

EVALUACIÓN DE EFICIENCIA PARA EL APROVECHAMIENTO Y CONSUMO DE AGUA DE REGADERA EN HOGARES EN MEXICALI

César Sánchez Ocampo, Universidad Politécnica de Baja California
Jorge Ignacio Anguiano Lizaola, Universidad Politécnica de Baja California
Miriam Arlyn Tong Delgado, Universidad Politécnica de Baja California
Miguel Ángel Canales Rodríguez, Universidad Politécnica de Baja California

RESUMEN

En la actualidad el incremento de la población y la creciente escasez de agua están convirtiéndola en un recurso muy apreciado, por lo que la creación de sistemas y métodos que permiten su ahorro y reutilización es una necesidad en todo el mundo, que aporta beneficios sociales, ambientales y económicos. Los hogares que utilizan estos sistemas e implementan políticas de ahorro crean ventajas competitivas, debido al valor económico y financiero del agua. Este estudio evalúa la eficiencia del consumo de agua de regadera en los hogares mexicalenses, específicamente mediante la cantidad de agua desperdiciada en las duchas en espera a que el agua alcance la temperatura deseada de uso, así como el potencial ahorro. Se realizó un diseño transversal con la aplicación de un instrumento de elaboración propia considerando la literatura existente para formular las preguntas e interpretar los resultados. Los resultados señalan que en promedio habitan cuatro personas en un hogar que, esperando dos minutos y medio para bañarse con agua caliente, durante cuatro meses y medio en promedio. Implicando un potencial de ahorro, 7350 litros anuales por hogar, considerando únicamente el uso del agua caliente en la ducha.

PALABRAS CLAVE: Uso Eficiente de Agua, Calentador de Agua, Ducha, Purga de Agua

EFFICIENCY OF USE AND CONSUMPTION OF SHOWER WATER IN HOUSEHOLDS IN MEXICALI

ABSTRACT

Increasing population and water scarcity is making water a highly valued resource. The creation of systems and methods that allow water conservation and reuse is a worldwide need that brings social, environmental and economic benefits. Households that use these systems and implement savings policies create a competitive advantage, due to the economic and financial value of water. This study evaluates the efficiency of shower water consumption in households of Mexicali. Specifically, we examine the amount of water wasted in showers waiting for the water to reach the desired temperature of use. We also examine potential savings. A cross-sectional design was carried out with the application of an elaboration instrument. We consider the existing literature to formulate questions and interpret the results. The results indicate that, on average, four people live in a home that waits for two and a half minutes to shower in hot water for four and a half months of the year on average. The potential savings equals 7,350 liters per household per year, considering only the use of hot water in the shower.

JEL: R11, R22, Q56

KEYWORDS: Efficient Water Usage, Water Heater, Shower, Water Purging

INTRODUCCIÓN

Ha habido un incremento en la demanda agua debido al crecimiento de la población y al mejoramiento de los niveles de calidad de vida. Estos cambios han sido tan acelerados e impredecibles que han generado inquietudes sobre la cantidad y calidad del agua disponible para sostenerlos. Aunado a lo anterior, el cambio climático ha modificado los patrones del ciclo hidrológico creando incertidumbre en la generación del suministro de agua (WWAP, 2012). Cabe señalar que los principales requerimientos del agua son para riego, producción energética, usos industriales y propósitos domésticos, de los cuales el primero demanda un 70% del total del agua extraída, mientras que el uso municipal es solo de 10% a nivel mundial. Sin embargo, en Latinoamérica este último dato se incrementa hasta alcanzar un 25% de la extracción (WWAP, 2012).

Específicamente, una persona en regiones de África consumió durante el 2001 en promedio 47 litros (lts) por día, mientras que otra persona en Estados Unidos consumió en ese mismo año en promedio 575 lts por día (UNFPA, 2001). En Glietck, 1996, se calculó que una persona necesita al menos 50 litros diarios para suplir sus usos esenciales como beber, cocinar e higiene básica. El exceso de consumo de agua se debe únicamente para mantener un “estilo de vida”. Así, por ejemplo, se ha señalado que ducharse representa en promedio un 30% del consumo por persona, si no se considera el consumo externo (Willis et al, 2011, Beal et al, 2011). Sin embargo, el valor económico del agua varía en función del usuario, el lugar y el momento, para las diferentes situaciones y propósitos de uso (WWAP, 2012). Este valor subjetivo ha sido ampliamente discutido (ICWE, 1992; Perry, 1997; Rogers, 2002; Savenije, 2002). Haciendo que a pesar de los muchos beneficios económicos, sociales y ambientales del agua no sea valorada igual por todos sus usuarios. A pesar de esto, la importancia del ahorro y reutilización del agua en el sector doméstico se incrementa en un país semiárido como México, que tuvo durante el 2015 una precipitación anual pluvial en promedio de 840 milímetros (mm). Mientras que en regiones del norte de México se recibió una precipitación promedio anual de apenas 29 mm, padeciendo en temporadas sequías muy severas (CONAGUA, 2016).

Particularmente, al noroeste de México, en la frontera con California, se ubica Mexicali en una de las regiones más áridas del país. En estas circunstancias, el ahorro y la optimización de uso del agua a través de la reutilización es un imperativo para los habitantes y el gobierno de la ciudad. Por lo anterior, este estudio evalúa la eficiencia del aprovechamiento y consumo de agua de regadera en los hogares mexicalenses, específicamente mediante la descripción de la cantidad de agua que se desperdicia en las duchas mientras se espera que el agua alcance la temperatura deseada de uso, así como el potencial ahorro.

En la sección siguiente se presenta la Revisión de la Literatura, donde se exponen las variables involucradas en el consumo residencial de agua, los estudios que se han realizado en el mundo y una descripción de las características hídricas de la ciudad de Mexicali. En la Metodología se presenta el instrumento utilizado, la inspiración para los reactivos y una descripción de la muestra. En los Resultados se presentan los hallazgos encontrados. Finalmente, en la Conclusión se resumen los resultados obtenidos, se comentan sus implicaciones y se realizan recomendaciones sobre los siguientes pasos a seguir para continuar con este tema de estudio.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Mexicali es la ciudad más al norte de Latinoamérica, localizada al noroeste de México en el Estado de Baja California, en la frontera con California, se ubica en una de las regiones más áridas de Norte América. Con una temperatura mínima abajo de 0° C, durante diciembre y enero, y una máxima de 50° C en el período caluroso del año, de julio a septiembre, se alcanza una temperatura media anual de 22.3° C. En la zona se

presentó una precipitación media anual de 82.9 mm, durante el periodo 1969- 1999, pero es común una precipitación apenas superior a los 40 mm y menor a los 100 mm anuales. (CONAGUA, 2015; Gobierno del Estado de Baja California, 2015a). A pesar de esta situación adversa, el municipio de Mexicali ha alcanzado una población de más de un millón de personas (SEIS, 2014a) contando con 258788 viviendas con un promedio de 3.7 habitantes (SEIS, 2014b). Este municipio que representa tan solo el 18% de la superficie del estado de Baja California y 0.7% de México (Gobierno del Estado de Baja California, 2015c) concentra 2959 mega metros cúbicos (Mm³) de agua, un 88% del total de los recursos hidrológicos del Estado, de los cuales 1850 Mm³ provienen de aguas superficiales, incluyendo el afluente del Río Colorado, y 1100 Mm³ de aguas subterráneas (Gobierno del Estado de Baja California, 2015b).

Esta abundancia de recurso hidrológico ha hecho del acuífero del Valle de Mexicali uno de los distritos de riego agrícola más importante del país, tanto que en ciertas zonas presenta problemas de sobreexplotación. Debido a que el agua se considera no renovable para esta región por la escasa precipitación pluvial y la lenta renovación de las fuentes de agua subterráneas, no es posible aumentar los aprovechamientos del agua sin afectar a terceros (Gobierno del Estado de Baja California, 2015b; CONAGUA, 2015). Por lo antes mencionado, se considera que en esta región del Valle de Mexicali es una prioridad conocer cómo se conforma el consumo del agua para buscar medios de conservación y optimización del aprovechamiento de los recursos hidrológicos. Habría que decir que los usos domésticos en esta zona representan únicamente un 6.5 % de la extracción total (CONAGUA, 2016), con un consumo promedio por habitante de 280 lts/día (CESPM, 2017a). En consecuencia, alcanzar la eficiencia y entender este tipo de uso es importante para la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali (CESPM), quien se encarga de atender la planeación, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario en el Municipio de Mexicali (CESPM, 2017b). Pero también es muy importante que los usuarios sean conscientes del uso que dan al agua y del consumo que generan las actividades cotidianas, de esta forma podrán participar en estrategias de ahorro y reutilización de este preciado recurso y alcanzar un beneficio económico.

Por lo que se refiere al agua usada por los hogares se conforma de la suma de los diversos consumos internos y externos. Los consumos residenciales de una familia se han relacionado en estudios previos con una diversidad de variables estructurales, socioeconómicas, actitudinales, temporales y ambientales (Glieck, 1996; Mayer et al, 1999; Beal et al, 2011; Suero et al, 2012; Abdallah y Rosenberg, 2014; Chang et al, 2017). Entre los factores estructurales se consideran el tamaño de la propiedad, del jardín y si se cuenta piscina; los socioeconómicos como el número de habitantes por hogar y sus características de edad, género, educativas e ingresos; los actitudinales como las preferencias sobre la jardinería y situaciones subjetivas como su idiosincrasia sobre el ahorro y consumo del agua; los temporales consideran los meses, los días y las horas del consumo; y los ambientales, la ubicación geográfica y si hay sequía en la zona.

Especificando, la caracterización del uso residencial del agua se ha realizado en Estados Unidos (Mayer et al, 1999; Lee et al, 2011; Mansur y Olmstead, 2011; Suero et al, 2012; Abdallah y Rosenberg, 2014), en Australia (Beal et al, 2011, Willis et al, 2011; Britton et al, 2013), en Inglaterra (Fox et al, 2009, Carboni et al, 2016), en China (Zhang y Brown, 2005; Chu et al, 2009), considerando una combinación de los factores mencionados. Así pues, toda esta información adquiere importancia para los administradores de la red suministro debido a, entre otras, la planeación para la construcción, ampliación y mantenimiento de la red y conocer el tiempo de vida de las fuentes de suministro y de ser posible extender su capacidad (Awad et al, 2008). Por otra parte, para la medición de los consumos residenciales se han utilizado diferentes enfoques. Uno de ellos ha sido utilizar los recibos de pago del servicio de agua para evaluar el consumo por temporadas en una región o ciudad, sin embargo, con este método no se conoce cómo se compone este consumo. Pero con el advenimiento de sistemas inteligentes de medición se han alcanzado mediciones muy específicas de los dispositivos o actividades que generan cada consumo y sobre en qué momento ocurre (Beal y Stewart, 2013; Rizzoli et al, 2014). De ahí se ha señalado que, entre los usos internos, la actividad de ducharse representa en promedio un 30% del consumo seguida por el lavar la ropa con un 21% (Willis

et al, 2011, Beal et al, 2011). Los factores más importantes que condicionan este consumo son cómo está integrada la familia y el tipo de regadera con que se cuenta, siendo las familias con niños las que más agua gastan en esta actividad (Makki et al, 2013). En cuanto al tipo de regadera, se ha reportado que una estándar gasta 25 lts/min, mientras que una de bajo flujo gasta únicamente 7 lts/min (Millock y Nauges, 2010). Habría que decir también que las actitudes individuales de cada habitante de la casa son un factor relevante para el consumo, como cerrar la llave mientras se jabona o no considerar el ducharse una actividad recreativa (Millock y Nauges, 2010; Makki et al, 2013).

Hay que mencionar otro consumo en la actividad de ducharse, la purga de agua que ocurre cuando una tubería que suple agua caliente a un grifo está debajo de la temperatura deseada por el usuario y es purgada o dejada correr hasta alcanzar la temperatura esperada (Ally et al, 2002; Wiehagen y Sikora, 2002; Aguilar et al, 2005). Este consumo depende de las preferencias de temperatura de los usuarios, de la distancia entre el calentador y la salida de agua, de la temperatura del aire alrededor de las tuberías para agua caliente, del tipo y el tamaño del diámetro de la tubería y del tipo de calentador utilizado (Ally et al, 2002; Wiehagen y Sikora, 2002; Aguilar et al, 2005; Brazeau y Edwards, 2011). Se estima que la mayoría de las personas dejan corriendo el agua a flujo completo tirando de 4 a 12 litros por uso (Ally et al, 2002; Wiehagen y Sikora, 2002).

Por lo que se refiere a las acciones para reducir el consumo de agua en los hogares se han considerado dos tipos de estrategias: las de suministro y las de demanda (García-Valiñas et al, 2015). Entre las estrategias de suministro se cuentan las políticas de incremento de precios, de modo que el consumidor al percibir el aumento de los costos en el agua modere su uso; las de reducción de la prestación de servicio y la difusión de campañas publicitarias promoviendo el ahorro. Las estrategias de la demanda es la adopción de dispositivos de ahorro o reuso de agua (Millock y Nauges, 2010). En cuanto a México, de acuerdo con los resultados de una encuesta aplicada por la OCDE en el 2008, cerca de un 85% de la población ha adoptado dispositivos ahorradores como inodoros y lavadoras de ropa eficientes, tanques recolectores de agua de lluvia y regaderas de bajo flujo (Idem), esta alta tasa de adopción se justifica por los programas patrocinados por el gobierno para reducir el consumo de agua en los hogares (Idem). Por todo esto, en este estudio se evalúa la eficiencia del aprovechamiento y consumo de agua de regadera en los hogares mexicalenses, específicamente mediante la descripción de la cantidad de agua que se desperdicia en las duchas mientras se espera que el agua alcance la temperatura deseada de uso, así como el potencial ahorro. Este tipo de estudios no se ha realizado en la región hasta donde los autores han investigado.

METODOLOGÍA

Para este estudio se realizó un diseño transversal con la aplicación de un instrumento de elaboración propia consistente en cinco preguntas, tres abiertas y dos cerradas (ver Tabla 1), considerando la revisión de la literatura para formular las preguntas e interpretar los resultados. Por tanto, debido a que uno de los factores más trascendentes que determinan la eficiencia del consumo de agua (y de energía), así como el tiempo de espera a que el agua alcance la temperatura deseada es el tipo de calentador utilizado (Brazeau y Edwards, 2011), se indagó si la muestra utiliza a) De depósito, b) Eléctrico, c) De paso de recuperación rápida, d) De paso de recuperación instantánea, o e) Solar. Otro factor que ha sido señalado en toda la literatura sobre la cantidad de consumo de agua en los hogares es el número de personas que los habitan (Wiehagen y Sikora, 2002; Aguilar et al, 2005; Millock y Nauges, 2010; Makki et al, 2013), por lo que esto constituyó otra pregunta realizada en la encuesta. A esta última se le suma el conocer cuántos meses del año permanece encendido su calentador de agua (Aguilar et al, 2005). A causa de la influencia en la cantidad total de agua fría purgada de las tuberías del número de veces que un grifo se abre, es importante conocer el uso que se le da al agua caliente (Ídem). En el último reactivo que aparece en la encuesta se pregunta al encuestado su percepción sobre el tiempo que espera para que el agua este a la temperatura deseada.

Para la aplicación de esta encuesta se seleccionó una muestra dirigida por conveniencia de 100 estudiantes de la Universidad Politécnica de Baja California durante el mes de mayo del 2017. La encuesta se aplicó en clase por los investigadores, en consecuencia, la totalidad de las encuestas fueron contestadas correctamente. Se eligieron estudiantes que cursan el primero, segundo y tercer año de la Universidad. Entre los participantes, el 81% de la muestra tiene entre 18 y 29 años, dos terceras partes del total pertenecen al sexo masculino, el 61% está empleado, mientras que el 60% gana 5 salarios mínimos (\$7000 pesos mexicanos mensuales) o menos.

Tabla 1. Formato de Instrumento Utilizado

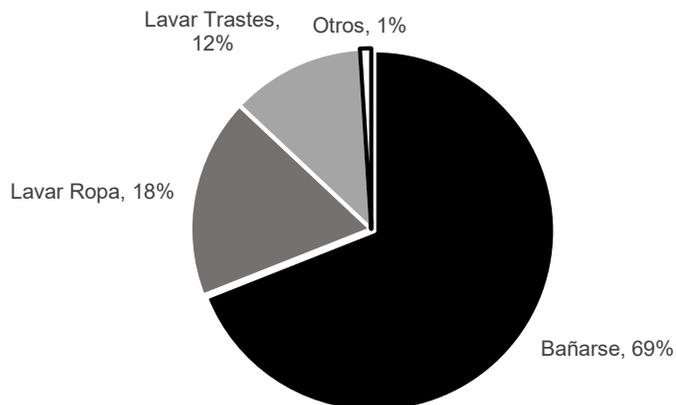
Pregunta No.	Pregunta	Opciones
1	¿Cuántas personas viven en su domicilio?	Abierta
2	¿Qué tipo de calentador de agua tiene en su casa?	a) De depósito b) Eléctrico c) De paso de recuperación rápida d) De paso de recuperación instantánea e) Solar
3	¿Qué usos le da usted al agua caliente?	a) Bañarse b) Lavar ropa c) Lavar trastes d) Otro. ¿Cuál? _____
4	¿Cuántos meses al año está encendido su calentador de agua?	Abierta
5	Desde que usted abre la llave, ¿cuánto tiempo tarda, aproximadamente, en salir el agua a la temperatura deseada?	Abierta

Instrumento de elaboración propia consistente en cinco preguntas, tres abiertas y dos cerradas. En la primera columna se muestran las preguntas realizadas y en la segunda columna las opciones disponibles a esas preguntas, si son cerradas, y la indicación de opción abierta, si son abiertas.

RESULTADOS

Los resultados de la encuesta señalan una media de 4 habitantes por hogar, los cuales utilizan en promedio cuatro meses y medio agua caliente en el desarrollo de sus actividades diarias. La muestra señala que un 69% utiliza el agua caliente para bañarse, seguido a la distancia por un 18% que lava ropa con el agua caliente, como se observa en la Figura 1. En particular, un 45% utiliza calentadores eléctricos, mientras que el 38% de los encuestados utilizan un calentador de depósito, observado en la Figura 2. Asimismo, en promedio espera dos minutos y medio a que el agua este a una temperatura deseable. Los usuarios de calentador de depósito esperan en promedio tres minutos y diez segundos, los usuarios de calentadores eléctricos dejan correr el agua una media de dos minutos y cuarenta segundos, mientras que las personas que utilizan calentadores de paso esperan en promedio un minuto y cuarenta segundos (vea la Tabla 2).

Figura 1: Respuestas Registradas de la Pregunta ¿Qué Tipo de Uso le Da Usted al Agua Caliente?



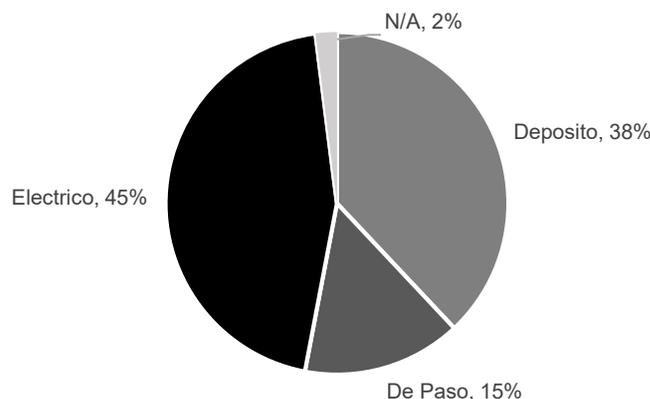
La Figura 1 señala que un 69% de los encuestados utilizan el agua caliente para ducharse, un 18% la utiliza para lavar la ropa, un 12% lava trastes y un 1% la usa para otras actividades no especificadas.

Tabla 2: Relación de Tipo de Calentador y Tiempo de Espera Promedio Para Que el Agua Alcance la Temperatura Deseada

Tipo de Calentador	Tiempo de Espera en Promedio
De depósito	3 minutos 10 segundos
De paso	1 minuto 20 segundos
Eléctrico	2 minutos 40 segundos

Esta tabla muestra un resumen de la percepción que tienen los usuarios de diferentes tipos de calentadores de agua del tiempo que esperan desde que abren el grifo a que el agua alcance la temperatura deseada. Se incluyen los tres tipos de calentadores que el estudio reveló son los más utilizados en los hogares de Mexicali.

Figura 2: Respuestas Registradas de la Pregunta ¿Qué Tipo de Calentador Tiene en Casa?



Esta figura señala que un 45% de los encuestados tiene un calentador de depósito eléctrico, un 38% tiene un calentador de depósito de gas, un 15% tiene un calentador de paso de recuperación rápida y de recuperación instantánea y un 2% no especificó el tipo de calentador.

CONCLUSIÓN

Ha habido un incremento en la demanda agua debido al crecimiento de la población y al mejoramiento de los niveles de calidad de vida. En el Valle de Mexicali el agua se considera no renovable por la escasa precipitación pluvial y la lenta renovación de las fuentes de agua subterráneas. Por lo que es una prioridad buscar medios para la conservación y la optimización del aprovechamiento de los recursos hidrológicos. Por consiguiente, es muy importante que los usuarios sean conscientes del uso que dan al agua y del consumo que generan las actividades cotidianas, de esta forma podrán participar en estrategias de ahorro y reutilización de este preciado recurso y alcanzar un beneficio económico.

En este estudio se evaluó la eficiencia del aprovechamiento y consumo de agua de regadera en los hogares mexicalenses, específicamente mediante la descripción de la cantidad de agua que se desperdicia en las duchas mientras se espera que el agua alcance la temperatura deseada de uso, así como el potencial ahorro. Del estudio se sabe que en promedio habitan cuatro personas en un hogar que esperan, dejando correr el agua fría, dos minutos y medio para bañarse con agua caliente, durante cuatro meses y medio en promedio. Esto implica que se desperdician, siendo potencial de ahorro, 7350 litros anuales por hogar, considerando únicamente el uso del agua caliente en la ducha. En Ally et al, 2002, se reportan posibles ahorros de 3,406 lts – 11,356 lts por grifo donde el agua caliente está disponible.

Si se considera que en Mexicali hay poco más de 250,000 mil viviendas con un promedio de 3.7 habitantes, el potencial de ahorro de agua, considerando únicamente las duchas, asciende a 1,837.5 millones de litros agua anualmente. Para que estos ahorros sean posibles se propone el uso de un sistema de recirculación de agua al calentador. Existen modelos comerciales (Brazeau y Edwards, 2011) y modelos experimentales (Ally et al, 2002).

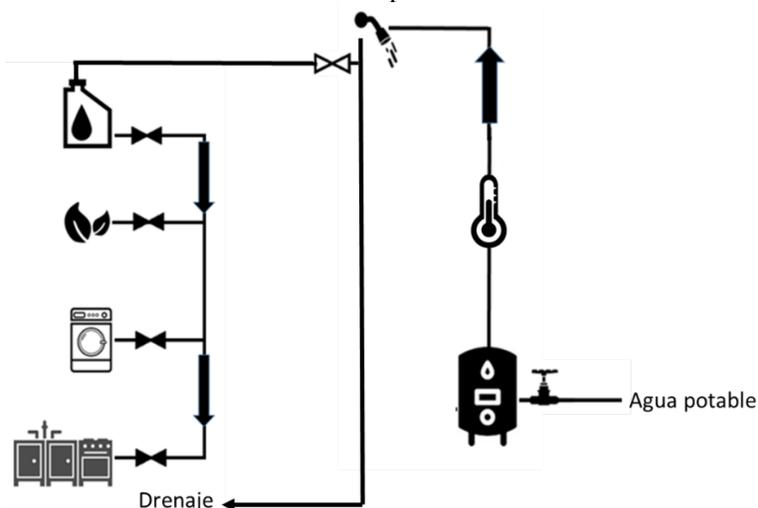
Este estudio es un parte aguas por lo que se recomienda la ampliación de la muestra e indagar sobre los otros factores que son relevantes en este tipo de consumo por purga de tubería de agua caliente. Se recomienda la evaluación de los sistemas de recirculación de agua al calentador para especificar su pertinencia y potencial de ahorro. Se puede ampliar este estudio más allá de los hogares e investigar sobre este tipo de consumo en establecimientos comerciales que utilizan agua caliente en sus actividades diarias. Finalmente a continuación se presenta una propuesta propia de sistema de recirculación de agua.

PROPUESTA DE SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA QUE SE DESPERDICIA EN LAS DUCHAS CON EL USO DE UN CALENTADOR DE AGUA TRADICIONAL

Cuando un habitante de una casa acciona una llave para agua caliente comienza a fluir el agua fría que queda en las tuberías del hogar hasta que es remplazada por agua caliente que sale del calentador, el cual es alimentado con el agua proveniente de la red de distribución. Esta agua fría es desechada hacia el drenaje mientras el usuario espera a que el agua alcance la temperatura deseada. El sistema propuesto consiste en un control de válvulas solenoide que se activan por sensores de temperatura permitiendo que el agua fría que se desperdicia en la espera del agua caliente sea dirigida a un contenedor externo, con opción a poder reutilizarla en los diversos usos como se ve en la Figura 1.

Específicamente el sistema de control consta de un convertidor de 127 Voltaje continuo (VAC) a la entrada con 24 Voltaje alterno (VDC) a la salida, al que se conectan el termostato, para monitorear la temperatura del agua, y el relevador, encargado de controlar dos válvulas, alimentadas también por el convertidor. La válvula normalmente abierta está dando paso al agua fría hacia el contenedor externo, mientras que la segunda permanece normalmente cerrada impidiendo el flujo de agua fría hacia la regadera. El termostato colocado en la tubería lo más cerca posible de la llave mezcladora al detectar el agua caliente y envía una señal a un relevador para que se abra la válvula de entrada del agua caliente hacia la regadera y cierra la válvula de salida al tanque de almacenamiento. El agua que se almacena en el contenedor se puede usar para regar el jardín, lavar la ropa, o lavar trastes, por medio de una red adicional.

Figura 3: Esquema de Sistema de Recirculación Propuesto



La válvula normalmente abierta está dando paso al agua fría hacia el contenedor externo, mientras que la segunda permanece normalmente cerrada impidiendo el flujo de agua fría hacia la regadera. El termostato colocado en la tubería lo más cerca posible de la llave mezcladora al detectar el agua caliente y envía una señal a un relevador para que se abra la válvula de entrada del agua caliente hacia la regadera y cierra la válvula de salida al tanque de almacenamiento. El agua que se almacena en el contenedor se puede usar para regar el jardín, lavar la ropa, o lavar trastes, por medio de una red adicional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdallah, A., & Rosenberg, D. (2014). Heterogeneous Residential Water and Energy Linkages and Implications for Conservation and Management. *ASCE-Journal of Water Resources Planning and Management*, 140(3), 288-297. doi:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000340
- Aguilar, C., White, D., & Ryan, D. (2005). *Domestic water heating and water heater energy consumption in Canada*. Alberta: Canadian Building Energy End-Use Data and Analysis Centre.
- Ally, M., Tomlinson, J., & Ward, B. (2002). *Water and Energy Savings using Demand Hot Water Recirculating Systems in Residential Homes: A Case Study of Five Homes in Palo Alto, California*. Oak Ridge: U.S. Department of Energy.
- Awad, H., Kapelan, Z., & Savic, D. (2008). Analysis of pressure management economics in water distribution system. *Water Distribution Systems Analysis 2008*. Kruger National Park, South Africa: American Society of Civil Engineers.
- Beal, C., Stewart, R., & Fielding, K. (2011). A novel mixed method smart metering approach to reconciling differences between perceived and actual residential end use water consumption. *Journal of Cleaner Production*, 1-13. doi:10.1016/j.jclepro.2011.09.007
- Brazeau, R., & Edwards, M. (2011). A review of the sustainability of residential hot water infrastructure: public health, environmental impact and consumer drivers. *Journal of Green Building*, 6(4), 77-95.
- Britton, T., Stewart, R., & O'Halloran, K. (2013). Smart metering: enabler for rapid and effective post meter leakage identification and water loss management. *Journal of Cleaner Production*, 54, 166-176.
- Carboni, D., Gluhak, A., McCann, J., & Beach, J. (2016). Contextualising Water Use in Residential Settings: A survey of Non-Intrusive Techniques and Approaches. *Sensors*, 16(5), 738. doi:10.3390/s16050738
- CESPM (Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali). (19 de Mayo de 2017). *Noticias. Ofrece gobierno del estado mayor cobertura y calidad en servicios de agua para los mexicalenses*. Obtenido de CESPM: <http://www.cespm.gob.mx/noticias6.html>
- CESPM (Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali). (2017). *Quienes somos*. Obtenido de CESPM (Comité Estatal de Servicios Públicos de Mexicali): <http://www.cespm.gob.mx/quienessomos.html>
- Chang, H., Bonnette, M., Stoker, P., Crow-Miller, B., & Wentz, E. (2017). Determinants of single family residential water use across scales in four western US cities. *Science of Total Environment*, 451-464.
- Chu, J., Wang, C., Chen, J., & Wang, H. (2009). Agent-Based Residential Water Use Behavior Simulation and Policy Implications: A Case-Study in Beijing City. *Water Resources Management*, 23, 3267. doi:10.1007/s11269_009-9433-2
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Mexicali (0210), Estado de Baja California*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2016). *Estadísticas del agua en México, Edición 2016*. Ciudad de México: CONAGUA.

Estudio de encuestas. (7 de Julio de 2017). Obtenido de https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Curso_10/ENCUESTA_Trabajo.pdf

Fox, C., McIntosh, B., & Jeffrey, P. (2009). Classifying household for water demand forecasting using physical property characteristics. *Land Use Policy*, 558-568.

García-Valiñas, M., Martínez-Espiñeira, R., & To, H. (2015). The use of non pricing instruments to manage residential water demand: what have we learned? En Q. D. Grafton, *Understanding and managing urban water in transition* (págs. 269-281). Springer Netherlands.

Glieck, P. (1996). Basic water requirements for human activities: meeting basic needs. *Water International*, 21, 83-92.

Gobierno del Estado de Baja California. (2015). *Clima*. Obtenido de Gobierno de Estado de Baja California: http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/recursos/clima.jsp

Gobierno del Estado de Baja California. (2015). *Hidrología*. Obtenido de Gobierno del Estado de Baja California: http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/recursos/hidrologia.jsp

Gobierno del Estado de Baja California. (2015). *Medio físico. Mexicali*. Obtenido de Gobierno del Estado de Baja California: http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/mexicali/medio_fisico.jsp

ICWE (International Conference on Water and the Environmental). (1992). *The Dublin statement and report of the conference*. Genova: World Meteorological Organization.

Lee, M., Tansel, B., & Balbin, M. (2011). Influence of residential water use efficiency measures on household water demand: A four year longitudinal study. *Resources, Conservation and Recycling*, 56, 1-6.

Makki, A., Stewart, R., Panuwatwanich, K., & Beal, C. (2013). Revealing the determinants of shower water end use consumption: enabling better targeted urban conservations strategies. *Journal of Cleaner Production*, 60, 129-146.

Mansur, E., & Olmstead, S. (2012). The Value of Scarce Water: Measuring the Inefficiency of Municipal Regulations. *Journal of Urban Economics*, 71(3), 332-346.

Mayer, P., DeOreo, W., Opitz, E., Keifer, J., & Nelson, J. (1999). *Residential End Uses of Water*. Boulder: AWWARF (American Water Works Association Research Foundation) y AWWA (American Water Works Association).

Millock, K., & Nauges, C. (2010). Household adoption of water-efficient equipment: the role of socio-economic factors, environmental attitudes and policy. *Documents de Travail du Centre d'Economie de la Sorbonne*. Paris, Paris, Francia: Centre d'Economie de la Sorbonne.

Perry, C., Rock, M., & Seckler, D. (1997). *Water as an Economic Good: A solution, or a Problem?* Colombo: International Irrigation Management Institute.

Rizzoli, A., Castelletti, A., Cominola, A., Fraternali, P., Diniz dos Santos, A., Storni, B., . . . Micheel, I. (2014). The SmartH2O project and the role of social computing in promoting efficient residential water use: a first analysis. *7th International Congress on Environmental Modelling and Software* (págs. 1559-1567). San Diego: iEMSs (International Environmental Modelling and Software Society).

Rogers, P., de Silva, R., & Bhatia, R. (2002). Water is an economic good: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability. *Water Policy*, 4, 1-17.

Savenije, H. (2002). Why water is not an ordinary economic good, or why the girl is special. *Physics and chemistry of the earth*, 27, 741-744.

SEIS (Sistema Estatal de Información Sociodemográfica). (2017). *Datos demográficos de Mexicali*. Obtenido de Sistema Estatal de Información Sociodemográfica (SEIS): <http://www.copladebc.gob.mx/seis.html>

SEIS (Sistema Estatal de Información Sociodemográfica). (2017). *Proyecciones de población de Baja California*. Obtenido de SEIS (Sistema Estatal de Información Sociodemográfica): <http://www.copladebc.gob.mx/seis.html>

Suero, F., Mayer, P., & Rosenberg, D. (2012). Estimating and Verifying Household Potential to Conserve Water. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, 138(3), 299-306.

UNFPA (United Nations Population Fund). (2001). *The State of World Population 2001 - Footprints and Milestones: Population and Environmental Change*. New York: UNFPA.

Wiehagen, J., & Sikora, J. (2002). *Performance Comparison of Residential Hot Water Systems*. Golden: National Renewable Energy Laboratory.

Willis, R., Stewart, R., Panuwatwanich, K., Williams, P., & Hollingsworth, A. (2011). Quantifying the influence of environmental and water conservation attitudes on household end use water consumption. *Journal of Environmental Management*, 92, 1996-2009. doi:10.1016/j.jenvman.2011.03.023

WWAP (World Water Assessment Programme). (2012). *The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water Under Uncertainty and Risk*. Paris: UNESCO.

Zhang, H., & Brown, D. (2005). Understanding urban residential water use in Beijing and Tiajin, China. *Habitat International*, 29, 469-491. doi:10.1016/j.habitatint.2004.04.002

BIOGRAFIA

César Sánchez Ocampo, Universidad Politécnica de Baja California. Correo: csanchezo@upbc.edu.mx

Jorge Ignacio Anguiano Lizaola, Universidad Politécnica de Baja California.
Correo: jianguianol@upbc.edu.mx

Miriam Arlyn Tong Delgado, Universidad Politécnica de Baja California. Correo:matongd@upbc.edu.mx

Miguel Ángel Canales Rodríguez, Universidad Politécnica de Baja California.
Correo: macanalesr@upbc.edu.mx