos permite también detectar pautas de comportamiento de los usuarios, tales como ausencias prolongadas, vacaciones, etc. que pueden influir en los resultados finales. En el proceso final de la información se tienen en cuenta estos detalles, al objeto de homogeneizar los resultados de todos los componentes de la muestra.



considerarse una cota inferior del uso de agua para el lavado a mano de la vajilla en los hogares, y que podría estimarse comprendido entre 45 y 60 litros día en viviendas ocupadas por 2 – 3 personas, y entre 70 y 80 litros diarios en viviendas de mayor ocupación.

#### 4.2. Uso de lavavajillas

Durante el periodo de prueba de utilización del lavavajillas, se ha monitorizado cada uno de los usos del mismo, registrándose el momento 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 10,24 litros.

La frecuencia media de utilización del lavavajillas ha sido de 2,32 usos por semana, dependiendo este dato en gran manera, como era previsible, del número de personas que habitan la vivienda (Figura 14). Estos datos son inferiores a los manifestados por los usuarios en la encuesta de información previa (*apdo. 3.1*), ya que un 40% lo ha utilizado menos de dos veces por semana, y solamente un 10% más de 4. También son inferiores a los determinados en el estudio mencionado anteriormente, donde el promedio de usos era de 3,08 usos por semana, aunque para evaluar ese promedio no se tuvieron en consideración aquellas viviendas donde se utilizaba menos de una vez por semana.

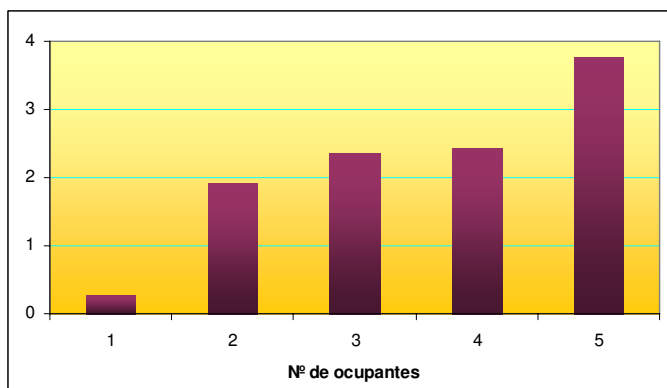


Figura 14.- Frecuencia semanal media de utilización del lavavajillas

#### 4.3. Análisis comparativo

Resulta evidente, a la vista de los datos mostrados en los puntos anteriores el ahorro de agua obtenido con la utilización del lavavajillas. Este ahorro, medido como la diferencia en el consumo diario de agua en el fregadero entre los dos periodos, y compensado con el volumen usado en el lavavajillas, ha sido como promedio de 32 litros diarios, de los cuales 26 serían de agua caliente. Este ahorro es del 10% del consumo medio de la vivienda en el periodo estudiado. La reducción del consumo se ha reflejado también en el consumo general de las viviendas, aunque en menor proporción, ya que este dato está influenciado especialmente en las viviendas unifamiliares, por otros factores, como es el mayor consumo en otros usos (duchas, usos de exterior), en los meses de primavera respecto a los de invierno. Por cada uso del lavavajillas, el ahorro medio registrado ha sido de 97 litros de agua, es decir, que para el lavado a mano de la carga completa del lavavajillas, se estarían empleando por término medio 107 litros de agua..

Estos valores también se encuentran relacionados con el número de personas que habitan la vivienda, siendo mínimo el ahorro en el caso de un solo habitante (inferior a 5 litros diarios), y es sobre unos 40 litros diarios en las viviendas de 3 y más ocupantes (Figura 15). La



reducción de consumo por habitante ha sido de 9,5 litros diarios, que corresponde al 10% del consumo doméstico por persona en el periodo del estudio.

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 (Cubillo et al. 2008), existe un ahorro potencial de 9,6 hm<sup>3</sup> al año, con una media de 25 litros diarios por vivienda.

En cuanto al consumo de energía, el balance es también positivo, ya que el ahorro de 26 litros diarios de agua caliente, representa 1,43 kWh diarios (suponiendo un incremento de temperatura de 15 a 60° C), en contraste con 1,05 kWh consumidos por el lavavajillas en cada ciclo (2,32 veces a la semana de media), por lo que el ahorro neto de energía supone más de 1 kWh diario por vivienda.

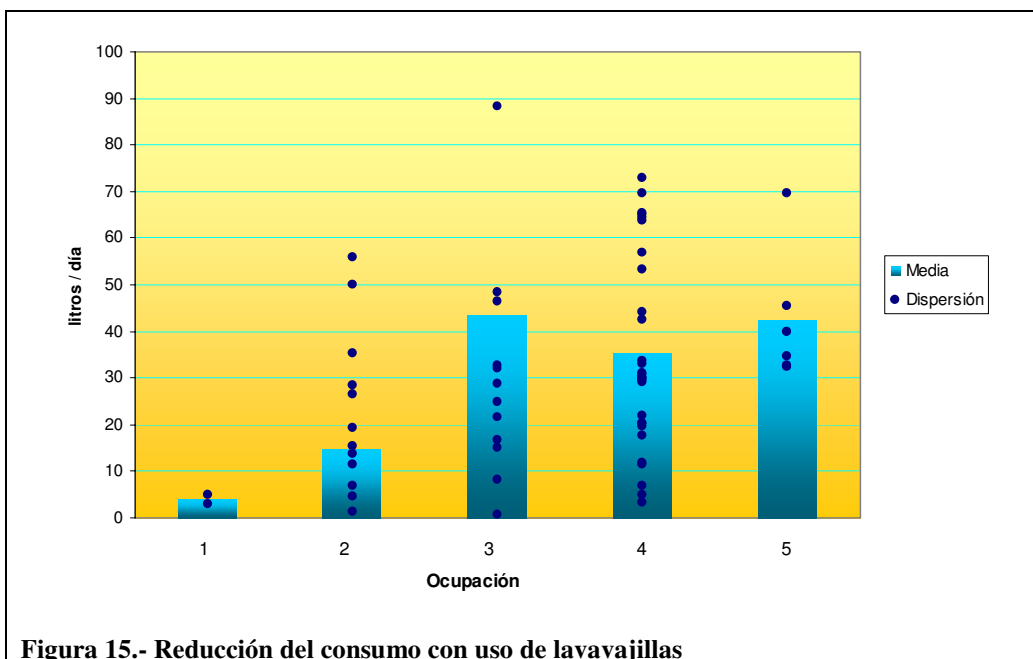


Figura 15.- Reducción del consumo con uso de lavavajillas

## 5. Conclusiones

Se han presentado en este documento la metodología y los resultados preliminares del ensayo llevado a cabo en la Comunidad de Madrid para investigación de potenciales de mejora de eficiencia en la utilización de los recursos naturales: agua y energía, en los hogares, mediante el uso del lavavajillas.

El trabajo se ha realizado durante los meses de enero a junio de 2008, sobre una muestra de 155 viviendas, en las que se ha monitorizado de forma continua el consumo de agua. Las condiciones del ensayo han sido las de la actividad habitual de los hogares. Durante un periodo aproximado de dos meses, todo el lavado de la vajilla se ha efectuado a mano, y durante otro periodo posterior de otros dos meses se ha utilizado un lavavajillas eficiente de clase AAA.

Los primeros 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 10% del consumo total de las viviendas. Este ahorro, por término medio se ha evaluado en 32 litros diarios, de los que 26 serían de agua caliente. Este ahorro es notablemente mayor en viviendas en las que habitan 3 o más personas, y mínimo en viviendas ocupadas por una única persona.



La mejora en el uso de la energía se ha evaluado en algo más de 1 kWh diario, 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. Se estima que mediante una utilización óptima del lavavajillas podrían obtenerse mejoras adicionales en la eficiencia, por lo que un análisis detallado de la información adquirida durante el estudio podrá servir para la elaboración de unas recomendaciones para un uso más eficiente.

## **6. Referencias**

Cubillo González, F.; Ibáñez Carranza, J.C.; Fernández Delgado, F.J. (2001): *Estudio de la demanda de agua para uso urbano en la Comunidad de Madrid*. Fundación Canal de Isabel II.

Cubillo González, F.; Moreno, T.; Ortega, S. (2008). *Microcomponentes y factores explicativos del consumo doméstico de agua en la Comunidad de Madrid*. Cuadernos de I+D+I Canal de Isabel II (en imprenta).

Fernández, M.; Sainctavit, L. (2008). *Estudio de potenciales de ahorro de agua en usos residenciales de interior en la Comunidad de Madrid*. Cuadernos de I+D+I Canal de Isabel II (en imprenta).

Stamminger, R. et al.(2004): *A European comparison of Cleaning Dishes by Hand*.